



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0002810005

**TÍTULO:**

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

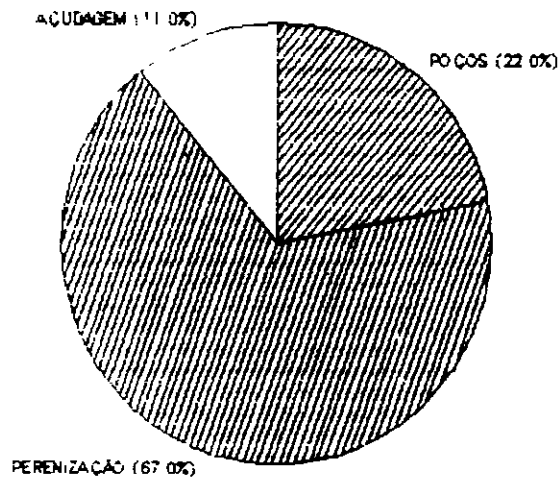
**SUBTÍTULO:**

PLANEJAMENTO PARTE B

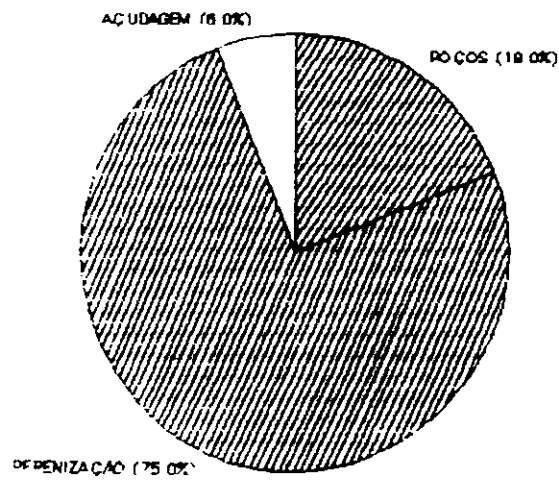
1992

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.30  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

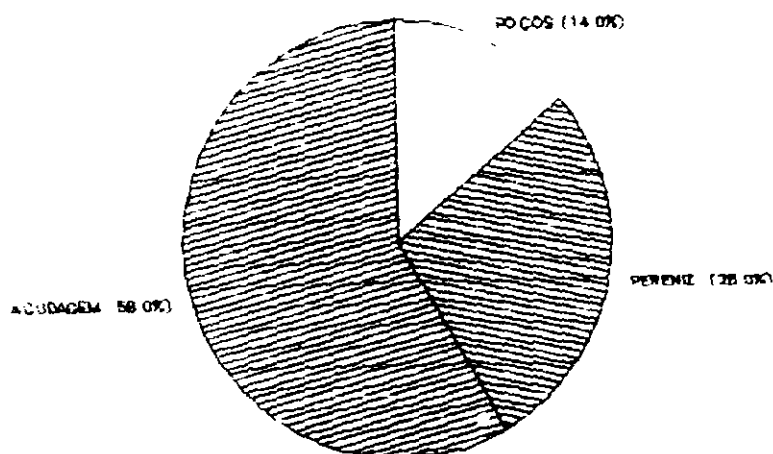
MUNICÍPIO DE IPAUMIRIM  
 ANO NORMAL



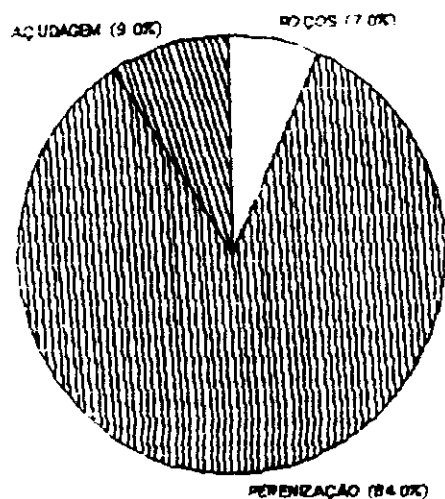
MUNICÍPIO DE IPAUMIRIM  
 ANO SECO



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.31  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA  
 MUNICÍPIO DE IRACEMA  
 ANO NORMAL



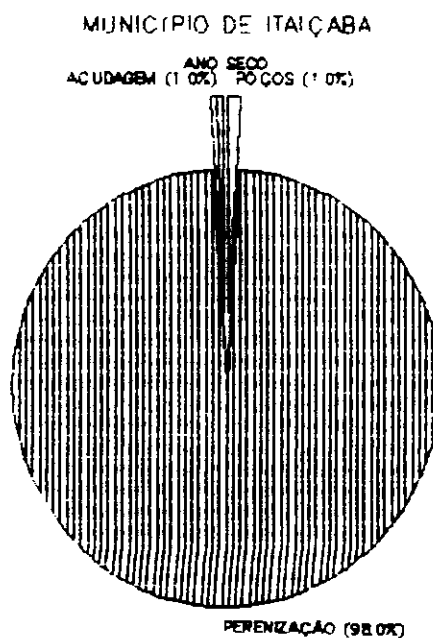
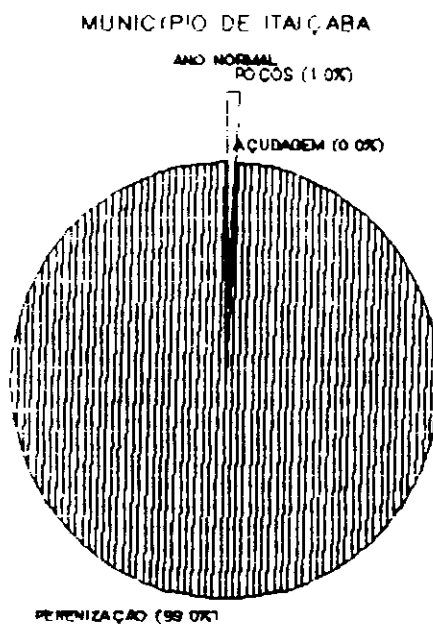
MUNICÍPIO DE IRACEMA  
 ANO SECO



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.32

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



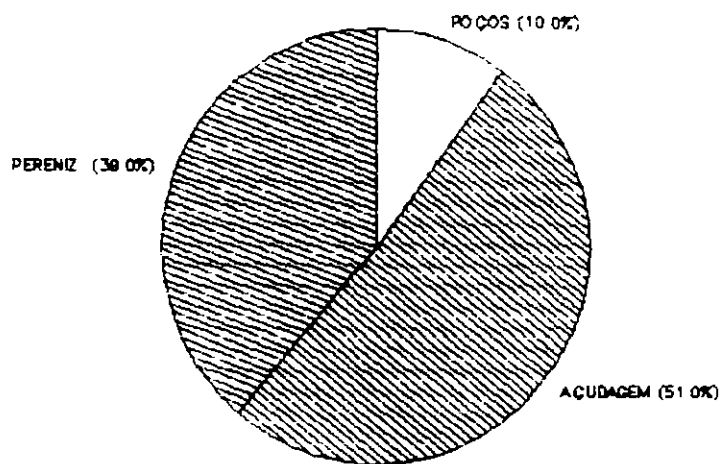
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.33

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

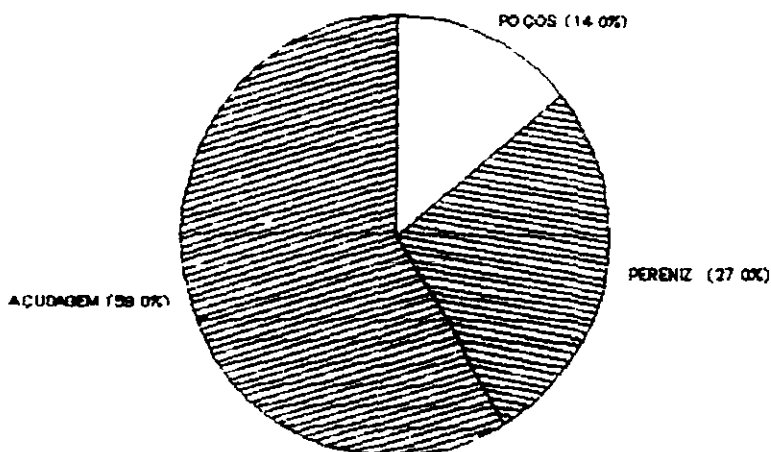
MUNICÍPIO DE ITATIRA

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE ITATIRA

ANO SECO



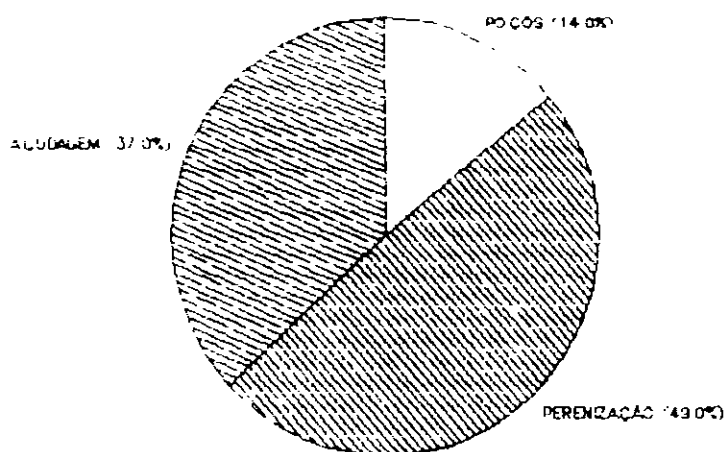
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.34

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

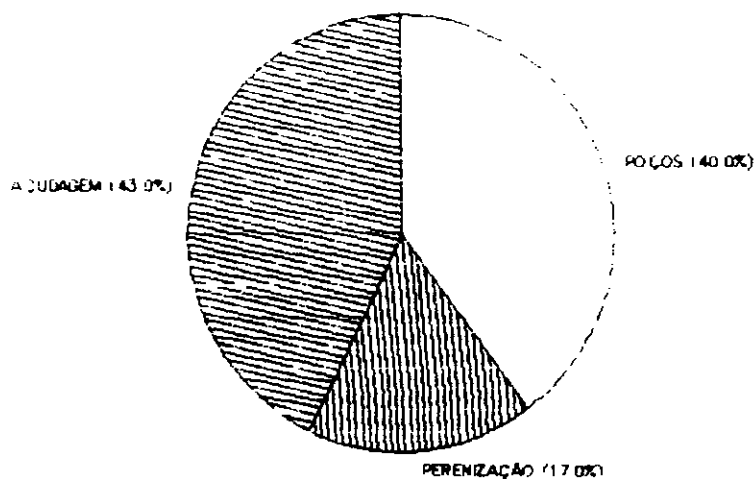
MUNICÍPIO DE IRAPUJAM PINHEIRO

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE IRAPUJAM PINHEIRO

ANO SECO



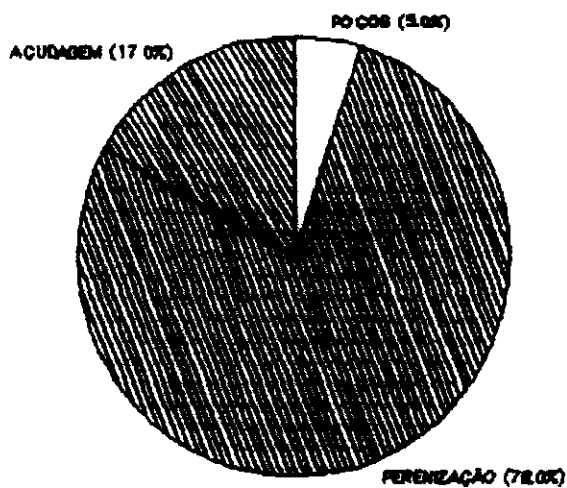
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.35

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

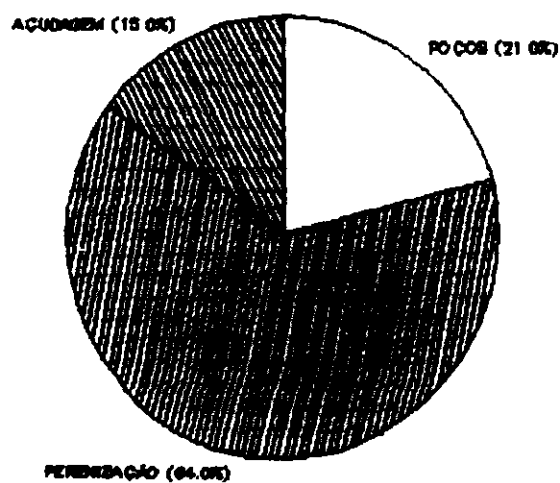
MUNICÍPIO DE JAGUARETAMA

ANO NORMAL

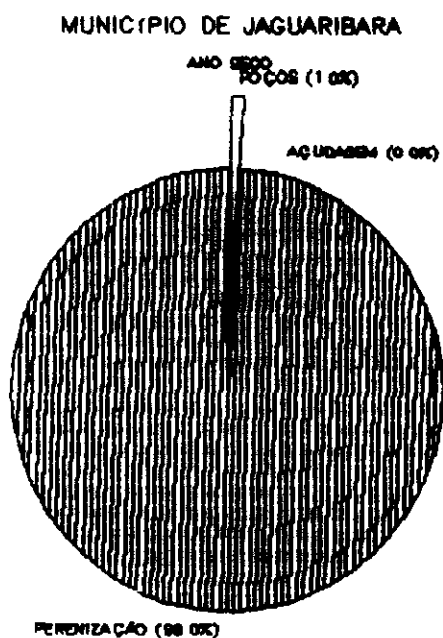


MUNICÍPIO DE JAGUARETAMA

ANO SECO



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA 4.36  
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

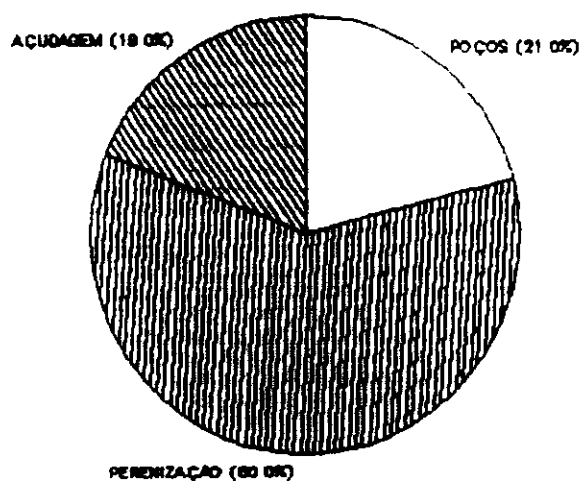


000207

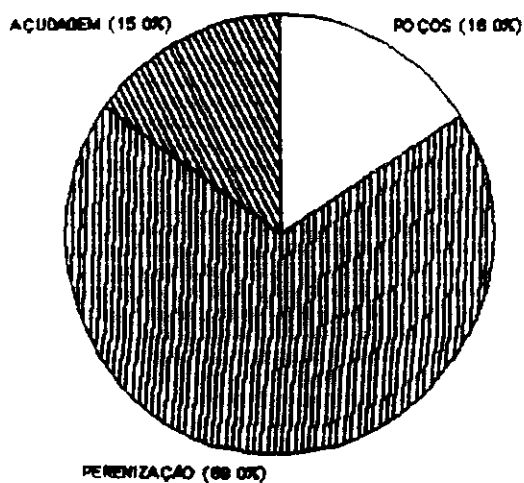


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.37  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE JAGUARIBE  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE JAGUARIBE  
 ANO SECO



000008

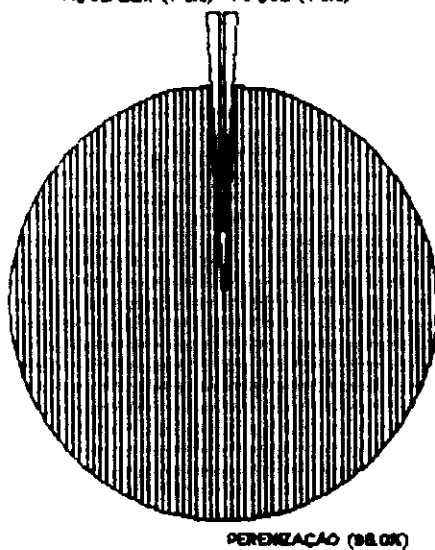
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.38

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

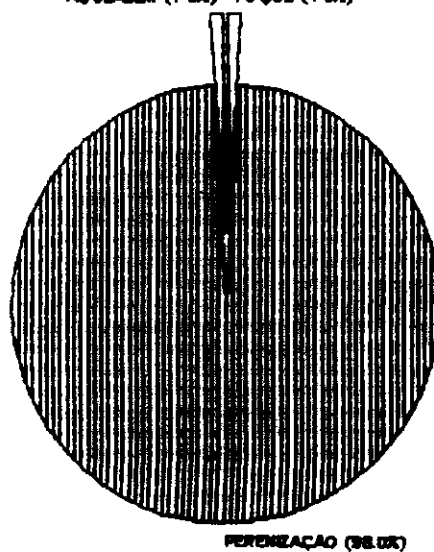
MUNICÍPIO DE JAGUARUANA

ANO NORMAL  
ACUDAGEM (1.0%) POÇOS (1.0%)



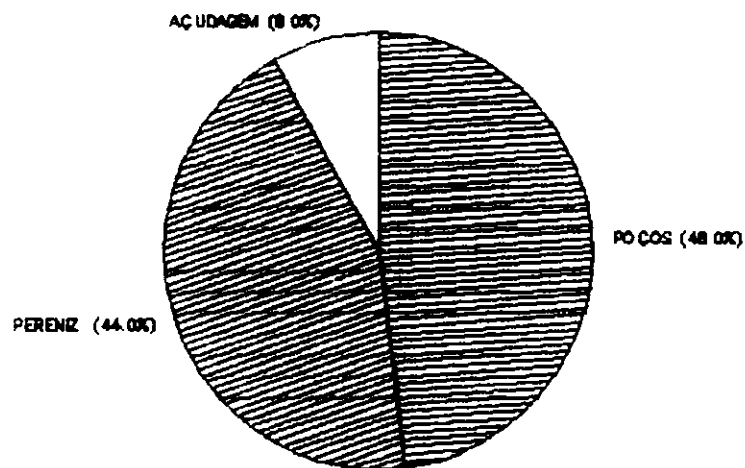
MUNICÍPIO DE JAGUARUANA

ANO SECO  
ACUDAGEM (1.0%) POÇOS (1.0%)

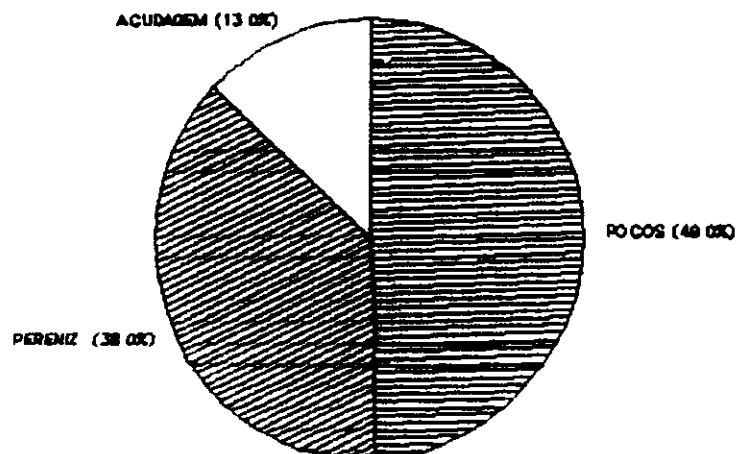


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.39  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE JARDIM  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE JARDIM  
 ANO SECO



000210

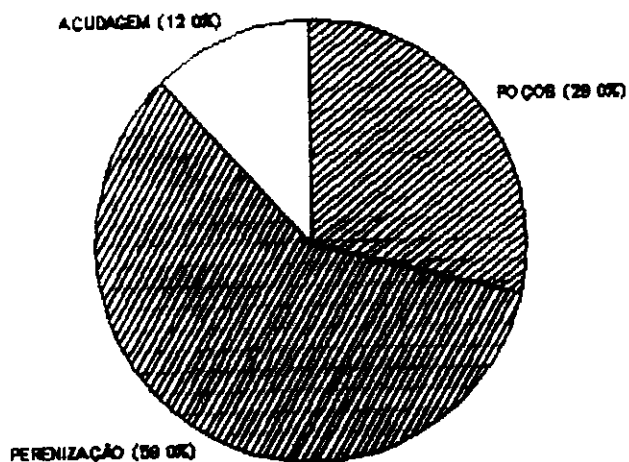
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.40

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

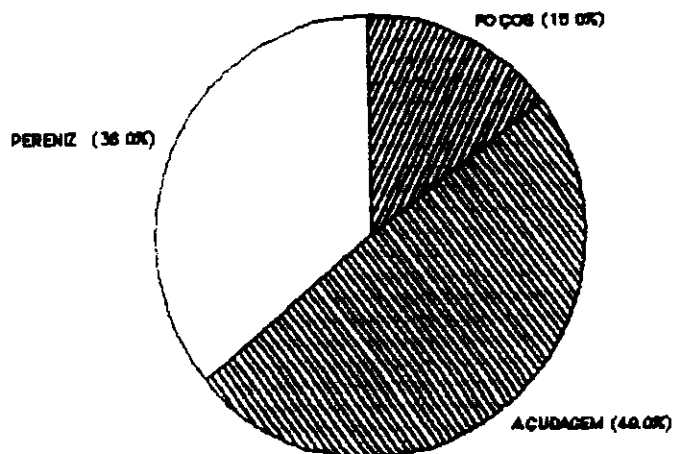
MUNICÍPIO DE JATI

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE JATI

ANO SECO



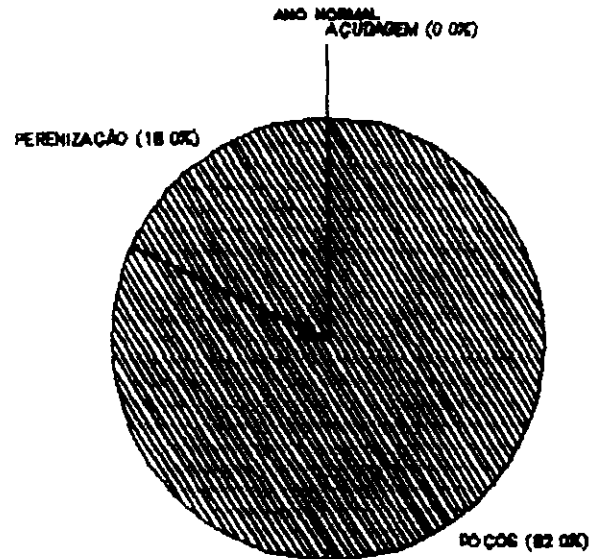
000211

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

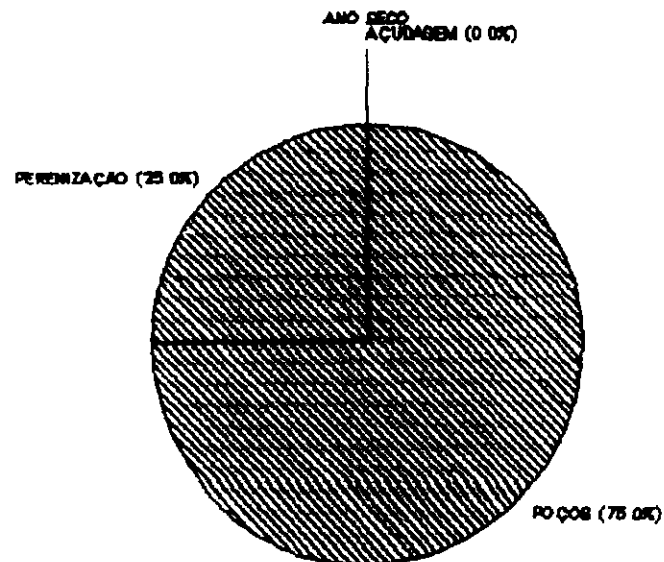
FIGURA 4.41

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE



MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE



000212

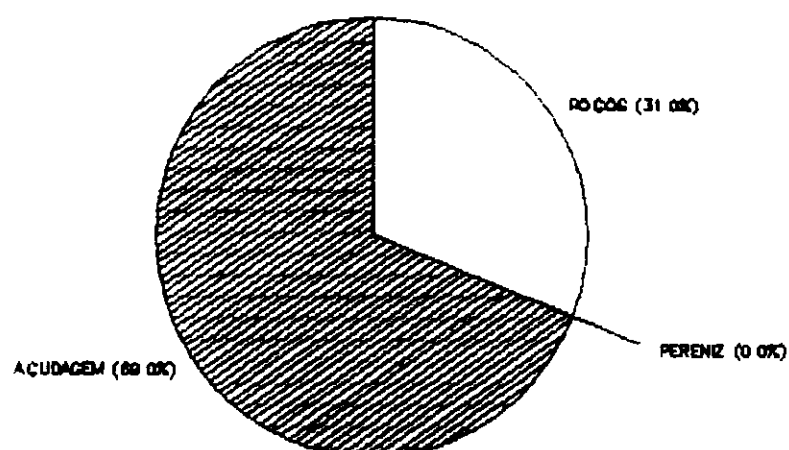
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.42

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

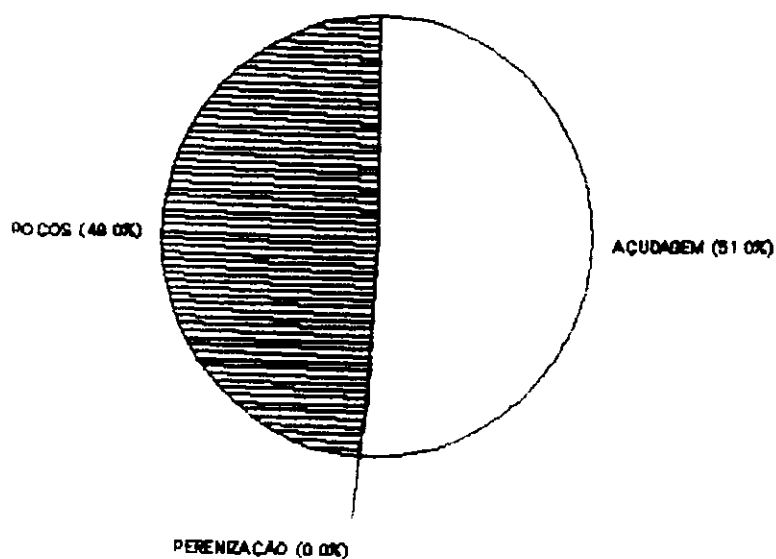
MUNICÍPIO DE JUCAS

ANO NORMAL



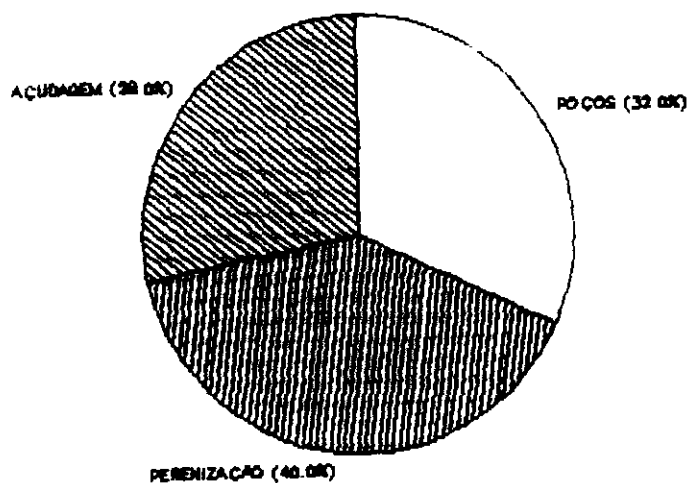
MUNICÍPIO DE JUCAS

ANO SECO

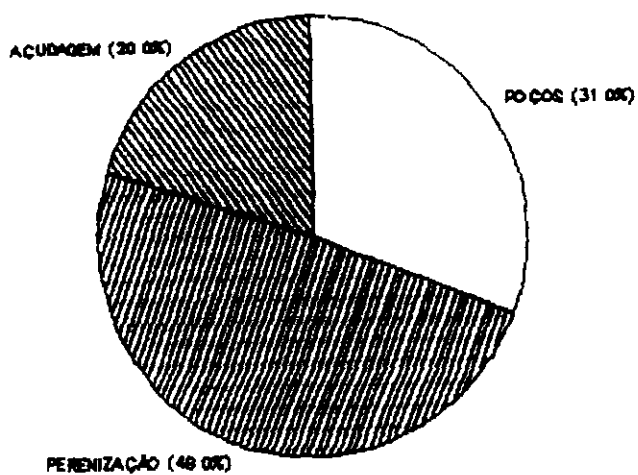


000213

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.43  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA  
 MUNICÍPIO DE LAVRAS DA MANGABEIRA  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE LAVRAS DA MANGABEIRA  
 ANO SECO



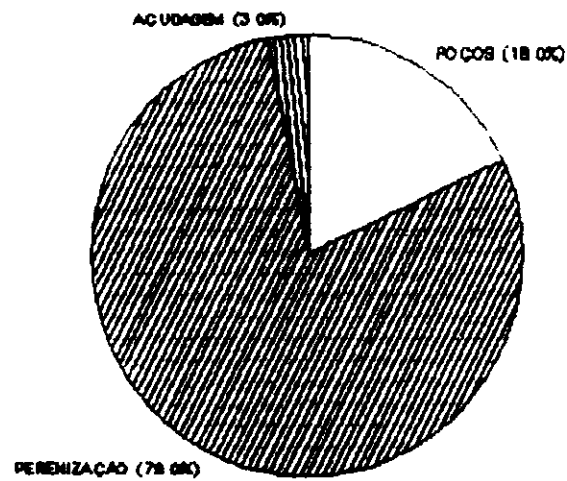
000214

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.44

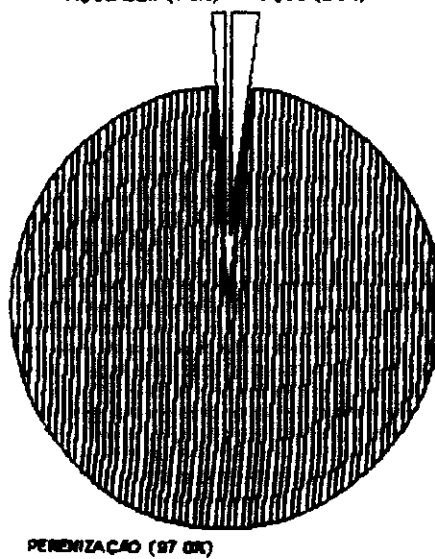
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO NORTE  
ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO NORTE

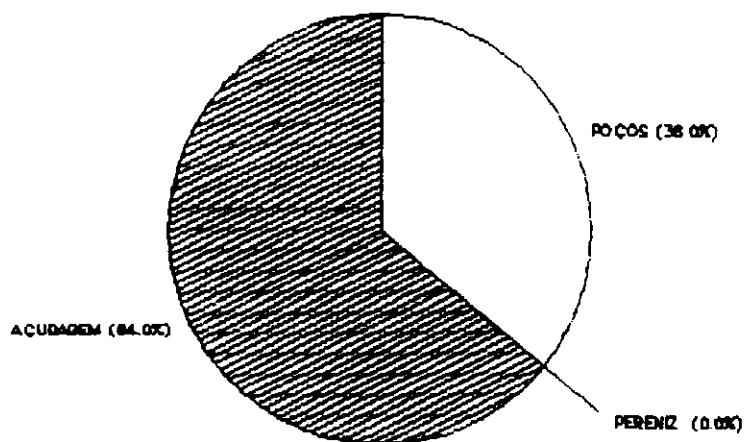
ANO SECO  
ACUDAGEM (1.0%) POÇOS (2.0%)



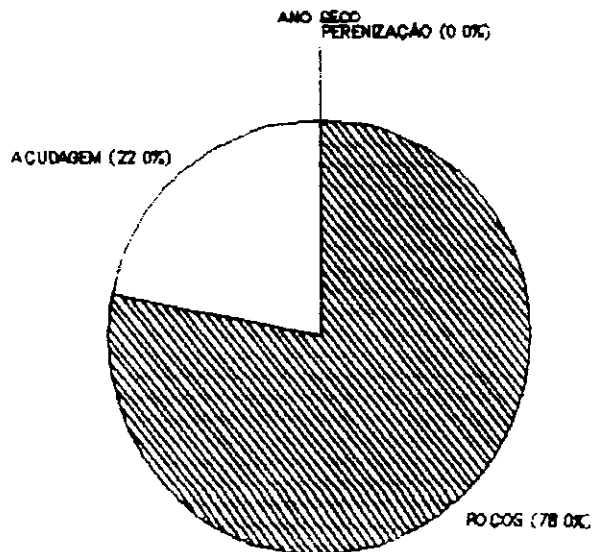


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.45  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE MADALENA  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE MADALENA  
 ANO SECO

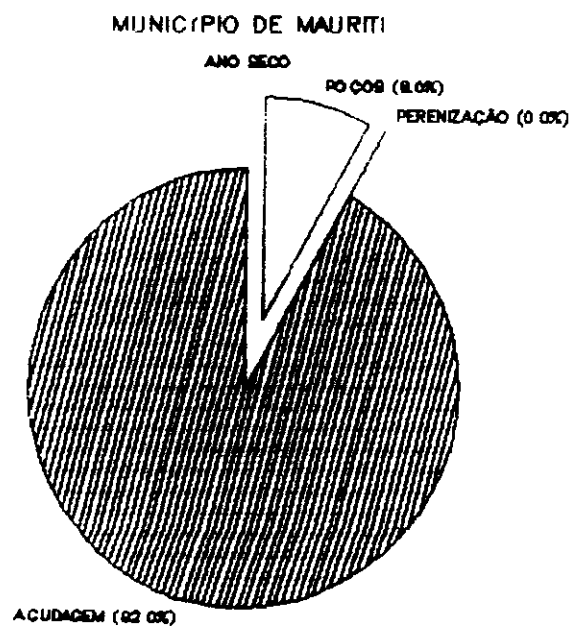
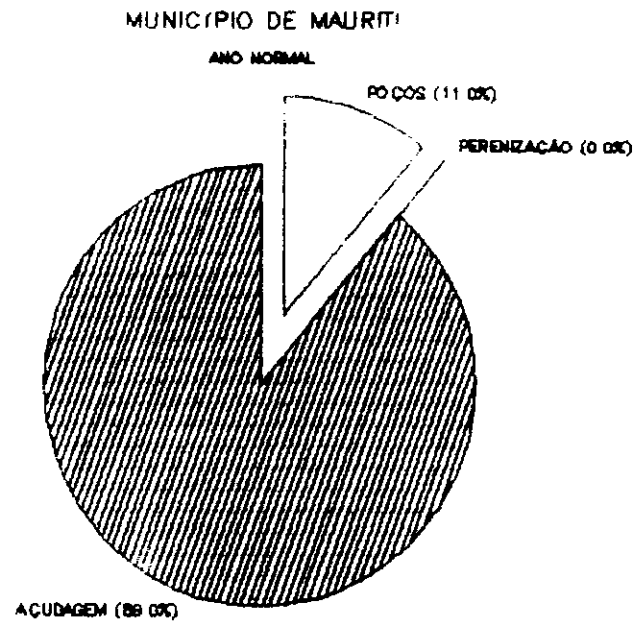


000216

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

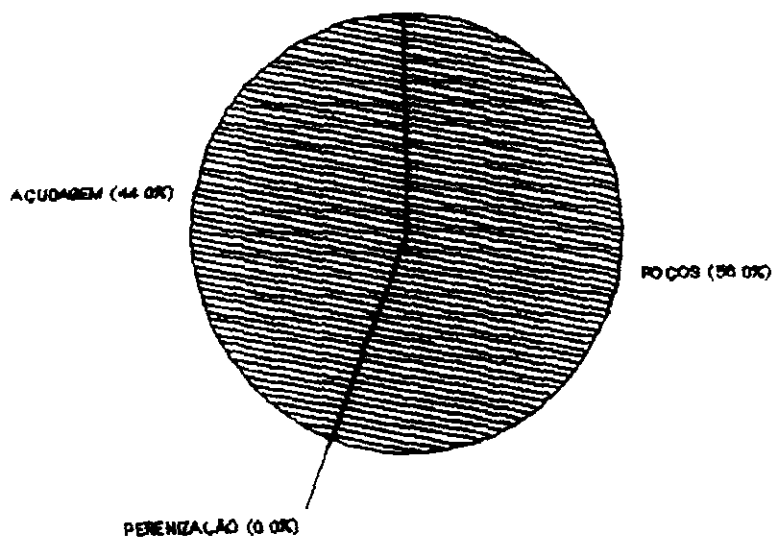
FIGURA 4.46

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



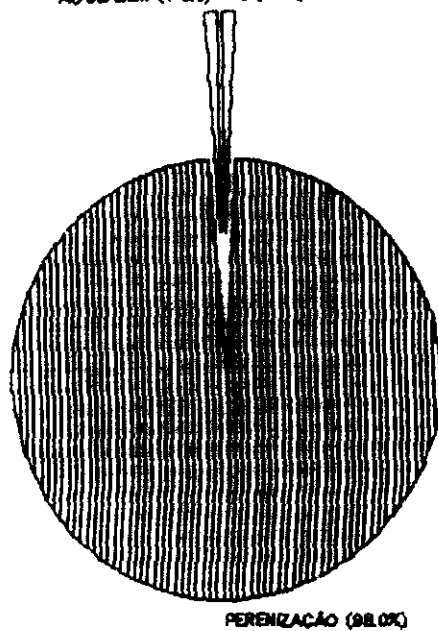
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.47  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE MILAGRES  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE MILAGRES

ANO SECO  
 ACUDAGEM (1.0%) POÇOS (1.0%)

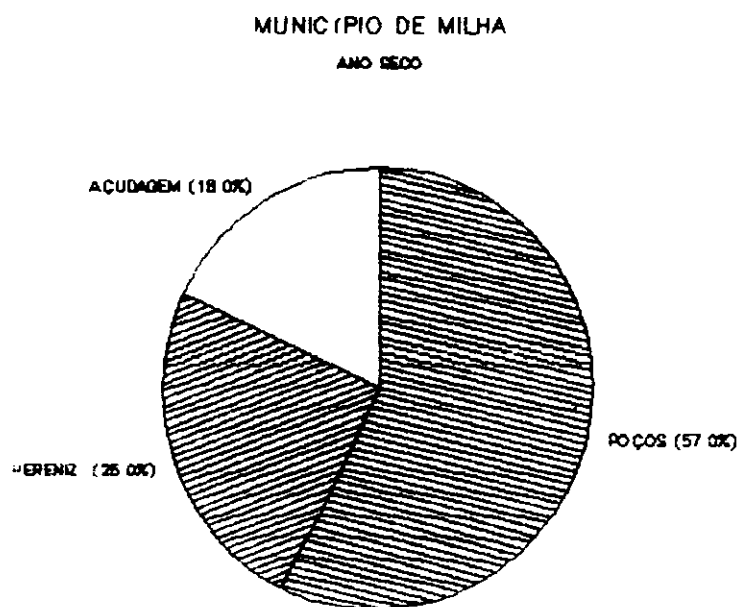
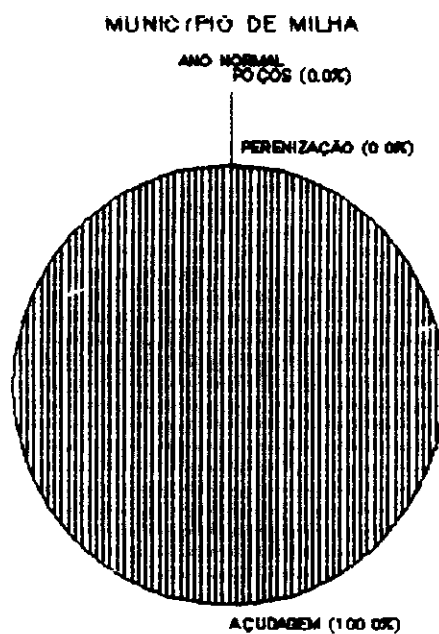


000218

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.48

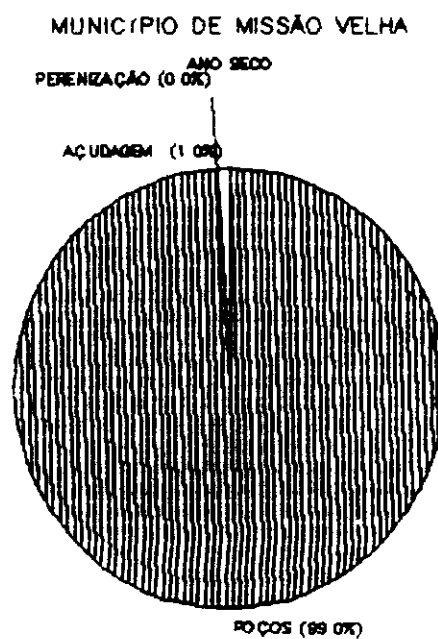
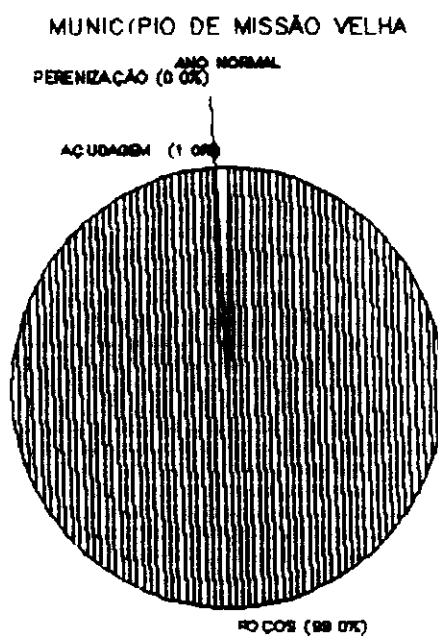
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.49

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



000220

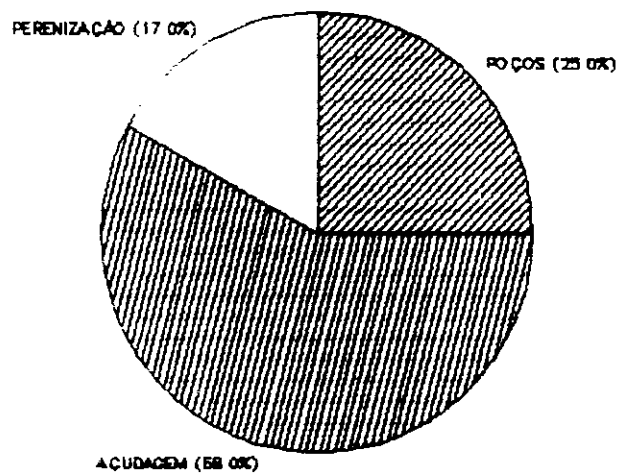
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.50

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

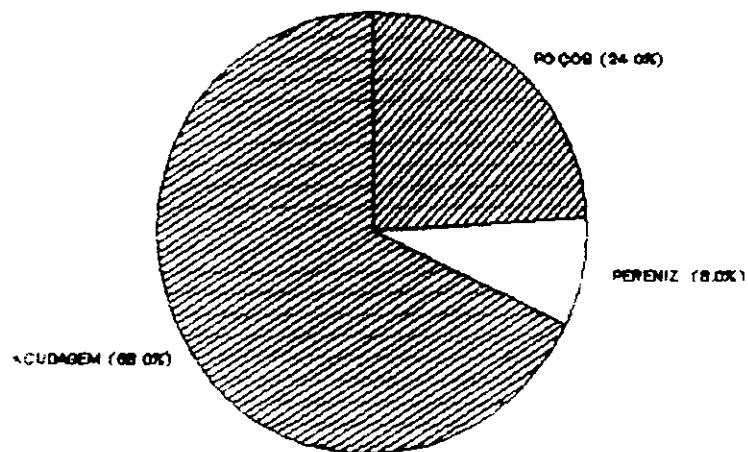
MUNICÍPIO DE MOMBAÇA

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE MOMBAÇA

ANO SECO



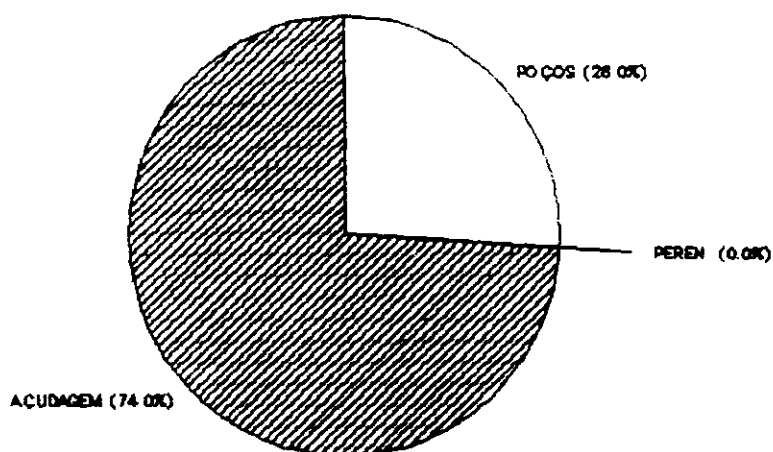
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.51

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

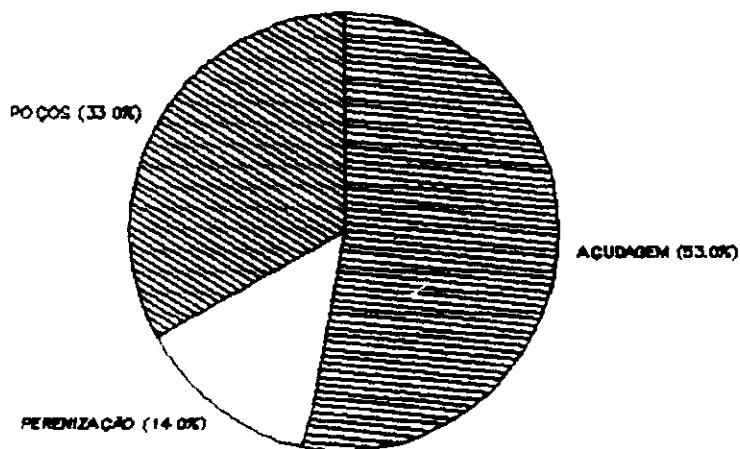
MUNICÍPIO DE MONSENHOR TABOSA

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE MONSENHOR TABOSA

ANO SECO

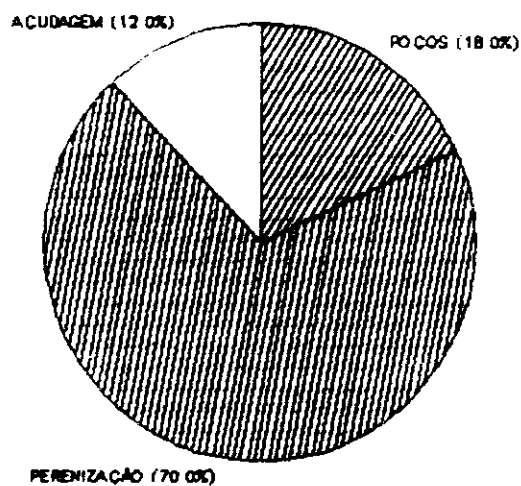


000222

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

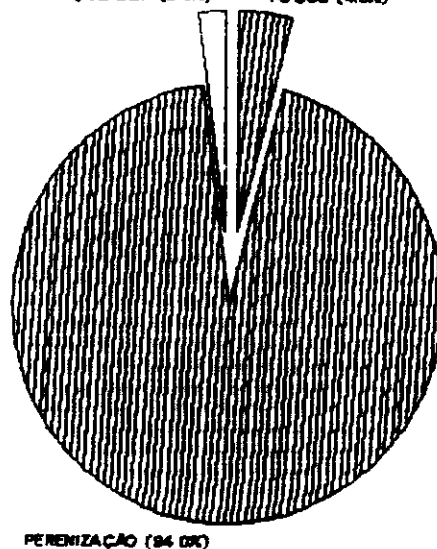
FIGURA 4.52  
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE MORADA NOVA  
ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE MORADA NOVA

ANO SECO  
ACUDAGEM (2.0%) POÇOS (4.0%)



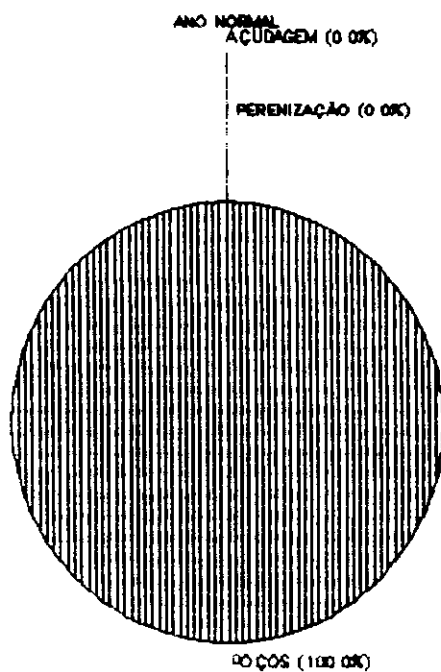


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

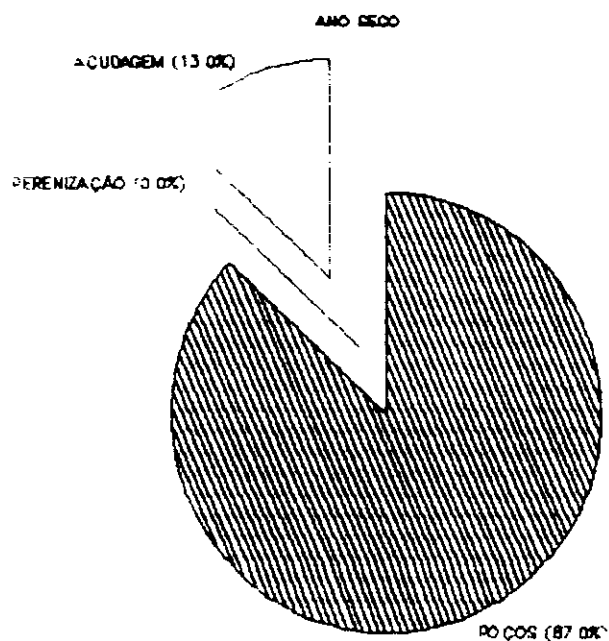
FIGURA 4.53

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

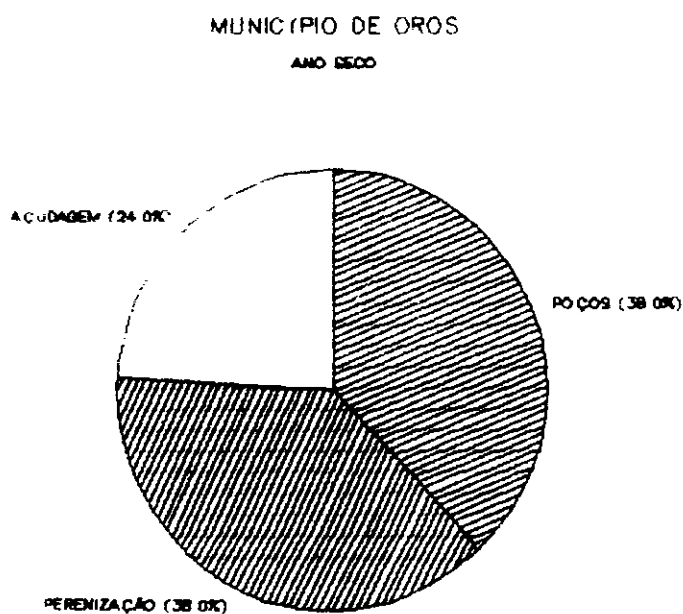
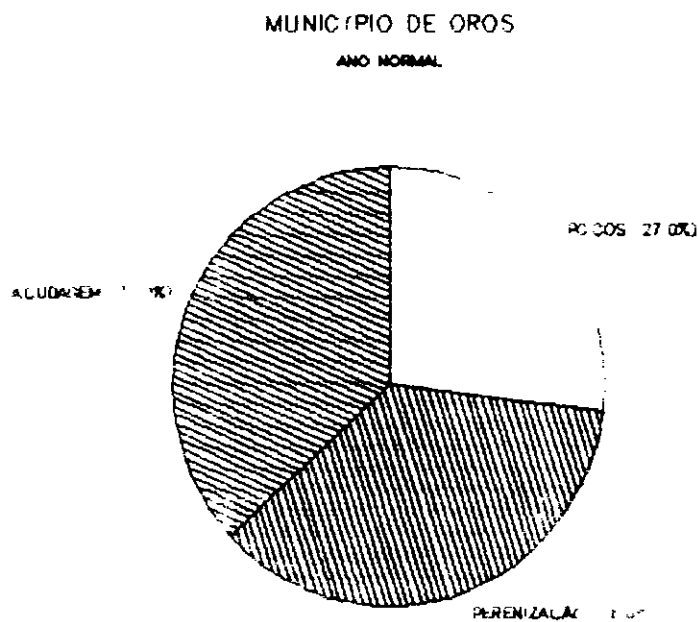
MUNICÍPIO DE NOVA OLINDA



MUNICÍPIO DE NOVA OLINDA



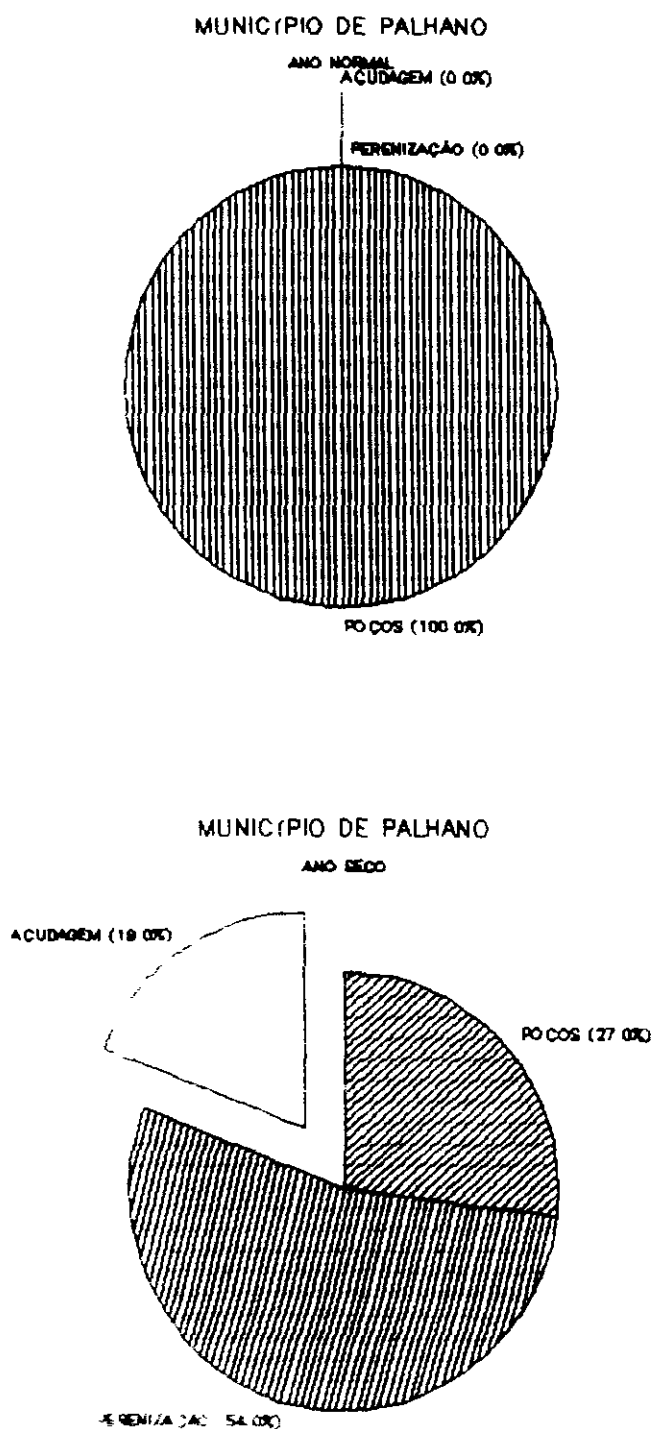
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.54  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

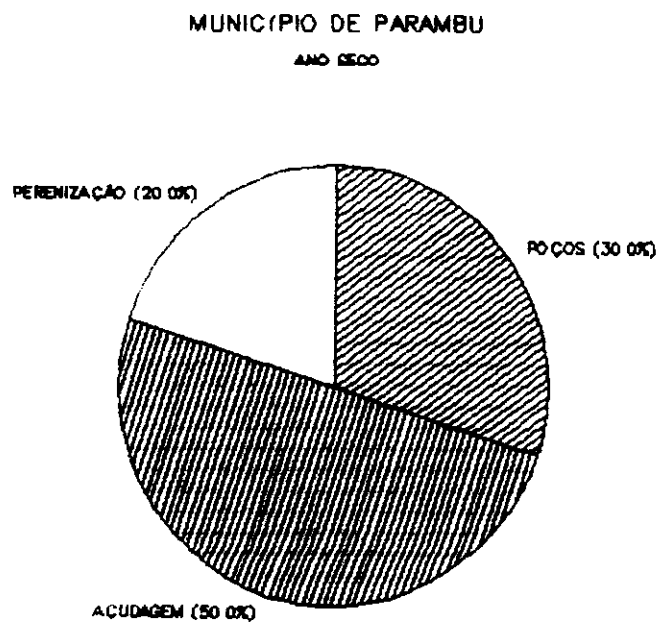
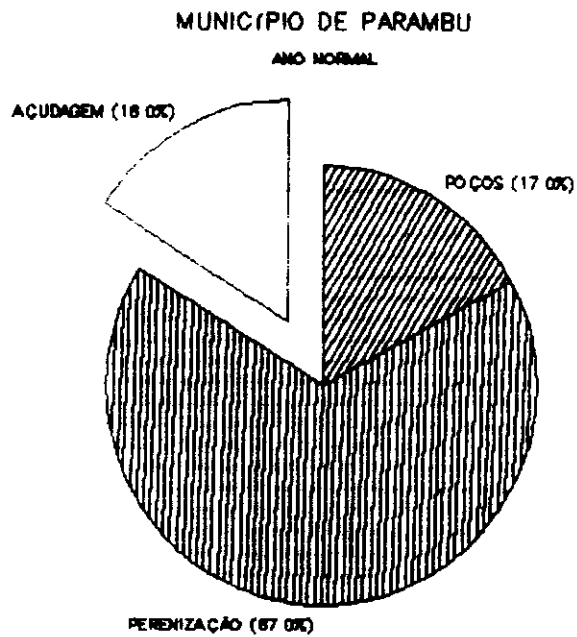
FIGURA 4.55

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



000226

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.56  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



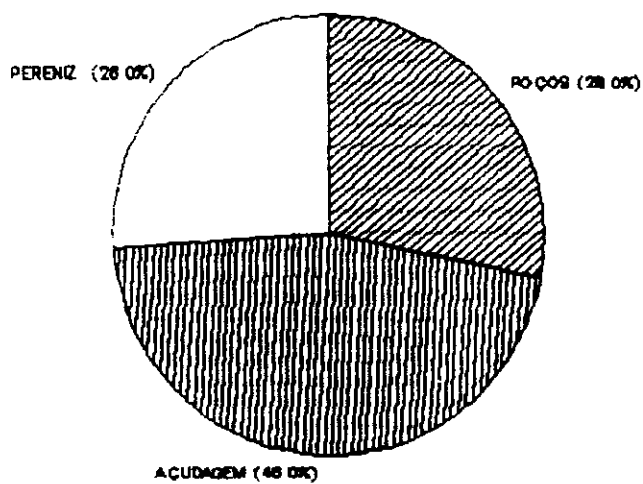
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.57

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

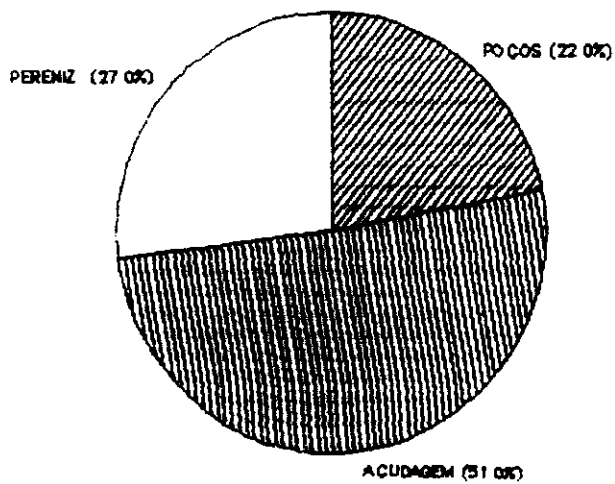
MUNICÍPIO DE PEDRA BRANCA

ANO NORMAL



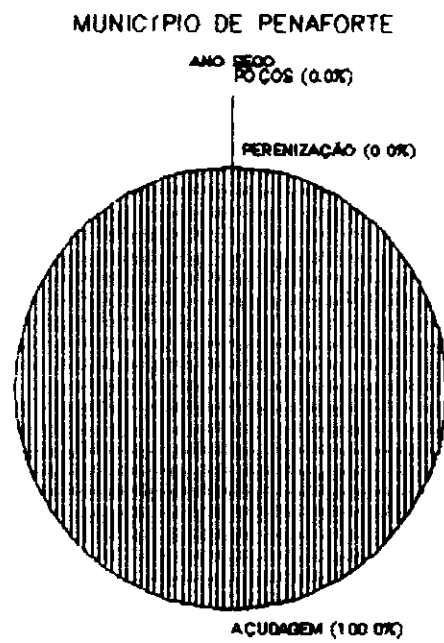
MUNICÍPIO DE PEDRA BRANCA

ANO SECO

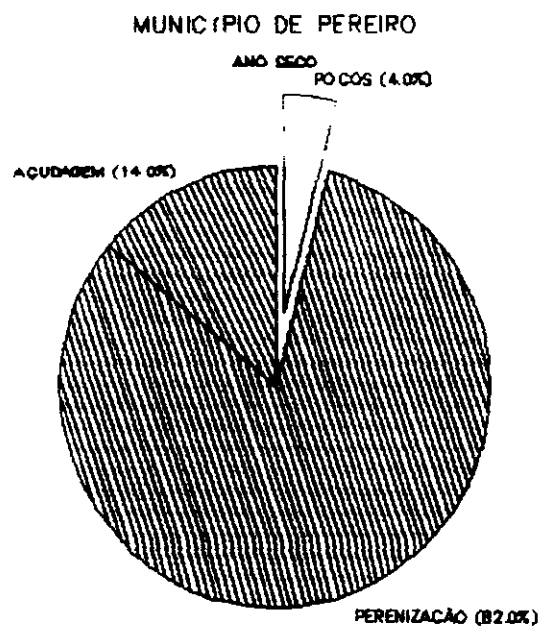
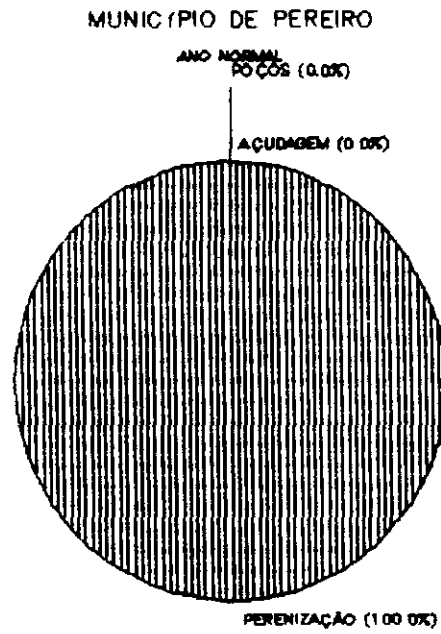


000228

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA 4.58  
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.59  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

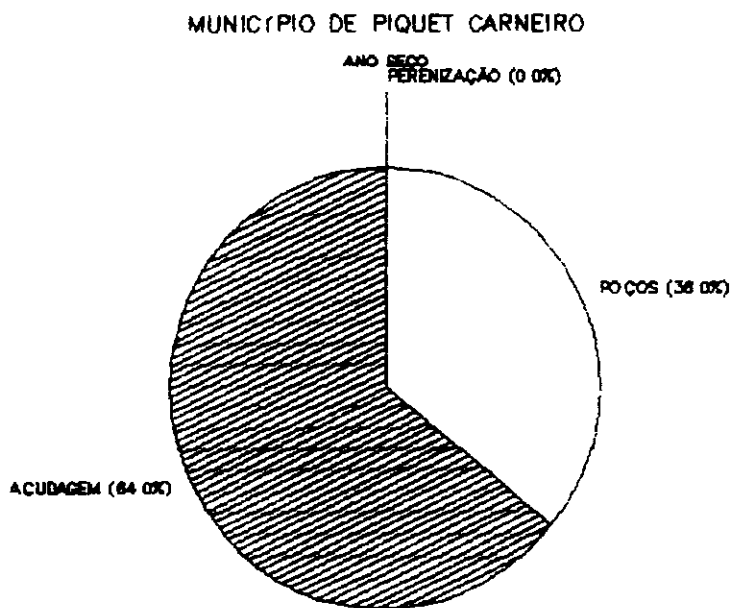
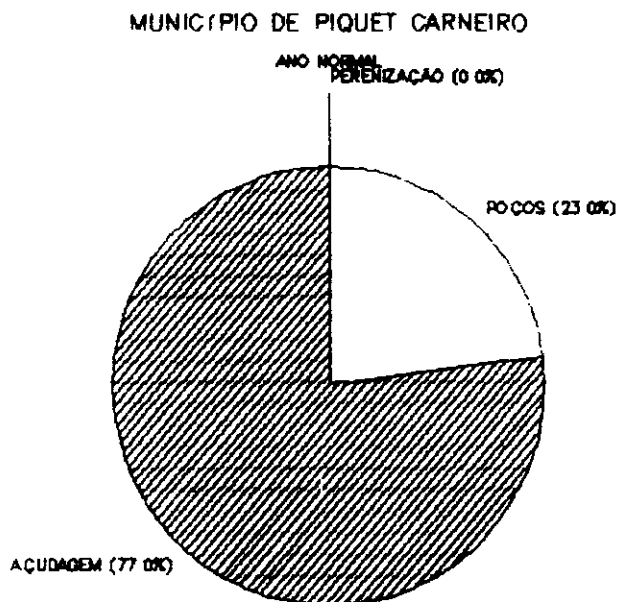


3

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.60

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

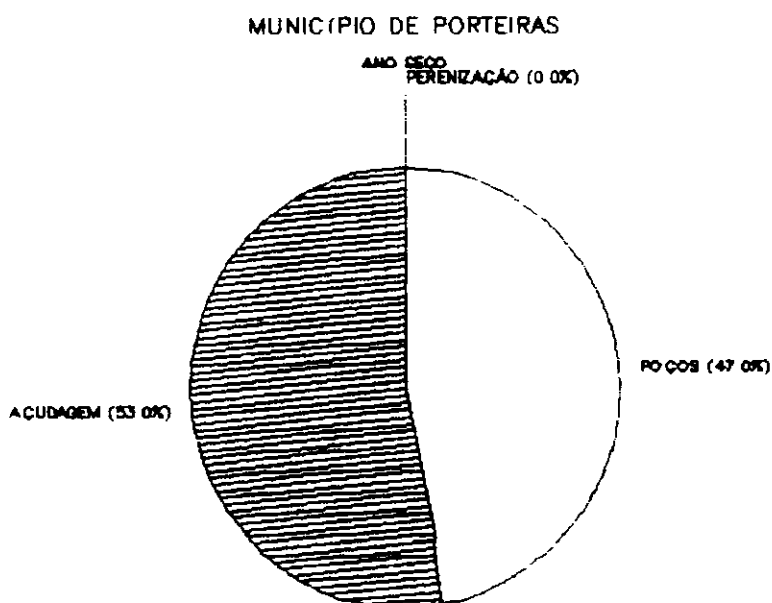
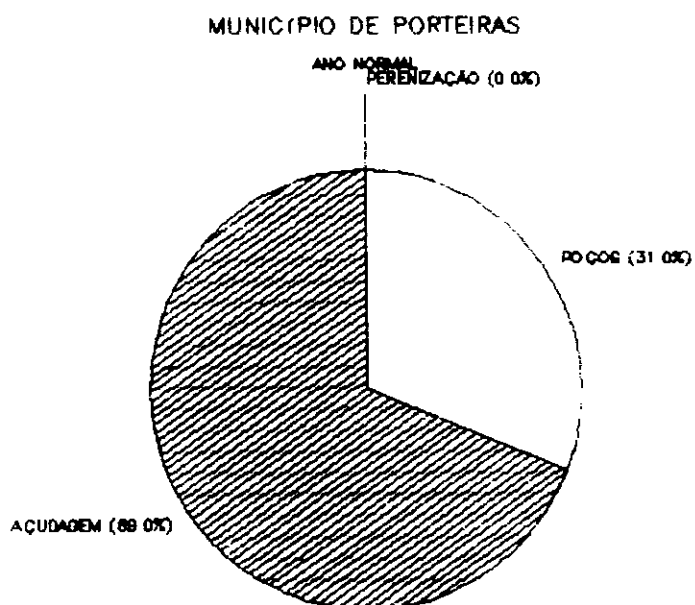




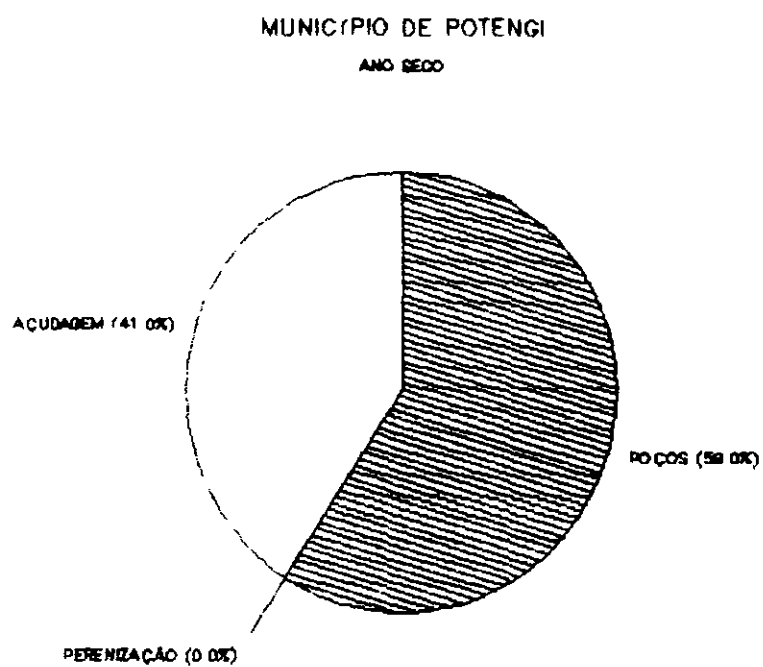
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.61

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



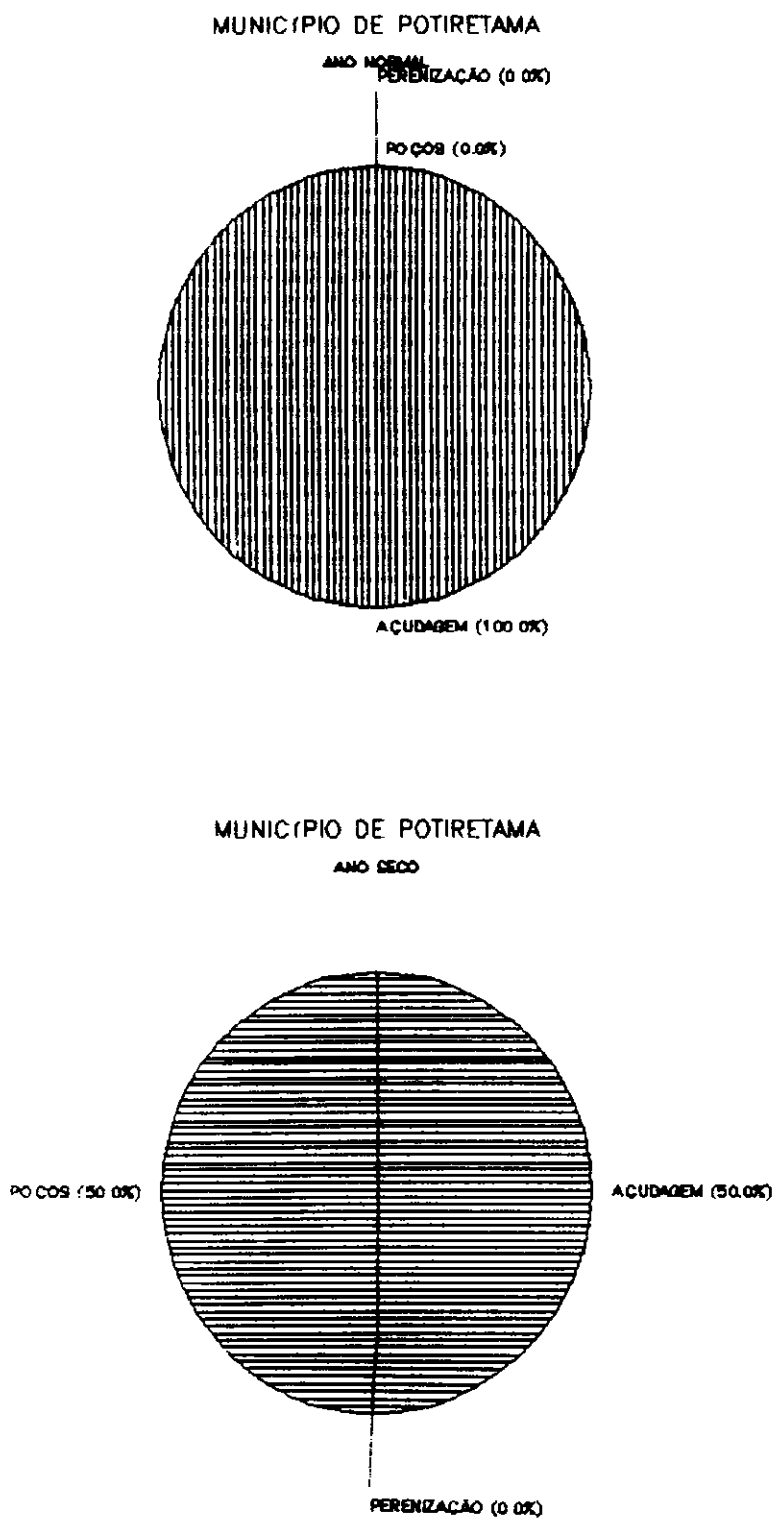
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.62  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.63

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

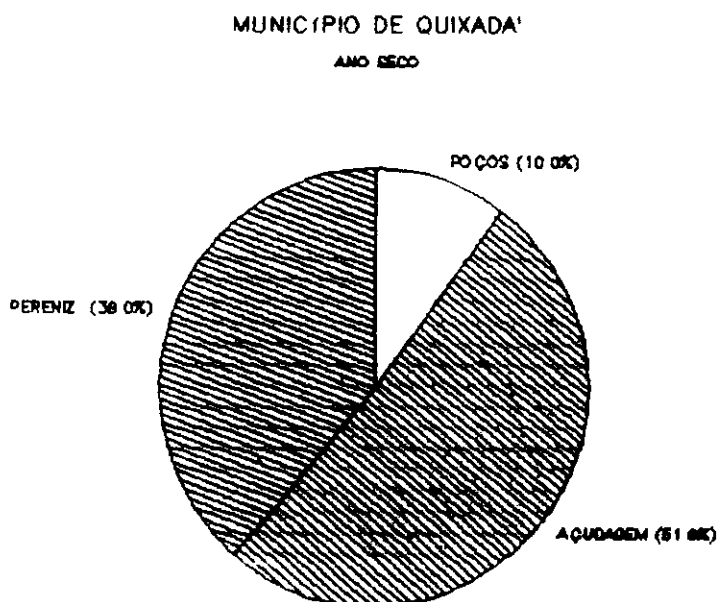
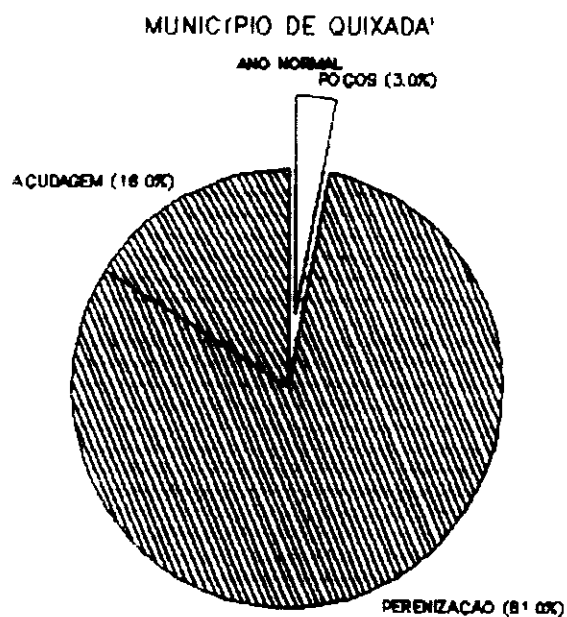


000234

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.64

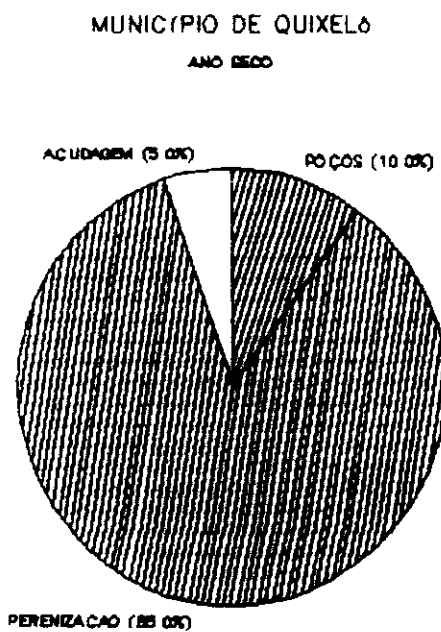
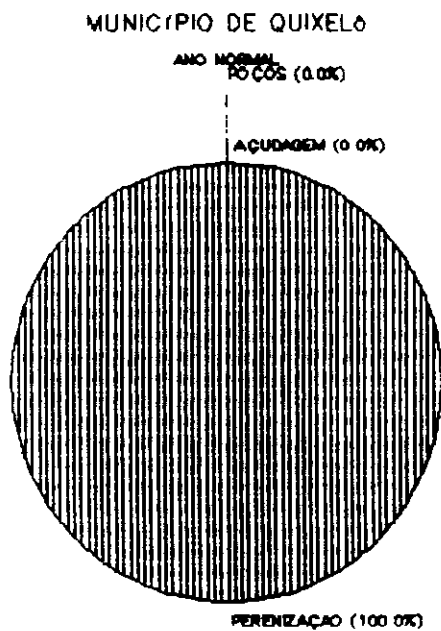
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.65

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

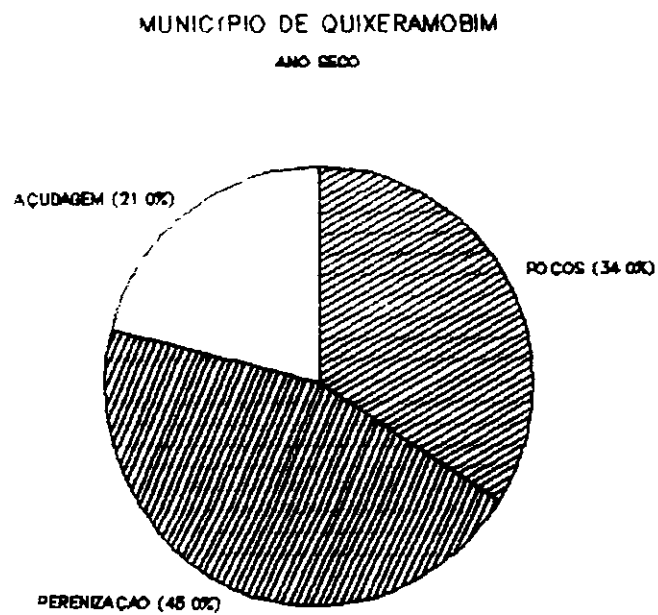
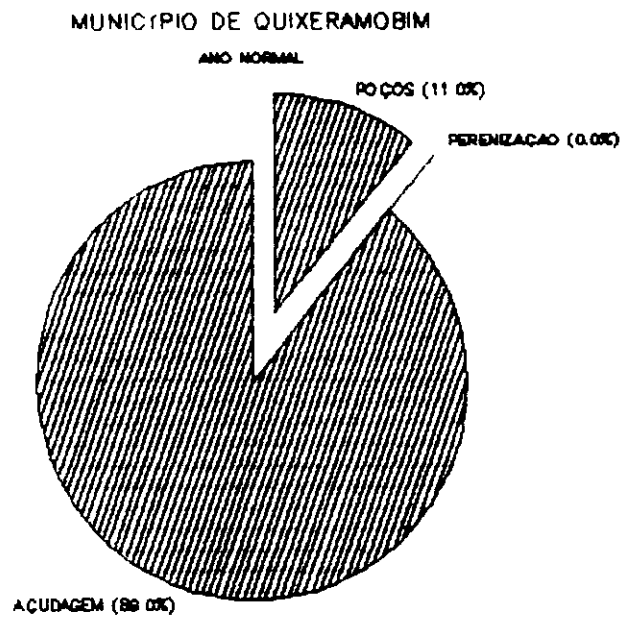


000236

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.66

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



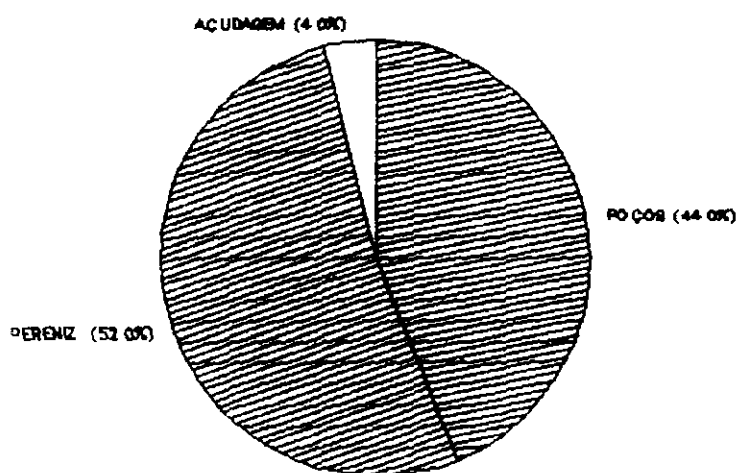
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.67

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

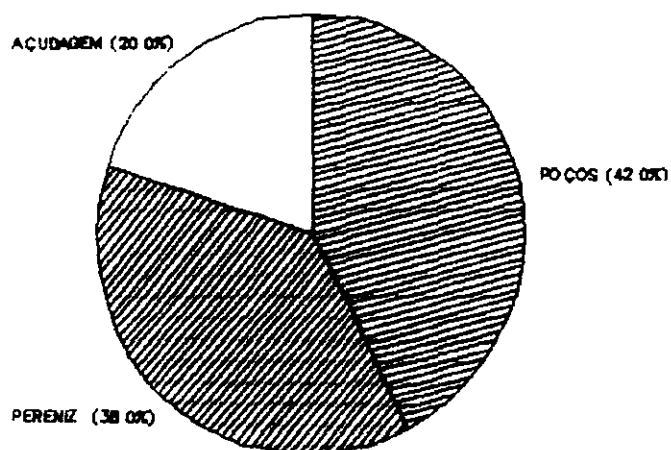
MUNICÍPIO DE QUIXERÊ

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE QUIXERÊ

ANO SECO

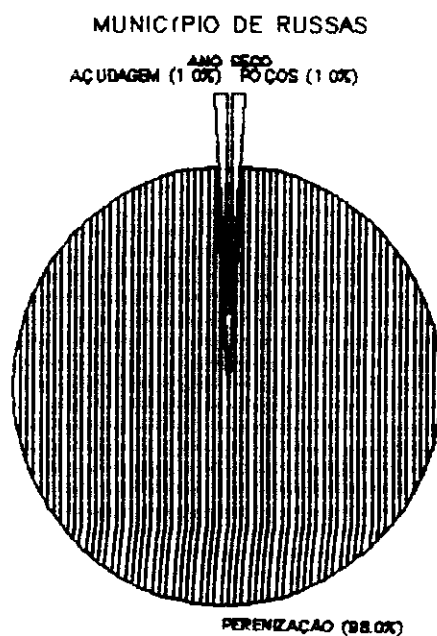
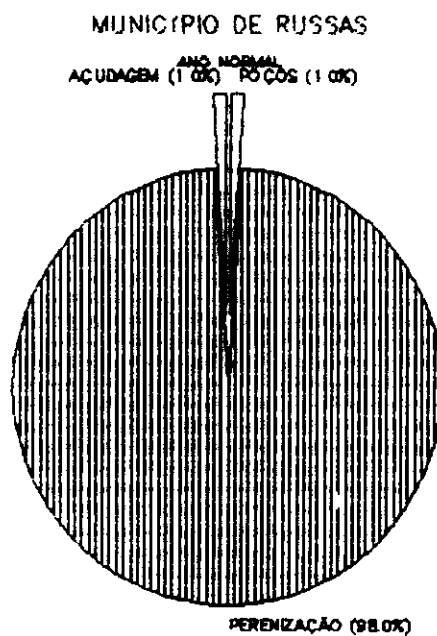


000238

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.68

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



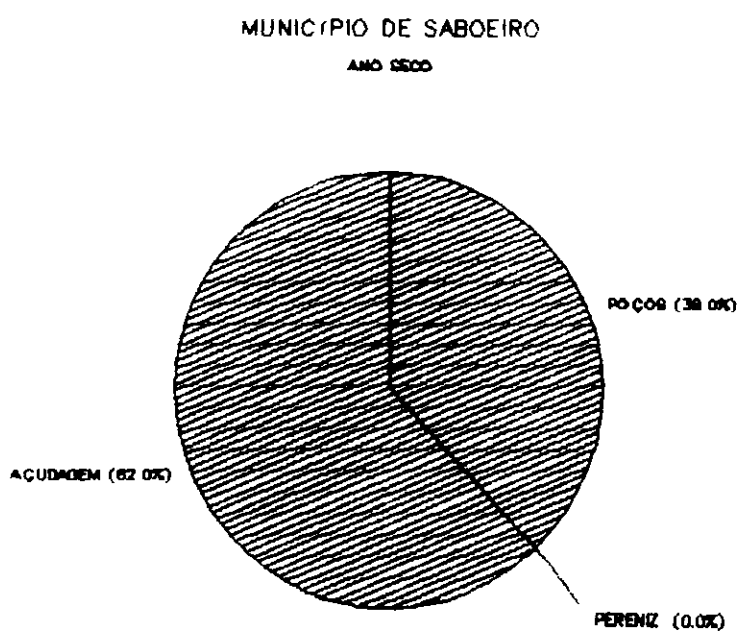
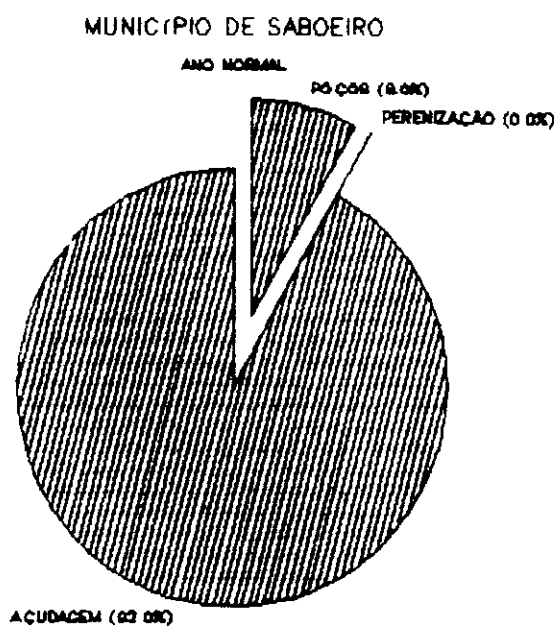
000239



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

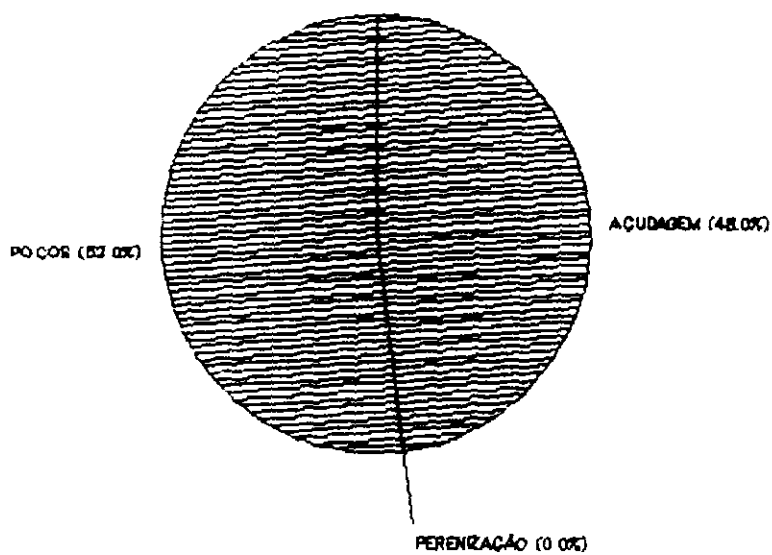
FIGURA 4.69

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

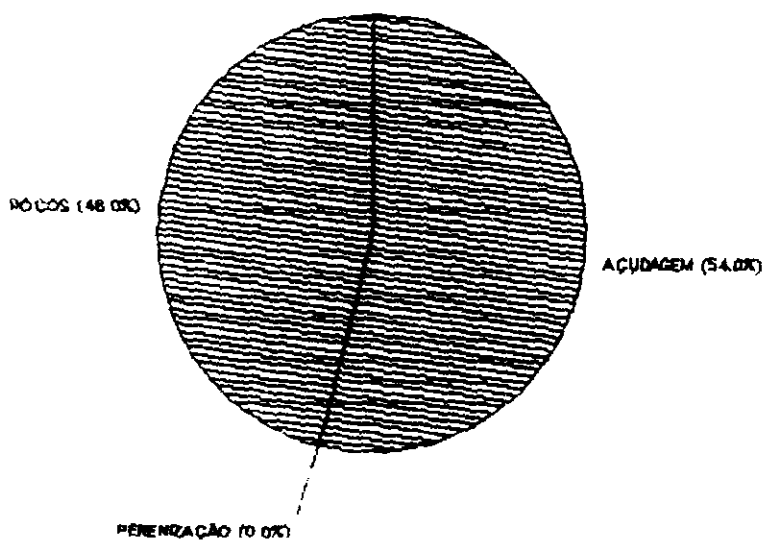


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.70  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE SALITRE  
 ANO NORMAL

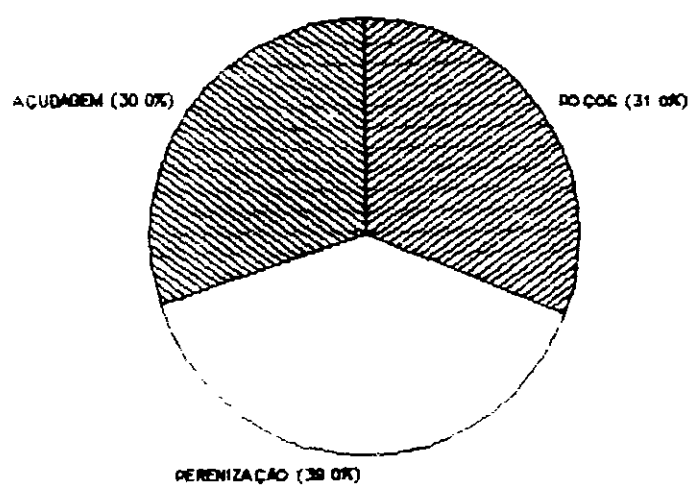


MUNICÍPIO DE SALITRE  
 ANO SECO

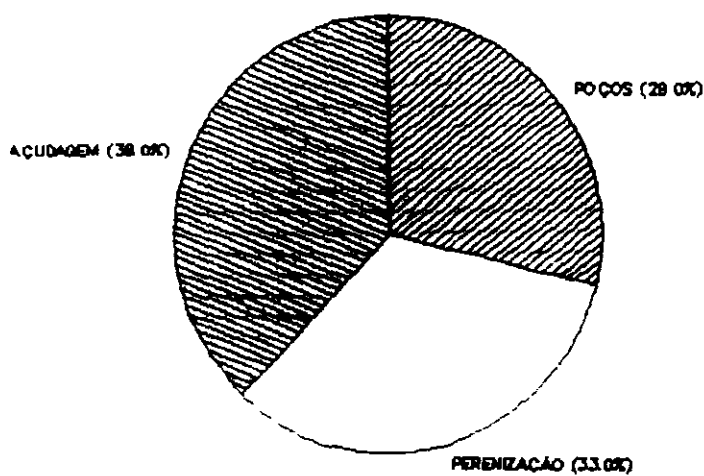


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.71  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE SANTANA DO CARIRI  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE SANTANA DO CARIRI  
 ANO SECO



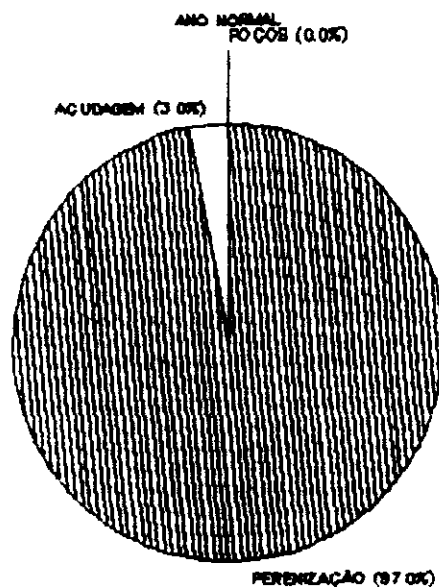
000242

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

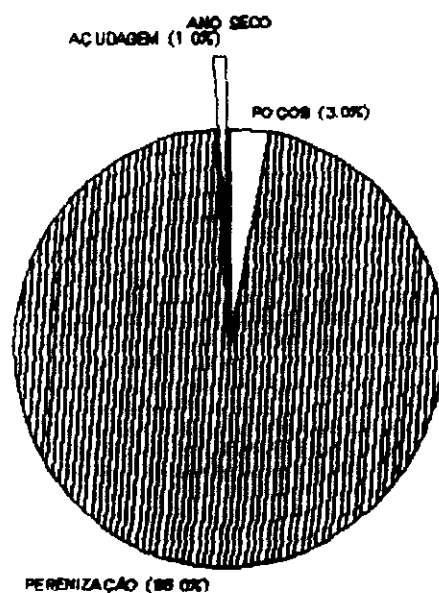
FIGURA 4.72

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE SÃO J. DO JAGUARIBE



MUNICÍPIO DE SÃO J. DO JAGUARIBE

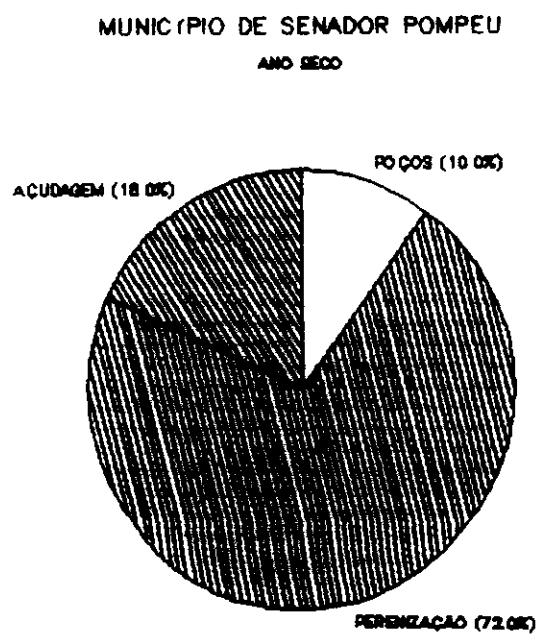
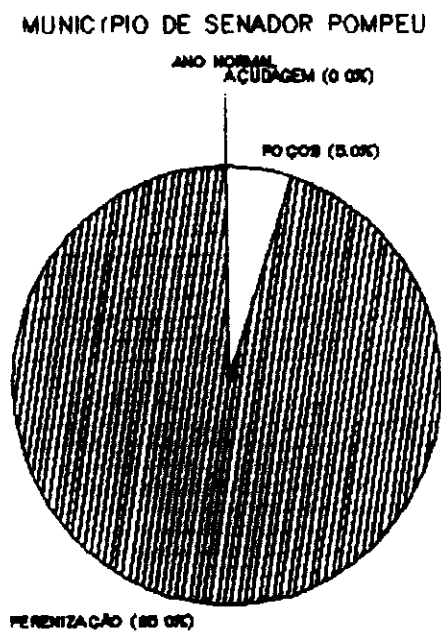


000243

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.73

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

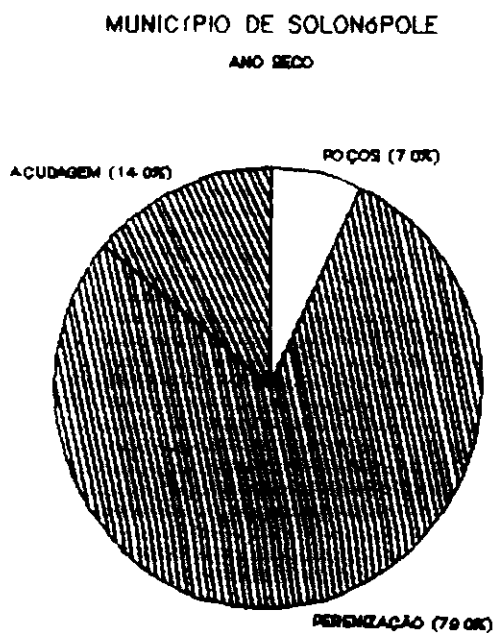
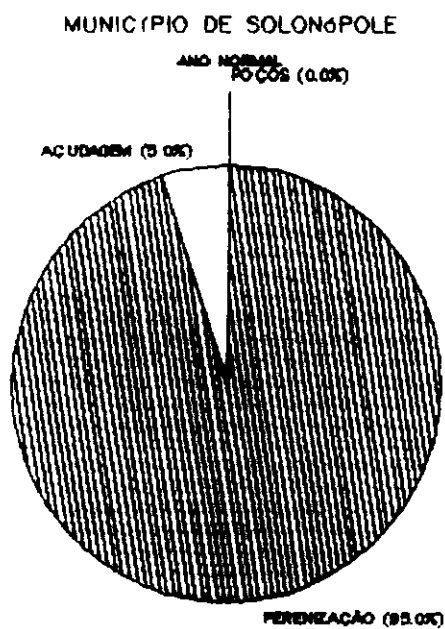


000244

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.74

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA



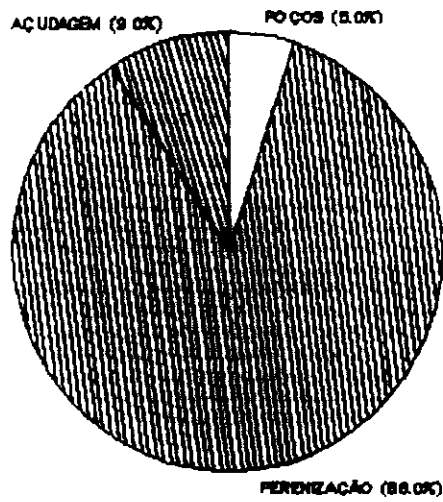
000245

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

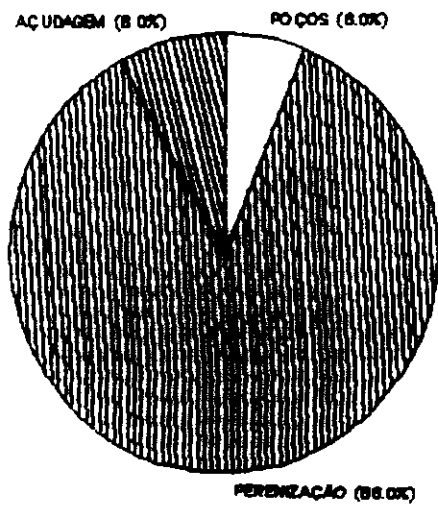
FIGURA 4.75

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE  
ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE  
ANO SECO



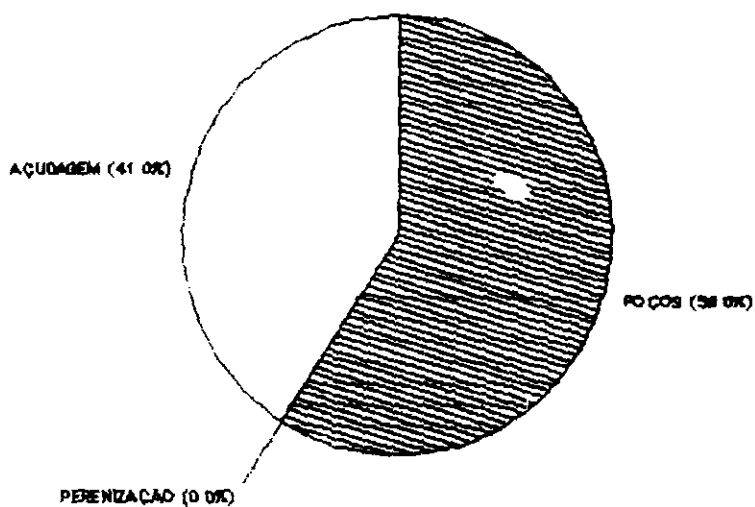
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.76

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

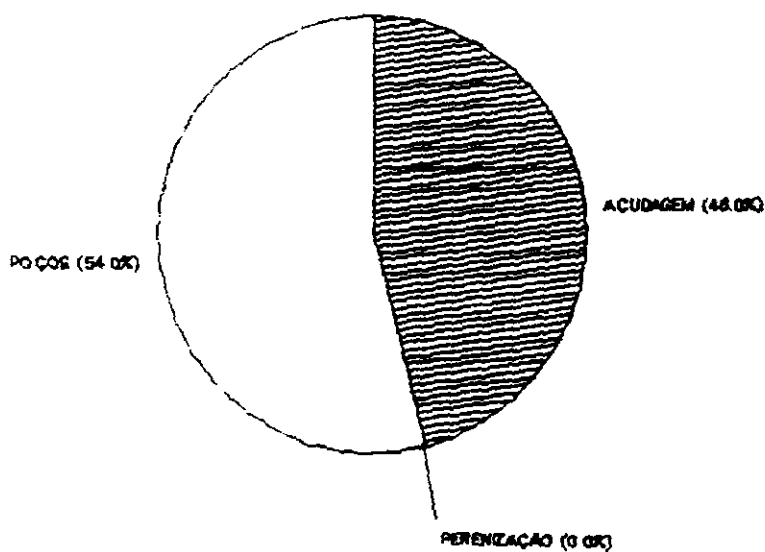
MUNICÍPIO DE TARRAFAS

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE TARRAFAS

ANO SECO



000247



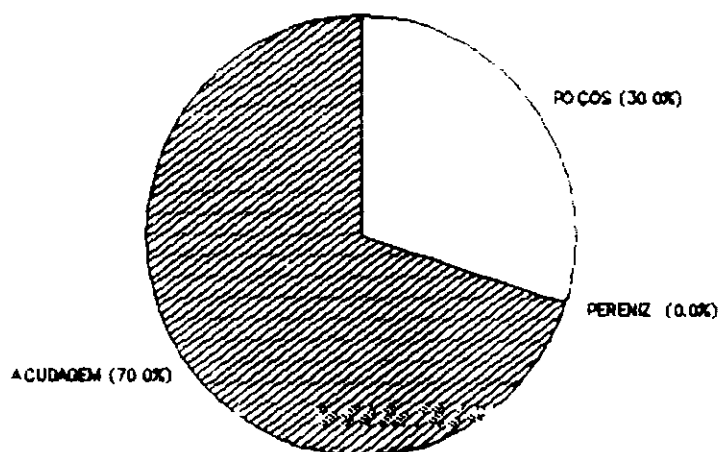
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.77

DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

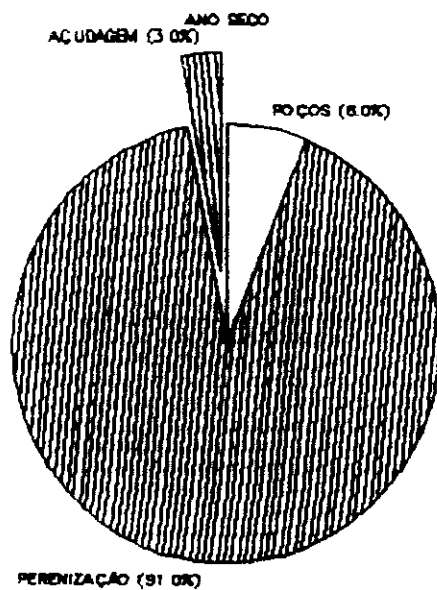
MUNICÍPIO DE TAUAÍ

ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE TAUAÍ

ANO SECO

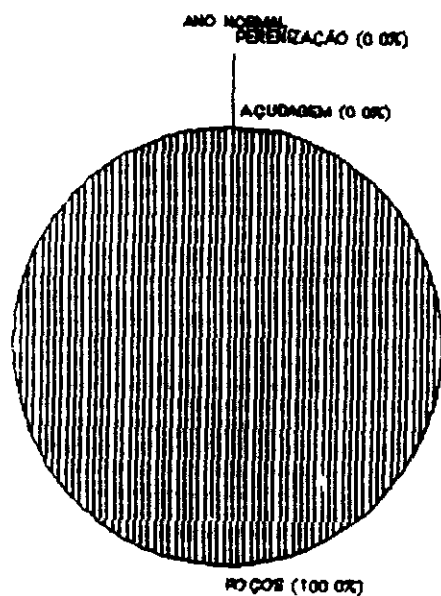


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 4.78

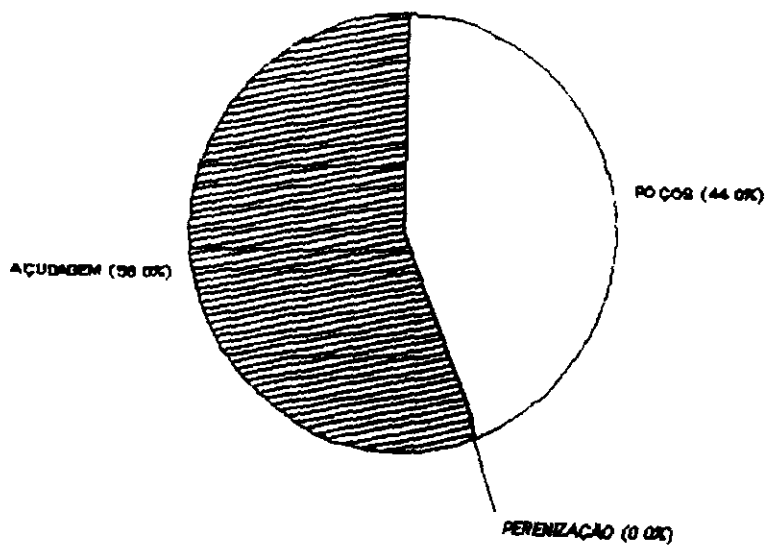
DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE UMARI



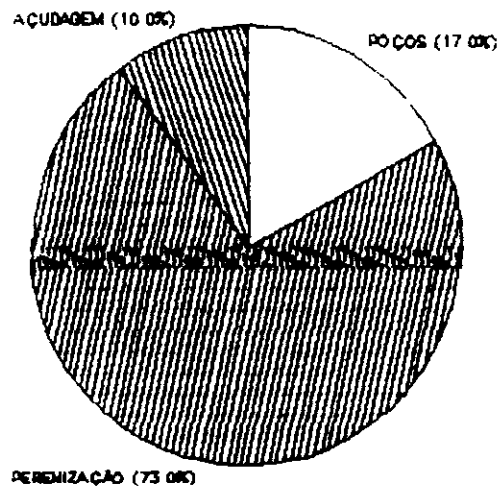
MUNICÍPIO DE UMARI

ANO SECO

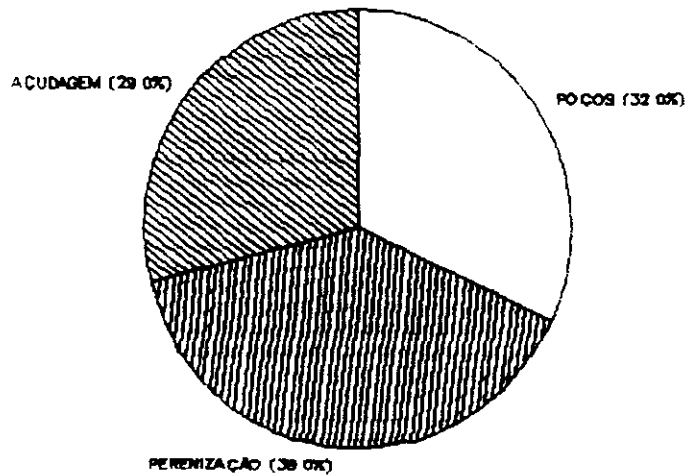


PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 FIGURA 4.79  
 DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES ÚTEIS POR FONTE HÍDRICA

MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE  
 ANO NORMAL



MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE  
 ANO SECO



Em seguida, serão feitos comentários a respeito dos resultados para cada tipo de infra-estrutura programada

#### 4.3.1 Poços

Ao analisar-se o mapa de poços do Anexo - Desenhos, observa-se, como era de se esperar, que na região da Bacia do Salgado o volume necessário de poços é maior. No ano normal são necessários  $61\,150\,000\text{ m}^3$  para suprir as demandas do horizonte 2000, e no ano seco  $80\,050\,000\text{ m}^3$ . Essa bacia é aquela que apresenta maiores potencialidades de águas subterrâneas, visto que nela localizam-se os melhores aquíferos da Bacia do Jaguaribe. No Salgado, os volumes necessários concentram-se principalmente na Região do Cariri, onde estão localizados os melhores aquíferos e as maiores demandas concentradas.

No Alto Jaguaribe o volume útil necessário de ser explorado com poços será de  $5\,100\,000\text{ m}^3$  no ano normal, e de  $14\,100\,000\text{ m}^3$  no ano seco. A região de Iguatu, onde se localizam boas formações sedimentares, é onde se concentrarão os maiores volumes individuais por UB.

A região do Médio Jaguaribe possuirá uma necessidade de  $2\,200\,000\text{ m}^3$  no ano normal, passando para  $5\,600\,000\text{ m}^3$  no ano seco. Como é uma região assentada basicamente em subsolo cristalino, os volumes úteis necessários por UB são pequenos, sendo maiores apenas nas regiões aluvionares.

A Bacia do Banabuiu necessitará de  $2\,800\,000\text{ m}^3$  no ano normal e  $16\,600\,000\text{ m}^3$  no ano seco.

O Baixo Jaguaribe possui um volume a ser explorado de  $11\,850\,000\text{ m}^3$  no ano normal e  $13\,700\,000\text{ m}^3$  no ano seco, concentrando-se esses valores nos aluviões do Rio Jaguaribe e nas dunas da região litorânea.

No total, para a Bacia do Jaguaribe estão previstos para o ano normal, horizonte 2000, 83,1 milhões de  $\text{m}^3$  de volume útil de poços, e 130,05 milhões de  $\text{m}^3$  para o ano seco, representando vazões de  $18\,973\text{ m}^3/\text{h}$  e  $29\,692\text{ m}^3/\text{h}$  para 12 horas de bombeamento, respectivamente.

#### 4.3.2 Pequena e Média Açudagem

A necessidade de pequena e média açudagem na Bacia do Jaguaribe esteve limitada por dois fatores principais. O primeiro, a limitação de 40% do deflúvio gerado na UB como sendo o volume possível de ser aproveitado para açudagem, o segundo, o já existente nível de açudagem na bacia, que em algumas regiões chega à quase saturação.

Dessa forma, as regiões com menor nível de açudagem são aquelas em que haverá uma maior necessidade de construção de açudes.

Para avaliar-se a necessidade de açudes em termos de volume a construir, pode-se usar a mesma estimativa média dos Estudos de Base, ou seja, o volume útil disponível representa cerca de 10% do volume total dos açudes. Dessa forma, basta multiplicar os valores a seguir apresentados por 10 e se obtém uma estimativa do volume total a armazenar com pequenos e médios açudes.

Os resultados obtidos indicam, para a Bacia do Salgado, um volume útil necessário de  $8\,110\,000\text{ m}^3$  no ano normal, e de  $11\,380\,000\text{ m}^3$  no ano seco.

Para o Alto Jaguaribe, os valores encontrados são de  $4\,430\,000\text{ m}^3$  para o ano normal e  $11\,710\,000\text{ m}^3$  para o ano seco.

No caso do Médio Jaguaribe, necessita-se de  $3\,930\,000\text{ m}^3$  no ano normal e de  $3\,490\,000\text{ m}^3$  no ano seco.

A Bacia do Banabuiu necessitará de  $3\,720\,000\text{ m}^3$  no ano normal e de  $16\,340\,000\text{ m}^3$  no ano seco, enquanto que na Bacia do Baixo Jaguaribe esses valores são de  $5\,490\,000\text{ m}^3$  e  $6\,570\,000\text{ m}^3$ , respectivamente.

Em total, na Bacia do Jaguaribe deverão ser tornados disponíveis  $25\,680\,000\text{ m}^3$  no ano normal e  $49\,490\,000\text{ m}^3$  no ano seco com a construção de açudes pequenos e médios.

#### 4.3.3 Perenização

As principais demandas, em termos de volume necessário, que são supridas a partir dos volumes regularizados pelos grandes açudes de perenização são as demandas dos projetos de irrigação pública.

Como a maior quantidade de hectares a serem irrigados está localizada no Baixo Jaguaribe, é lá que se encontram as maiores necessidades de volumes regularizados, como será visto a seguir.

Na região do Salgado, poucas áreas de irrigação estão previstas, sendo o projeto Salgado, de 3 000 ha, o único grande projeto público previsto para ser suprido por perenização. Os demais projetos serão supridos por poços, como o projeto Carás, no Cariri, ou por açudagem difusa.

Por isso, os volumes úteis necessários para o Salgado são de  $52\,550\,000\text{ m}^3$  no ano normal e  $87\,400\,000\text{ m}^3$  no ano seco.

A Bacia do Alto Jaguaribe possui vários projetos de irrigação previstos, e não é atualmente perenizada a não ser em pequenos trechos de rio pelos Açudes Várzea do Boi, Favelas e Poço da Pedra.

Por isso, no ano normal serão necessários  $137\,300\,000\text{ m}^3$  de volume regularizado, enquanto que no ano seco as necessidades são de  $228\,800\,000\text{ m}^3$ .

A Bacia do Médio Jaguaribe já é perenizada pelas águas do Açude Orós, e os projetos a serem implantados até o ano 2000 requerem pouco acréscimo no volume perenizável no ano normal, sendo de 21 200 000 m<sup>3</sup> esse valor. No ano seco, quando as vazões regularizadas caem à metade, o volume útil necessário é de 256 850 000 m<sup>3</sup>.

A Bacia do Rio Banabuiu possui suas grandes demandas de irrigação a jusante dos Açudes Pedras Brancas e Banabuiu, que já perenizam os trechos de rio até o encontro com o Jaguaribe. Por isso, no ano normal seriam necessários apenas 3 800 000 m<sup>3</sup>, subindo esse valor para 287 700 000 m<sup>3</sup> no ano seco, quando as vazões liberadas pelos açudes reduzem-se à metade.

No Baixo Jaguaribe, para viabilizar-se a implantação dos novos projetos de irrigação serão necessários 476 750 000 m<sup>3</sup> no ano normal e 749 550 000 m<sup>3</sup> no ano seco.

Para o total da Bacia do Jaguaribe, serão necessários 732 250 000 m<sup>3</sup> no ano normal e 1 659 150 m<sup>3</sup> no ano seco.

Fazendo-se um estudo comparativo entre as necessidades nos anos normal e seco e a soma dos volumes regularizados pelas barragens programadas (quadro 4.3), por sub-bacia, chega-se ao resultado preliminar do quadro 4.2.

Os resultados do quadro 4.2 indicam uma insuficiência de infra-estrutura nas Bacias do Salgado, Banabuiu e Baixo Jaguaribe, mesmo com a infra-estrutura futura sendo totalmente implementada.

Esses resultados foram detalhados e verificados ao simular-se a infra-estrutura futura com

o HEC-3, fazendo o dimensionamento final do sistema.

Uma comparação que pode ser feita para verificar a compatibilidade entre os resultados do balanço distribuído e do planejamento distribuído com o HEC-3, é de comparar-se a necessidade de perenização do quadro 4.2, por sub-bacia, com o volume médio anual não atendido pelo sistema atual na simulação do HEC, para cada sub-bacia simulada.

Fazendo-se essa comparação, verifica-se o seguinte:

- Salgado o volume médio não suprido na simulação com o HEC-3 foi de 53 330 000 m<sup>3</sup> aproximadamente. Valor muito próximo da necessidade do ano normal do quadro 4.2, de 52 550 000 m<sup>3</sup>,
- Alto Jaguaribe o volume médio anual não suprido pelo sistema simulado com o HEC-3 foi de 204 700 000 m<sup>3</sup>, valor compatível com os do quadro 4.2, bem próximo às necessidades do ano seco, de 228 800 000 m<sup>3</sup>,
- Banabuiu o volume médio não suprido na simulação do HEC-3 foi de 241 570 000 m<sup>3</sup>, valor bem próximo da necessidade do ano seco do quadro 4.2, de 287 700 000 m<sup>3</sup>,
- Médio e Baixo Jaguaribe serão analisados conjuntamente pela interligação existente entre disponibilidades e demandas dessas sub-bacias. O déficit médio anual somado, para o caso do HEC-3, é de 1 235 000 000 m<sup>3</sup>. A soma dos anos

**QUADRO 4.2**  
**COMPARAÇÃO ENTRE OS VOLUMES ÚTEIS NECESSÁRIOS E PROGRAMADOS DE PERENIZAÇÃO NA BACIA DO JAGUARIBE**

SUB-BACIA	VOLUMES NECESSÁRIOS		SOMA DOS VOLUMES PROGRAMADOS (m <sup>3</sup> )
	ANO NORMAL	ANO SECO	
SALGADO	52.550.000	87.400.000	13.875.840 (*)
ALTO JAGUARIBE	137.300.000	228.800.000	356.041.440
MÉDIO JAGUARIBE	21.200.000	256.850.000	945.133.920
BANABUIÚ	3.800.000	287.700.000	17.344.800
BAIXO JAGUARIBE	476.750.000	749.550.000	688.283.920 (**)

(\*) Não está computado o Açude Aurora, localizado a jusante das áreas de demanda.

(\*\*) Resultado do volume proveniente do Médio Jaguaribe, subtraída a necessidade do ano seco.



secos do quadro 4.1 fornece 1 006 400 000 m<sup>3</sup>. Há, no entanto, uma demanda remanescente para o Baixo e o Médio, que segundo os resultados do planejamento não será suprida, de aproximadamente 270 000 000 m<sup>3</sup>, que somados aos valores do quadro 4.2 fornecem 1 276 400 000 m<sup>3</sup>, valor bem próximo do déficit obtido pelo HEC-3.

Conclui-se, portanto, pela grande compatibilidade entre os resultados obtidos através do balanço distribuído, do planejamento distribuído e do balanço do sistema de perenização pelo HEC-3.

#### 4.4 Simulação da Infra-Estrutura Futura Programada

Como já foi explicado, a simulação realizada com a infra-estrutura programada objetivou dimensionar o sistema da Bacia do Jaguaribe, para que as demandas sejam atendidas com uma garantia aceitável. Esse dimensionamento passou tanto pela inclusão de novos barramentos quanto pela redução na área a ser irrigada, pela impossibilidade de supri-la com garantia adequada.

##### 4.4.1 Sistema Simulado

Os resultados do planejamento para a infra-estrutura de perenização necessária serviram de indicativo para quais barramentos considerar nas simulações.

Os barramentos previstos para toda a bacia são mostrados no quadro 4.3. Deles, alguns deixaram de ser simulados por razões diversas, quais sejam:

- Açude Aurora: a jusante desse açude não existem grandes volumes de perenização requeridos. Só haverá necessidade de grandes vazões após o Açude Castanhão.
- Açude Poço dos Paus: existem pareceres contrários à construção desse açude, pois o local do barramento possui problemas de fundação, tornando-o impraticável economicamente. Além disso, há excesso de oferta no Alto Jaguaribe se todos os açudes forem implementados, como pôde ser visto no quadro 4.2.
- Açude Puiú: uma observação ao mapa de perenização do Volume III mostra que as UB's a jusante do local desse açude não requerem volume de perenização, pois as demandas foram supridas por poços e pequena e média açudagem. Além disso, logo a jusante estará o Açude Arneiroz II, de maior importância.
- Açude São José: deverá ser construído, mas não foi simulado por se destinar a suprir demandas localizadas do Município de Piquet Carneiro, não possuindo conexão com o sistema.

- Açude Trici regulariza pouco, e sua implementação deverá estar condicionada ao estudo local de outras fontes alternativas. Destinar-se-á, se for construído, ao suprimento de demandas localizadas, sem conexão com o sistema.

- Açude Serafim Dias: sua construção será importante para suprir demandas localizadas, como a demanda remanescente da sede municipal de Mombaça. Possui pouca conexão com o sistema, perenizando um trecho limitado do Rio Banabuiú.

Os demais barramentos do quadro 4.3 foram, então, simulados conjuntamente, formando o sistema da figura 4.80. O diagrama de fluxo do sistema futuro é apresentado na figura 4.81.

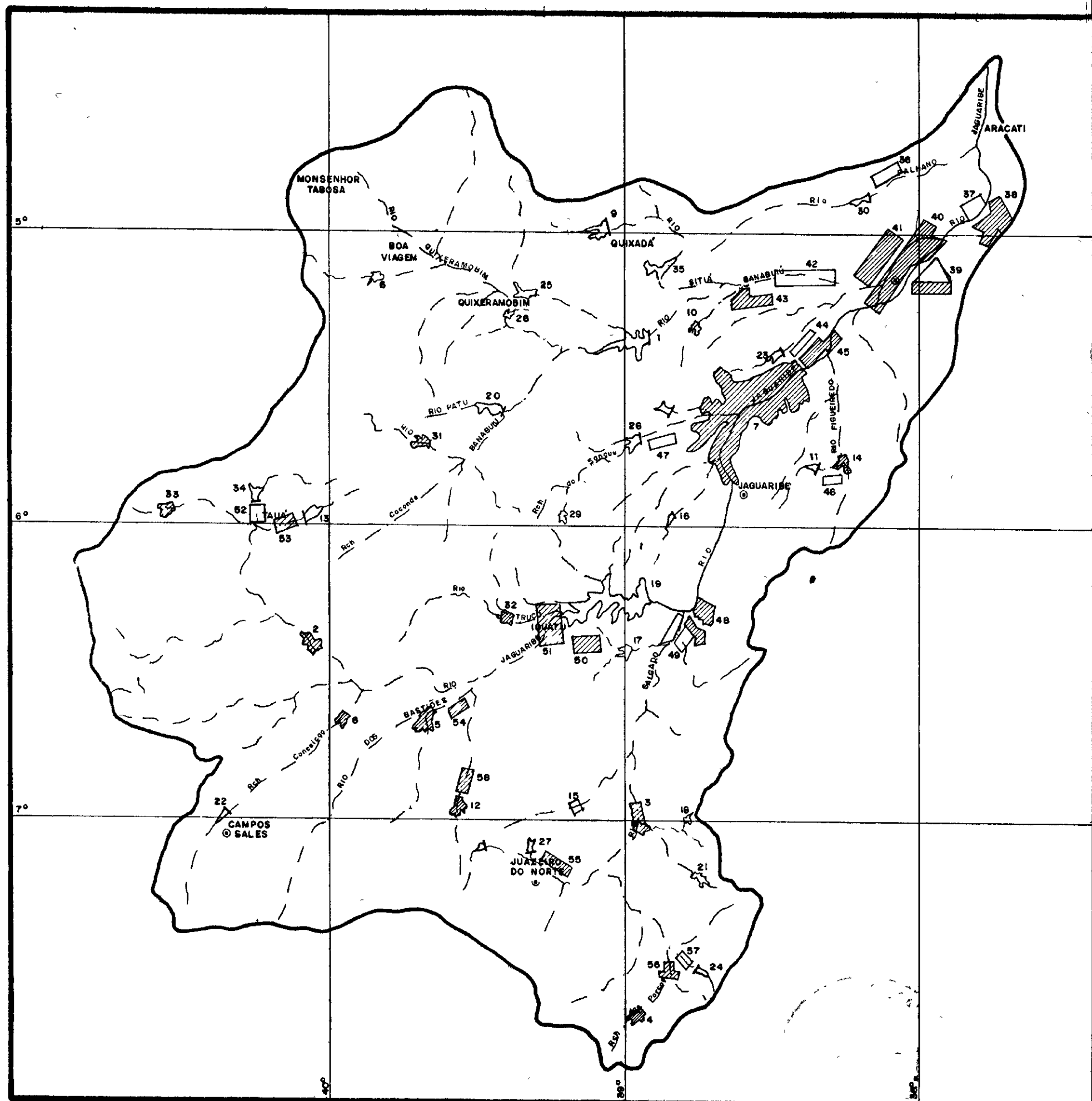
No Anexo - Desenhos, encontra-se o mapa com a infra-estrutura programada, e o diagrama de fluxo do sistema simulado.

O quadro 4.4 mostra os centros de demanda considerados e os resultados da simulação. Desses, pode-se extrair as seguintes observações:

- as conclusões do Capítulo 2 a respeito dos projetos de irrigação existentes ainda são válidas, registrando-se insuficiência de atendimento nos projetos Várzea do Boi e Poço do Barro,
- na Bacia do Salgado, o projeto Salgado não poderá ser suprido em sua totalidade pelo Açude Atalho II. Procurou-se, por isso, a área irrigável a 90% de garantia, o que será visto a seguir,
- a DHUC de Juazeiro do Norte não foi suprida totalmente, no balanço distribuído, havendo necessidade de construção de novos poços. No planejamento distribuído, no entanto, chega-se a um volume explorável de água subterrânea ainda insuficiente, ficando uma DHUC remanescente. Esta foi, na simulação, suprida pelo Açude Riacho dos Carneiros, admitindo-se a futura interligação deste com a cidade por adutora,
- as demandas futuras do Alto Jaguaribe serão bem supridas pelos açudes simulados, quais sejam, os Açudes Arneiroz II, Conceição, Farias Brito, Bastões e Trussu.
- com a construção do Açude Castanhão, as demandas dos projetos Jaguaribara-Castanhão, Transição Sul e para abastecimento de Fortaleza, considerada de início como 10 m<sup>3</sup>/s, serão atendidas adequadamente,

QUADRO 4.3  
AÇUDES PROGRAMADOS PARA A BACIA DO JAGUARIBE

AÇUDES	VOLUME MÁXIMO	VOLUME MÍNIMO	VOLUME ALERTA (km <sup>3</sup> )	Q' 90% SEM VOL.ALERTA (m <sup>3</sup> /s)	Q <sup>2</sup> 90% COM VOL.ALERTA (m <sup>3</sup> /s)	Q <sup>2</sup> 90 / Q'90	MUNICÍPIOS
Arneiroz II	139.9	0.00	16.33	1.85	1.52	0.82	Arneiroz
Atalho	108.3	7.25	19.27	0.56	0.44	0.79	Brejo Santo
Aurora	873	214.32	297.2	8.67	7.23	0.83	Aurora
Bastões	136.7	0.56	16.2	1.13	0.93	0.82	Assaré
Castanhão	4451.7	249.92	1235.1	34.6	26.6	0.77	Alto Santo
Conceição	394.9	0.00	52.96	1.43	1.13	0.79	Saboeiro
Farias Brito	197.6	0.00	25.9	2.01	1.69	0.84	Farias Brito
Figueiredo	502.0	0.00	23.8	3.82	3.37	0.88	Iracema
Poço dos Paus	1.500	10.0	91.9	5.37	4.55	0.85	Cariús
Puiú	24.5	0.49	4.8	0.19	0.12	0.63	Arneiroz
São José	17	1.5	4.8	0.17	0.12	0.71	Piquet Carneiro
Serafim Dias	43	2.5	7.4	0.51	0.43	0.84	Mombaça
Trici	16	01.00	2.15	0.08	0.06	0.75	Tauá
Trussu	263	0.00	33.7	1.57	1.29	0.82	Iguatu



**LEGENDA**

- AÇUDE EXISTENTE
- AÇUDE PROGRAMADO
- PROJETO DE IRRIGAÇÃO EXISTENTE
- PROJETO DE IRRIGAÇÃO PROGRAMADO

**AÇUDES**

- |                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| 1- BANABUIÚ        | 19- ORÓS                    |
| 2- ARNEIROZ II     | 20- PATU                    |
| 3- AURORA          | 21- PRAZERES                |
| 4- ATALHO II       | 22- POÇO DAS PEDRAS         |
| 5- BASTIÕES        | 23- POÇO DO BARRO           |
| 6- BOA VIAGEM      | 24- QUIXABINHA              |
| 7- CASTANHÃO       | 25- QUIXERAMOBIM            |
| 8- CONCEIÇÃO       | 26- RCH. DO SANGUE          |
| 9- CEDRO           | 27- RCH. DOS CARNEIROS      |
| 10- CIPOADA        | 28- RCH. DOS TANQUES        |
| 11- EMA            | 29- SÃO BERNARDO            |
| 12- FARIAS BRITO   | 30- SANTO ANTONIO DE RUSSAS |
| 13- FAVELAS        | 31- SERAFIM DIAS            |
| 14- FIGUEIREDO     | 32- TRUSSU                  |
| 15- INGAZEIRO      | 33- TRICI                   |
| 16- JOAQUIM TAVORA | 34- VÁRZEA DO BOI           |
| 17- LIMA CAMPOS    | 35- PEDRAS BRANCAS          |
| 18- MUQUÉM         |                             |

**PERÍMETROS DE IRRIGAÇÃO**

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 36- PROJETO SANTO ANTONIO DE RUSSAS | 48 - PROJETO ICÓ-LIMA CAMPOS (FUTURO) |
| 37- PROJETO JAGUARUANA              | 49 - PROJETO ICÓ-LIMA CAMPOS (ATUAL)  |
| 38- PROJETO JAGUARUANA - ARACATI    | 50 - PROJETO CHAPADA DO MOURA         |
| 39- PROJETO CHAPADA DO APODI        | 51 - PROJETO ALUVIÕES DE IGUATU       |
| 40- PROJETO BAIXO JAGUARIBE         | 52 - PROJETO VÁRZEA DO BOI            |
| 41- PROJETO CHAPADÕES DE RUSSAS     | 53 - PROJETO FAVELAS                  |
| 42- PROJETO MORADA NOVA             | 54 - PROJETO CARIÚS                   |
| 43- PROJETO ZONA DE TRANSIÇÃO SUL   | 55 - PROJETO CARÁS                    |
| 44- PROJETO POÇO DO BARRO           | 56 - PROJETO SALGADO                  |
| 45- PROJETO JAGUARIBARA - CASTANHÃO | 57 - PROJETO QUIXABINHA               |
| 46- PROJETO AÇUDE PÚBLICO EMA       | 58 - PROJETO BASTIÕES                 |
| 47- PROJETO RIACHO DO SANGUE        |                                       |

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

FIGURA - 4.80  
SISTEMA FUTURO SIMULADO

000255



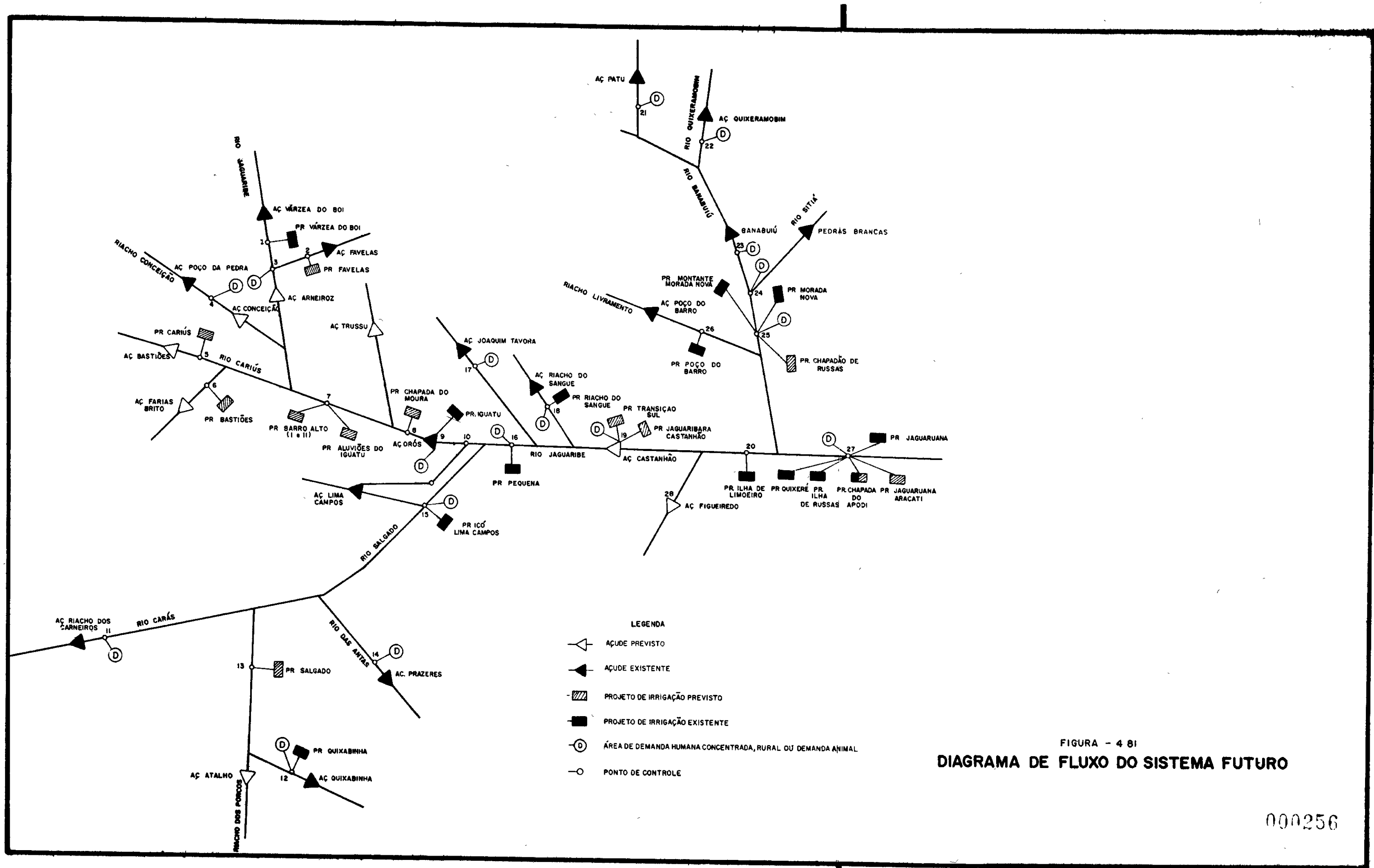


FIGURA - 4 81  
**DIAGRAMA DE FLUXO DO SISTEMA FUTURO**

000256

**QUADRO 4.4**  
**GARANTIA DE SUPRIMENTO ÀS DEMANDAS DO ANO 2000**  
**PELO SISTEMA ATUAL DE PERENIZAÇÃO**

Nº DO PONTO DE CONTROLE	DEMANDAS AGREGADAS EM CADA PONTO DE CONTROLE	ÁREA IRRIGADA CONSIDERADA (ha)	VAZÃO MÉDIA REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO MÉDIA SUPRIDA (m <sup>3</sup> /S)	% SUPRIMENTO DO VOLUME ANUAL REQUERIDO	GARANTIA MENSAL (%)
01	Projeto Várzea do Boi	287	0,17	0,06	39,2	9,5
02	Projeto Favelas	250	0,15	0,14	90,3	84,3
03	DHR + DAR na faixa	-	0,011	0,009	85,8	92,7
04	DHUC Campos Sales + DHR + DAR na faixa	-	0,051	0,050	98,2	98,2
05	Projeto Cariús	1.200	0,70	0,68	97,2	95,8
06	Projeto Bastiões	1.600	0,90	0,90	99,8	96,8
07	Projeto Barro Alto (I e II) + Aluviões do Iguatu	4.650	2,65	2,62	98,7	95,8
08	Projeto Chapada do Moura	3.600	2,10	1,96	93,3	84,7
09	Projeto Iguatu I + DHUC Orós + DHR + DAR na faixa	3.500	2,05	2,04	99,7	99,7
10	Tomada para túnel Orós - Lima Campos	-	1,50	1,50	99,7	99,5
11	Complemento DHUC Juazeiro do Norte + DHR + DAR na faixa	-	0,051	0,051	99,7	99,7

1335



000257

**QUADRO 4.4 (CONTINUAÇÃO)**  
**GARANTIA DE SUPRIMENTO ÀS DEMANDAS DO ANO 2000**  
**PELO SISTEMA ATUAL DE PERENIZAÇÃO**

Nº DO PONTO DE CONTROLE	DEMANDAS AGREGADAS EM CADA PONTO DE CONTROLE	ÁREA IRRIGADA CONSIDERADA (ha)	VAZÃO MÉDIA REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO MÉDIA SUPRIDA (m <sup>3</sup> /s)	% SUPRIMENTO DO VOLUME ANUAL REQUERIDO	GARANTIA MENSAL (%)
12	Projeto Quixabinha + DHR + DAR na faixa	120	0,064	0,063	98,4	94,3
13	Projeto Salgado	3.000	1,71	0,51	29,7	4,5
14	DHR + DAR na faixa	-	0,013	0,012	95,6	95,7
15	Projeto Icó-Lima Campos + DHR + DAR na faixa	3.000	1,94	1,92	98,9	92,5
16	Pequena irrigação do Médio Vale + DHR + DAR na faixa	3.000	1,70	1,70	99,8	99,5
17	DHR + DAR na faixa	-	0,011	0,011	98,6	100,0
18	Projeto Riacho do Sangue + pequena irrigação + DHR + DAR na faixa	344	0,244	0,241	98,6	93,2
19	Projetos Transição Sul + Jaguaribara - Castanhão + DHUC complementar para Fortaleza	18.000	20,11	19,46	96,7	92,7
20	Projeto Ilha de Limoeiro	3.350	1,80	1,80	99,7	99,2
21	DHR + DAR na faixa	-	0,03	0,03	100,0	100,0

1336



000258

QUADRO 4.4 (CONTINUAÇÃO)  
 GARANTIA DE SUPRIMENTO ÀS DEMANDAS DO ANO 2000  
 PELO SISTEMA ATUAL DE PERENIZAÇÃO

Nº DO PONTO DE CONTROLE	DEMANDAS AGREGADAS EM CADA PONTO DE CONTROLE	ÁREA IRRIGADA CONSIDERADA (ha)	VAZÃO MÉDIA REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO MÉDIA SUPRIDA (m <sup>3</sup> /S)	% SUPRIMENTO DO VOLUME ANUAL REQUERIDO	GARANTIA MENSAL (%)
22	DHR + DAR na faixa	-	0,093	0,091	97,7	97,5
23	DHR + DAR na faixa	-	0,011	0,011	100,0	100,0
24	DHR + DAR na faixa	-	0,051	0,051	100,0	100,0
25	Projetos Chapadões de Russas + Montante de Morada Nova + Morada Nova + DHR + DAR na faixa	29.000	21,36	13,70	64,1	6,7
26	Projeto Poço do Barro + DHR + DAR na faixa	540	0,271	0,215	79,3	58,2
27	Projetos Quixerê + Ilha de Russas + Chapada do Apodi + Jaguaruana + Jaguaruana-Aracati + Baixo Jaguaribe	53.520	32,46	20,52	63,2	12,7

- na **Bacia do Banabuiu** verifica-se um déficit no suprimento das demandas de irrigação dos projetos a jusante dos Açudes Banabuiu e Pedras Brancas, o que levou à diminuição da área irrigada até que se conseguiu uma boa garantia de atendimento, como visto a seguir,
- o **Baixo Jaguaribe** mostra, também, um déficit no atendimento às demandas dos projetos de irrigação previstos. A área irrigada foi diminuída em novas simulações, conforme mostrado em seguida

#### 4.4.2 Dimensionamento do Sistema Futuro

As falhas de suprimento descritas no item anterior levaram a um reestudo do conjunto de demandas possível de ser suprido pelos açudes previstos para o Jaguaribe. Esse reestudo foi feito reduzindo-se as demandas até encontrar-se garantias aceitáveis.

Em contato com a Consultora VBA, que elaborou os estudos para o restante do Estado, obteve-se a informação a respeito das necessidades hídricas de Fortaleza para seu abastecimento. Verificou-se que para o ano de 2020, o déficit será de aproximadamente 2,5 m<sup>3</sup>/s para toda a região metropolitana.

Por isso, o valor de 10 m<sup>3</sup>/s previsto de ser retirado do Castanhão para Fortaleza foi reduzido nas simulações subsequentes para 5,0 m<sup>3</sup>/s. Esse valor, de comum acordo entre as consultoras, será suficiente para atender os 2,5 m<sup>3</sup>/s e as perdas que ocorrerão ao transportar-se essa vazão para o sistema Choró-Aracoabiá.

As simulações levaram, então, às novas áreas possíveis de serem irrigadas, quais sejam:

- na **Bacia do Salgado**, o projeto Salgado só terá atendido 800 ha pelo Açude Atalho II, com garantia mensal de 88,5% e suprindo-se 94,8% do volume requerido,
- no **Banabuiu**, a área total irrigável a partir do sistema Banabuiu - Pedras Brancas é de 21 700 ha aproximadamente, com garantia mensal de 85% e suprindo-se 97,5% do volume requerido. Como já existem implantados 3 007 ha, 2 607 ha no perímetro Morada Nova e 400 ha no perímetro Montante de Morada Nova, restam 18 693 ha a implantar, sendo 1 000 ha no Montante de Morada Nova e o restante (17 693 ha) nos Chapadões de Russas, cuja captação é prevista a partir do Rio Banabuiu,

no **Baixo Jaguaribe**, chegou-se a uma área total irrigável pelo sistema de barragens simulado de 38 545 ha, com garantia mensal de 88,5% e suprindo-se 93,3%

do volume requerido. Como já existem 6 235 ha nos perímetros Ilha de Russas, Chapada do Apodi e Jaguaruana considerados implementados, restam 32 310 ha no Baixo Vale a implantar. As áreas a serem escolhidas deverão ser objeto de estudo de viabilidade posterior.

Como indicativo, pode-se recomendar a complementação dos 25 000 ha dos Chapadões de Russas, com captação a partir do Baixo Jaguaribe, sendo de 7 300 ha a área que não é possível de irrigar a partir do Rio Banabuiu.

Os 25 010 ha restantes possíveis de irrigar deverão ser escolhidos entre a Chapada do Apodi (6 000 ha previstos), Baixo Jaguaribe (15 000 ha previstos), Quixeré (485 ha previstos), Jaguaruana-Aracati (25 000 ha previstos) e Ilha de Russas (800 ha previstos).

Portanto, além das demandas para consumo humano poderão ser irrigadas as áreas do quadro 4.5 a seguir.

Atualmente existem 2000 ha no projeto Cariri/Salgado, irrigados a partir de poços. Somados aos 18 188 ha já existentes do quadro 4.4, chega-se a uma área atual de 20 188 ha de irrigação pública no Jaguaribe.

Previstos, ainda existem 1200 ha no projeto Cariri/Salgado, a partir de poços, e 842 ha no projeto Carás, também a partir de poços. Além disso, a Média Irrigação Pública prevista, difusa em toda a bacia, possui área de 3 080 ha.

Totalizando com os valores do quadro 4.5 chega-se a 94 710 ha a serem implantados no Jaguaribe.

Somando-se esses valores, chega-se a 114 898 ha de área total a ser irrigada, com base nos projetos estudados no PEI (Plano Estadual de Irrigação, SRH-CE).

Em termos do sistema de perenização, este estará exaurido ao chegar-se aos 107 776 ha do quadro 4.5. Esse valor poderá ser acrescido se novas barragens de perenização forem identificadas e permitirem a irrigação de novas áreas.

#### 4.5 Caso Especial. A Barragem Castanhão

A Barragem do Castanhão é a principal barragem a ser construída na Bacia do Jaguaribe. Localizada no Médio Vale, tem provocado discussões quanto ao seu dimensionamento, razão pela qual resolveu-se estudá-la de forma detalhada.

Para isso, decidiu-se avaliar outras dimensões alternativas da barragem, em cotas menores que a do projeto original. Além disso, resolveu-se avaliar o efeito da redução de tamanho.

**QUADRO 4.5**  
**ÁREAS DE IRRIGAÇÃO PÚBLICA DA BACIA DO JAGUARIBE**  
**POSSÍVEIS COM O SISTEMA DE PERENIZAÇÃO PROGRAMADO**

SUB-BACIA	ÁREA IRRIGADA ATUAL (ha) <u>1/</u>	ÁREA A SER IRRIGADA (ha)	ÁREA TOTAL IRRIGÁVEL (ha)
SALGADO	2.334	960	3.294
ALTO JAGUARIBE	3.287	14.800	18.087
MÉDIO JAGUARIBE	3.086	22.135 <u>2/</u>	25.221
BANABUIÓ	3.007	19.233 <u>3/</u>	22.240
BAIXO JAGUARIBE	6.474	32.460 <u>4/</u>	38.934
TOTAL	18.188	89.588	107.776

000261



não só na capacidade de regularização do açude, mas também nos diversos usos múltiplos previstos

Essa avaliação pretendida das diversas alternativas necessitou, então, da escolha de parâmetros de comparação entre elas, para os usos múltiplos previstos. Os parâmetros escolhidos como melhores para comparar as opções foram os econômicos, através de uma avaliação custo-benefício do empreendimento em suas diversas alternativas.

Antes de entrar na avaliação econômica das alternativas, serão mostrados os resultados dos estudos hidrológicos realizados para as mesmas.

#### 4.5.1 Caracterização Hidrológica das Alternativas

As alternativas consideradas para a Barragem do Castanhão são as do quadro 4.6 a seguir.

Para cada alternativa do quadro 4.6 foram realizados os seguintes estudos:

- vazão regularizada a 90% para cada alternativa, por simulação individual,
- simulação integrada do sistema (HEC-3), com a construção das barragens definidas neste capítulo como necessárias para o Jaguaribe, e avaliação da influência na vazão regularizada das alternativas,
- avaliação da capacidade de amortecimento das cheias de 25 anos, 50 anos e 100 anos de tempo de retorno (Tr) de cada alternativa. Neste caso, simulou-se o funcionamento das comportas ao aflúrem as cheias supracitadas, cujos hidrogramas foram obtidos do Projeto Básico da Barragem Castanhão (DNOCS, 1989).

Quanto à construção dos novos barramentos, praticamente não exercem influência sobre a vazão regularizada do Castanhão, pois estão localizados, em sua maioria, a montante do Açude Orós, que já regularizava as águas do Alto Jaguaribe.

No quadro 4.7 a seguir são mostradas as vazões regularizadas a 90% de garantia para as diversas alternativas. Para efeito comparativo, considerou-se não ser necessário a condição de volume de alerta, em nenhuma das alternativas.

Os estudos de amortecimento de cheias levaram aos resultados do quadro 4.8 a seguir.

Como pode ser observado nos quadros 4.7 e 4.8, do ponto de vista hidrológico a alternativa do projeto original é mais eficiente, tanto para regularização como para o controle de enchentes.

No próximo item, serão avaliadas as alternativas sob o ponto de vista econômico, com base nesses resultados supracitados. Outros usos serão também avaliados, como piscicultura e geração de energia elétrica.

Utilizou-se bastante, como será visto a seguir, os resultados do RIMA (Relatório de Impacto do Meio Ambiente, DNOCS/SIRAC, 1990) do Castanhão.

#### 4.5.2 - Análise Econômica e Social das Alternativas

##### 4.5.2.1 - Considerações iniciais

O objetivo deste estudo é exatamente consubstanciar, da forma mais sistemática possível, os mais relevantes resultados obtidos sobre os efeitos econômicos e sociais do aproveitamento múltiplo do Açude Público Castanhão em diferentes níveis de acumulação.

Desta forma, a consolidação das estimativas de custos e de valores de benefícios múltiplos do empreendimento é apresentada nas cinco situações possíveis, ou seja:

- 1 - capacidade de armazenamento para regularização de 4,45 bilhões de m<sup>3</sup> e vazão regularizada de 35,0 m<sup>3</sup>/s (cota original),
- 2 - capacidade de armazenamento de 3,0 bilhões de m<sup>3</sup> e vazão regularizada de 29,8 m<sup>3</sup>/s (cota 95),

**QUADRO 4.6**  
**ALTERNATIVAS DA BARRAGEM CASTANHÃO**

COTA DA SOLEIRA (m)	VOLUME ACUMULADO PARA REGULARIZAÇÃO (m <sup>3</sup> )	COTA DE ABERTURA DAS COMPORTAS (m)	VOLUME DE ESPERA (hm <sup>3</sup> )	COTA DA CRISTA DA BARRAGEM (m)
100 (*)	4.451,0	106	2.300	111
95	3.000,0	100	1.420	105
90	1.900,0	95	1.000	100
85	1.300,0	-	-	95
80	758,3	-	-	90

(\*) (Original)

**QUADRO 4.7**  
**CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS**

ALTERNATIVAS	VAZÃO AFLUENTE (*) MÉDIA ANUAL (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO REGULARIZÁVEL A 90% (m <sup>3</sup> /s)	RENDIMENTO (%)
	(A)	(B)	(B) / (A) *100
COTA 100 (**)	61,6	35,0	58,4
COTA 95	61,6	29,9	48,5
COTA 90	61,6	23,5	38,2
COTA 85	61,6	16,6	26,9
COTA 80	61,6	10,4	16,9

(\*) Computados os açudes do montante e seus vertimentos

(\*\*) Original

3 - capacidade de armazenamento de 1,9 bilhão de m<sup>3</sup> e vazão regularizada de 23,5 m<sup>3</sup>/s (cota 90),

4 - capacidade de armazenamento de 1,3 bilhão de m<sup>3</sup> e vazão regularizada de 16,6 m<sup>3</sup>/s (cota 85),

5 - Capacidade de armazenamento de 758,3 milhões de m<sup>3</sup> e vazão regularizada de 10,4 m<sup>3</sup>/s (cota 80)

Tal como se apresenta na versão original do Relatório de Impacto no Meio Ambiente - RIMA (Capítulo 6 do Volume I-B), a Barragem do Castanhão aparece como empreendimento de grande potencial indutor de benefícios econômicos e sociais, tendo em vista que

- viabiliza diretamente a irrigação em bases confiáveis, segundo o DNOCS, de 43 000 ha de terras,

- protege contra inundações cerca de 25 000 ha de várzeas irrigáveis, além de diversos núcleos urbanos que servirão de apoio ao desenvolvimento em perspectiva na região,

- torna disponível importante vazão regularizada suplementar para abastecimento d'água à Região

Metropolitana de Fortaleza, mediante fácil conexão com um sistema adutor que representa o eixo natural das sucessivas ligações futuras dos apovimentos de mananciais hídricos disponíveis para suprimento à capital estadual e regiões circunvizinhas,

- permite o desenvolvimento da pesca, geração de energia e atividades recreativas sem conflito com as demais finalidades do projeto,

- constitui uma "caixa de passagem" para, em um horizonte de longo prazo e envolvendo possivelmente captações suplementares de águas da Bacia do Rio São Francisco, irrigação de solos para os quais os recursos hídricos do Jaguaribe são insuficientes, e resolução em definitivo da problemática de abastecimento d'água da Região Metropolitana de Fortaleza,

- Cria uma massa crítica de oportunidades capaz de - dependendo de ações típicas de iniciativa privada com apoio público a nível de infra-estrutura - desencadear processos paralelos e espacialmente polarizados de crescimento em setores produtivos afins, como a agroindústria, a fabricação e o fornecimento de insumos,

**QUADRO 4.8**  
**AMORTECIMENTO DE CHEIAS PARA AS ALTERNATIVAS ESTUDADAS**

ALTERNATIVA	% AMORTECIMENTO DA CHEIA DE 25 ANOS DE TR	% AMORTECIMENTO DA CHEIA DE 50 ANOS DE TR	% AMORTECIMENTO DA CHEIA DE 100 ANOS DE TR
	COTA 100	70	65
COTA 95	61	55	53
COTA 90	55	50	47
COTA 85	22	22	22
COTA 80	17	17	17





a indústria de equipamentos de irrigação a armazenagem, o transporte, etc, fortalecendo sobremaneira, os centros urbanos regionais

Todavia, é importante ressaltar que os estudos hidrológicos empreendidos no PERH evidenciaram alterações significativas nas finalidades múltiplas do projeto ao se reduzir o volume d'água armazenado pelo reservatório

Ante o exposto, e utilizando os mesmos procedimentos adotados na análise econômico-social desenvolvida na versão original do RIMA, elaborou-se um ensaio comparativo do fluxo líquido de caixa atualizado para as cinco hipóteses de acumulação da barragem, cujos elementos dos custos e benefícios esperados específicos de cada uso múltiplo estão discriminados em relatórios anteriores (RIMA do Castanhão - Capítulo 6 do Volume I-B e Estudo de Alternativas - Capítulo 5)

#### 4 5 2 2 - Resultados da análise custo-benefício

Conforme definido no item 6 5 constante no Capítulo 6 da versão original do RIMA, os custos do empreendimento para efeito de análise são representados pelos gastos com implantação do barramento, ações complementares (desapropriações, reassentamentos, etc) e custo de oportunidade das terras da bacia de inundação

Por outro lado, todos os demais elementos pertinentes da estrutura contábil usual de uma avaliação econômica-financeira estão somados algebricamente nos fluxos de benefícios líquidos dos diferentes usos múltiplos (irrigação, abastecimento d'água, contenção de cheias, geração de energia e pesca), conforme procedimentos adotados no capítulo 6 do RIMA

ALTERNATIVAS COTA (m)	VALOR PRESENTE LÍQUIDO EM US\$ 10 A UMA TAXA DE DESCONTO DE 10%
95	162,9
90	111,5
85	14,8
80	25,2

O valor presente líquido, para uma taxa de desconto de 10%, do fluxo diferencial de benefícios e custos estimados para a concepção original do empreendimento, foi estimado em US\$ 250 milhões, montante este que supera, com certa margem, os valores presentes líquidos apropriados para as diferentes hipóteses de acumulação, os quais são discriminados no quadro a seguir

Comparando-se, ainda, em termos de taxa interna de retorno, verifica-se que as estimativas de custos e de valores dos benefícios múltiplos da

barragem em sua concepção original permitem registrar uma TIR implícita no fluxo líquido de caixa da ordem de 15%, nível este acima dos valores encontrados para as outras quatro hipóteses de acumulação, situados na faixa de 14% (alternativa cota 95 m) a 8% (alternativa cota 80 m)

Quanto a participação, em termos percentuais, dos usos múltiplos quantitativamente trabalhados na formação dos benefícios do empreendimento em sua concepção original, a distribuição em valores presentes é irrigação - 53,0%, abastecimento d'água - 30,4%, contenção de cheias - 8,1%, geração de energia - 5,5% e pesca - 3,0%. Para as demais hipóteses de acumulação da barragem, os benefícios líquidos atualizados dos referidos usos múltiplos são distribuídos da forma a seguir

No que diz respeito às análises de sensibilidade, pode-se notar que o fluxo líquido de caixa do empreendimento em sua concepção original atinge um valor presente de US\$ 85 milhões e uma relação benefício/custo de 1,6, mesmo com uma redução de 50% nos benefícios de irrigação e abastecimento d'água (83,4% dos benefícios). Por outro lado, inferiu-se, ainda, que, mesmo neste cenário de elevada redução dos dois mais importantes benefícios, a taxa de atratividade de 10% seria também alcançada, mesmo na presença de um aumento de 70% nos custos da barragem

Utilizando os mesmos exercícios de sensibilidade descritos no parágrafo precedente, constatou-se que o valor presente líquido e a relação benefício/custo, a uma taxa de desconto de 10%, estimados para as demais hipóteses de acumulação, apresentam-se inferiores aos valores considerados normais, ou seja, valor presente líquido positivo e relação benefício/custo maior que 1

#### 4 5 2 3 - Conclusão

As apreciações de natureza econômica empreendidas para as cinco hipóteses de acumulação da Barragem do Castanhão indicaram que o empreendimento apresenta um maior potencial favorável de retorno do capital público e privado investido na obra em si e nas ações paralelas que viabilizam alguns dos usos - múltiplos se executado em sua concepção original, evidenciado, implicitamente, pela maior abrangência numérica da população que auferir benefícios sociais em relação à que sofre prejuízos

Dentro do conjunto dos principais benefícios sociais diretos do empreendimento em sua concepção original e que são dados pelos efeitos proporcionados por seus usos múltiplos, destaca-se

- Irrigação

geração de aproximadamente 15,6 mil empregos diretos e 31,0 mil empregos indiretos,

USOS	ALTERNATIVAS Cota (m)			
	95	90	85	80
Irrigação	42,8	22,9	22,8	77,3
Abastecimento d'água	46,3	62,4	61,6	-
Contenção de cheias	8,0	10,3	10,4	17,2
Geração de energia	-	-	-	-
Pesca	2,9	4,4	5,2	5,5

#### Abastecimento d'água

beneficiamento direto de uma população aproximada de 3,0 milhões de pessoas, o qual corresponderá a cerca de 40,0% dos habitantes da Região Metropolitana de Fortaleza no ano 2 020,

#### Controle de cheias

beneficiará municípios a jusante do barramento, cuja população em 1989 era de 255 mil habitantes.

#### Pesca

a pesca no reservatório permitirá criar cerca de 580 oportunidades de trabalho para pescadores e mais 870 empregos para ajudantes de pesca e pessoal ocupado no reparo de redes e demais artefatos pesqueiros

Portanto, concluiu-se que os principais benefícios sociais líquidos do empreendimento em sua concepção original manifestam-se em uma dimensão regional que supera por larga margem os estimados para as demais hipóteses de acumulação da barragem, cujos cenários relativos às finalidades múltiplas do projeto, potencialmente inferiores, evidenciam um equilíbrio entre os custos e os benefícios gerados

## 5 PLANEJAMENTO DE AÇÕES COMPLEMENTARES

Durante a elaboração do PERH tornou-se clara a necessidade de ações complementares, não só para viabilizar a implantação do plano como para permitir atualizá-lo periodicamente

Essas ações vão desde a coleta de dados básicos, necessários a um aperfeiçoamento dos estudos, passando pela atualização dos dados existentes, até programas específicos para implementação das ações de planejamento do PERH

Neste capítulo procura-se descrever algumas dessas ações, chegando-se ao nível de detalhe permitido pelas informações disponíveis até aqui

## 5 1 Programa da Coleta de Dados Básicos

Durante a elaboração dos Estudos de Base do PERH, diagnosticou-se algumas necessidades de coleta de dados básicos, apresentadas a seguir

### 5 1 1 Dados Fluviométricos

Em geral, a rede fluviométrica do Jaquaribe encontra-se bem distribuída, visto que foi reorganizada no início dos anos 50 pela SUDENE

No entanto, há regiões da bacia onde as estações fluviométricas controlam grandes áreas apenas, não havendo condições de ajuste de um modelo chuva x deflúvio a pequenas bacias

Para evitar a instalação de novas estações recomenda-se

controle diário rigoroso das vazões liberadas pelos grandes açudes com volume superior a 10 hm<sup>3</sup>, bem como das captações de maior importância feitas direto do espelho d'água,

controle diário dos níveis dos referidos açudes,

aferição confiável de curva da descarga dos vertedouros desses açudes acima de 10 hm<sup>3</sup>, com controle diário da lâmina de sangria, se houver,

controle diário da evaporação e da precipitação no espelho d'água desses açudes, com instalação de tanques evaporimétricos e pluviômetros às margens dos açudes

De posse desses dados diários, pode-se reconstituir com confiança as vazões diárias afluentes a esses açudes

### 5 1 2 Dados sobre Açudagem

Uma das dificuldades encontradas durante a elaboração do PERH foi a estimativa dos volumes máximos dos açudes existentes, dos quais não se possui curva cota x área x volume



Para estimativa confiável do volume de cada açude, recomenda-se uma campanha de campo para levantamento da altura máxima da lâmina líquida de todos os açudes do Estado. Somente de posse desse dado é que se chegará a estimativas individuais confiáveis, visto que a metodologia adotada pelo PERH apresenta bons resultados globais.

Essa informação permitirá, inclusive, a estimativa confiável das curvas cota x área x volume de cada reservatório.

Para os açudes a serem construídos, deve-se cadastrá-los para que esses dados geométricos sejam conhecidos.

## 5.2 Programa de Monitoramento dos Recursos Superficiais

Esse programa objetivará desenvolver um sistema de coleta e processamento de informações, em tempo real, sobre a açudagem no Ceará.

Através dele, deverá ser possível a determinação dos volumes acumulados em cada açude. Para isso, estes devem ser monitorados periodicamente por fotografias de satélites e, sabendo-se a área do espelho d'água no momento, pode-se determinar o volume acumulado correspondente.

Essas informações são de capital importância para o gerenciamento tático dos recursos superficiais do Estado.

## 5.3 Programa de Abastecimento das Sedes Municipais

O balanço oferta x demanda forneceu o mais completo diagnóstico da situação de abastecimento dos municípios da Bacia do Jaquaribe. Sabe-se, com segurança, os municípios com estado crítico de abastecimento.

Urge, pois, um programa para abastecer as sedes municipais em situação mais crítica. Desde já, sabe-se que as sedes municipais de Piquet Carneiro, Ibicuitinga, Deputado Irapuan Pinheiro, Ererê, Cedro, Tarrafas, Altaneira e Salitre não possuem sistema de abastecimento d'água, o que leva à recomendação de atacar-se inicialmente o problema desses municípios.

Deve ser estudada, caso a caso, a situação das sedes municipais que se abastecem em açudes federais, e que apresentam problemas de abastecimento. Pode estar ocorrendo apenas uma inversão de prioridade de suprimento, ficando a sede com menor prioridade que outros usos. Como exemplo tem-se a cidade de Quixadá, abastecida a partir do Açude Cedro. Esse açude possui capacidade de abastecê-la até o horizonte 2020, porém atualmente libera-se mais que sua vazão de 90% para jusante, estando a cidade em segundo plano. O problema é de prioridade de abastecimento.

## 5.4 Programa de Adutoras

Algumas sedes municipais estão em estado crítico de abastecimento, pois não existe fonte hídrica próxima com condições de atendê-las. No entanto, a alguns quilômetros existem açudes de porte, que acumulam água suficiente para o seu uso atual e para atender às demandas dessas cidades.

Após estudo de fontes alternativas, e de conclusão da inviabilidade técnica ou econômica de construir-se infra-estrutura próxima à cidade em estudo, deverá ser analisado o transporte da água por adutora da fonte hídrica mais próxima, se houver condição para tal.

Uma cidade a ser beneficiada pela construção de uma adutora será a de Cedro, com água proveniente do Açude Lima Campos.

A cidade de Juazeiro do Norte possui uma demanda humana concentrada que, no ano 2000, não será totalmente suprida pelos poços possíveis de serem construídos. Uma opção a ser estudada será o transporte de água, por adutora, do Açude Riacho dos Carneiros que, como foi visto no Capítulo 4, abastecerá essa demanda remanescente com folga.

## 5.5 Programa de Adutoras Rurais

É um programa cuja viabilidade deve ser melhor estudada, e se comprovada beneficiará um grande número de habitantes rurais.

A idéia consiste em, ao longo dos grandes rios perenizados, promover-se captações com pequenas bombas e transporte dessa água às margens das estradas municipais, em um trajeto que beneficie as populações rurais que habitam no máximo a 3 km das margens do rio. Haverá, espaçadamente, a construção de chafarizes, permitindo o aproveitamento da água pela população.

Esse programa merece ser estudado com maior detalhe, identificando-se regiões em que seja possível adotá-lo, e a que custo.

## 5.6 Programa de Açudagem

Nos resultados do planejamento distribuído chegou-se ao volume útil necessário de açudagem, por cada UB. A implementação de um programa de açudagem é, por isso, necessária para que sejam atendidas as demandas futuras.

Esse programa deve ser iniciado pelo estudo de viabilidade técnica de construção desses açudes, com identificação de rios e locais barráveis.

O número de açudes para cada UB estará condicionado aos locais, suas possíveis capacidades e a um estudo de disponibilidade de cada novo açude.

Se possível, o programa de açudagem deverá ser desenvolvido concomitantemente ao programa de poços, para que se combine a potencialidade de cada fonte hídrica de forma econômica e racional, evitando superposição de objetivos

#### **5.7 Programa de Gerenciamento do Sistema de Perenização**

Deve ser desenvolvido em consonância com o Governo Federal, proprietário da maior parte dos açudes acima de 10 hm<sup>3</sup> de volume

Para implantá-lo, pode-se utilizar a regra operativa desenvolvida no PERH como primeira opção. Cada açude possui definido seu volume de alerta e sua vazão regularizada a 90%, permitindo a operação de cada um com base no volume acumulado ao início do mês

Será necessário um funcionário em cada açude ou grupo de açudes próximos, que tome a decisão de abrir ou fechar a tomada d'água com base na regra definida pela Secretaria dos Recursos Hídricos-SRH

No futuro, com a necessidade de gerenciamento já absorvida pelo corpo técnico do Estado, deverá ser desenvolvido um estudo objetivando uma operação otimizada em tempo real do sistema, procurando reduzir as perdas ao máximo

#### **5.8 Diretrizes Básicas para o Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços**

##### **5.8.1 Estratégia do Programa**

O programa aqui exposto visa atender ao interesse do Governo do Estado em minimizar os problemas decorrentes da escassez de água, cuja solução, apesar de complexa, pode obter contribuição efetiva através da disponibilidade de água subterrânea

O presente programa está estruturado de forma concisa, com caráter eminentemente prático e aplicado à realidade regional. As diretrizes básicas envolvem o conhecimento do problema e a forma de atuação, seguido de um plano para recuperação e monitoramento dos poços

É importante, portanto, que este programa seja levado ao conhecimento dos órgãos federais e estaduais envolvidos com estas atividades, como DNOCS, SUDENE, CPRM, FSESP e CAGECE para que seja operacionalizado em função das características dos órgãos, da disponibilidade de equipamentos e pessoal

##### **5.8.1.1 - Geologia regional**

O Estado do Ceará apresenta uma compartimentação geológica que reflete, a nível regional, uma fraca vocação hidrogeológica, uma vez

que cerca de 70% do seu território é formado por rochas cristalinas, cujo aproveitamento como aquífero comporta restrições quanto à vazão e à qualidade da água. A perfuração de poços tubulares profundos nessas regiões nem sempre corresponde à solução mais viável, tanto em termos técnicos quanto econômicos, motivada, em parte, pela falta de critérios de locação de poços

A porção sedimentar do Estado é representada por uma grande variedade de tipos litológicos, cujas características estão relacionadas basicamente à espessura saturada e à granulometria do material. A sua distribuição espacial está condicionada às bordas do Estado e seu aproveitamento assume grande importância no abastecimento público de zonas urbanas e núcleos habitacionais da área rural

A seguir, são destacadas as características dos aquíferos, procurando evidenciar o nível de importância que este pode assumir num contexto regional

##### **a) TERRENOS CRISTALINOS**

O condicionamento hidrogeológico dos terrenos cristalinos, representados por rochas ígneas e metamórficas, está relacionado ao armazenamento de água nas zonas de descontinuidade tectônica de natureza ruptural, como falhas, fraturas, fendas, diaclases e a forma como se interligam estas descontinuidades. Esta situação impõe às rochas cristalinas uma limitação quanto à sua potencialidade, uma vez que a porosidade primária da rocha é superimposta pela porosidade secundária e mais proeminente, limitando a circulação da água subterrânea às zonas de descontinuidade

O resultado obtido da quantificação da potencialidade hídrica do cristalino do Ceará (Bloco 1) totalizam 39 400 000 m<sup>3</sup>/ano para uma área de 58 000 km<sup>2</sup>, o que resulta em termos absolutos 680 m<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>. Este valor representa a menor potencialidade absoluta dentre as unidades hidrogeológicas existentes no Estado

##### **b) TERRENOS SEDIMENTARES**

Os aquíferos de natureza sedimentar possuem os mais diversos condicionamentos, sendo possível caracterizá-los isoladamente para melhor compreensão e identificação da sua importância. Ao tratar destes aquíferos é importante mencionar a sua origem para traçar a evolução destas unidades, ressaltando a sua individualização. A descrição detalhada dos aquíferos pode ser obtida no capítulo referente à "Caracterização Hidrogeológica", que consta dos Estudos de Base do PERH

##### **5.8.1.2 - Conhecimento do problema**

A perfuração de poços no Estado do Ceará (Bloco 1) teve início nos idos do ano de 1910, quando a IOCS (atual DNOCS) já se preocupava com os



problemas de escassez de água nesta região. Desde aquela data foram perfurados cerca de 3 500 poços.

É de se notar que a grande maioria dos poços (70%) foi perfurada em terrenos cristalinos reconhecidamente de fraca vocação, porém com extensão aflorante predominante sobre os demais aquíferos. Esta situação, todavia, não é plenamente justificável, pois os aquíferos de menor porte, como os aluviões, necessitam de um estudo preliminar para que seja obtido êxito na captação de água subterrânea. Isso não quer dizer que não haja necessidade de investigação hidrogeológica do cristalino, porém os métodos aplicados são de natureza qualitativa, possibilitando uma margem de erro bastante razoável. O fato de perfurar um poço no cristalino e disso resultar uma vazão de 100 l/h, por exemplo, não implica que o resultado seja totalmente negativo. Por outro lado, a exploração do aquífero aluvionar, através de um poço com 1000 l/h, coloca em dúvida o critério de locação e dimensionamento da obra de captação.

A distribuição temporal da perfuração de poços da Bacia do Salgado (figura 5.1 - Histograma) revela um grande incremento no início da década de 1980, o que condiciona um grande número de poços com idade suficiente para serem submetidos a manutenção. Para as outras bacias o fato se repete.

#### 5.8.1.3 - Forma de atuação

##### a) PERFURAÇÃO DE NOVOS POÇOS

Os resultados fornecidos pelo Balanço Distribuído, possibilitam a imediata identificação dos níveis de atendimento para as demandas requeridas nas Unidades de Balanço (UB), considerada a infra-estrutura hídrica existente. Para suprimento das demandas não-satisfeitas desta forma, foi rodado um novo Balanço Hídrico, desta feita com as potencialidades hídricas dimensionadas para a perenização açudes e poços. O resultado assim obtido gerou os mapas de Planejamento das Ações de Infra-Estrutura Hídrica, onde constam os volumes anuais a serem mobilizados pela perenização, açudes e poços, bem como a identificação das demandas não-satisfeitas.

No caso específico do volume mobilizado de água subterrânea, deve-se considerar que o planejamento distribuído fornece os resultados detalhados a nível de UB, porém sem caracterizar os aquíferos que proporcionaram a mobilização de tal volume. Por este motivo, é necessário dispor das reservas subterrâneas (quadro 5.1) para ponderar o volume mobilizado de cada bacia em função das reservas exploráveis.

O quadro 5.2 ilustra o planejamento das intervenções de água subterrânea através do volume a ser mobilizado pelos aquíferos de cada bacia hidrográfica e o respectivo número de poços, resultando em 4 226 poços a serem perfurados no Bloco 1, equivalentes a 130 050 000 m<sup>3</sup>/ano.

##### b) RECUPERAÇÃO DE POÇOS EXISTENTES

Fator fundamental para efetivar um programa de recuperação de poços é o conhecimento das características construtivas e hidráulicas para que seja possível dimensionar os equipamentos necessários à execução dos trabalhos. Da mesma forma, é importante saber o número de poços existentes para estabelecer a estratégia de atuação. No quadro 5.3, a seguir, estão relacionados o número de poços com e sem vazão, a sua disponibilidade, a profundidade e a vazão média dos poços.

Com os dados acima se torna possível especificar os equipamentos de bombeio necessários às tarefas de desenvolvimento dos poços, uma vez que são conhecidas as faixas de profundidade e vazão. O número total de poços permite concluir que se uma única equipe se propusesse a executar a recuperação/manutenção dos poços existentes levaria pelo menos 10 anos para isso. Por este motivo é conveniente que sejam constituídas no mínimo 05 (cinco) equipes de manutenção para que cada poço seja visitado bienalmente, o que pode ser considerado um tempo razoável.

Quanto à questão da propriedade do poço, vale salientar que cabe ao Estado a iniciativa de implementar o Programa de Recuperação de Poços, e ao usuário autorizar a execução dos serviços. O interesse é recíproco, pois ao Estado é importante obter as informações para o gerenciamento de recursos hídricos, e ao usuário resultam todas as vantagens que decorrem dos serviços, principalmente no que se refere ao aumento da vida útil do poço e da própria assistência técnica sistemática.

##### c) SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

O fluxograma de atividades da figura 5.2 estabelece a forma de atuação do Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços.

#### 5.8.2 Programa de Monitoramento de Poços

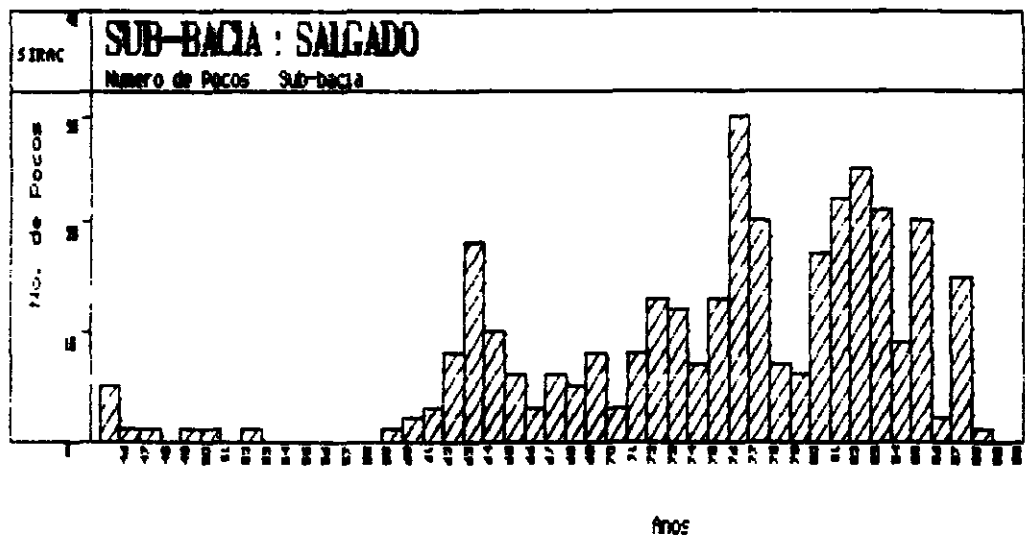
O programa de monitoramento de poços objetiva estabelecer alguns critérios fundamentais para que seja efetivado um controle operacional e, com isso, a otimização das unidades de captação de água subterrânea. Tem-se verificado que enquanto existe um relativo controle com as medições periódicas de descargas fluviométricas e de precipitação meteórica, nada ou muito pouco existe acerca de medições de níveis estático e dinâmico e vazão de poços. Esta lacuna de informações dificulta sobremaneira a avaliação do desempenho dos poços perfurados e seu relacionamento com o aquífero captado.

No âmbito do PERH foi elaborado um inventário hidrogeológico, a partir das informações disponíveis nos relatórios técnicos dos órgãos e empresas responsáveis pela perfuração de poços. É necessário, a partir de então, alimentar o banco de dados assim constituído, fornecendo e/ou complementando informações para que estas



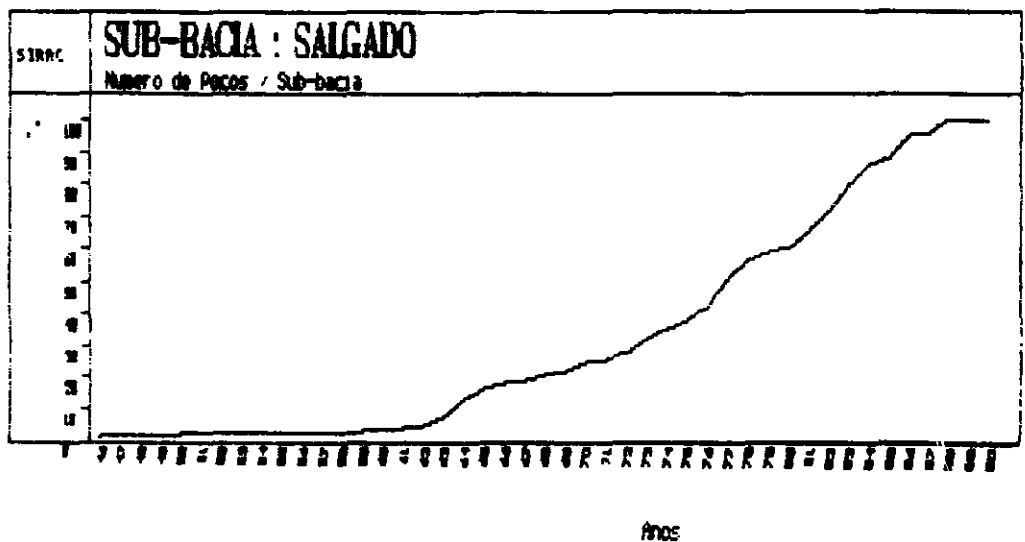
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
FIGURA - 5.1  
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS POÇOS TUBULARES  
PERFURADOS NA BACIA DO SALGADO

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA



Numero de Poços Analisados 331

FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA



QUADRO 5.1  
RESERVAS EXPLORÁVEIS (x 1000,00 m<sup>3</sup>/ano)

BACIA	QHD	QHA	QHC	JQB	TQF	IQM	TQC	KSJ	KIA	KIE	KIS	KIR	KIP	KID	KIN	JSM	TSB	SDS	SDM	PPR	PPG	PEC	TOTAIS	
AJ		27,9	5,0													0,2							17,0	50,1
MJ		17,0	0,3																				7,9	25,2
BJ	6,7	42,0	6,9																				1,5	57,1
BA		12,0	1,8																				7,7	21,5
SA		30,0								30,0						225,0			43,5				5,3	313,8
TOTAL	6,7	128,9	14,0							30,0						225,2			43,5				39,4	487,7

000270



QUADRO 5.2  
 PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE POÇOS

BACIA	QHD	QHA	QHC	TQB	TQF	TQM	TQC	KSJ	KIA	KIE	KIS	KIR	KIP	KII	KI'	ISM	JSB	SDS	JDM	PPR	PPG	PEC *	TOTAL		
AJ		7.852	1.407													56							4.785	14.100	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		238	100													1							405	744	Nº DE POÇOS
MJ		3.778	66																				1.756	5.600	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		62	5																				197	264	Nº DE POÇOS
BJ	1.607	10.077	1.656																				360	13.700	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		639	118																				38	795	Nº DE POÇOS
BA		9.265	1.390																				5.945	16.600	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		407	99																				692	1.198	Nº DE POÇOS
SA		7.194								7.194						51.958			10.433				1.271	80.050	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		110								(*)						750			56				109	1.225	Nº DE POÇOS
TOTAL	1.607	38.166	4.519							7.194						54.014			10.433				14.117	130.050	VOLUME MOBILIZADO (x 1000 m <sup>3</sup> /ano)
		1.456	322							(*)						751			256				1.441	4.226	Nº DE POÇOS

(\*) Fontes



QUADRO 5.3  
QUANTIFICAÇÃO DOS POÇOS

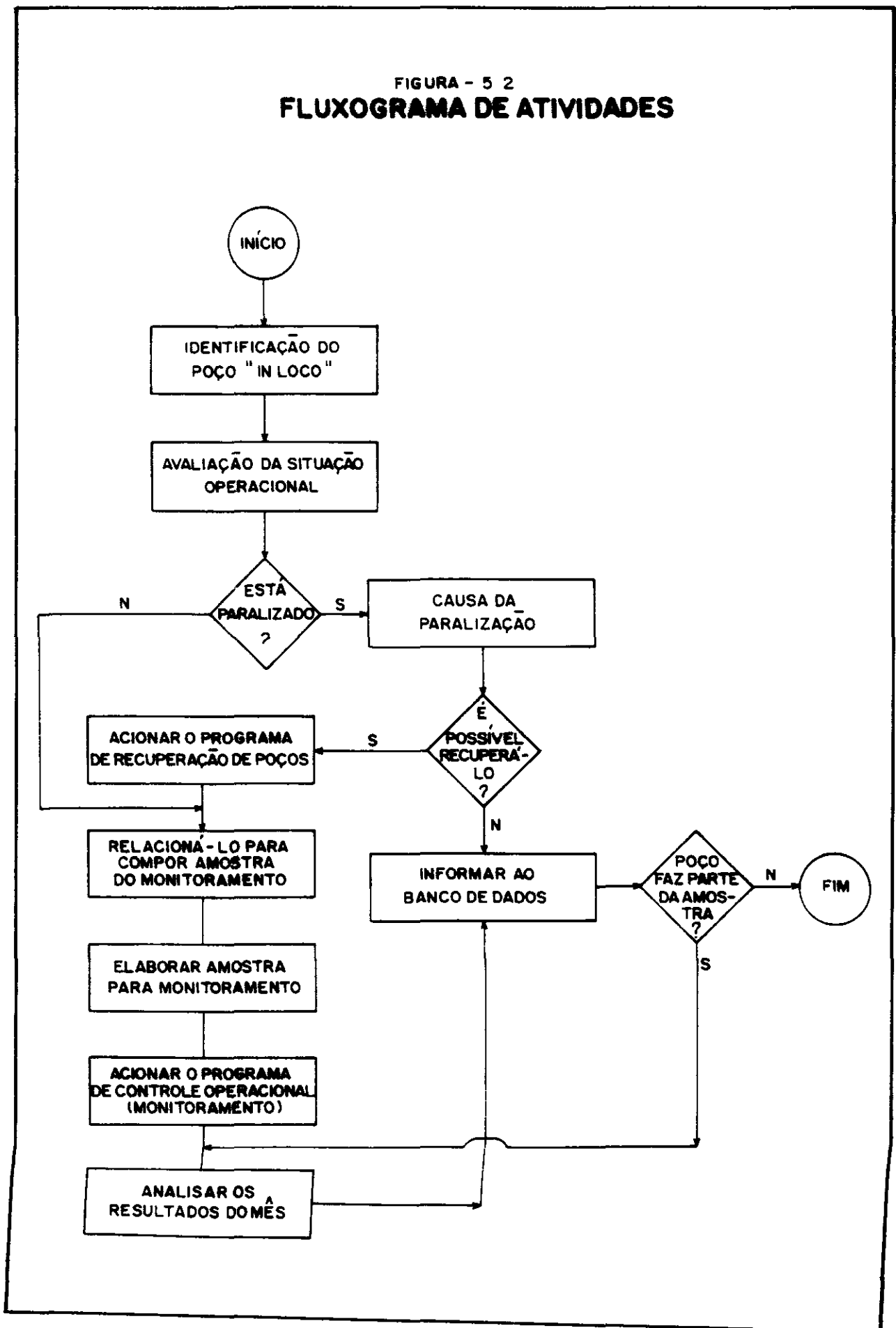
1360

BACIA		QHD	QHA	QHC	TQB	TQF	TQM	TQC	KSJ	KIA	KIE	KIS	KIR	KIP	KIO	KIW	JSM	JSB	SDS	SDM	PPR	PPG	PBC	S/AQUIF	TOTALS	DISPON. ATUAL (x 1000.000 m <sup>3</sup> /ANO)
AJ	NR	CV	12	01	02			01			01	04	51							02			198	22	294	4,1
	POÇOS	SV	01	00	01			00			01	00	04							00			78	10	95	
	MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)		7,53	0,40	3,30			9,90			1,20	3,95	3,97							16,90			2,70	2,34		
MJ	NR	CV	02							01													50	01	54	0,6
	POÇOS	SV	00							00													26	00	26	
	MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)		14,00							7,20													2,03	0,10		
BJ	NR	CV	10	10	02	26	02			12												01	77	13	153	2,6
	POÇOS	SV	00	03	00	04	01			04												00	28	02	42	
	MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)		11,00	3,57	1,05	6,17	1,75			5,71												0,90	2,25	3,72		
BA	NR	CV	06	02						01												01	156	03	169	1,6
	POÇOS	SV	00	00						00												00	91	04	95	
	MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)		5,17	1,05						5,30												0,10	1,96	4,30		
SA	NR	CV	08							02	03	08					297	15		76			118	14	544	28,1
	POÇOS	SV	02							01	00	02					45	03		09			43	03	108	
	MÉDIA (m <sup>3</sup> /h)		15,46							14,85	3,30	5,03					16,43	5,55		9,30			2,66	19,41		
TOTALS																								1.214	366	37,2



000272

FIGURA - 5 2  
**FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES**





possibilitem um aprimoramento das conclusões obtidas

A adoção imediata dos modelos das fichas para cadastro de poços e análise química é fundamental para a obtenção de todos os parâmetros que caracterizam o poço, o aquífero captado, o equipamento de bombeamento instalado e a evolução hidroquímica

#### 5 8 2 1 - Avaliação da situação operacional dos poços

Para que seja possível a implantação de um programa de monitoramento de poços, é fundamental saber a sua quantidade e a situação operacional em que se encontram. Para isso, se faz necessário a realização de um levantamento a nível regional, com visita a todas as comunidades e a todos os poços cadastrados. No local, deve ser preenchida uma ficha cadastral que permita esclarecer a situação atual daquele poço. Para o preenchimento da ficha são indispensáveis as informações prestadas pelo proprietário ou encarregado da operação do poço, seguidas da verificação e comprovação "in loco", procurando-se detectar a causa que provocou a paralisação ou abandono. A seguir, são relacionadas as causas principais, de forma a induzir o trabalho de campo a uma certa homogeneização de termos e do enfoque à causa detectada

##### a) CAUSAS COMUNS AO ABANDONO DEFINITIVO E À PARALISAÇÃO TEMPORÁRIA

- Obstrução por material alóctone

O material alóctone, ou seja, de origem estranha ao poço, pode ter sido colocado no seu interior propositadamente ou por mera casualidade. É comum os moradores de uma localidade atirarem no seu interior materiais diversos, sendo mais frequente o uso de pedras ou pedaços de madeiras. Por outro lado, esses materiais podem também ter caído no poço casualmente, sendo mais comuns as seguintes causas: assoreamento de areias e argilas trazidas por enchentes nos poços perfurados na calha fluvial ou próximo dela, ferramentas de equipamentos de perfuração (trépano, broca, haste, etc.), e componentes do sistema de bombeamento (bomba, tubulação, etc.)

Em função da situação decorrente dessa obstrução o poço poderá ser recuperado e, nesse caso, tem-se apenas uma paralisação provisória. Caso não haja qualquer condição de recuperação, caracteriza-se o abandono definitivo do poço

##### Assoreamento por material autóctone

O material autóctone é representado por areia e argila, ou ainda fragmentos de rocha da própria parede do poço, caído no seu interior em poços não-revestidos ou através de filtros corroídos por águas agressivas. Em áreas onde a formação rochosa é de elevada dissolubilidade, como rochas carbonatadas ou sulfatadas, os sais dissolvidos podem

ser recristalizados no interior do poço ou nas aberturas dos filtros, provocando sensíveis quedas de vazão. Igualmente ao caso do material alóctone, a intensidade do processo de assoreamento pode acarretar uma mera paralisação provisória, passível de recuperação ou o abandono definitivo do poço

- Inteligência política no Serviço Público

Lamentavelmente, a descontinuidade na utilização de obras públicas constitui quase uma regra geral no Brasil, provocando frequentes desativações quando ocorre a mudança de um governante de linha política divergente ao antecessor

Essa paralisação é temporária quando o poço volta a ser utilizado em futuras administrações

- Danificação do equipamento de bombeio

A falta de assistência técnica, notadamente dos poços localizados na zona rural, conduzem frequentemente ao seu abandono em virtude de problemas relacionados ao equipamento de bombeamento instalado. Na maioria das vezes, a paralisação é temporária, bastando a recuperação do equipamento

##### b) CAUSAS ESPECÍFICAS PARA O ABANDONO DO POÇO

- Vazão irrisória

O aquífero fissural, comumente conhecido por "cristalino", é, por sua natureza, muito irregular, podendo fornecer vazões bem diferentes em poços bem próximos um do outro

O perfeito conhecimento da técnica de locação de poços constitui um importante fator condicionante de uma boa ou má vazão. Cerca de 40% dos poços perfurados no Nordeste forneceram vazão irrisória (abaixo de 100 l/h) ou mesmo não produzem nenhuma água. Nesses casos, o poço é abandonado definitivamente

- Má qualidade da água

Em função de vários fatores, dentre os quais predomina o clima semi-árido (baixa precipitação e forte evaporação), as águas do cristalino na Região Nordeste são frequentemente salinizadas (média de 2.500 mg/l), tornando-se impréstável para o consumo humano e, às vezes, até para os animais. Nos casos em que a água é extremamente salinizada, o poço é definitivamente abandonado

- Implantação de outra fonte hídrica

Frequentemente um poço é abandonado em virtude da instalação, na propriedade, de outra fonte de abastecimento hídrico que apresente maiores vantagens, tais como um açude, uma cisterna, um cacimão ou mesmo um outro poço que possua melhor vazão ou água de melhor qualidade



- Contaminação da água por salinização ou poluente orgânico

Às vezes, um poço que originalmente possuía uma boa água, sofre contaminação por salinização decorrente de várias causas, como infiltração de camadas aquíferas salinizadas que não foram devidamente isoladas, desequilíbrio de interface água doce/água salgada por superexploração na região costeira, e infiltração de soluções salinas de meio externo, dentre outras. Igualmente pelo processo de infiltração, quando o poço não é cimentado no espaço anelar de proteção sanitária, pode ocorrer a poluição orgânica, principalmente em áreas urbanas nas proximidades de fossas e esgotos, quando o nível freático é pouco profundo.

#### c) CAUSAS ESPECÍFICAS PARA A PARALISAÇÃO TEMPORÁRIA

- Alternância sazonal com manancial de superfície

Em muitas propriedades rurais onde existem simultaneamente poço e outra fonte hídrica de superfície, como um barreiro, um implúvio (cisterna), que permitam o abastecimento d'água por alguns meses do ano, ocorre um sistema alternado de uso da água.

- Alternância de exploração com outro(s) poço(s)

Nas grandes propriedades rurais, com elevada demanda de água, são perfurados vários poços e, muitas vezes, se dimensiona uma bateria com capacidade superior à demanda, a fim de permitir um sistema de rodízio no uso desses poços, aliviando as bombas do funcionamento ininterrupto. Dessa maneira, um determinado poço fica desativado algum tempo, meramente como medida cautelar, para propiciar uma manutenção preventiva.

- Aumento de salinização em determinadas épocas

Em algumas situações, principalmente quando o nível freático é muito raso e a recarga é bastante eficaz durante o período chuvoso, pode ocorrer um período de um ano em que a água possui um mais baixo teor de sais, correspondendo ao período de recarga, e outra época em que, devido à concentração da salinização, a água piora de qualidade.

Esse processo é mais frequente em poços perfurados no aquífero aluvial, em que a flutuação do nível d'água entre inverno e verão se faz com maior intensidade.

#### 5.8.2.2 Controle operacional

A partir do momento em que o poço entra em funcionamento, é imprescindível que se realize um controle operacional de modo a permitir uma avaliação efetiva do desempenho do sistema, possibilitando a

identificação de problemas, estabelecendo-se, dessa forma, indicadores para uma manutenção preventiva. É importante ressaltar que os problemas mais comuns verificados nos poços decorrem da queda de produção, ocasionada na maioria das vezes por fatores de ordem operacional, associada à falta de manutenção, resultando em frequentes paralisações e abandono das unidades de captação.

Para a implantação de um programa destinado ao controle operacional de poços, é necessário inicialmente realizar um trabalho de conscientização do pessoal encarregado da operação sobre a importância e a necessidade de preservar as unidades de captação como um patrimônio capaz de satisfazer uma das necessidades essenciais para a vida, que é a obtenção do líquido precioso.

O ideal seria realizar o monitoramento de todos os poços, todavia, se torna uma tarefa impraticável, uma vez que não é possível o acesso a determinados poços, e, por outro lado, existem poços agrupados, sendo aceitável eleger um deles para representá-los. Com isso, o universo de poços cadastrados dá lugar a uma amostra, cujo tamanho está relacionado ao número de Unidades de Balanço (UB) e ao número de aquíferos nelas existentes, ou seja, para cada UB é conveniente ser monitorado um poço de cada aquífero.

Para promover o monitoramento dos poços selecionados, é preciso dotá-los de alguns requisitos que possibilitem a execução das medidas de nível e descarga, quais sejam:

- introduzir uma tubulação de 1/2" no interior do poço, de modo a facilitar a descida do eletroduto do medidor do nível d'água,
- instalar um "T" com registro de recalque, para que possa ser feita medida de vazão através do método volumétrico. Estas conexões permitem também a obtenção de amostra d'água para análise periódica.

Tomadas essas providências, o operador do poço receberá uma ficha, onde constam o código do poço e as lacunas para serem preenchidas com as medidas de nível estático e dinâmico, bem como da vazão e do tempo de bombeamento, cuja periodicidade deve ser mensal.

A unidade coordenadora do Programa deve estabelecer um critério de obtenção das informações, através de telefone, correio ou coleta sistemática, de tal forma que seja possível traçar curvas de evolução temporal de cada parâmetro considerado. A análise dos dados deve permitir o estabelecimento da rotina de manutenção preventiva dos poços, bem como de possíveis oscilações da superfície piezométrica dos aquíferos.



### 5 8 3 Programa de Recuperação de Poços

A implantação de um programa de recuperação de poços objetiva otimizar a exploração de água subterrânea, com vistas ao atendimento das demandas definidas para cada Unidade de Balanço do PERH

É fato notório e bastante preocupante a precária situação operacional dos poços, uma vez que, além de não existir uma rotina definida de procedimentos, falta a orientação e a capacitação do pessoal responsável pela operação. Este fato implica no frequente abandono das unidades de captação, muitas vezes motivado tão-somente por problemas relacionados ao equipamento de bombeamento. Todavia, é importante frisar que problemas relacionados à perfuração do poço, ao tipo de revestimento utilizado ou, ainda, ao aquífero captado, podem originar problemas cuja identificação só é possível com o acompanhamento sistemático das condições operacionais.

É fundamental, portanto, que ao se iniciar um programa de recuperação de poços sejam definidos critérios que possibilitem a identificação da natureza do problema e, com isso, se possa estabelecer as causas prováveis e a consequente aplicação de soluções para o condicionamento do poço.

Para melhor entendimento da abordagem a ser desenvolvida, convém distinguir os poços tubulares perfurados em terrenos sedimentares daqueles perfurados em terrenos cristalinos. Essa distinção é importante, tendo em vista que os métodos e técnicas empregados na perfuração podem originar problemas peculiares.

Além disso a completação desses poços revela características próprias, em consequência da natureza do fluxo de água subterrânea. Nos sedimentos, a água ocupa todos os seus poros e a sua captação exige que o poço seja revestido com tubos e filtros, estando a produção relacionada à passagem da água pelas ranhuras do filtro. No cristalino a passagem da água se dá através de zonas de descontinuidade tectônica (fraturas, fendas, foliação), sem que haja a necessidade de revestimento do poço.

Posto isso, em seguida é apresentada uma rotina de inspeção classificada, segundo a sua natureza, em problemas mecânicos, hidráulicos e hidroquímicos.

#### 5 8 3 1 Problemas mecânicos

São os problemas relacionados com a estrutura do poço e com o equipamento de bombeamento instalado.

##### a) OBSTRUÇÃO DA SEÇÃO FILTRANTE

###### i - CAUSAS

- 1) As obstruções na área aberta do filtro podem ser causadas por acumulação de argila, silte e areia, oriundos da formação.
- 2) Podem também ser originadas pelo subproduto da corrosão, em função da agressividade da água, ou mesmo pela deposição de substâncias presentes na água quando esta apresenta características incrustantes.
- 3) A proliferação de bactérias de ferro, originadas muitas vezes da contaminação durante a perfuração do poço, além de causar a obstrução dos filtros, provoca mudança na coloração da água bombeada.

## II - SINTOMAS

Decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do nível dinâmico.

## III - SOLUÇÕES

Para a recuperação dos poços cujo problema está relacionado à obstrução ou colmatação da seção filtrante, deve-se partir para os métodos convencionais utilizados no desenvolvimento durante a construção. O princípio da recuperação considera, neste caso, a desagregação mecânica de incrustações nas paredes do filtro. Para tanto, é recomendável o pistoneamento no sentido da seção mais superior para a mais inferior, seguido da limpeza com auxílio de caçamba ou compressor. Este procedimento, todavia, nem sempre oferece resultados satisfatórios, uma vez que as incrustações têm natureza diversa, motivo pelo qual, em muitos casos, é necessária a aplicação de produtos químicos simultaneamente ao desenvolvimento mecânico. Os polifosfatos atuam com eficiência para a dispersão de argilas, lodos, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês. Geralmente, são usados juntamente com uma solução de hipoclorito de sódio, para obter a remoção de ferro-bactérias, ao mesmo tempo em que proporcionam a desinfecção do poço.

## IV - PREVENÇÃO

Os processos de colmatação da seção filtrante são bastante comuns e dificilmente são evitados completamente. No entanto, é possível minimizar estes processos atentando para os seguintes procedimentos operacionais:

- 1) A demanda diária requerida deve ser atendida bombeando o poço com o maior número possível de horas, de forma a reduzir a sua vazão horária e, com isso, diminuir ao máximo a velocidade de entrada da água no poço.
- 2) Havendo a disponibilidade de mais um poço para o atendimento da demanda,



utilizá-los simultaneamente, obtendo vazões e rebaixamentos menores por unidade de produção

- 3) Efetuar periodicamente a limpeza do poço, no mínimo de ano em ano, seguindo as recomendações propostas anteriormente

#### b) OBSTRUÇÃO DE ZONAS FRATURADAS

##### I - CAUSAS

- 1) Os poços perfurados em rocha cristalina podem ter suas fraturas ou zonas de descontinuidade obstruídas durante a perfuração, quando os resíduos da trituração da rocha ali se depositam, principalmente quando é empregado o método pneumático
- 2) A obstrução pode ser originada durante a operação do poço, em virtude das características da água, originando incrustações de natureza química

##### II - SINTOMAS

- 1) Quando a obstrução está relacionada à perfuração, é um pouco difícil diagnosticar o problema, no entanto, o bombeamento alternado com vazões crescentes pode fornecer subsídios para esta avaliação
- 2) Decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do N D estão relacionados à obstrução adquirida durante a operação do poço

##### III - SOLUÇÕES

- 1) Para equacionar o problema, a operação é semelhante à dos poços com filtros, só que desta feita a atuação do processo de desenvolvimento está voltado diretamente para as zonas de descontinuidade da rocha
- 2) Em alguns casos, tem sido adotada a estimulação com explosivos. O processo consiste na disposição de cargas de dinamite no interior do poço e frontalmente às zonas fraturadas. A detonação do explosivo provoca uma desagregação mecânica, favorecendo a sua recuperação

#### c) PRODUÇÃO DE AREIA

##### I - CAUSAS

- 1) Quando a produção de areia é notadamente pequena e decrescente com o tempo, em geral está relacionada

ao mau desenvolvimento do poço, podendo o pré-filtro chegar à estabilidade granulométrica com o bombeamento continuado

- 2) A formação de "pontes" durante a instalação do pré-filtro colocam a formação em contato direto com o filtro, possibilitando a entrada dos sedimentos pela ranhura do mesmo

- 3) Poços revestidos com filtros de ferro galvanizado podem sofrer ruptura por agressão química da água, possibilitando a entrada de material constituinte do pré-filtro e da própria formação para o interior do poço

- 4) Dimensionamento incongruente do pré-filtro com relação à formação e do filtro com relação ao pré-filtro condicionam a produção indefinida de areia durante o bombeamento

##### II - SINTOMAS

- 1) O sintoma relacionado à produção de areia é a identificação deste material na água bombeada, pode ser detectado no equipamento de bombeamento, na tubulação de recalque ou no reservatório de acumulação
- 2) Diminuição da profundidade do poço decorrente do acúmulo de material

##### III - SOLUÇÕES

- 1) Proceder à retrolavagem do pré-filtro e ao subsequente superbombeamento, para desestabilizar a existência de possíveis "pontes" do pré-filtro formadas durante a sua aplicação, e remover a fração fina presente a imediações do filtro
- 2) Encamisamento do poço com diâmetro menor por dentro do revestimento original, quando detectado o rompimento da sua tubulação ou da seção filtrante, evitando, desta forma, onerar os custos com uma nova perfuração. Neste caso, pode haver uma limitação da vazão explorável em função da diminuição do diâmetro útil necessário à instalação do equipamento de bombeamento

##### IV - PREVENÇÃO

- 1) Especificar a granulometria do pré-filtro e a ranhura do filtro em função das características granulométricas do aquífero captado e o tipo de material do filtro, de acordo com a natureza da água

QUADRO 5.4 - DETECÇÃO DE DEFEITOS EM BOMBAS CENTRÍFUGAS COM E SEM INJETOR

FALHA	CAUSA PROVÁVEL	COMO CORRIGIR
Bomba funciona mas não extrai água	<ul style="list-style-type: none"> <li>. a bomba e a tubulação não estão cheios de água</li> <li>. motor com rotação insuficiente</li> <li>. a bomba está girando ao contrário</li> <li>. entrada de ar na tubulação ou na carcaça</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. escorvar a bomba</li> <li>. ajustar a tensão do motor</li> <li>. fazer a ligação certa</li> <li>. vedar as conexões</li> </ul>
Bomba fornece vazão inferior à normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>. entrada de ar pela sucção</li> <li>. a rotação do motor está abaixo do normal</li> <li>. rotor e válvula de pé parcialmente entupidos</li> <li>. rotor gasto ou danificado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. vedar as conexões</li> <li>. controlar a tensão e a corrente</li> <li>. desobstruir o rotor ou a válvula de pé</li> <li>. substituir o rotor</li> </ul>
Bomba perde escorvamento depois da partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>. entrada de ar na sucção</li> <li>. presença de ar na água</li> <li>. entrada de ar pela gaxeta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. vedar as conexões</li> <li>. usar bomba auto-escorvante</li> <li>. recolocar o selo mecânico ou os anéis</li> </ul>
Bomba sobrecarrega o motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>. rotação acima do normal</li> <li>. altura manométrica total inferior ao previsto e vazão superior à capacidade</li> <li>. atrito mecânico na bomba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ajustar a tensão</li> <li>. reduzir e controlar a vazão por meio de registro</li> <li>. desmontar e revisar peças</li> </ul>

1356



000278

QUADRO 5.4 (CONTINUAÇÃO) - DETECÇÃO DE DEFEITOS EM BOMBAS CENTRÍFUGAS COM E SEM INJETOR

FALHA	CAUSA PROVÁVEL	COMO CORRIGIR
Bomba vibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>. base de assentamento mal feita, sem rigidez</li> <li>. bomba mal alinhada em relação ao motor</li> <li>. rotor desajustado</li> <li>. eixo torto</li> <li>. atrito mecânico anormal</li> <li>. rolamentos gastos nos mancais da bomba</li> <li>. bomba não escorvada</li> <li>. desgaste por cavitação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. consertar a base</li> <li>. desmontar a bomba, fazer revisão geral e substituir as peças desgastadas</li> </ul>
Bomba fornece vazão inferior à normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>. incremento da altura manométrica total</li> <li>. vazamento no tubo de descarga ou de sucção</li> <li>. desajuste dos rotores; cavitação; eixos tortos</li> <li>. baixa velocidade</li> <li>. obstrução do crivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. localizar a causa; redimensionar o recalque</li> <li>. substituir a seção danificada</li> <li>. ajustar os rotores; substituir peças desgastadas</li> <li>. ajustar a tensão</li> <li>. retirar a bomba, limpar o poço, limpar o crivo</li> </ul>

Fonte: Jorba & Rocha, 1980



QUADRO 5.5 - DETECÇÃO DE DEFEITOS EM BOMBAS SUBMERSAS

FALHA	CAUSA PROVÁVEL	COMO CORRIGIR
Bomba dá partida com pouca ou nenhuma vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>. rotação invertida, eixo solto ou quebrado</li> <li>. nível d'água abaixo do crivo ou do ponto de sucção</li> <li>. eixo travado por sedimento ou obstrução total do crivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. revisar as fases do motor, refazer o acoplamento motor-bomba</li> <li>. regular a vazão por meio de válvula e redimensionar a posição dos eletrodos de controle de nível</li> <li>. retirar a bomba, limpar o poço, limpar o crivo</li> </ul>
Bomba vibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>. lubrificação defeituosa da coluna</li> <li>. eixos tortos ou parcialmente travados; rolamentos desgastados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. revisar os mancais</li> <li>. retirar a bomba e substituir as peças desgastadas</li> </ul>
Bomba com ruídos anormais	<ul style="list-style-type: none"> <li>. cavitação: rotores desgastados</li> <li>. lubrificação defeituosa da coluna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. substituir os rotores</li> <li>. revisar os mancais</li> </ul>
Sobrecarga no motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>. velocidade muito alta</li> <li>. mancais desgastados</li> <li>. rotores e/ou eixos parcialmente travados</li> <li>. gaxetas muito apertadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ajustar a tensão ou a aceleração</li> <li>. substituir as peças defeituosas</li> <li>. desmontar a bomba e fazer revisão geral</li> </ul>

Fonte: Jorba & Rocha, 1980.

000280





2) O espaço anelar entre o diâmetro da perfuração e do revestimento deve possibilitar a estabilização da porção fina da formação

3) Os procedimentos preventivos 1, 2 e 3 citados para evitar a obstrução dos filtros, devem ser observados também quando da produção de areia

#### d) DEFEITOS NO EQUIPAMENTO DE BOMBEIO

Os defeitos apresentados pelos conjuntos de bombeamento instalados nos poços podem ter várias origens e, muitas vezes, provocam uma falsa idéia de que o problema está relacionado ao poço

A seguir são mostrados, nos quadros 5 4 e 5 5, os defeitos mais comuns em bombas centrífugas com e sem injetor e em bombas submersas, visando fornecer subsídios para a execução de alguns serviços básicos de manutenção

#### e) OBSTRUÇÕES DIVERSAS

##### I - CAUSAS

1) Carreamento de sedimentos detríticos para o interior do poço, oriundos do próprio aquífero em decorrência do rompimento da tubulação

2) Arremesso voluntário de sedimentos detríticos, fragmentos de rocha, pedaços de madeira e outros objetos

3) Queda de ferramentas de perfuração ou componentes do sistema de bombeamento

##### II - SINTOMAS

1) Abandono do poço

2) Diminuição da profundidade original

##### III - SOLUÇÕES

1) No caso de obstrução com material detrítico ou fragmentos de rocha, o poço pode ser recuperado com o auxílio de bomba de areia (caçamba), desde que o material não esteja consolidado

2) Quando o material depositado no interior do poço já se encontra consolidado, somente a reperforação com percussão ou ar comprimido poderá solucionar o problema. Este método deve ser evitado em poços revestidos com tubos de pvc e, mesmo naqueles revestidos com tubos de ferro, deve haver cautela quando a operação se desenvolver frontalmente às seções filtrantes

3) Para a remoção de pedaços de madeira, folhas de árvore, ferramentas e tubulações é conveniente utilizar pescadores especiais, constituídos especialmente para extrair esse tipo de material

4) Após a adoção de quaisquer soluções apresentadas e nos casos de obstrução de pequenas proporções, é necessário proceder a um bombeamento intenso de modo a deixar a água límpida

#### IV - PREVENÇÃO

1) A queda de ferramentas de perfuração e componentes do sistema de bombeamento, em geral, é involuntária e difícil de ser evitada

2) O carreamento de material da formação aquífera está associada a problemas construtivos e só pode ser evitado se houver um estudo criterioso para especificação do revestimento do poço

3) O arremesso voluntário de qualquer tipo de material para o interior do poço pode ser evitado, se o poço tiver uma tampa de proteção

#### 5 8 3 2 Problemas hidráulicos

São considerados problemas de natureza hidráulica aqueles relacionados à queda de vazão do poço

##### I - CAUSAS

1) Vazão extraída acima da capacidade hidrodinâmica do aquífero, originando rebaixamentos progressivos

2) Interferências produzidas por bombeamento simultâneo de poços localizados a distâncias menores que o limite do cone de rebaixamento

3) Perdas de carga excessivas em decorrência de bombeamento acima da capacidade permissível pela seção filtrante

4) Obstrução da seção filtrante

##### II - SINTOMAS

Decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do nível dinâmico

##### III - SOLUÇÕES

1) Redimensionar a vazão explorável a partir dos resultados obtidos no(s) teste(s) de produção e/ou aquífero

- 2) Desativar ou reduzir a vazão dos poços que provocarem interferências acentuadas
- 3) Realizar periodicamente avaliação de eficiência do poço através de testes escalonados

#### IV - PREVENÇÃO

Realizar um estudo hidrogeológico e inventário de poços da região para assegurar a vazão explorável das unidades de captação

#### 5 8 3 3 Problemas hidroquímicos

São considerados como problemas hidroquímicos aqueles que afetam a qualidade da água e podem provocar a paralisação do bombeamento do poço

##### I - CAUSAS

- 1) Salinização temporária em função da dissolução de sais da zona de aeração durante os períodos de recarga do aquífero
- 2) Intrusão da cunha salina em aquíferos costeiros em virtude do superbombeamento
- 3) Contaminação do aquífero por atividade antrópica
- 4) Contaminação por bactérias de ferro proliferadas no momento da perfuração ou da instalação do poço

##### II SINTOMAS

Os sintomas podem ser detectados por análise visual, olfativa ou degustativa, mas são adequadamente quantificados através da análise físico-química e bacteriológica da água

##### III - SOLUÇÕES

- 1) Efetuar a cimentação sanitária do poço, inclusive com laje de proteção
- 2) Proceder periodicamente à desinfecção com hipoclorito de sódio ou cálcio
- 3) Nos aquíferos costeiros contaminados pela cunha salina a solução é bastante dispendiosa, sendo mais recomendável a paralisação do bombeamento dos poços

##### IV - PREVENÇÃO

Instalar piezômetros a distâncias variáveis do poço e no sentido de possíveis fontes de contaminação, de modo a possibilitar a quantificação da carga poluente

**PLANEJAMENTO - BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ,  
LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA**

**Documento Elaborado pela Empresa VBA  
CONSULTORES - Engenharia de Sistemas  
Hídricos Ltda.**

000283

## PARTE XII - BACIAS COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA

### 1 INTRODUÇÃO

A elaboração do Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará se deu através do desenvolvimento de três etapas

- 1ª Etapa - Diagnóstico,
- 2ª Etapa - Estudos de Base,
- 3ª Etapa - Planejamento

Ao Diagnóstico coube, além de identificar o nível de conhecimento dos recursos hídricos do Estado, inventariar e preparar os dados básicos sobre a pluviometria, fluviometria e nível de disponibilidade com açudes e poços. Afora a caracterização da área, da coletânea de estudos e informações existentes, e definição dos principais elementos hidrográficos das 43 bacias independentes que compõem o conjunto das seis grandes Bacias do Bloco 2 (Acarau, Coreaú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Parnaíba), ele contém todos os resultados no que concerne a

- disponibilidade real dos dados pluviométricos, consistidos e homogeneizados,
- disponibilidade real dos dados fluviométricos consistidos,
- nível de açudagem, por bacia e município,
- nível de implantação de poços, por bacia e município

A segunda etapa - Estudos de Base, se revestiu de fundamental importância para a confiabilidade final do PERH, visto que tratou de determinar todos os elementos que representam o conhecimento adequado da realidade hidroclimatológica do Estado, compreendendo

- a caracterização do regime pluviométrico e climatológico,
- o zoneamento físico e hidrológico do Estado,
- a avaliação e caracterização das potencialidades hídricas naturais, tanto relativas aos escoamentos superficiais como às reservas subterrâneas,
- a avaliação das disponibilidades efetivas atuais, decorrentes dos poços e açudes existentes,
- a avaliação de todas as demandas atuais e futuras até o ano 2020,
- o estudo de ocorrências de secas

A terceira e última etapa - Estudos de Planejamento, que corresponde ao objeto do presente relatório, visou estabelecer, consistentemente, quais as ações que realmente devem representar a base do planejamento dos recursos hídricos do Estado

No estágio atual, o grande desafio imposto ao setor é o de equacionar o problema da disponibilidade hídrica necessária, tanto no que se refere à quantidade como à sua repartição espacial e

temporal. Nesta perspectiva, o planejamento, ao invés de fixar-se na formulação de diretrizes gerais e/ou específicas, bem como de modelos de mobilização/gestão de água, buscou, como meta primordial, definir qual a infra-estrutura hídrica que o Ceará necessita para satisfazer suas demandas atuais e programadas

Em síntese, os Estudos de Planejamento compreenderam

- realização de um balanço disponibilidade x demanda, de caráter distribuído, abrangendo todo o Estado, para os diversos horizontes considerados no PERH,
- zoneamento quanto ao nível de satisfação e déficit hídrico para cada tipo de demanda,
- simulação da operação integrada dos sistemas atuais de reservatórios de perenização das principais bacias para as demandas presente e futura,
- identificação e dimensionamento das necessidades de infra-estrutura hídrica futura de poços, pequena/média açudagem e reservatórios de perenização para atender as demandas, incluindo a simulação da operação integrada destes sistemas de reservatórios,
- proposição de programas setoriais

Este relatório, que consolida os resultados alcançados na 3ª Etapa, é constituído por cinco capítulos, o primeiro dos quais refere-se à Introdução

O segundo capítulo enfoca o Balanço Hídrico Distribuído, que por se tratar de uma metodologia inédita, concebida e desenvolvida no processo de elaboração do PERH, exigiu uma abordagem mais específica, desta forma, buscou-se transmitir, ainda que se evitando detalhes desnecessários, os princípios conceituais e processos metodológicos da avaliação e processamento do balanço, cujo objetivo básico foi o de abranger todas as regiões na identificação do confronto disponibilidades x demandas

O terceiro capítulo contém o balanço hídrico clássico, desenvolvido a partir da simulação computacional da operação dos sistemas integrados de reservatórios de maior porte ( $V > 10 \text{ hm}^3$ ) para cada bacia, o qual, em geral, aborda somente aquelas demandas associadas às faixas adjacentes beneficiadas pelas vazões regularizadas e, eventualmente, suprimentos d'água para projetos e/ou cidades específicas situadas fora destas faixas

No quarto capítulo é apresentado o planejamento propriamente dito, como consequência dos resultados e análise obtida dos balanços anteriores, além de quantificar para cada unidade de balanço - conceitualmente definida no segundo capítulo - os volumes a serem necessariamente tornados disponíveis com poços e açudagem de todas as dimensões, portanto, a infra-estrutura hídrica planejada, este capítulo mostra, também, o

planejada, este capítulo mostra, também, o desempenho dos sistemas futuros de grandes reservatórios, quando operados sob regras pré-estabelecidas

Finalmente, o quinto capítulo discrimina e caracteriza as ações complementares necessárias ao PERH, através de programas setoriais a serem implementados

Conforme já definido em relatórios das fases anteriores, a área objeto dos estudos desenvolvidos no Bloco 2, corresponde, aproximadamente, à metade do Estado, com superfície de 74 212 km<sup>2</sup> (\*)

O texto e figura 1 1, a seguir, representam as Bacias principais que formam tal área, posicionadas, no sentido oeste-leste, na seguinte sequência

- \* Bacia C - Coreau com 10 657 km<sup>2</sup>, engloba tanto a bacia drenada especificamente pelo rio Coreau e afluentes, com 4 446 km<sup>2</sup>, como também o conjunto de bacias independentes adjacentes que variam desde pouco mais de 125 km<sup>2</sup> (Córrego da Poeira) até próximo de 1 850 km<sup>2</sup> (Rio Timonha),
- \* Bacia A - Acarau com 14 423 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Acarau e seus afluentes,
- \* Bacia L - Litoral com 8 619 km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de bacias independentes, compreendidas entre as do Curu e Acarau, variando de quase 155 km<sup>2</sup> (Riacho Zumbi) até 3 415 km<sup>2</sup> (Rio Aracatiáçu),
- \* Bacia S - Curu com 8 528 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Curu,
- \* Bacia M - Metropolitanas com 15 085 km<sup>2</sup> engloba um conjunto de bacias independentes com área variando de quase 60 km<sup>2</sup> (Riacho Caponga Funda) até 4 750 km<sup>2</sup> (Rio Choró), que inclui, também, as bacias responsáveis pelo sistema de abastecimento d'água de Fortaleza,
- \* Bacia P - Parnaíba com 16 901 km<sup>2</sup>, engloba as bacias do Rio Poti, de 14 377 km<sup>2</sup> incluindo o Rio Macambira, e o conjunto de sub-bacias que pertencem à Bacia dos Rios Longá/Pirangi (2 524 km<sup>2</sup>), com áreas de pouco menos de 100 km<sup>2</sup> (Riacho da Volta) até quase 480 km<sup>2</sup> (Rio Pirangi)

## 2 O BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

### 2 1 Objetivo

Levando em conta a ênfase que tinha de ser dada no PERH ao planejamento das ações que visassem resolver o grave problema de garantia das disponibilidades hídricas no Estado, que se constitui, sem dúvida, em sua necessidade primeira, esta etapa dos estudos buscou alçar toda a identificação destas ações em um processo de balanço hídrico entre as disponibilidades atuais e as demandas atuais e futuras

O modelo clássico mais elaborado de realização de um balanço desta natureza consiste na simulação computacional da operação dos sistemas de reservatórios, a partir das séries históricas afluentes a cada um, das características físicas e geométricas e de regras de operação

Ocorre, entretanto, que tal modelo, mesmo apresentando resultados bastante confiáveis e muito úteis, possui um espaço de abrangência restrito, visto que enfoca somente as demandas associadas às regiões adjacentes ao curso d'água regularizado ou, eventualmente, em alguns casos, a projetos específicos de abastecimento de cidades e/ou irrigação

Na realidade, o espaço cearense, como decorrência do seu processo de ocupação, é densamente palmilhado de pequenas e médias obras de acumulação de águas superficiais e poços, fontes estas que apesar do, em geral, baixo nível de garantia que oferecem (como é o caso das primeiras) e da má qualidade d'água (como se caracterizam as segundas), são vitais para a manutenção de qualquer atividade sócio-econômica e sobrevivência das populações que habitam grande parcela do Estado

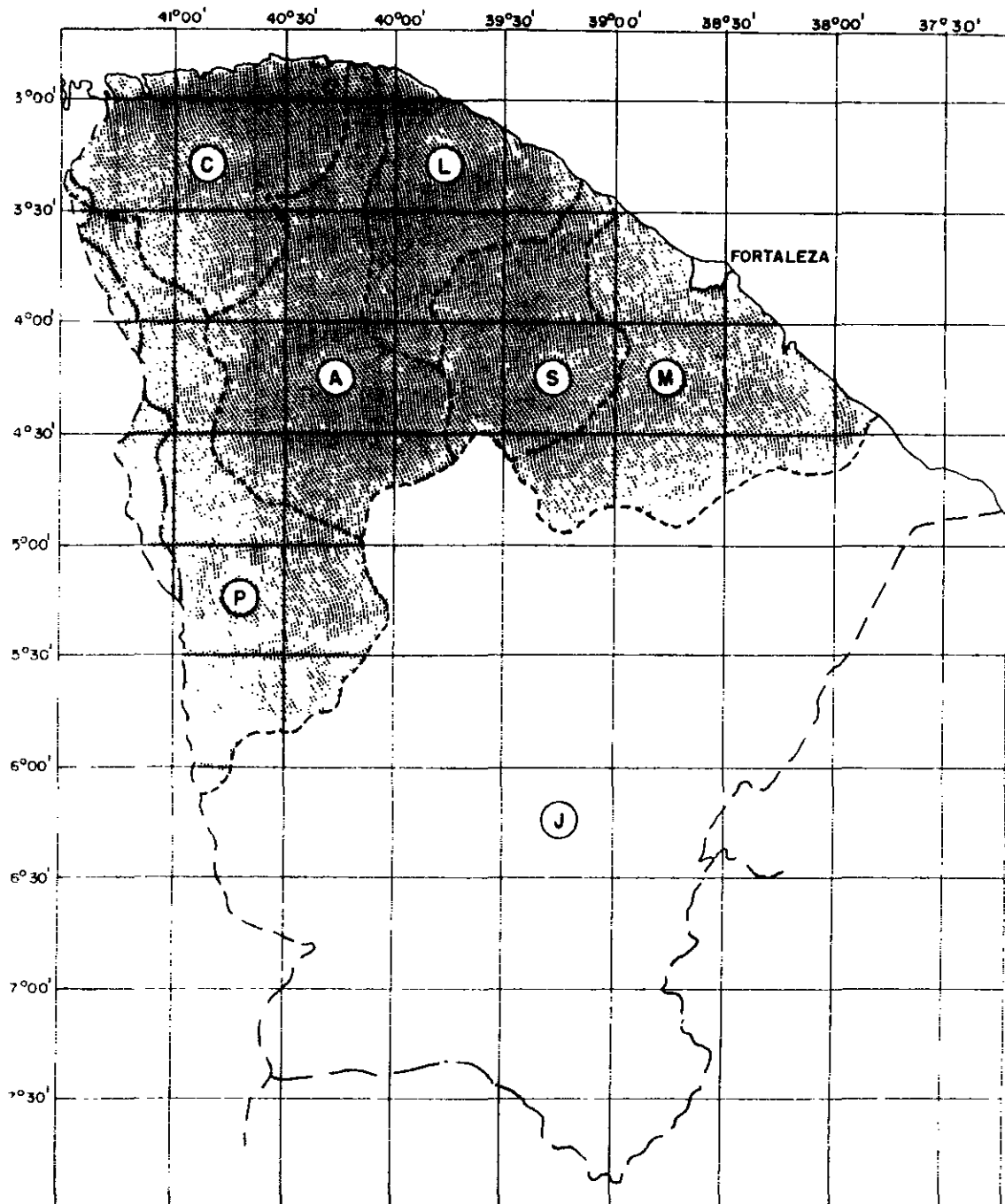
Ainda que possam representar, individualmente, do ponto de vista volumétrico, quantidades não muito elevadas, a necessidade de satisfação de tais demandas se reveste de um caráter social e econômico de extraordinária importância, pois se trata de fator fundamental para a fixação do homem no meio rural e impeditivo de fluxos de migração que terminam por acarretar o inchamento caótico das grandes cidades, em especial Fortaleza

Identificar, quantificar e considerar esta realidade tornou-se em tarefa básica do PERH. Nesta perspectiva, uma acentuada parte do seu tempo de elaboração foi utilizada para concertar, conceber e tornar utilizável um modelo de balanço que abrangesse integralmente o Estado, considerando todas as disponibilidades pontuais e difusas existentes, bem como todas as demandas, contemplando a localização e dimensão

(\*) Obtida de rigorosa e criteriosa planimetragem das bacias sobre mapas na escala 1 100 000 e 1 250 000

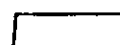
FIGURA 11

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ**



**LEGENDA**

 BLOCO 2

 BLOCO 1

- C - COREAÚ
- A - ACARAÚ
- L - LITORAL
- S - CURU
- M - METROPOLITANAS
- P - PARNAÍBA

J - JAGUARIBE

Este modelo, denominado de **BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**, se constitui no aivo deste capítulo, que apresenta sua formulação e resultados encontrados, é fundamental atentar-se para o fato que ele foi utilizado considerando somente a infra-estrutura hídrica atualmente existente

## 2 2 A Conceituação Básica do Balanço

O Balanço Distribuído se fundamenta em três elementos conceituais básicos

- unidade de balanço (UB),
- fluxograma de inter-relacionamento das UB's,
- matriz de balanço

Além do mais, ele foi desenvolvido para duas situações- ano normal e ano seco - e para quatro horizontes 1990, 2000, 2010 e 2020

### 2 2 1 A Unidade de Balanço

Com o objetivo de manter o conceito de unidade hídrica - representada pela bacia hidrográfica-, e o princípio de autonomia político- administrativa- representado pelo município-, concebeu-se uma unidade elementar para o balanço, que, em última instância, decorre da superposição entre os limites municipais e a rede de drenagem interna da bacia, obedecendo-se à seguinte premissa básica

salvo casos especiais de paralelismo, como definidos posteriormente, o escoamento superficial advindo de uma UB só se dirige para uma única UB a jusante

As grandes vantagens desta formulação residem na preservação tanto da realidade física, onde ocorre a transformação hídrica de chuva em vazão escoada, como na viabilidade administrativa associada ao município, partindo-se das UB's se pode, facilmente, obter as mesmas informações e resultados para qualquer município, ou qualquer bacia ou sub bacia O mapa 2 1 A Definição das Unidades de Balanço, mostra, espacialmente, o processo de estabelecimento das UB's a partir do cruzamento dos traçados, que indicam

- o limite das bacias hidrográficas principais,
- o limite das bacias hidrográficas independentes,
- o limite dos municípios,
- a rede de drenagem identificada no mapa de Ceará, escala 1 500 000

A figura 2 1, a seguir, apresenta exemplos ilustrativos da definição das UB's, abrangendo não só o caso convencional como, também, os especiais

Os casos especiais resultam de situações de paralelismo entre UB's, decorrentes de

- o fato de o rio ser o limite municipal, conduzindo às UB's paralelas,

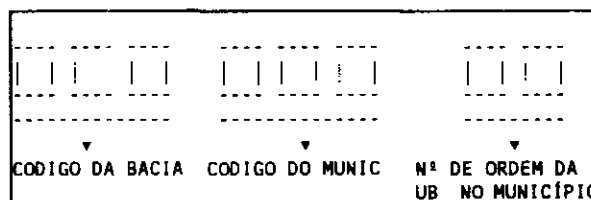
cuja interface é o próprio rio, nestas circunstâncias, e quando perenizado, a demarcação da faixa adjacente de influência da perenização passa a ser, também, um fator condicionante,

- o fato da bacia hidráulica de um açude de porte espalhar-se por diversos municípios, criando, também, uma situação análoga de intercomunicação entre UB's

Uma última exceção decorreu da opção de individualizar os grandes açudes, para mais fielmente reproduzir o processo de transferência dos volumes escoados, neste caso, os limites de suas bacias de contribuição foram admitidos como limites também de UB's, ainda que pudessem estar integralmente contidos em uma única UB de maior dimensão

No total para o Bloco 2 foram definidas 415 UB's, enquanto os municípios são somente 98 e as bacias independentes 43, este acentuado incremento exprime o nível de precisão buscado para o Balanço, sendo que o número de UB para cada município advém, exclusivamente, da sua própria conceituação, variando de apenas uma a até quatorze UB's

As Unidades de Balanço são identificadas por um código com oito dígitos, da seguinte forma



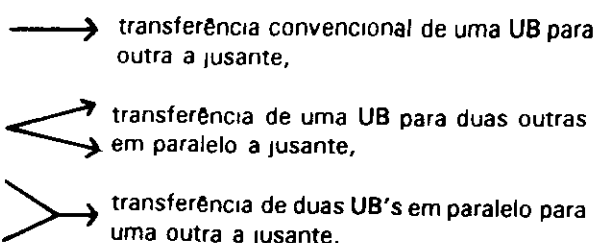
Exemplo

A00 SOB 01 -> Bacia do Acaraú, Município de Sobral, primeira UB do município

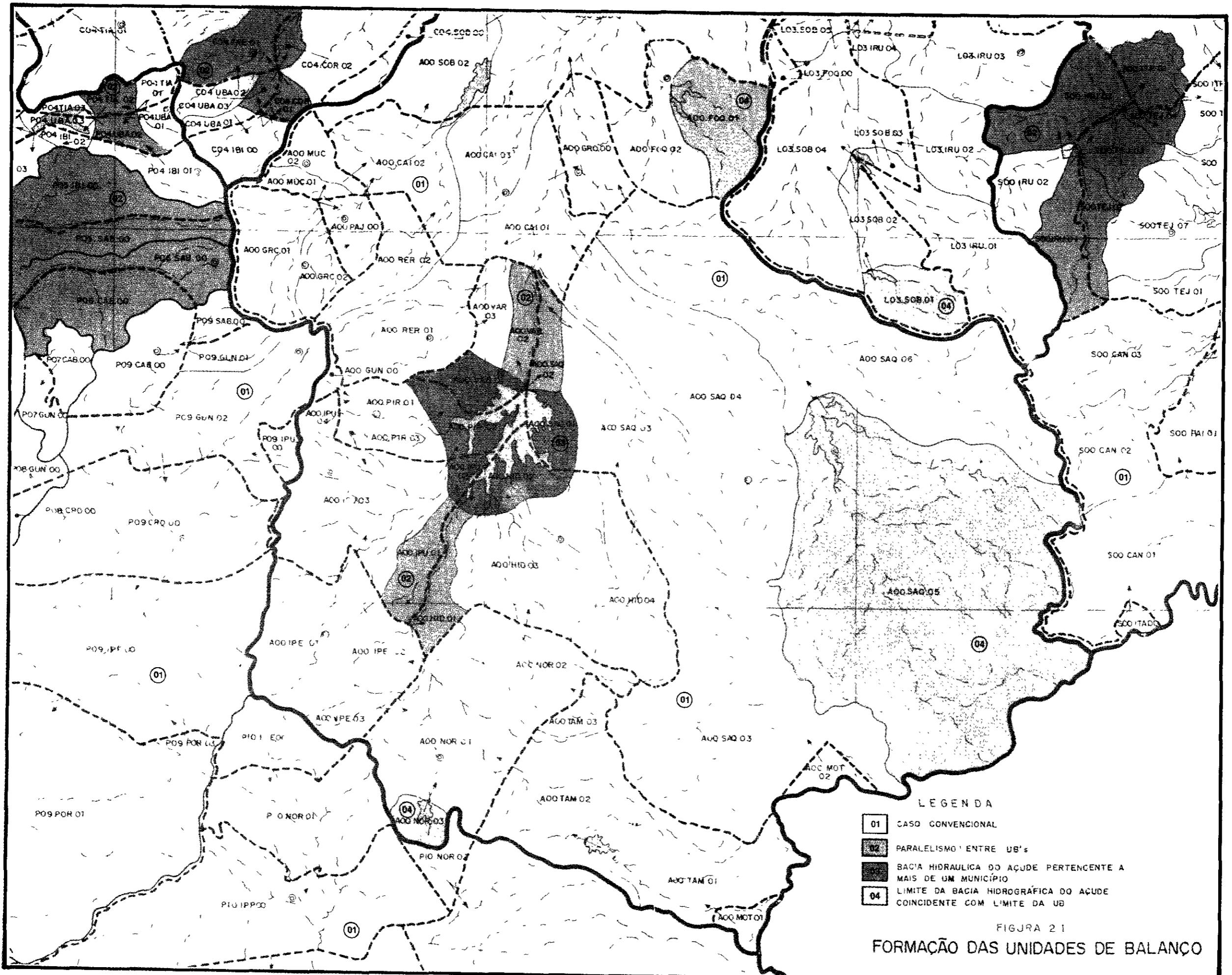
### 2 2 2 Os Fluxogramas de Inter-Relacionamento das Unidades de Balanço

As UB's têm a propriedade fundamental de interagirem entre si, segundo uma sequência do tipo de uma árvore convergente, segundo o sentido do escoamento superficial de montante para jusante, tal sequenciamento estabelece, para cada bacia independente, o fluxograma de inter-relacionamento das UB's, e define, claramente, todo o processo de transferência dos volumes excedentes segundo a rede de drenagem natural e/ou de transposição de bacias/sub-bacias

As transferências podem se dar da seguinte forma



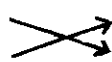


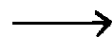


**LEGENDA**  
 01 CASO CONVENCIONAL  
 02 PARALELISMO ENTRE UB's  
 03 BACIA HIDRAULICA DO AÇUDE PERTENCENTE A MAIS DE UM MUNICÍPIO  
 04 LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE COINCIDENTE COM LIMITE DA UB

FIGURA 21  
**FORMAÇÃO DAS UNIDADES DE BALANÇO**



 transferência de duas UB's em paralelo para outras duas em paralelo a jusante,

 transferência de UB para outra através de adutoras forçadas, caracterizando uma transposição seja de bacias ou de sub-bacias

As figuras 2 2a a 2 2g mostram os fluxogramas de inter-relacionamento para as bacias independentes de maior porte, no Anexo A estão apresentados os fluxogramas de todas as bacias

### 2 2 3 A Matriz do Balanço

A hierarquização tanto da satisfação das demandas como para cada uma destas, da utilização da fonte hídrica disponível, compõe a Matriz do Balanço, elemento primordial do mesmo

Esta hierarquização foi escolhida após adequado processo de maturação e análise, e buscou harmonizar a realidade e hábitos hoje existentes com a utilização racional dos recursos hídricos

Em relação às disponibilidades, foram, inicialmente, identificados seis tipos

- DD -> disponibilidade de deflúvio, correspondente aos volumes que escoam naturalmente nas bacias, como resultado da ocorrência de precipitações,
- DPER-> disponibilidade de perenização, correspondente às vazões que são regularizadas pelos açudes de maior porte ( $V > 10 \text{ hm}^3$ ), como resultado de sua operação,
- DPAI-> disponibilidade dos pequenos e médios açudes interanuais, e das lagoas,
- DPAA-> disponibilidade dos pequenos açudes anuais, isto é, que praticamente secam todo ano,
- DS -> disponibilidade de água subterrânea, subdivida em reservas aluvionares e não-aluvionares,
- DPP-> disponibilidade de precipitação, correspondente à parcela da precipitação que pode ser diretamente captada por cisternas e/ou implúvios

Posteriormente em face da constatação da insignificância dos volumes da DPP no contexto, ela foi eliminada do processo de realização do Balanço, ainda que a implantação de cisternas possa, em muitos casos, se tornar relevante

Em relação às demandas foram levadas em conta sete tipos, todos de uso consuntivo

- DHUC-> demanda humana urbana concentrada, correspondente ao abastecimento das sedes municipais,
- DHUD-> demanda humana urbana difusa, correspondente ao abastecimento das sedes distritais,
- DHR -> demanda humana rural, correspondente ao abastecimento das populações do meio rural, incluindo povoados,
- DAR -> demanda animal, correspondente ao suprimento da população animal de todos os tipos,
- DI -> demanda industrial,
- DIR -> demanda de irrigação dos projetos governamentais, isto é, daqueles decorrentes de ações no setor de irrigação do governo federal e/ou estadual, sejam para pequena, média ou grande irrigação,
- DIRP-> demanda de irrigação privada, decorrente de atividades de irrigação de responsabilidade exclusivamente do setor privado, posteriormente, tal demanda foi subdividida em DIRPL (irrigação privada locada) e DIRPNL (irrigação privada não-locada, ou difusa)

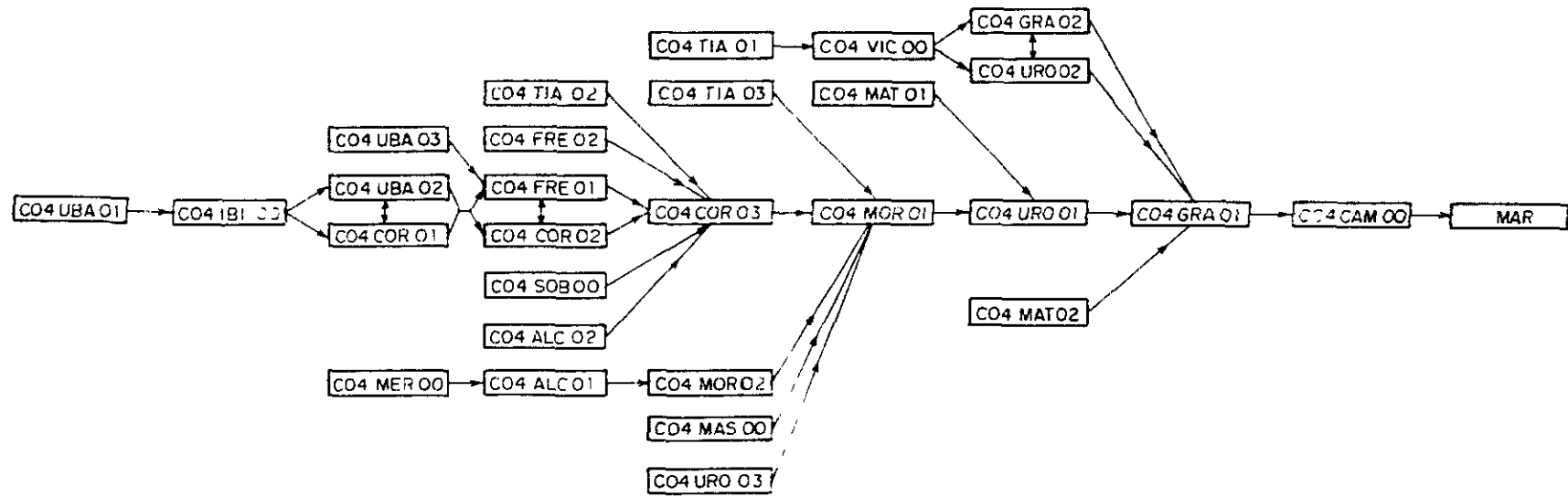
As demandas de uso não-consuntivo, tais como geração de energia elétrica, navegação, lazer, etc, não foram consideradas na elaboração deste primeiro PERH, devido à sua quase nenhuma representatividade no contexto do enfoque principal admitido para o Plano

Foram priorizadas as demandas humanas, que tratam, evidentemente, do uso mais nobre e importante do recurso hídrico, em seguida, as demandas animal e industrial, para, finalmente, satisfazer o grande consumidor, que é a irrigação

A já citada hierarquização das disponibilidades para cada demanda buscou atender critérios de qualidade, quantidade e nível de garantia, bem como de viabilidade técnico-econômica, nesta ótica, as demandas humanas, por exemplo, seriam sempre satisfeitas inicialmente por poços subterrâneos e, depois, pelos açudes de poder de regularização, por sua vez, a irrigação, em especial, dita governamental, não deveria se utilizar dos recursos subterrâneos, reconhecidamente escassos para tal fim

A Matriz do Balanço, que está apresentada no quadro 2 1, sintetiza globalmente a hierarquização admitida para o mesmo

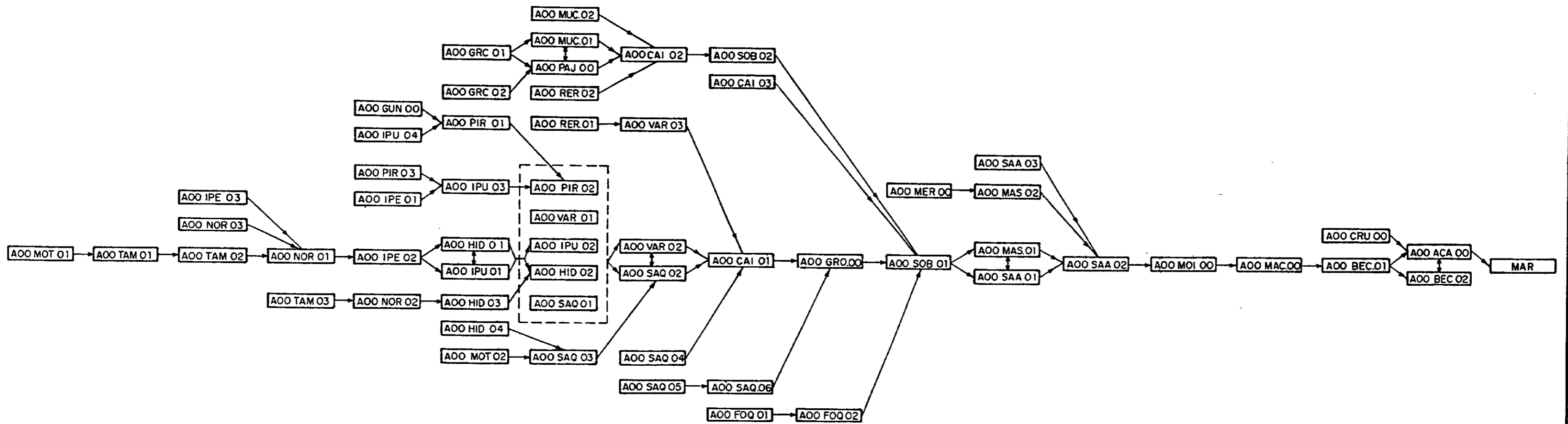
FIGURA 2 2 a



COREAÚ



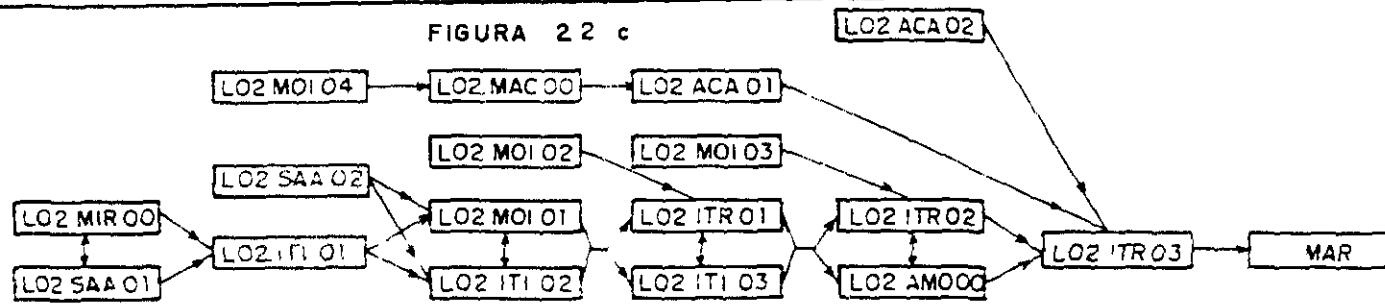
FIGURA 2 2 b



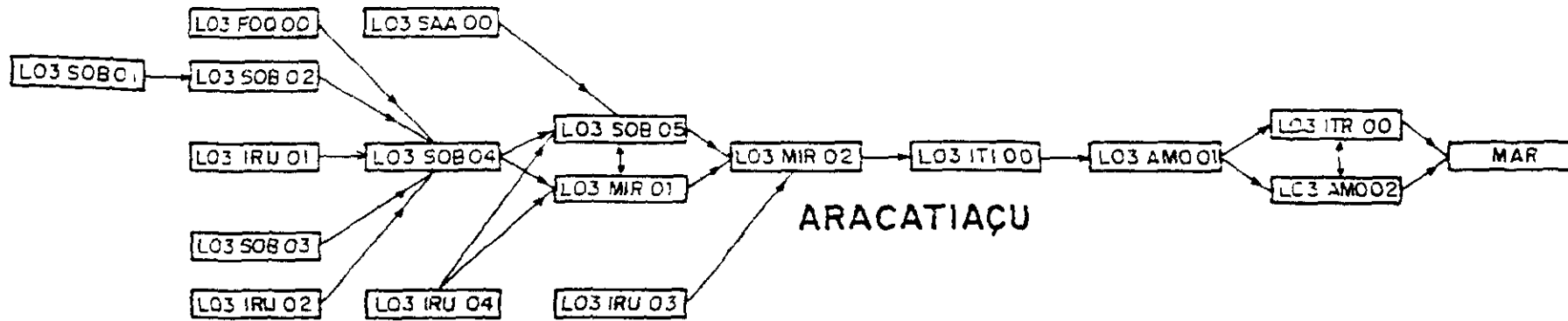
ACARAÚ

000291

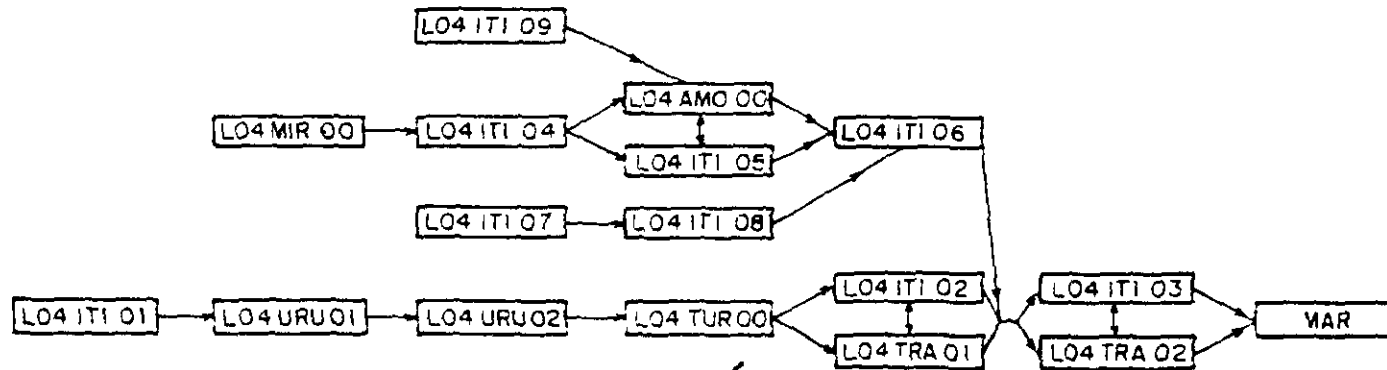
FIGURA 2 2 c



ARACATI-MIRIM



ARACATIAÇU



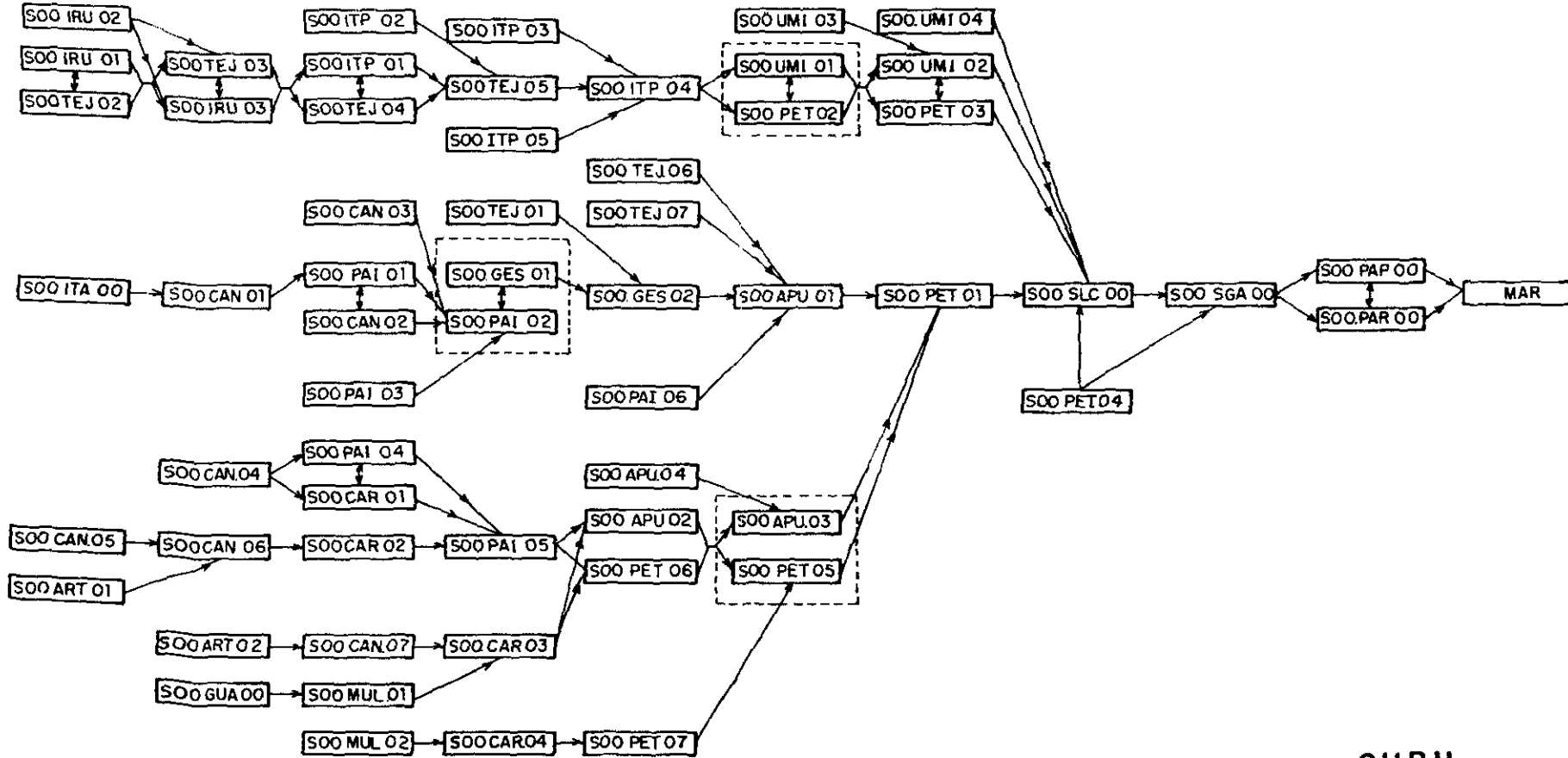
MUNDAÚ

1369



000292

FIGURA 2 2 d



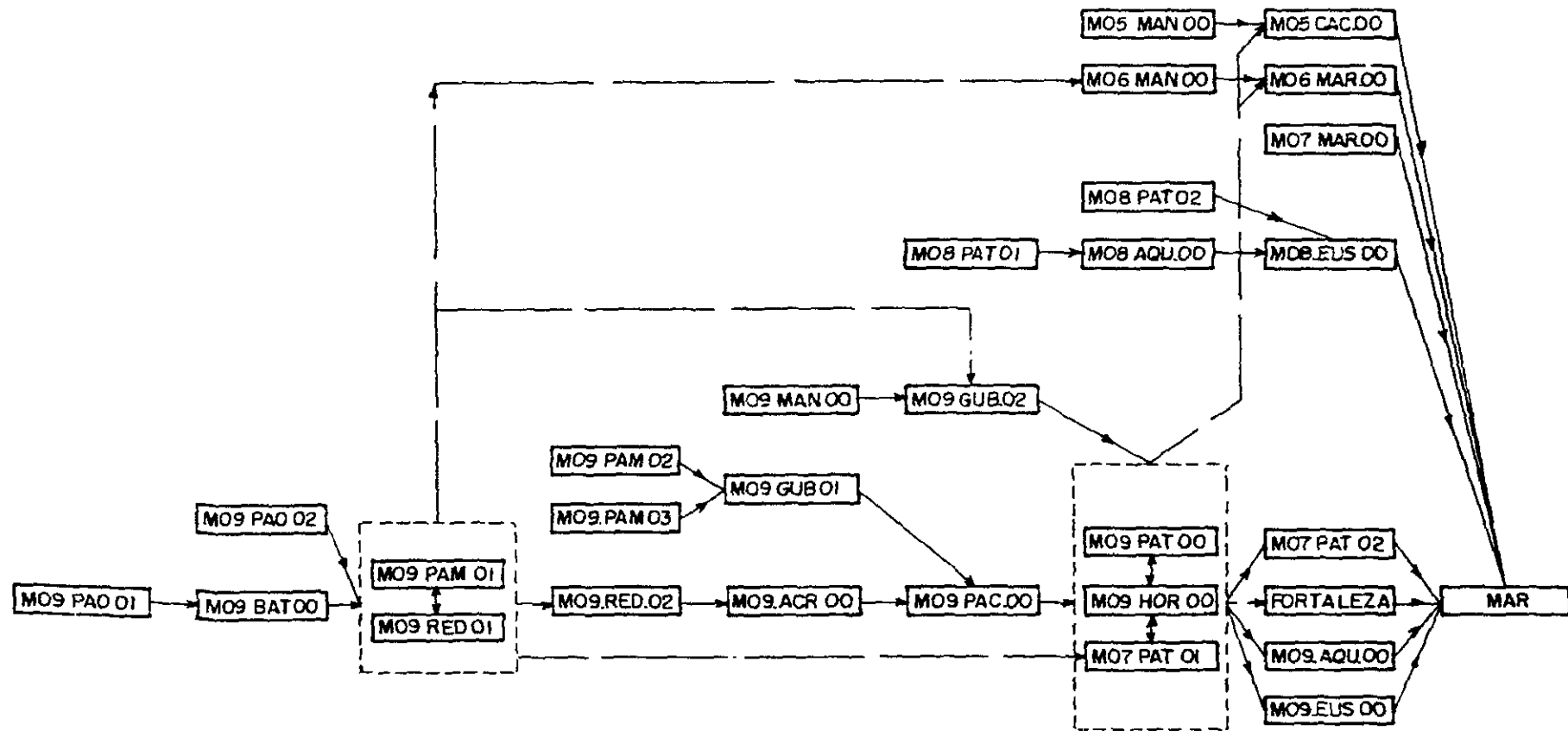
1370

CURU

000293



FIGURA 2 2 e  
 FLUXOGRAMA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

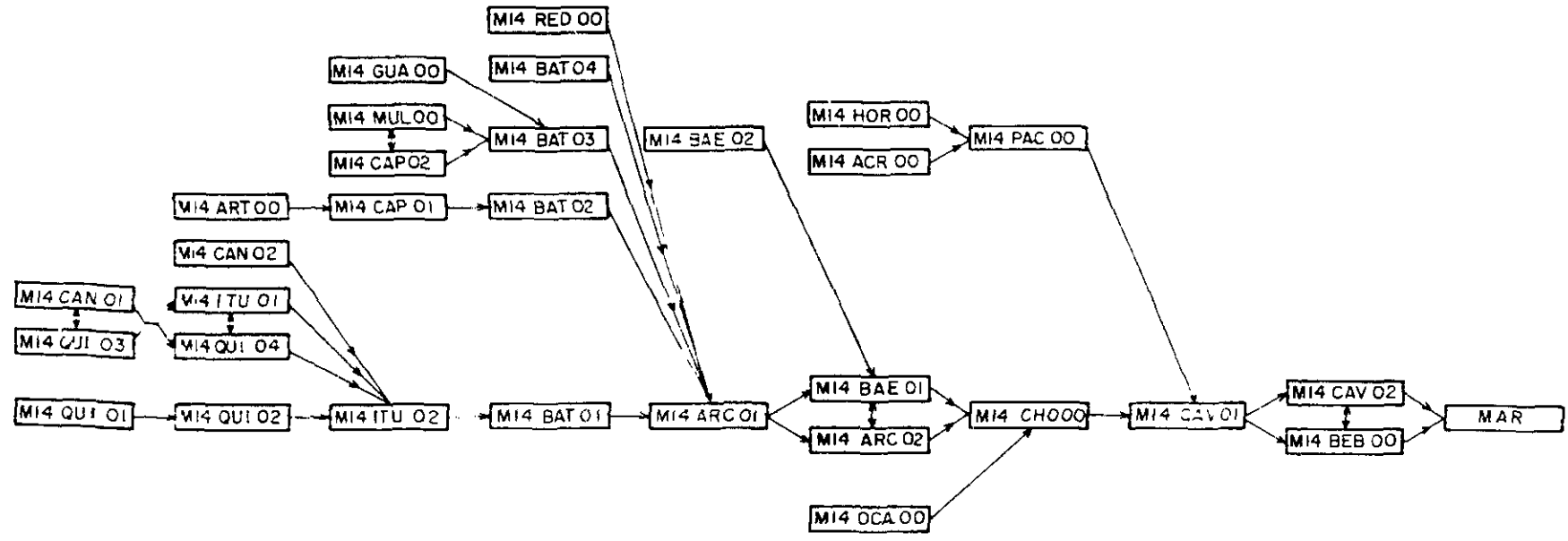


1371



000294

FIGURA 2 2 f



1372

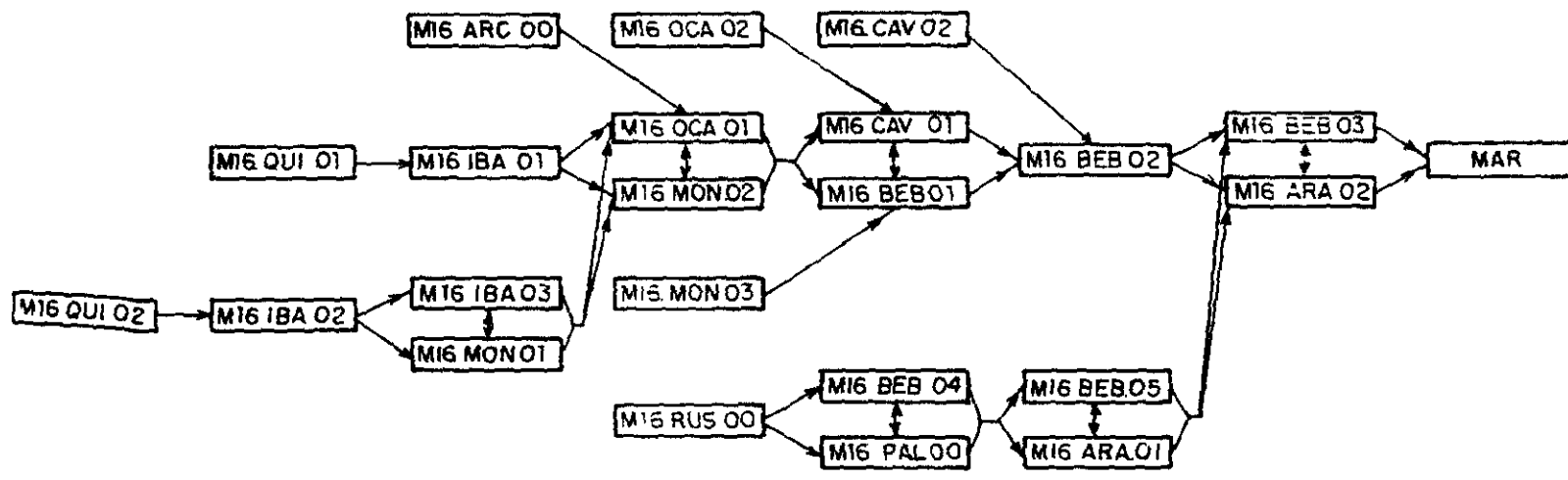
CHORÓ



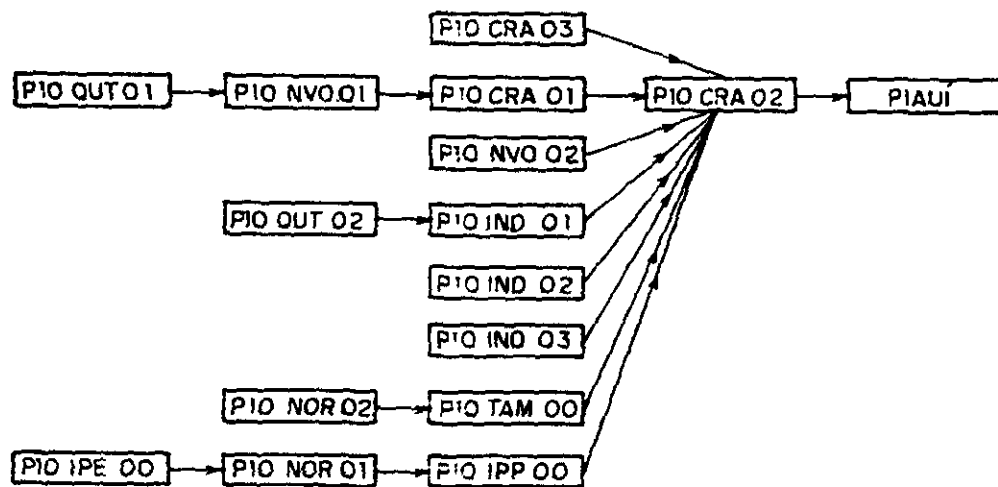
000295



FIGURA 2 2 g



PIRANGI



POTI

1373

MS

001296

## 2.2.4 Situações e Horizonte

Se o nível de informações e dados permitisse e, além do mais, não houvesse restrições de tempo e custo para a elaboração do PERH, a metodologia do Balanço poderia ser ainda mais elaborada e aplicada a partir da série histórica de demandas e disponibilidades, em especial para aquelas associadas à oferta de água superficial

Se, por um lado, tal procedimento era absolutamente inviável, por outro tornava-se essencial que o Balanço enfocasse a situação dos anos deficientes do ponto de vista pluviométrico, os quais caracterizam as conhecidas secas que eventualmente atingem a região

Para sanar esta necessidade, o Balanço foi processado para duas situações básicas

uma primeira, correspondente ao ano identificado como normal pluviometricamente, quando as disponibilidades apresentam padrões médios e/ou esperados, nele, os deflúvios são representados pelo valor médio, os reservatórios de perenização e açudes interanuais fornecem as vazões garantidas, os açudes anuais e lagoas encontram-se cheios, e os recursos subterrâneos estão com plena potencialidade,

uma segunda, correspondente ao ano seco, quando há uma sensível redução das disponibilidades, com os deflúvios sendo nulos, os reservatórios e açudes interanuais operando com vazões de emergência, os açudes anuais estando secos, e ocorrendo uma acentuada redução das reservas aluvionares

Claro está que, ao proceder desta forma, se pode avaliar as necessidades de infra-estrutura hídrica tanto para o ano normal como para o seco

Sendo quatro os horizontes estudados - 1990, 2000, 2010 e 2020 - foram, então, processados oito balanços distribuídos

## 2.3 As Disponibilidades Hídricas

Os cinco tipos de disponibilidades admitidas no Balanço foram analisados para cada uma das Unidades de Balanço, utilizando-se os métodos descritos a seguir

### 2.3.1 Disponibilidade de Deflúvio (DD)

O deflúvio médio foi obtido com base nas séries históricas de vazões determinadas a partir de modelo chuva x deflúvio nas bacias em que se dispunham destes dados e com as relações de regionalização para as demais, conforme os Estudos de Base

Elas foram distribuídas ao longo dos semestres, de forma a refletir tanto o caráter intermitente dos rios da região como a forte concentração em alguns meses do ano, tal distribuição fez com que os deflúvios considerados representassem de 2,5 a 4,0% do deflúvio médio anual para o 1º semestre, e de 0,5 a 1,5% para o 2º semestre, no caso dos poucos rios que apresentam alguma perenidade

Para a situação **ano seco** os deflúvios não foram levados em conta, esta disponibilidade sendo nula

### 2.3.2 Disponibilidade de Perenização (DPER)

A avaliação desta disponibilidade foi a mais complexa dentre todas, visto principalmente a necessidade de definir um valor conceitualmente homogêneo para o **ano normal** e, em especial, um outro valor justificável para o **ano seco**, para o que terminou sendo estabelecido o conceito de volume de alerta

Na situação **ano normal** tomou-se, "a priori", a vazão garantida com 90%, conforme determinado nos Estudos de Base Entretanto, sendo as séries então utilizadas muito diferentes entre si, e objetivando empregar uma metodologia que conduzisse a resultados mais homogêneos e confiáveis, foram geradas, para todos os açudes de interesse, séries de vazões com 500 anos de duração

Inicialmente foram utilizados os modelos auto-regressivos clássicos, gerando vazões anuais que, em seguida, eram desagregadas em valores mensais pelo Método dos Fragmentos<sup>(\*)</sup>

Dado que as vazões anuais se distribuem segundo uma distribuição assimétrica, aplicaram-se aos modelos citados a transformação de Matalas<sup>(\*\*)</sup>, que segue uma distribuição log-normal, e uma transformação da normal em função Gamma, também com características de assimetria, estas transformações permitiram gerar vazões sempre positivas, o que não ocorreria se fosse utilizada uma distribuição normal

A parcela auto-regressiva, representada pelo coeficiente de autocorrelação, apresentou em todos os casos valores desprezíveis, mas assim mesmo foi incluída no modelo

As versões do modelo auto-regressivo conservaram claramente os parâmetros estatísticos da série histórica original, porém, quando simulados os reservatórios com as novas séries de 500 anos, constatou-se, frequentemente, um acréscimo, por vezes bastante significativo, das vazões regularizadas

(\*) SARMENTO, F. J., "APLICABILIDADE DE MODELOS DE GERAÇÃO DE VAZÃO NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL" Boletim Técnico N° 7, Editora Universitária

QUADRO 2 1  
MATRIZ DO BALANÇO

DEMANDAS DISPONIBILIDADES	DHUC	DHUD	DHR	DAR	DI	DIR	DIRP
DD	—	—	—	1°	—	1°	1°
DPER	2°	2°	2°	2°	2°	2°	2°
DPAI	3°	3°	3°	4°	3°	3°	3°
DPAA	—	—	4°	3°	—	—	—
DS	1°	1°	1°	5°	1°	—	4°

- DHUC - DEMANDA HUMANA URBANA CONCENTRADA
- DHUD - DEMANDA HUMANA URBANA DIFUSA
- DHR - DEMANDA HUMANA RURAL
- DAR - DEMANDA ANIMAL
- DI - DEMANDA INDUSTRIAL
- DIR - DEMANDA DE IRRIGAÇÃO PROJETOS GOVERNAMENTAIS
- DIRP - DEMANDA DE IRRIGAÇÃO PRIVADA
- DD - DISPONIBILIDADE DE DEFLÚVIO
- DPER - DISPONIBILIDADE DE PERENIZAÇÃO
- DPAI - DISPONIBILIDADE DE PEQUENOS E MÉDIOS AÇUDES INTERANUAIS
- DPAA - DISPONIBILIDADE DE PEQUENOS AÇUDES ANUAIS
- DS - DISPONIBILIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

000298



obtidas quando comparadas com aquelas encontradas anteriormente

A análise desenvolvida conduziu à conclusão de que seria obrigatório, também, que as séries geradas mantivessem o mesmo comportamento e persistência na ocorrência de anos secos, na realidade, ficou marcadamente comprovado que, mesmo esta ocorrência não se dando com grande frequência, ela acontece de forma muito concentrada isto significa dizer que para, por exemplo, a vazão garantida com 90%, nos restantes 10% do tempo, as falhas que são observadas ocorrem por longos períodos contínuos

Para manter, além dos parâmetros estatísticos, uma semelhante estrutura de persistência de falhas, foi calculada uma matriz de probabilidades condicionais do seguinte tipo

ANO ATUAL (AA)	ANO ANTERIOR (Aa)		
		Seco (S)	Úmido (U)
	Seco (S)	$P(AA=S)/Aa=S$	$P(AA=S)/Aa=U$
Úmido (U)	$P(AA=U)/Aa=S$	$P(AA=U)/Aa=U$	

Admitiu-se como ano seco aquele no qual o escoamento total anual não superasse um pequeno percentual, em geral menor do que 5% do valor médio

Em resumo, o modelo empregado constou de três componentes

1º - definiu-se se o ano gerado seria seco ou úmido fazendo o uso da matriz de probabilidades condicionais obtida com a série histórica e uma série de números aleatórios de distribuição retangular (0,1),

2º - para o ano seco o valor do escoamento anual foi calculado pelo produto de um aleatório de distribuição retangular (0,1) e o extremo, a partir do que se considera seco, isto equivalia a gerar valores de vazão equiprováveis entre zero e o valor a partir do qual se considera ano seco, devido à curta extensão desta faixa, os erros introduzidos, por não modelar estes valores segundo uma distribuição mais apropriada, eram mínimos,

- para o ano úmido o valor da vazão foi obtido de uma distribuição Gamma com parâmetros estimados segundo a série histórica,

3º - a vazão anual foi distribuída mensalmente segundo o Método dos Fragmentos

A definição do DPER para o ano normal e ano seco decorreu de um estudo realizado sobre o

comportamento dos reservatórios, quando operados com essas séries de 500 anos geradas

Em face da concentração das falhas na liberação das vazões, em longos períodos contínuos, tornou-se necessário estabelecer o conceito de volume de alerta, volume este a partir do qual o reservatório liberaria uma vazão de emergência de menor valor, capaz de garantir o fornecimento em grande parcela dos períodos anteriormente identificados como absolutamente secos

Tal estudo conduziu à conclusão consensual de que a alternativa mais viável seria aquela de garantir o fornecimento desta vazão de emergência em 80% do total do período seco, equivalendo esta vazão à metade daquela normalmente liberada

Como consequência, foi determinado para cada reservatório, a partir das séries de 500 anos, qual o volume de alerta (Va) que daria esta garantia para uma vazão igual à metade daquela garantida com 90% do período total

Em resumo, obteve-se os parâmetros indicados no esquema abaixo

Vn -> volume de operação normal que garante uma vazão  $Q_{90}^A$  em 90% do período total,

Va -> volume de alerta que garante uma vazão  $Q_8^A$  em 80% do período de falha, isto é, 8% do período total ( $0,80 \times 0,10$ ), sendo  $Q_8^A = Q_{90}^A / 2$

Ao final, as disponibilidades DPER foram definidas, em cada reservatório, como

- ano normal ->  $DPER = Q_{90}^A$
- ano seco ->  $DPER = Q_8^A$

Desde que as vazões perenizadas não podem atingir regiões muito distantes do rio por onde transitam, a não ser que hajam sistemas de adução específicos (como, por exemplo, para projetos de irrigação ou abastecimento de cidades de maior porte), foi definida para cada curso d'água uma faixa de 3 km para cada lado, no qual todas as demandas abrangidas poderiam ser beneficiadas pelos volumes de regularização

Esta faixa de perenização, totalizando 6 km, foi de capital importância no processo de Balanço, visto que suas demandas foram sempre identificadas separadamente

O quadro 2 2, a seguir, mostra, para cada reservatório, os parâmetros de capacidade, volume de alerta e vazões regularizadas com 90% com e sem volume de alerta

2 3 3 Disponibilidade de Pequenos e Médios Açudes Interanuais ( $0,5 < V < 10 \text{ hm}^3$ ) e Lagoas (DPAI)



QUADRO 2.2

RESULTADOS DOS ACUDES COM BIVOLATÃO INDIVIDUAL

BACIA PRINCIPAL	BACIA INDEPENDENTE	NOME DO ACUDE	CAPACIDADE		ALERTA	Z DO V <sub>m</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>0</sub>
			(V <sub>m</sub> ) (hm <sup>3</sup> )	VOLUME (hm <sup>3</sup> )			SERIE HISTÓRICA	SERIE 500 ANOS	SERIE VOLUNTÁRIA
		Farias de Sousa	12,50	2,54	21		0,11	0,15	0,11
A	A	Carão	23,00	8,96	39		0,15	0,06	0,02
C	C	Paulo Sarasate	891,11	170,38	19		9,27	9,00	7,19
A	A	Edson Queiroz	248,75	64,05	26		1,75	1,85	1,44
R	R	Ayres de Sousa	104,43	32,85	31		1,92	2,10	1,66
A	A	Forquilha	50,13	17,48	35		0,38	0,27	0,16
U	U	Acarand-Miria	52,00	20,12	39		0,68	0,94	0,71
		São Vicente	9,84	2,12	22		0,10	0,12	0,10
		São Mateus	10,33	1,74	17		0,04	0,03	0,02
C	C	Pereira Miranda	395,63	93,93	24		3,50	4,25	3,28
U	U	General Saupato	322,20	63,40	20		3,15	3,15	2,48
R	R	Tejussuoca	40,66	7,45	18		0,46	0,39	0,29
U	U	Caxitoré	202,00	51,24	25		2,47	2,32	1,72
		Frios	33,02	7,69	23		0,53	0,64	0,47
	P	Nealejo	31,55	8,16	26		0,30	0,30	0,18
	O								
PAR- NAÍ- BA	T	Jaburu II	127,70	17,08	13		0,65	0,60	0,34
	E								
		Carnaubal	87,69	21,37	24		0,70	0,74	0,48
	JABURU	Jaburu I	210,00	20,09	10		4,28	4,97	6,78
	COREAÚ	Várzea da Volta	12,50	6,95	56		0,25	0,30	0,14
COREAÚ		Tucunduba	40,20	11,36	28		1,14	1,26	1,02
	PESQUEIRO								
		Martínopole	23,20	6,26	27		0,31	0,33	0,26

004300



QUADRO 2.2 (cont.)

RESULTADOS DOS ACUDES COM SIMULAÇÃO INDIVIDUAL

BACIA PRINCIPAL	BACIA INDEPENDENTE	NOME DO ACUDE	CAPACIDADE:		ALERTA			
			(V <sub>m</sub> ) (hm <sup>3</sup> )	VOLUME (hm <sup>3</sup> )	X DO V <sub>m</sub>	Q <sub>10</sub> COM SÉRIE HISTÓRICA	Q <sub>500</sub> COM SÉRIE 500 ANOS	Q <sub>0</sub> COM ALERTA
		Acarape	34,00	8,96	26	0,59	0,72	0,62
RE- TRO- PO- LI- TA- NAS	PACOTI	Pacoti/Riachão	457,00	87,40	19	3,80	3,80	3,33
	COCO	Gavião	54,00	-	-	-	3,80	-
	CHORO	Pompeu Sobrinho	143,00	63,63	44	0,10	0,06	0,02
	SÃO GONÇALO	Amanary	11,30	2,58	23	0,20	0,22	0,18
L I I O R A L	ARACATIACU	Santo Antônio do Aracatiacu	24,25	6,45	27	0,15	0,12	0,06
		São Pedro da Timbaóba	19,26	7,92	41	0,10	0,14	0,08
	RUNDAÚ	Mundá	21,31	5,00	23	0,20	0,25	0,23
		Poco Verde	13,66	2,84	21	0,25	0,29	0,24

000301

Para os pequenos e médios açudes interanuais foram utilizados os resultados dos Estudos de Base, os quais mostraram que há uma variação muito grande do rendimento destes açudes em função de diversos parâmetros, sendo, contudo, aceitável que se admita um poder de regularização médio de 10%<sup>(\*)</sup>

Desta forma, foi considerado, para os açudes compreendidos entre 500 mil e 10 milhões de m<sup>3</sup>, um DPAI de 10% do valor acumulado no caso do ano normal

Para o ano seco, em face da comprovada redução de rendimento observada nos açudes menores utilizou-se uma vazão de emergência de 30% do ano normal, isto é, 3% do volume acumulado por unidade de balanço

No que tange às lagoas, os volumes obtidos nos Estudos de Base tiveram um caráter bastante estimativo, sua importância é maior na faixa costeira quando existe um grande número de corpos d'água com dimensões variadas, cujo condicionamento está diretamente relacionado à atividade eólica erosiva sobre as dunas. O resultado dessa ação é o aparecimento das denominadas lagoas interdunares, que consistem num afloramento do nível freático do aquífero Dunas, motivo pelo qual seu dimensionamento está afeto à hidrogeologia

A inexistência de dados específicos que pudessem auxiliar na avaliação do potencial dessas lagoas, levou à simplificação da metodologia de dimensionamento de seus volumes e das vazões regularizadas. Sendo assim, para a estimativa do volume foi considerada a área do espelho d'água obtido das cartas da FUNCEME e uma altura máxima no centro da lagoa de 2,0 metros, o que resultou no volume de uma semi-esfera. Para obtenção da vazão regularizada foi atribuído um volume anual correspondente a 50% do volume total da lagoa. O valor assim obtido, pode ser considerado bastante conservador para as lagoas maiores, cujo aproveitamento como fonte de abastecimento público poderia conduzir à estimativa da vazão produzida pelo sistema

#### 2 3 4 Disponibilidade de Pequenos Açudes Anuais (V < 500 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>) (DPAA)

Para os açudes de até 500 mil metros cúbicos tomou-se um comportamento médio único, fundamentado nos mesmos Estudos de Base, de que eles secariam anualmente, aceitando-se que nos anos normais poderiam ter um aproveitamento otimizado de 60% do volume acumulado, para o ano seco não haveria tal disponibilidade

#### 2 3 5 Disponibilidade de Água Subterrânea (DS)

As águas subterrâneas se mostram como mananciais estratégicos para atendimento de demandas, considerando que suas reservas revelam-se inalteradas, com a variação sazonal. Exceção se faz ao aquífero aluvionar, onde as

disponibilidades do ano seco correspondem a 30% do ano normal

O volume de águas subterrâneas, mobilizado para atendimento das demandas de cada Unidade de Balanço (UB), é tratado através de duas formas distintas

**as disponibilidades atuais** estão relacionadas ao volume de águas subterrâneas produzidas pelos poços cadastrados no âmbito do PERH, em regime de bombeamento de 12 h/dia, quantificado por aquífero e totalizado em m<sup>3</sup>/ano, **as potencialidades** referem-se às reservas exploráveis dos aquíferos, individualizadas para cada UB. Este volume é passível de aproveitamento no caso de falha no atendimento das demandas, através da infra-estrutura atual de poços

Para efeito do balanço hídrico atual, a disponibilidade de águas subterrâneas diz respeito à vazão produzida pelos poços cadastrados na UB. No entanto, para obter este volume foi preciso totalizar as vazões dos locados e não-locados

**os poços locados** a disponibilidade atual dos poços locados na UB é o resultado da totalização das vazões produzidas pelos poços de cada aquífero pertencente à UB,

**os poços não-locados** a disponibilidade atual dos poços não-locados é a diferença entre a vazão total dos poços cadastrados no município e a vazão dos poços locados. Este resultado passou, então, a ser distribuído proporcionalmente à área do aquífero na UB

#### 2 3 6 O Caso Específico da Disponibilidade das Sedes Municipais e Distritais

Em virtude da importância e especificidade do abastecimento d'água das sedes municipais e distritais, e visando obter um diagnóstico mais adequado da situação desses centros urbanos, resolveu-se dar um tratamento especial à avaliação das disponibilidades associadas

No caso das sedes municipais foi-se ao detalhe de utilizar, para o Balanço, as reais disponibilidades existentes. Para tanto, foram pesquisadas e coletadas junto à CAGECE e FSESP as informações sobre a fonte d'água utilizada para cada uma das sedes municipais, discriminando-se o tipo e capacidade individualmente

O quadro 2 3, a seguir, lista, para as 98 sedes municipais do Bloco 2, os principais dados de cada manancial, compreendendo

- município,

(\*) Estudos de Base - Parte VII B - Hidroclimatologia  
- 5º Capítulo - Estudos de Disponibilidade Hídrica

- UB da sede,  
código do tipo de manancial, sendo

- 1 - tomada direta no rio,
- 2 - grande açude,
- 3 - pequeno e médio açude,
- 4 - lagoa,
- 5 - poços no aluvião,
- 6 - poços não-aluvionares,
- 7 - sem sistema

- identificação da fonte,  
- disponibilidade em m<sup>3</sup>/ano

Ao adotar-se este procedimento, criou-se condições para obter, com o PERH, um retrato bastante fiel da crítica situação de abastecimento d'água dos centros urbanos do Estado

Já ao nível das sedes distritais, em razão do seu grande número e menor confiabilidade das informações, optou-se por uma forma mais simplificada, a qual, entretanto, reduziu muito o erro que certamente seria associado, caso as mesmas fossem tratadas de forma difusa

Para cada uma das sedes distritais foi definida uma área circular, com raio de 3 km, admitida como, em média o espaço viável, técnica e economicamente, para se ter um manancial/sistema local, em decorrência, somente as disponibilidades hídricas deste círculo foram utilizadas no balanço para suprir as demandas da respectiva sede

## 2 4. As Demandas

A estimativa das demandas de cada UB utilizou permanentemente os estudos específicos realizados na etapa anterior, motivo pelo qual são feitas a seguir somente algumas observações pertinentes

### 2 4 1 Demanda Humana Urbana Concentrada (DHUC)

A representação da demanda humana das sedes municipais foi extraída do citado estudo, o qual fez projeções, com metodologia baseada em curvas logísticas, para os diversos horizontes do PERH, a taxa "per capita" variou de 150 a 200 l/dia em função da dimensão da cidade

### 2 4 2 Demanda Humana Urbana Difusa (DHUD)

Representa a somatória da demanda humana das sedes distritais de cada UB, com emprego da mesma metodologia anterior

### 2 4 3 Demanda Humana Rural (DHR)

O fato a destacar na determinação desta demanda, também obtida com projeções utilizando a curva logística, como justificado no relatório específico, diz respeito à desagregação por UB do valor conhecido e/ou projetado para o município. Para

tanto, usou-se a repartição espacial do número de casas identificadas nas cartas 1 100 000 da SUDENE/DSG do Exército, como, seguramente, a relação entre o número de casas de cada UB e o total do município a que pertence não se alterou praticamente desde a época do voo de base, o percentual foi calculado caso a caso e aplicado diretamente sobre as populações rurais atuais e projetadas dos municípios. O consumo "per capita" foi de 100 l/hab/dia

### 2 4 4 Demanda Animal (DAR)

As demandas estimadas nos estudos desenvolvidos foram distribuídas espacialmente por UB, de cada município, através da proporcionalidade de área

### 2 4 5 Demanda Industrial (DI)

As demandas industriais foram sempre atribuídas às sedes municipais, os Distritos Industriais de Maracanaú e Fortaleza foram tratados individualmente

### 2 4 6 Demanda de Irrigação (DIR)

As demandas DIR dos projetos de irrigação denominados governamentais correspondem a todos os projetos de pequena, média e grande irrigação, conforme concertuado no Programa Estadual de Irrigação e no Estudo de Demandas da 2ª Etapa do PERH, admitindo-se um consumo médio anual de 18 000 m<sup>3</sup>/ha

No caso da irrigação privada, os projetos com mais de 50 ha foram locados individualmente, tendo a demanda DIRPL definida a partir de um consumo médio anual de 8 000 m<sup>3</sup>/ha/ano, os projetos menores de 50 ha, de demanda DIRPNL, foram distribuídos difusamente de forma proporcional à disponibilidade hídrica de cada UB

É importante salientar que para o horizonte de 1990 foram levados em conta os projetos governamentais de grande porte, já implantados e todos da pequena irrigação, além, evidentemente, da irrigação privada integral. Para o ano 2000 foi considerada como implantada toda a irrigação existente e programada para o Estado no PERH

## 2 5 O Modelo do Balanço Distribuído

A formulação lógica do modelo do Balanço e o correspondente programa computacional tornaram-se tarefas complexas e extensas, em decorrência, principalmente, da dimensão do problema e da imensa quantidade de dados a ser manuseada. Nesta perspectiva, e desde que o programa, sua estrutura e forma de utilização constam do Banco de Dados do PERH, faz-se, a seguir, apenas uma sucinta descrição do modelo

(\*) Estudos de Base - Parte VII B - Hidroclimatologia  
- 6º Capítulo - Estudo de Demandas





## QUADRO 2 3

## MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DAS SEDES MUNICIPAIS

MUNICÍPIO	UB (SEDE)	CÓDIGO	FONTE	DISPONIBILIDADE (x1000 m <sup>3</sup> /ano)
ACARAPÉ	M09 ACR.00	1	TOMADA DO RIO	328 (*)
ACARAÍ	A00 ACA.00	5	02 PTR	368
ALCANTARAS	C04 ALC.01	7	-	-
AMONTADA	L03 AMO.01	1	TOMADA DO RIO	88
APUIARÉS	S00 APU.01	5	09 PTR	656
AQUIRAZ	M03 AQU.00	4	LAGOA DO CATU	700
ARACOIABA	M14 ARC.01	5	01 PA	120
ARATUABA	M14 ART.00	7	-	-
BARREIRA	M14 BAE.02	7	-	-
BARROQUINHA	C02 BAQ.00	6	04 PTP	39
BATURITÉ	M14 BAT.03	3	AÇ TIJUQUINHA	50
BEBERIBE	M14 BEB.00	4	LAGOA UBERABA	80
BELA CRUZ	A00 BEC.01	5	05 PTR	153
CAMOCIM	C04 CAM.00	6	10 PTR	310
CANINDÉ	S00 CAN.06	7	AÇ SAO MATEUS	591
CAPISTRANO	M14 CAP.01	3	AÇ TEIMOSO	400
CARIDADE	S00 CAR.03	3	AÇ SAO LUIS	25
CARIRÉ	A00 CAI.03	5	02 PTR	235
CARNAUBA	P03 CAB.00	6	02 PTP	275
CASCAVEL	M13 CAV.00	6	04 PTP + 01 PA	59
CHAVAI	C01 CHL.00	3	AÇ NOVO	57
CHOROZINHO	M14 CHO.00	7	-	-
COREAÍ	C04 COR.03	2	AÇ VZ DA VOLTA	299 (*)
CRATEIUS	P10 CRA.02	3	AÇ MARATAUA	247
CROATA	P03 CRO.00	7	-	-
CRUZ	A00 CRU.00	7	-	-
EUSÉBIO	M08 EUS.00	7	-	-
FORQUILHA	A00 FOO.02	2	AÇ FORQUILHA	845 (*)
FRECHEIRINHA	C04 FRC.01	5	01 PA	33
GENERAL SAMPAIO	S00 GES.02	2	AÇ GEN SAMPAIO	381 (*)
GRAÇA	A00 GRC.02	7	-	-
GRANJA	C04 GRA.01	1	BARR. VERTEDEIRA	170
GROAÍRAS	A00 GRO.00	5	01 PA	256
GUAIUBA	M09 GUB.02	2	AÇ ACARAPE MEIO	451
GUARACIABA DO NORTE	P09 GUN.02	5	01 PA	22
GUARAMIRANGA	M14 GUA.00	5	01 PA	79
HIDROLÂNDIA	A00 HID.03	5	01 PA	63
HORIZONTE	M09 HOR.00	7	-	-
IBARETAMA	M16 IBA.01	7	-	-
IBIAPINA	P04 IBI.01	6	03 PTP + 01 PA	144
INDEPENDÊNCIA	P10 IND.03	3	AÇ CUPINS	455
IPAPORANGA	P10 IPP.00	7	-	-
IPUI	A00 IPU.03	3	AÇ BONITO	212
IPUEIRAS	A00 IPE.01	5	01 PA	197
IRAUÇUBA	L03 IRU.03	3	AÇ PATOS	368
ITAPAGÉ	S00 ITP.02	6	BARR VERTEDEOURA	556

090304



## QUADRO 2.3 (cont )

## MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DAS SEDES MUNICIPAIS

MUNICÍPIO	UB (SEDC)	CÓDIGO	FONTE	DISPONIBILIDADE (x1000 m3/ano)
ITAPIPOGA	L04. ITI.07	2	AÇ POÇO VERDE	1382 (*)
ITAPIÚNA	M14. ITU 02	3	AÇ CURUPAITI	86
ITAREMA	FED. ITR.00	7	-	-
MARANGUAPÉ	M06. MAN.00	3	AÇ PENEDO I	64
MARCO	A00. MAC.00	5	01 PA	213
MARTINÓPOLE	C05. MAT.00	7	-	-
MASSAPÉ	A00. MAS.02	2	AÇ ACARAÚ-MIRIM	530
MERUOÇA	A00. MER.00	7	-	-
MIRAIMA	L03. MIR.02	2	AÇ S P TIMBAÚBA	344 (*)
MORAÚJO	C04. MOR.01	2	AÇ VZ DA VOLTA	165 (*)
MORRINHOS	A00. MOI.00	1	TOMADA DO RIO	348 (*)
MUCAMBO	A00. MUC.02	3	AÇ IBIAPINA	153
MUIUNGI	M14. MUI.00	7	-	-
NOVA RUISSAS	A00. NOR.01	2	AÇ F DE SOUZA	770 (*)
NOVO ORIENTE	P10. NVO.01	5	01 PA	39
OCARA	M14. OCA.00	7	-	-
PACAJUS	M14. PAC.00	6	06 PTP	131
PACATUBA	M07. PAT.01	2	AÇ ACARAPE MEIO	451
PACOTI	M09. PAD.01	5	04 PA	98
PACUJÁ	A00. PAJ.00	3	AÇ CORIOLANO	50
PALMÁCIA	M09. PAM.02	6	01 FONTE	32
PARACURU	FED. PAR.00	4	LAGOA GRANDE	105
PARAIPABA	S00. PAP.00	4	LAGOA CANA BRAVA	465
PARAMOTI	S00. PAI.05	5	02 PTR	57
PENTECOSTE	S00. PET.01	2	AÇ PENTECOSTE	645 (*)
PINDORETAMA	M12. PIN.00	7	-	-
PIRES FERREIRA	A00. PIR.01	5	01 PA	40
PORANGA	P09. POR.01	6	01 FONTE	245
QUITERIANÓPOLIS	P10. QUT.01	7	-	-
REDENÇÃO	M09. RED.02	1	TOMADA DO RIO	424 (*)
RERIUTABA	A00. RER.01	5	01 PA	84
SANTA QUITÉRIA	A00. SAQ.04	3	AÇUDE	11
SANTANA DO ACARAÚ	A00. SAA.02	1	TOMADA DO RIO	423 (*)
SÃO BENEDITO	P06. SAD.00	5	04 PTP	99
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	M01. SGA.00	6	05 PTR	149
SÃO LUÍS DO CURU	S00. SLC.00	5	01 PA	309
SENADOR SA	C06. SES.01	3	AÇ SALGADO	8
SOBRAL	A00. SOB.01	2	AÇ JAIBARA	5779 (*)
TAMBORIL	A00. TAM.01	2	AÇ CARAU	259 (*)
TEJUÇUOCA	S00. TEJ.07	5	02 PA	39
TIANGUA	C04. TIA.01	5	02 PA	45
TRAIRI	L05. TRA.02	4	LAGOA PIANCÓ	150
TURURU	L04. TUR.00	7	-	-
UBAJARA	P04. UBA.01	5-6	01 PIP + 01 PA	175
UMIRIM	S00. UMI.03	2	CAXITORE	472 (*)
URUBURETAMA	L04. URU.02	5	02 PA	195

000305



QUADRO 2.3 (cont.)

## MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DAS SEDES MUNICIPAIS

MUNICÍPIO	UB (SEDE)	CÓDIGO	FONTE	DISPONIBILIDADE (x1000 m <sup>3</sup> /ano)
URUOCA	C06 URU 01	3	AÇ PREMOÇA	250
VARJOTA	A00 VAR 01	2	AÇ ARARAS	364 (*)
VIÇOSA DO CEARÁ	C04.VIC.00	6	02 PTP + 01 PA	64

## LEGENDA - CÓDIGO

1 - Tomada do Rio	5 - Aluvião	PA - Poço Amazonas
2 - Grande Açude	6 - Não Aluvião	PTR - Poço Tubular Raso
3 - Pequeno Açude	7 - Sem Sistema	PTP - Poço Tubular Profundo
4 - Lagoa		

(\*) Parcela da vazão regularizada de grandes açudes

000306



a) Partes constituintes

O modelo é basicamente integrado por duas componentes: uma primeira, que coleta e adapta as informações básicas, e uma segunda, que executa o balanço propriamente dito.

b) Primeira componente

Esta componente do modelo dispõe de vários programas desagregados que processam informações básicas referentes às demandas e disponibilidades hídricas, e distribuem as mesmas segundo critérios pré-estabelecidos.

b 1) Subsistema de águas subterrâneas

Os dados de entrada a este sistema são

totais de vazões de poços cadastrados por município,  
totais de vazões de poços locados por município,  
totais de vazões de poços locados por Unidade de Balanço,  
áreas ocupadas por cada aquífero nas UB's

Com base nestas informações, os programas POCO51 FOR e POCO52 FOR determinam as disponibilidades de água subterrânea, atribuindo às mesmas as vazões locadas, acrescidas de uma parcela da água subterrânea cadastrada no respectivo município, que é proporcional às áreas de cada aquífero em cada UB.

O arquivo de resultado deste subsistema é QTOTUB SAI

b 2) Subsistema de águas superficiais

O balanço considera as disponibilidades hídricas superficiais já descritas.

DPP - precipitação disponível para armazenamento em cisternas,  
DD - deflúvio natural,  
DPER - vazões regularizadas por grandes açudes.  
DPAI - vazões regularizadas pelos pequenos e médios açudes interanuais e lagoas,  
DPAA - volume armazenado em açudes anuais

Os dados do DPP e DD encontram-se no arquivo PLUFLU UB

Para a obtenção dos dados do DPER, foram utilizados os programas MARKOV FOR, MARKOVG FOR, VA1 FOR, com os dois primeiros avaliando a estrutura da série histórica e gerando a série sintética de 500 anos, enquanto o terceiro determina as vazões garantidas. Os resultados das simulações estão nos arquivos \* VAS. O arquivo que contém os dados finais é FAIXAS DAT

O arquivo que contém os dados de DPAI e DPAA é UB DHP

b 3) Subsistema de demandas

Este subsistema conta com os seguintes programas

POPU1, POPU2, POPU3, POPU4, POPU5, ATS1, ATS2 E ATS3

Os cinco primeiros estimam as demandas e as distribuem segundo as UB's, enquanto os outros três constroem os arquivos necessários para fazer o atendimento das sedes distritais e municipais.

Os arquivos finais gerados são

DHUC[ANO] DAT, DHUD[ANO] DAT, SEDES[ANO] RAN, DICSED RAN, POCOSEDE RAN, ACUSEDE RAN

As demandas animal, por UB, estão no arquivo DAR[ANO] DAT

Os arquivos que contém as demandas de irrigação são DIR[ANO] DAT e PRIV RAN

b 4) Arquivo mestre

Com base nestas informações obtidas, construiu-se um arquivo mestre para cada horizonte, denominado MESTRE[ANO] RAN, utilizando os programas MESTRE3 FOR e MESTRES FOR, segundo se deseje simular o cenário normal ou o cenário denominado de ano seco.

Os arquivos de entrada a estes programas são os já descritos e, mais

UBNOM -> contém a lista e nome das UB's do Bloco 2  
AREA UB -> contém as áreas de cada UB,  
KRES PRN -> contém a relação entre o volume afluente ao reservatório e capacidade do mesmo,  
PERENE DAT -> contém as percentagens de tempo com deflúvio em cada UB

c) Segunda componente

A segunda componente do balanço consiste no cálculo do atendimento das respectivas demandas para cada UB e a emissão do relatório correspondente.

O programa utilizado é BAL8 FOR, segundo se deseje fazer o balanço de qualquer bacia, menos a compreendida pela Região Metropolitana de Fortaleza.

Os arquivos utilizados são

WQ DAT -> contém % de água subterrânea para consumo humano excluindo as de má qualidade,  
UBNOM



- MUNON -> contém nomes dos municípios
- PRIV RAN -> arquivo scrach
- MESTRE[ANO] RAN
- TEMPORA RAN -> arquivo scrach
- DICSED RAN
- ATSEDE RAN
- ACUSEDE RAN
- POCOSEDE RAN
- SEDES[ANO] RAN
- CID[ANO] -> relatório com os atendimentos de cada núcleo urbano
- BACIAS DAT -> contém os nomes dos arquivos de sequência de cálculo
- [BACIA] BAC -> contém as sequências de cálculos do balanço

O relatório geral do balanço encontra-se no arquivo [BACIA] DIS

### 2.5.1 O Caso da Região Metropolitana de Fortaleza

A existência da Região Metropolitana de Fortaleza se constituiu em um fator complicador na formulação e programação do Balanço, visto que se tratava de uma transposição de bacias onde uma rede de adutoras mudava a sequência normal do fluxo, em consequência, foi necessário adaptar o programa, criando-se a variante BAL9 FOR

Ainda assim, no caso específico de Fortaleza, a divisão em UB's mostrava-se inócua e irreal motivo pelo qual seu balanço foi feito separadamente

De fato, considerou-se neste balanço complementar o conjunto beneficiado pelo sistema de Açudes Pacoti-Riachão-Gavião, compreendendo Fortaleza, sedes de Caucaia e Maracanaú, bem como o distrito industrial desta última, distribuindo-se a oferta da mesma forma que é feito pela CAGECE, conforme se segue

MUNICIPIO	DISTRIBUIÇÃO (%)
FORTALEZA	94,5
CAUCAIA	2,0
MARACANAÚ	0,5
D I MARACANAÚ	3,0

Finalmente, deve ser ressaltado que o real diagnóstico deste abastecimento deve ser verificado no desenvolvimento do Balanço Concentrado, apresentado no 3º Capítulo, quando foi simulada a operação do sistema dos reservatórios, na verdade, o resultado do Balanço Distribuído para este caso deve ser interpretado apenas como indicativo

## 2.6 Os Resultados do Balanço

### 2.6.1 Formas Básicas de Apresentação

Os resultados do Balanço são apresentados para cada UB, horizonte e situação (ano normal ou seco) de forma detalhada, discriminando

- as demandas a serem satisfeitas,
- as disponibilidades hídricas existentes inicialmente,
- as demandas remanescentes, isto é, que não foram atendidas após o Balanço,
- as disponibilidades hídricas remanescentes, isto é, que restaram após o Balanço

Além do mais, é mostrado, também, um quadro-síntese identificando, para cada demanda, quais as fontes que a atenderam e com que percentual, indicando, ainda, o percentual de falha porventura ocorrido

O relatório final do programa de Balanço é de absoluta clareza, não necessitando de explicações complementares. Sendo, contudo, uma quantidade muito grande de páginas, não há como transcrevê-lo neste documento a título ilustrativo, se apresenta no quadro 2.4, para uma única UB, seu formato de saída para os anos normal e seco do horizonte 2000. Os resultados integrais estão disponíveis no Banco de Dados do PERH

Em face da evidente inviabilidade de se obter uma visão ampla dos resultados, bem como de analisá-los, para o conjunto do Bloco 2, tornou-se necessário transferi-los para uma base cartográfica. Deste modo, foram elaborados mapas, na escala 1:500.000, contendo todas as UB's e os resultados percentuais dos níveis de atendimento de cada demanda. Estes níveis foram divididos em 6 (seis) intervalos de classe

TIPOS DE DEMANDAS	NÚMERO DOS MAPAS NA ESCALA 1:500.000			
	HORIZONTE 1990		HORIZONTE 2000	
	ANO NORMAL	ANO SECO	ANO NORMAL	ANO SECO
DHUC, DHUD, DI	2.2.A	2.5.A	2.8.A	2.11.A
DHR, DAR	2.3.A	2.6.A	2.9.A	2.12.A
DIR, DIRP	2.4.A	2.7.A	2.10.A	2.13.A

QUADRO 24 a  
RESULTADO DO BALANÇO

UB : S00.PET 01 Município : Pentecoste - Normal Yr

Demandas a ser satisfeitas (m3/ano):

Demanda humana urbana concentrada	644979.	Demanda humana urbana difusa	53547.1
Demanda humana rural	149178.	Demanda animal	61393.1
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	22320000.1
Demanda para irrigação privada (I)*	0		
Demanda para irrigação privada(NL)	0.		

Disponibilidades hídricas (m3/ano):

Deflúvio	169998300.	Água subterrânea (aluviação)	0.1
Água subterrânea (total)	350663.	Águas inter-aneais	465300.1
Agudes anuais	1234800.		
Perenização de grandes agudes	177683100.	Cisternas pluviais (PP-95%<<)	8174.1
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

Porcentagem de área perenizável na UB : 49.0  
Porcentagem de transferência do deflúvio da UB : 100.0

Demandas remanescentes (m3/ano)\*

Demanda humana urbana concentrada	0.	Demanda humana urbana difusa	0.1
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	0.1
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	0.1
Demanda para irrigação privada (I)*	0.		
Demanda para irrigação privada(NL)	0.		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m3/ano):

Deflúvio	165728300.	Água subterrânea (aluviação)	0.1
Água subterrânea (total)	248740.	Águas inter-aneais	465300.1
Agudes anuais	1224056.		
Perenização de grandes agudes	158836700.	Cisternas pluviais (PP-95%<<)	8174.1
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	DPER	DPP	DHPAI	DHPAA	CS	FALHA
DHUC	0	.0	100.0	---	.0	---	.0	.0
DHUD	---	---	51.7	---	0	---	48.3	.0
DHR	---	---	49.0	0	0	.0	51.0	.0
DAR	33.5	.0	49.0	---	.0	17.5	.0	.0
DI	---	---	.0	---	.0	---	.0	.0
DIR	19.0	.0	91.0	---	0	---	---	.0
DIRPL	.0	0	.0	---	.0	0	.0	.0
DIRPNL	.0	.0	.0	---	.0	.0	.0	.0

1386



000309

UB 500 POF.0: Município Pentecoste - Seca '90 QUADRO 24 b RESULTADO DO BALANÇO

Demandas a ser satisfeitas (m3/ano):

Demanda humana urbana concentrada	644979.	Demanda humana urbana difusa	53547.
Demanda humana rural	149178.	Demanda animal	61393.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	22320000.
Demanda para irrigação privada (I)	0.		
Demanda para irrigação privada (NL)	0.		

Disponibilidades hídricas (m3/ano):

Deflúvio	0.	Água subterrânea (aluvião)	0.
Água subterrânea (total)	350663.	Águas inter-anuais	139590.
Agudes anuais	0.		
Perenização de grandes açudes	83892940.	Cisternas pluviais (PP-95% <sup>(1)</sup> )	0.
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

Porcentagem de área perenizável na UB : 49 0  
 Porcentagem de transferência do deflúvio da UB : 100 0

Demandas remanescentes (m3/ano):

Demanda humana urbana concentrada	0.	Demanda humana urbana difusa	0.
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	0.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	0.
Demanda para irrigação privada (I)	0.		
Demanda para irrigação privada (NL)	0.		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m3/ano):

Deflúvio	0.	Água subterrânea (aluvião)	0.
Água subterrânea (total)	248740.	Águas inter-anuais	108280.
Agudes anuais	0.		
Perenização de grandes açudes	60797090.	Cisternas pluviais (PP-95% <sup>(1)</sup> )	0.
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	OPER	DPP	DHPAI	DHPAA	DS	FALHA
DHUC	.01	.01	100.01	---	.01	---	.01	.01
DHUD	---	---	51.71	---	.01	---	48.31	.01
DHR	---	---	49.01	.01	.01	.01	51.01	.01
DAR	.01	.01	49.01	---	51.01	.01	.01	.01
DI	---	---	.01	---	.01	---	.01	.01
DIR	.01	.01	100.01	---	.01	---	---	.01
DIRPL	.01	.01	.01	---	.01	.01	.01	.01
DIRPNL	.01	.01	.01	---	.01	.01	.01	.01

000310



1387



- I - Na = 100%
- II -  $90 \leq Na < 100\%$
- III -  $70 \leq Na < 90\%$
- IV -  $50 \leq Na < 70\%$
- V -  $30 \leq Na < 50\%$
- VI - Na < 30%

Desde que após o horizonte 2000 os resultados se alteram muito pouco, devido à inexistência de incremento na demanda de irrigação, os mapas foram preparados somente para os horizontes 1990 e 2000, e, de mais a mais, reunidos em grupos de demandas

No global, tem-se os 12 (doze) seguintes mapas abaixo discriminados

Os resultados mapeados permitem a obtenção de zoneamentos dos níveis de satisfação das diversas demandas, sendo claramente visualizadas as regiões que apresentam os maiores problemas, bem como os tipos de demandas menos favorecidos

Esses mapas se encontram no Anexo I - Mapas. Para permitir contudo, o manuseio mais adequado deste relatório, eles são agora reapresentados de uma forma simplificada e em escala reduzida, apenas para o horizonte 2000, estas versões dos mapas, que serão referidos no texto conforme a abordagem, mantêm uma associação com anteriores, através do seu número de identificação

Cabe fazer a ressalva que, no relatório geral do Balanço, relativo à saída do programa computacional, devem ser desconsiderados os resultados referentes às UB's de Fortaleza, desde que foram objeto de balanço complementar

## 2.6.2 Análise dos Resultados

Uma análise minuciosa de todos os resultados nas suas diferentes formas de apresentação, e verificando os fatores envolvidos, se constitui em tarefa bastante complexa e demorada, e sempre será desenvolvida e aprofundada com o próprio manuseio do Plano

Neste relatório se buscou fazer uma síntese das principais conclusões que se podem alcançar em relação a cada uma das demandas

### 2.6.2.1 O Abastecimento das Sedes Municipais (DHUC)

Como era de se esperar, os resultados do Balanço diagnosticaram, em geral, uma situação muito desfavorável para o abastecimento d'água dos centros urbanos, não só nos anos secos mas, também, nos anos normais

A visualização destas deficiências, mostrada também para o ano 2000 nos mapas 2.8a e 2.11a, é ainda mais clara na figura 2.3 que contém os histogramas do número de sedes atendidas para cada classe estabelecida

Observa-se que, no horizonte (1990), o nível de atendimento é muito precário em mais da metade das cidades, qualquer que seja a situação (54,6% no ano normal e 67,3% no ano seco), com somente menos de 25% tendo um suprimento garantido para mais de 90% (24,5% no ano normal e 19,8% no ano seco) Claro está que a situação se agrava ainda mais para o horizonte 2000, quando na situação ano seco, mais de dois terços do número de municípios tem um nível de atendimento inferior a 30%, não se pode perder de vista que o conceito deste nível refere-se, exclusivamente, à garantia de fornecimento pela fonte d'água existente, não tendo nenhuma relação com disponibilidades outras, ou com o sistema de distribuição implantado

A análise por uma ótica mais representativa, que corresponde àquela do número de pessoas atendidas, somente corrobora a crítica realidade. Excluindo Fortaleza, os histogramas das figuras 2.4 a 2.7 demonstram um quadro semelhante na situação ano seco, 74% da população no horizonte 1990 e 80% em 2000 têm um nível de atendimento inferior a 30%, se consideradas as taxas "per capita" estabelecidas no PERH

O quadro 2.5 sintetiza, para cada sede municipal, os níveis de atendimento para ambas as situações no horizonte 1990

No caso de Fortaleza (ver quadro 2.6), o balanço forneceu os indicadores mostrados abaixo, sendo, entretanto, conforme já abordado, mais significativa a simulação do sistema de reservatórios posteriormente apresentada, de qualquer forma, tais indicadores traduzem a delicada situação em que se encontra o abastecimento d'água da capital do Estado

NÍVEL DE ATENDIMENTO DE FORTALEZA (Com Sistema Pacoti/Riachão/Gavião)		
HORIZONTE	ANO NORMAL	ANO SECO
1990	69,1%	34,5%
2000	52,4%	26,2%

### 2.6.2.2 O Abastecimento das Sedes Distritais (DHUD)

Apesar de que os resultados encontrados para as sedes municipais não tenham a mesma precisão que os anteriores, devido à metodologia empregada, o diagnóstico no caso é também muito desfavorável, como mostrado nos histogramas das figuras 2.11 a 2.14 para os cenários de 1990 e 2000

Estes histogramas consideram, para cada classe de atendimento, a percentagem da população associada, verificando-se, tanto para a situação seca como normal, valores elevados para o pior nível de atendimento, que atinge 73% no horizonte 2000 seco.

Na verdade, a situação pode ser ainda menos satisfatória visto as distorções que decorrem



# CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINOPOLE	MAT
APIAIARES	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIUNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA *	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

## CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- - - LIMITE INTERESTADUAL
- - - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

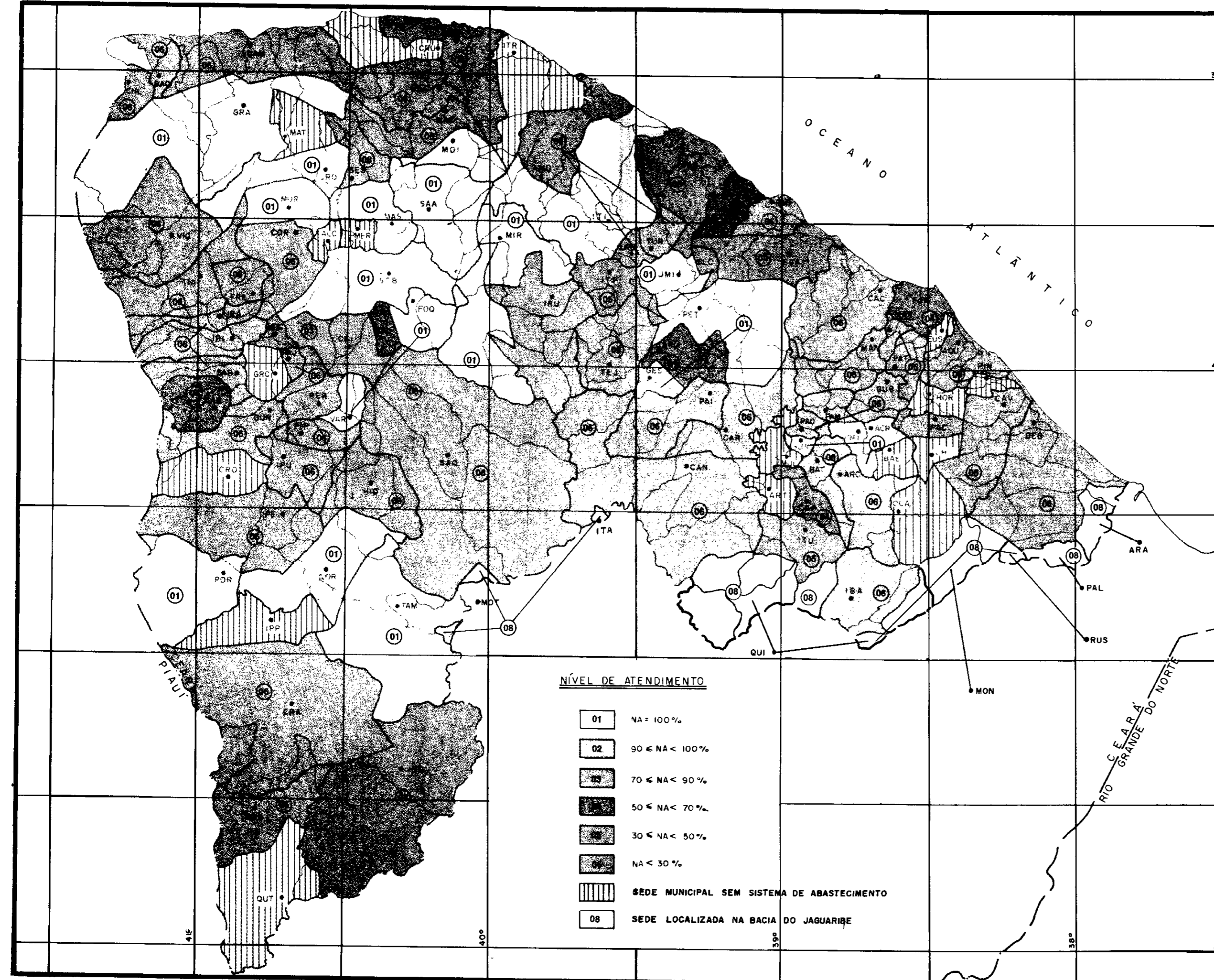
## BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO NORMAL  
 DEMANDA HUMANA URBANA CONCENTRADA (DHUC)

000312

### NÍVEL DE ATENDIMENTO

01	NA = 100%
02	90 ≤ NA < 100%
03	70 ≤ NA < 90%
04	50 ≤ NA < 70%
05	30 ≤ NA < 50%
06	NA < 30%
07	SEDE MUNICIPAL SEM SISTEMA DE ABASTECIMENTO
08	SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE



CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINOPOLE	MAT
APIUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOÇA	MER
ARACATI *	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDE	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAJ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRÉS FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIÂNÓPOLIS	QUÍ
FORTALEZA	FOR	QUIXADA *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GHA	SANTA QUITERIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SA	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARÉTAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUOCCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUÇUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIUNÁ	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA *	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO SECO 004213  
 DEMANDA HUMANA URBANA CONCENTRADA (DHUC)

NÍVEL DE ATENDIMENTO

- 01 NA - 100%
- 02 90 ≤ NA < 100%
- 03 70 ≤ NA < 90%
- 04 50 ≤ NA < 70%
- 05 30 ≤ NA < 50%
- 06 NA < 30%
- SEDE MUNICIPAL SEM SISTEMA DE ABASTECIMENTO
- 08 SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE

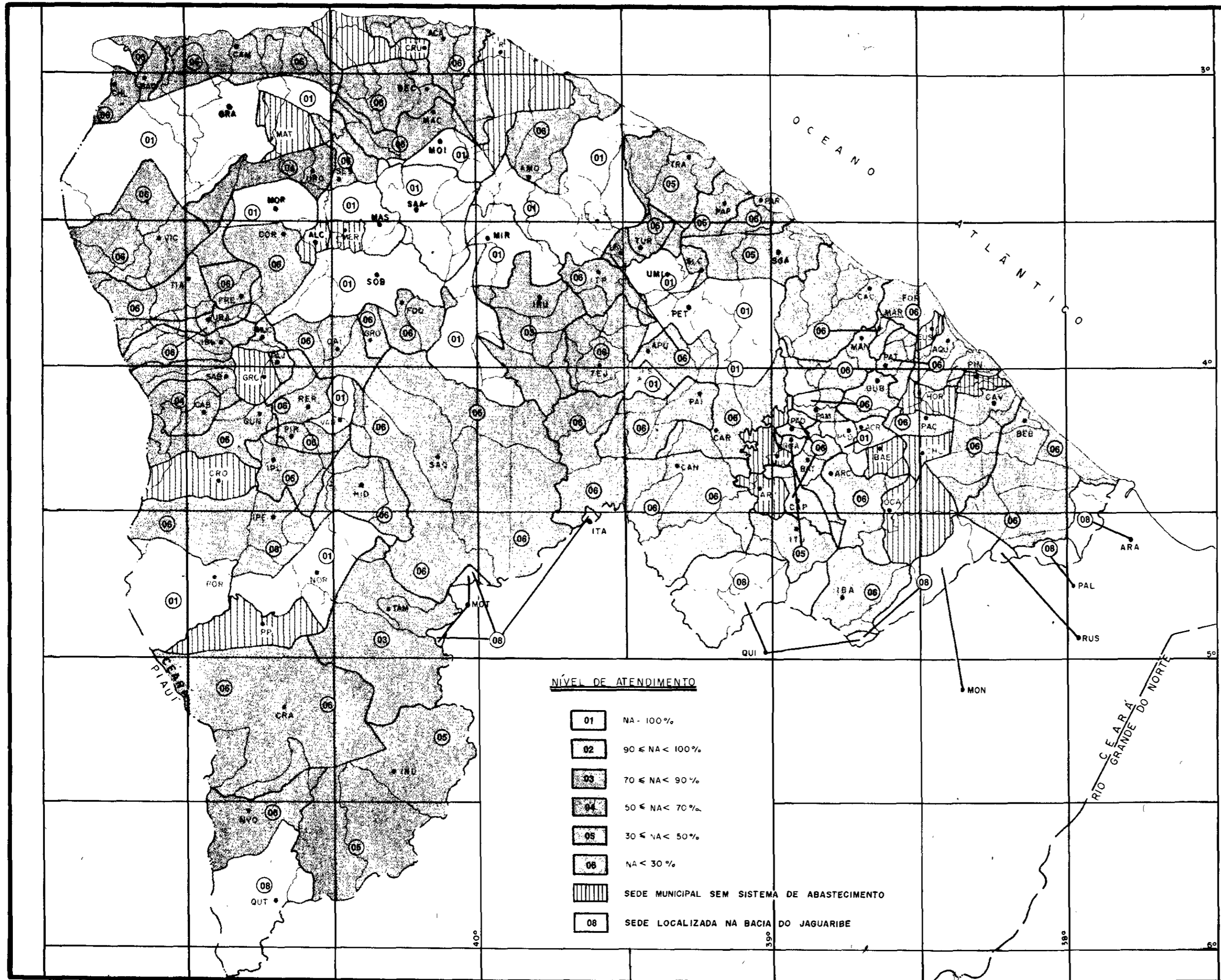
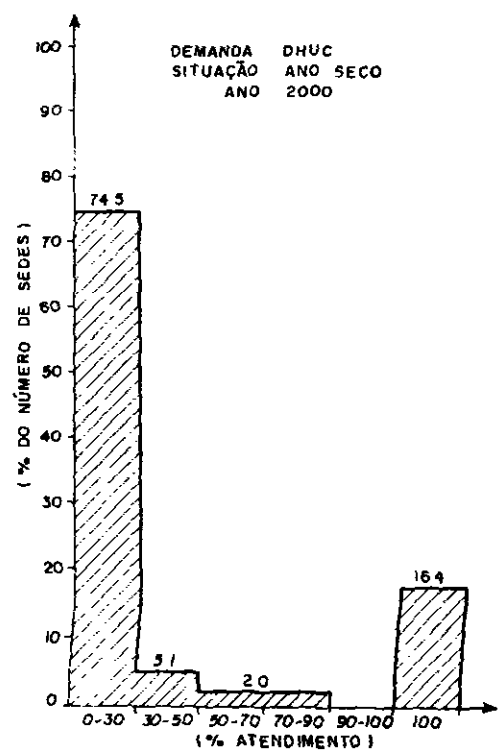
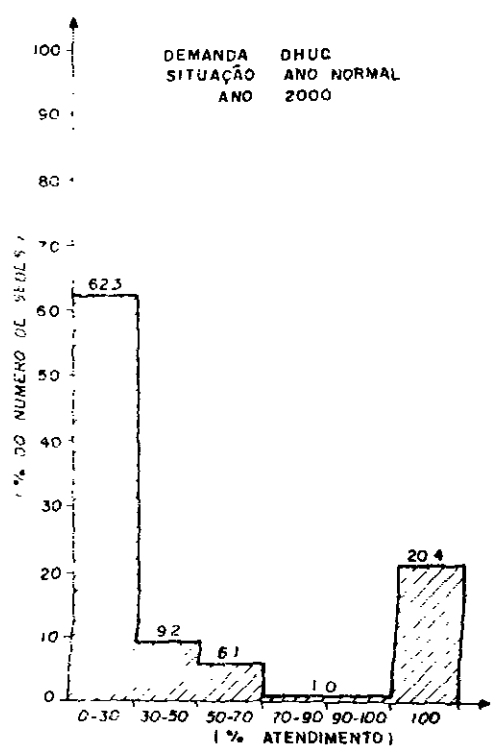
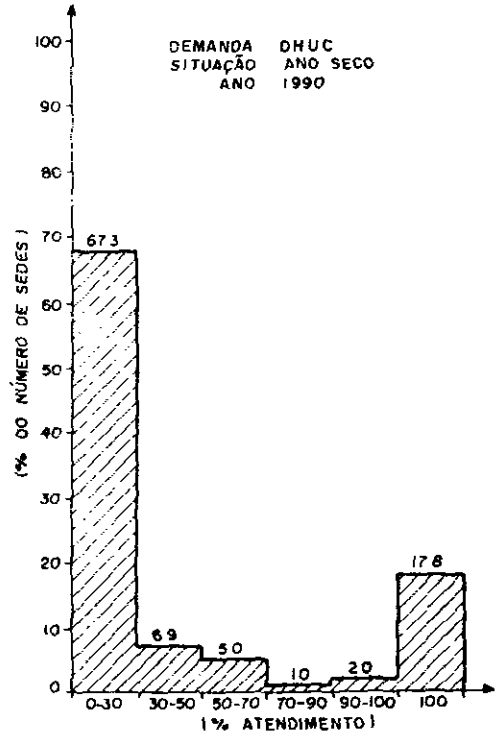
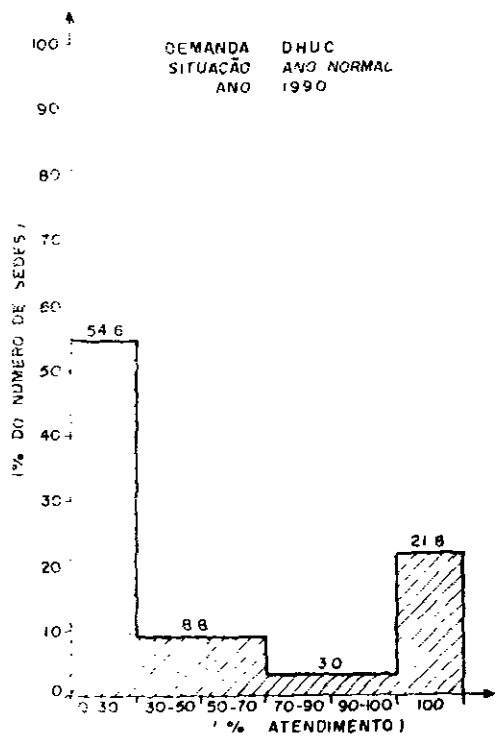


FIGURA 2 3  
 HISTOGRAMAS DE NÚMEROS DE SEDES ATENDIDAS  
 PARA CADA CLASSE ESTABELECIDA



000314

FIGURA 2 4  
 DEMANDA HUMANA CONCENTRADA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (1990 NORMAL)

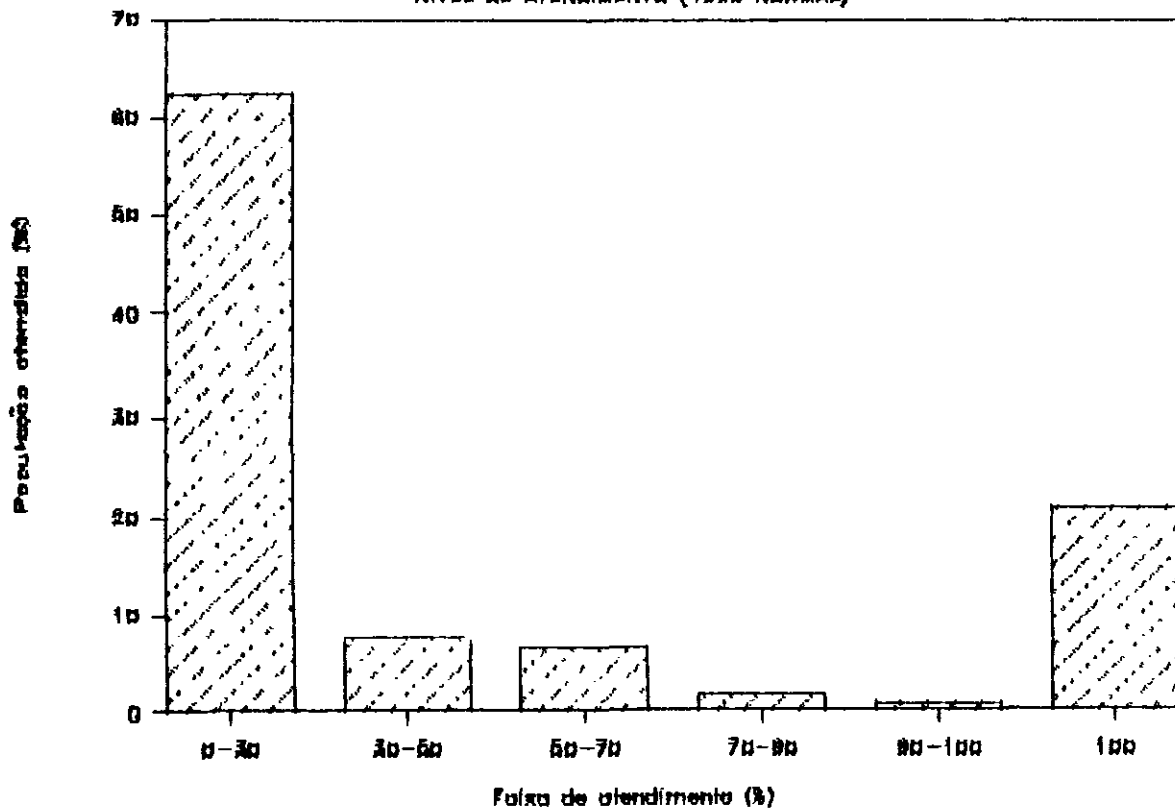


FIGURA 2 5  
 DEMANDA HUMANA CONCENTRADA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (1990 SECA)

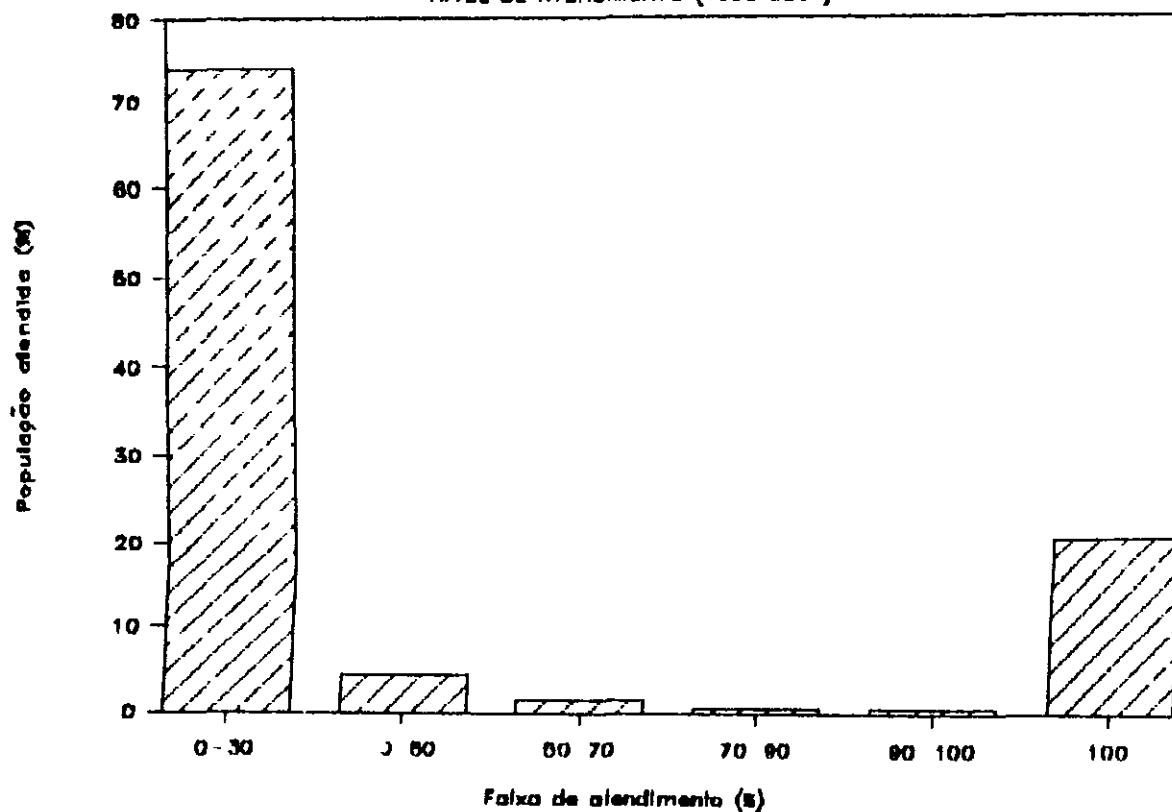


FIGURA 2.6  
 DEMANDA HUMANA CONCENTRADA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (2000 NORMAL)

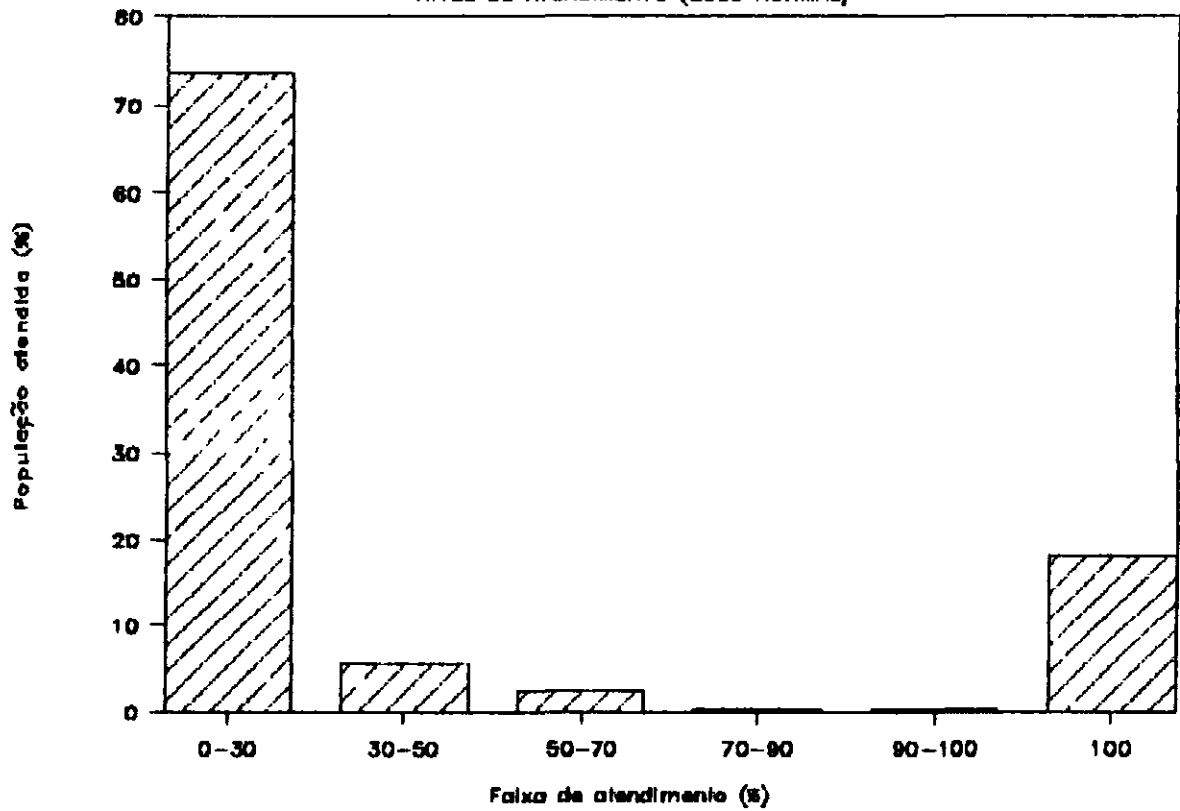
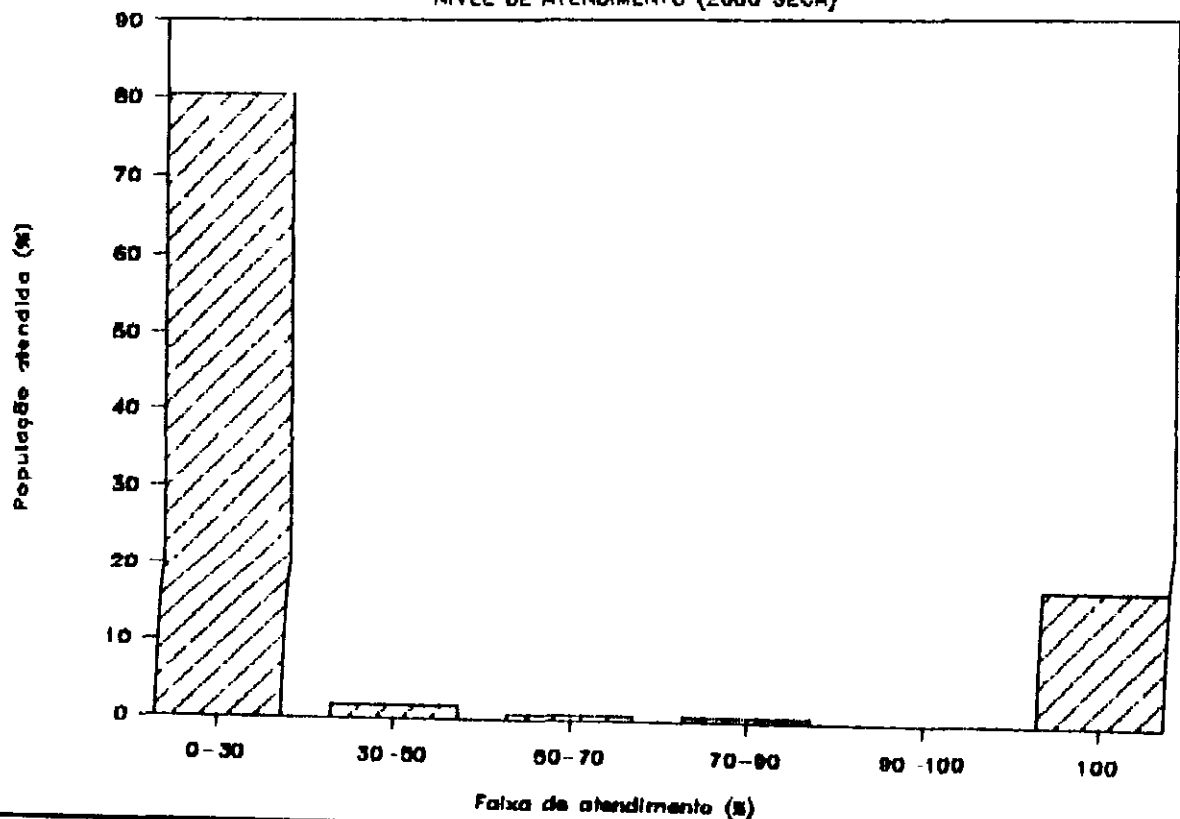


FIGURA 2.7  
 DEMANDA HUMANA CONCENTRADA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (2000 SECA)





QUADRO 2.5  
NÍVEIS DE ATENDIMENTO PARA AS SEDES MUNICIPAIS

MUNICÍPIO	ANO NORMAL	ANO SECO	MUNICÍPIO	ANO NORMAL	ANO SECO
ACARAPÉ	100.0	100.0	ITAPIUNA	65.7	65.7
ACARAÚ	25.1	7.5	ITAPENA	0.0	0.0
ALCANTARAS	0.0	0.0	MACACARAÚ	7.9	3.9
ARONTADA	27.5	0.0	MARANGAPE	2.0	0.0
APUIARÉS	100.0	30.7	MARCO	36.8	11.0
ARUIBÁ	44.7	9.6	MARTINÓPOLE	0.0	0.0
ARACIABA	13.9	4.2	MASSARÉ	100.0	100.0
ARAIÚBA	0.0	0.0	MIRINÇA	0.0	0.0
BARREIRA	0.0	0.0	MIRATINA	100.0	100.0
BARROQUINHÁ	17.0	17.0	MOPAJÓ	100.0	100.0
BATURITÉ	5.3	1.6	MORTINHOS	100.0	100.0
BEBENDE	28.5	28.5	RICARDO	48.8	14.6
BELA CRUZ	25.8	7.7	SILVINGU	0.0	0.0
CANÓCIA	14.4	14.4	NOVA RUSSAS	100.0	100.0
CANINDÉ	34.9	17.5	NOVO ORIENTE	8.9	9.7
CAPISTRANO	95.3	35.7	OCARA	0.0	0.0
CARIACÓDE	17.0	17.0	PACAJUS	9.4	9.4
CARIÚ	80.0	74.0	PACATUBA	64.5	32.2
CARIMUNHAL	84.1	84.1	PACOTI	93.8	78.1
CASCAVEL	9.2	9.2	PACUJÁ	19.8	19.8
CAUAIÁ	25.0	17.5	PALMÁCIA	12.1	12.1
CAVAL	8.7	6.8	PAPACUFU	18.0	18.0
COPEARÓ	0.0	0.0	PARATIBA	81.3	79.2
CRIPÓZINHOS	0.0	0.0	PARATI	20.8	6.2
CRATEÚS	11.0	11.0	PENTECOSTE	100.0	100.0
CRUZÁ	0.0	0.0	PINDOPETARA	0.0	0.0
CRUZ	0.0	0.0	PIRES FERREIRA	44.1	13.2
DEUSÓBIO	6.7	6.7	POPANGA	100.0	100.0
FRONILHA	100.0	35.0	QUITERIANÓPOLIS	0.0	0.0
FOFALÉZA	49.1	34.5	REDENÇÃO	100.0	100.0
FRANCHEIRAMA	8.8	7.7	RERIUITABA	72.0	6.6
GENERAL SARRAIO	100.0	100.0	SANTA QUITÉRIA	0.8	0.8
GRAÇA	0.0	0.0	SANTANA DO ACAPAU	100.0	100.0
GRANJA	100.0	100.0	SÃO BENEDITO	15.0	4.5
GRATIÁS	69.1	20.7	SÃO GONCALO DO ANARANTE	58.0	58.0
GUAIÚBA	57.3	26.6	SÃO LUIS DO CURU	57.3	17.2
GUARACIARA DO NORTE	4.0	1.8	SENAADOR SA	12.4	12.4
GUARAIMPANGA	100.0	64.1	SOBRAL	100.0	100.0
HIROLÂNDIA	31.1	9.4	TAMBORIL	100.0	100.0
HORIZONTE	0.0	0.0	TEJUSSUOCA	16.9	5.1
IBAREIARA	0.0	0.0	TANGUA	3.5	1.0
IBIAPINA	45.8	45.8	TAPIRÍ	91.2	91.2
INDEPENDÊNCIA	60.5	57.3	TURURU	0.4	0.4
IPAPORANGA	0.0	0.0	TUBAJARA	32.5	12.0
IPU	19.9	17.9	TURINA	100.0	100.0
IPUEIRAS	46.7	12.2	TURUBURETANA	28.7	8.5
ITACUBA	100.0	100.0	URUBUCA	100.0	94.0
ITAPAGÉ	44.7	8.9	VARJÓIA	100.0	100.0
ITAPIPULA	100.0	100.0	VICOSA DO CEARÁ	17.0	12.9

000317

QUADRO 26 a  
RESULTADO DO BALANÇO

normal 1990

Município - Fortaleza

Demandas a ser satisfeitas (m<sup>3</sup>/ano):

Demanda humana urbana com entrada	13327300	Demanda humana urbana difusa	0
Demanda humana rural	0	Demanda animal	141956
Demanda industrial	0	Demanda para irrigação	1800000
Demanda para irrigação privada (L)	480000		
Demanda para irrigação privada (NL)	20054		

Disponibilidades hídricas (m<sup>3</sup>/ano):

Deflúvio	58492000	Água subterrânea (aluvial)	0
Água subterrânea (total)	43545566	Acudes interanuais	2158000
Acudes anuais	472920		
Perenização de grandes acudes	92050001	Cisternas pluviais (PP-95%)	0
Cisternas pluviais (PP-média)	0		

Porcentagem de área perenizável na UB : 10  
Porcentagem de transferência do deflúvio da UB : 100.0

Demandas remanescentes (m<sup>3</sup>/ano):

Demanda humana urbana concentrada	41167236	Demanda humana urbana difusa	0
Demanda humana rural	0	Demanda animal	0
Demanda industrial	0	Demanda para irrigação	0
Demanda para irrigação privada (L)	0		
Demanda para irrigação privada (NL)	0		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m<sup>3</sup>/ano):

Deflúvio	57624450	Água subterrânea (aluvial)	0
Água subterrânea (total)	43545566	Acudes interanuais	943078
Acudes anuais	123321		
Perenização de grandes acudes	0	Cisternas pluviais (PP-95%)	0
Cisternas pluviais (PP-média)	0		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	DPR#	DPP	DHPAT	DHPAA	DS	FALHA
DHUC	.01	.01	69.11	---	.01	---	.01	30.91
DHUD	---	---	.01	---	.01	---	.01	.01
DHR	---	---	.01	.01	.01	.01	.01	.01
DAR	33.51	.01	.01	---	.01	66.51	.01	.01
DI	---	---	.01	---	.01	---	.01	.01
DIR	45.01	.01	.01	---	55.01	---	---	.01
DIRPL	.01	.01	.01	---	38.11	61.91	.01	.01
DIRPNL	45.01	.01	.01	---	55.11	.01	.01	.01

1303

000318



QUADRO 26 b  
RESULTADO DO BALANÇO

seca 1990

Município Fortaleza

Demandas a ser satisfeitas (m<sup>3</sup>/ano)

Demanda humana urbana concentrada	133 7500	Demanda humana urbana difusa	0
Demanda humana rural	0	Demanda animal	141950
Demanda industrial	0	Demanda para irrigação	1800000
Demanda para irrigação privada (L)	430000		
Demanda para irrigação privada (N)	90054		

Disponíveis para a cidade (m<sup>3</sup>/ano)

Deflúvio	0	Água subterrânea (pluvial)	0
Água subterrânea (total)	455550	Águas interanuais	647400
Águas anuais	0	Cisternas pluviais (PP-95)	0
Perenização de grandes águas	1607500		
Cisternas pluviais (PP-média)	0		

Porcentagem de área perenizada na UA 0

Porcentagem de transferência do deflúvio da UA 100 0

Demandas remanescentes (m<sup>3</sup>/ano)

Demanda humana urbana concentrada	4135000	Demanda humana urbana difusa	0
Demanda humana rural	0	Demanda animal	0
Demanda industrial	0	Demanda para irrigação	1794200
Demanda para irrigação privada (L)	480000		
Demanda para irrigação privada (N)	0		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m<sup>3</sup>/ano)

Deflúvio	0	Água subterrânea (pluvial)	0
Água subterrânea (total)	4346500	Águas interanuais	0
Águas anuais	0	Cisternas pluviais (PP-95)	0
Perenização de grandes águas	0		
Cisternas pluviais (PP-média)	0		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	DPER	DPP	DHPAI	DHPAA	DS	FALHA
DHUC	.01	0	37.5		.01		.01	65.5
DHUD			.01		.01		.01	.01
DHR			0	0	0	0	0	0
DAR	.01	.01	.01		100.01	.01	.01	.01
DI			.01		.01		.01	.01
DIR	.01	0	0		28.1			71.9
DIRPL	.01	.01	0		.01	0	.01	100.0
DIRPNI	.01	0	0		0	0	100.0	0

1394



000319



QUADRO 26 c  
RESULTADO DO BALANÇO

normal 2000

Município Fortaleza

Demandas a ser satisfeitas (m3/ano)

Demanda humana urbana concentrada	175579960.	Demanda humana urbana difusa	0.
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	159596.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	1800000.
Demanda para irrigação privada (L)	480000.		
Demanda para irrigação privada (NL)	90069.		

Disponibilidades hídricas (m3/ano)

Deflúvio	58482000.	Água subterrânea (pluvial)	0.
Água subterrânea (total)	43545566.	Águas interanuais	2158000.
Agudes anuais	472900.		
Perenização de grandes agudes	92050001.	Cisternas pluviais (PP-95%)	0.
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

Porcentagem de área perenizável na UB : 0  
Porcentagem de transferência do deflúvio da UB : 100.0

Demandas remanescentes (m3/ano)

Demanda humana urbana concentrada	83585581.	Demanda humana urbana difusa	0.
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	0.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	0.
Demanda para irrigação privada (L)	0.		
Demanda para irrigação privada (NL)	0.		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m3/ano):

Deflúvio	57618550.	Água subterrânea (pluvial)	0.
Água subterrânea (total)	43545566.	Águas interanuais	931842.
Agudes anuais	110826.		
Perenização de grandes agudes	0.	Cisternas pluviais (PP-95%)	0.
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	OPER	OPP	DIRPAI	DIRPAA	DS	IFALHA
DHUC	.01	.01	52.41	---	.01	---	.01	47.01
DHUD	---	---	.01	---	.01	---	.01	.01
DHR	---	---	.01	.01	.01	.01	.01	.01
DAR	33.51	.01	.01	---	66.51	.01	.01	.01
DI	---	---	.01	---	.01	---	.01	.01
DIR	45.01	.01	.01	---	55.01	---	---	.01
DIRPL	.01	.01	.01	---	38.91	61.11	.01	.01
DIRPNL	45.01	.01	.01	---	55.01	.01	.01	.01

1305

000320

SI

QUADRO 26 d  
RESULTADO DO BALANÇO

Município : Fortaleza

sec 2000

Demandas a ser atendidas (m<sup>3</sup>/ano)

Demanda humana urbana concentrada	12599960.	Demanda humana urbana difusa	0.
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	159596.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	1300000.
Demanda para irrigação privada (I)	480 000.		
Demanda para irrigação privada(NI)	80064.		

Disponibilidades hídricas (m<sup>3</sup>/ano)

Deflúvio	0.	Água subterrânea (aluvião)	0.
Água subterrânea (total)	43545566.	Acudes interanuais	647400.
Acudes anuais	0.	Cisternas pluviais (PP-95%)	0.
Perenização de grandes acudes	46025001.		
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

Porcentagem de áreas perenizáveis na UB : 0  
Porcentagem de transferência do deflúvio d UB : 100.0

Demandas remanescente (m<sup>3</sup>/ano)

Demanda humana urbana concentrada	129592771.	Demanda humana urbana difusa	0.
Demanda humana rural	0.	Demanda animal	0.
Demanda industrial	0.	Demanda para irrigação	1152600.
Demanda para irrigação privada (I)	480000.		
Demanda para irrigação privada(NI)	80064.		

Disponibilidades hídricas remanescentes (m<sup>3</sup>/ano)

Deflúvio	0.	Água subterrânea (aluvião)	0.
Água subterrânea (total)	43545566.	Acudes interanuais	0.
Acudes anuais	0.	Cisternas pluviais (PP-95%)	0.
Perenização de grandes acudes	0.		
Cisternas pluviais (PP-média)	0.		

PORCENTAGENS DE DEMANDAS ATENDIDAS POR CADA FONTE

	DD1	DD2	DPER	DPP	DHPAI	DHPAA	DS	FALHA
DHUC	.01	.01	26.21	--	.01	--	01.41	73.81
DHUD	--	--	.01	--	.01	--	.01	.01
DHR	--	--	.01	01	.01	01	01	.01
DAR	.01	.01	.01	--	100.01	01	01	.01
DI	--	--	.01	--	.01	--	01	.01
DIR	.01	.01	.01	--	27.11	--	*1	72.91
DIRPL	.01	.01	.01	--	.01	01	01*	100.01
DIRPNL	.01	.01	.01	--	01	.01	.01*	100.01

1306



000321

FIGURA : 2.8  
 DEMANDA HUMANA DIFUSA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (1990 NORMAL)

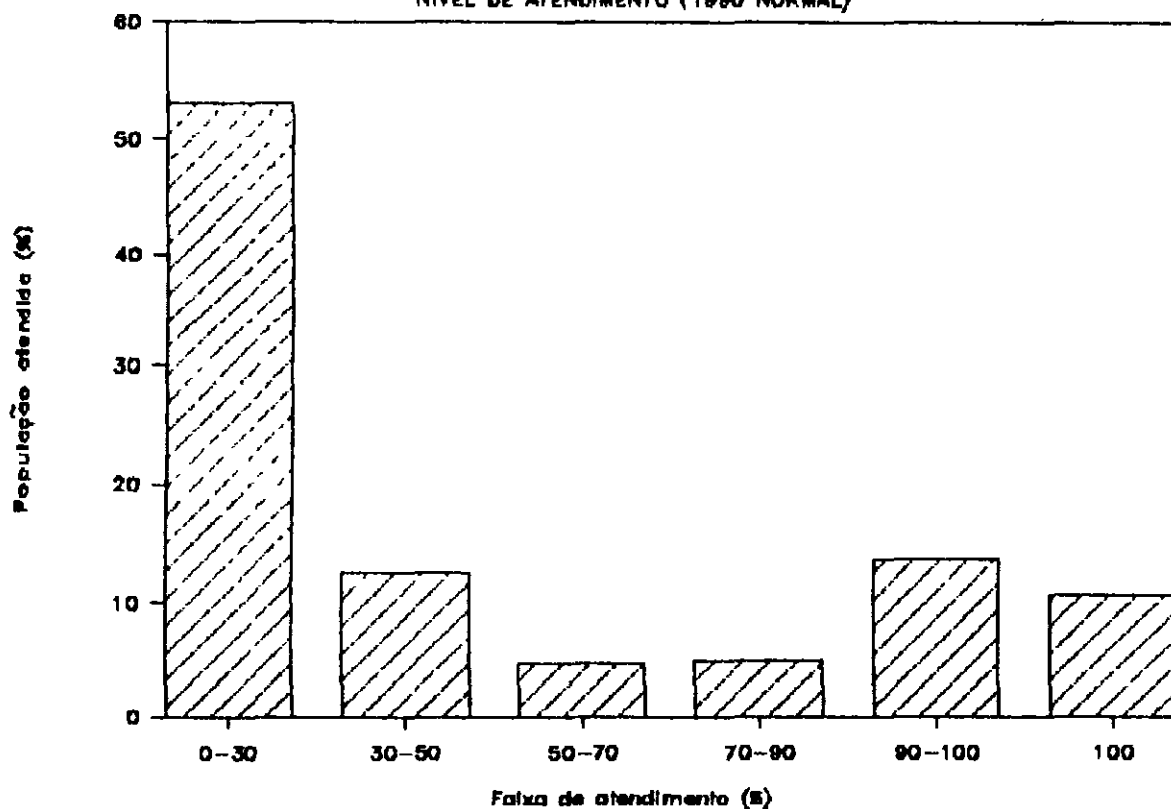


FIGURA 2.9  
 DEMANDA HUMANA DIFUSA NO BLOCO II  
 NÍVEL DE ATENDIMENTO (1990 SECA)

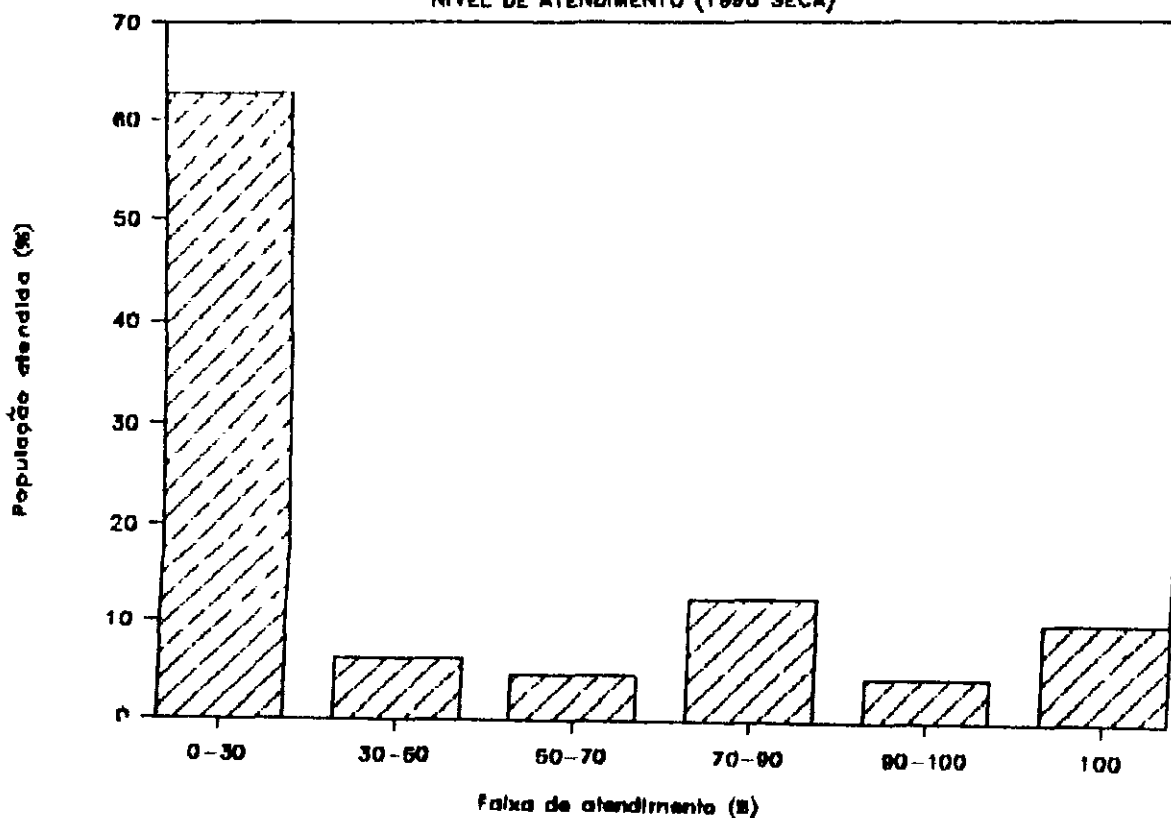




FIGURA 2.10  
DEMANDA HUMANA DIFUSA NO BLOCO II  
NÍVEL DE ATENDIMENTO (2000 NORMAL)

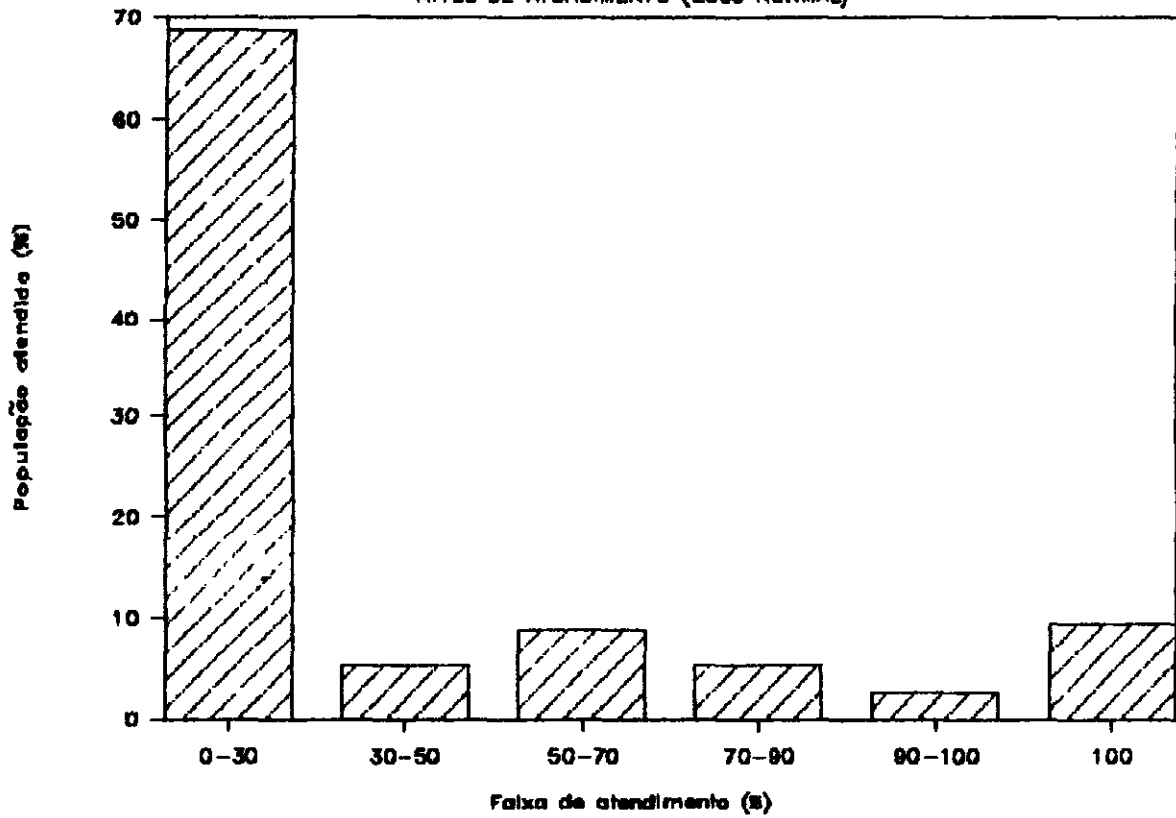
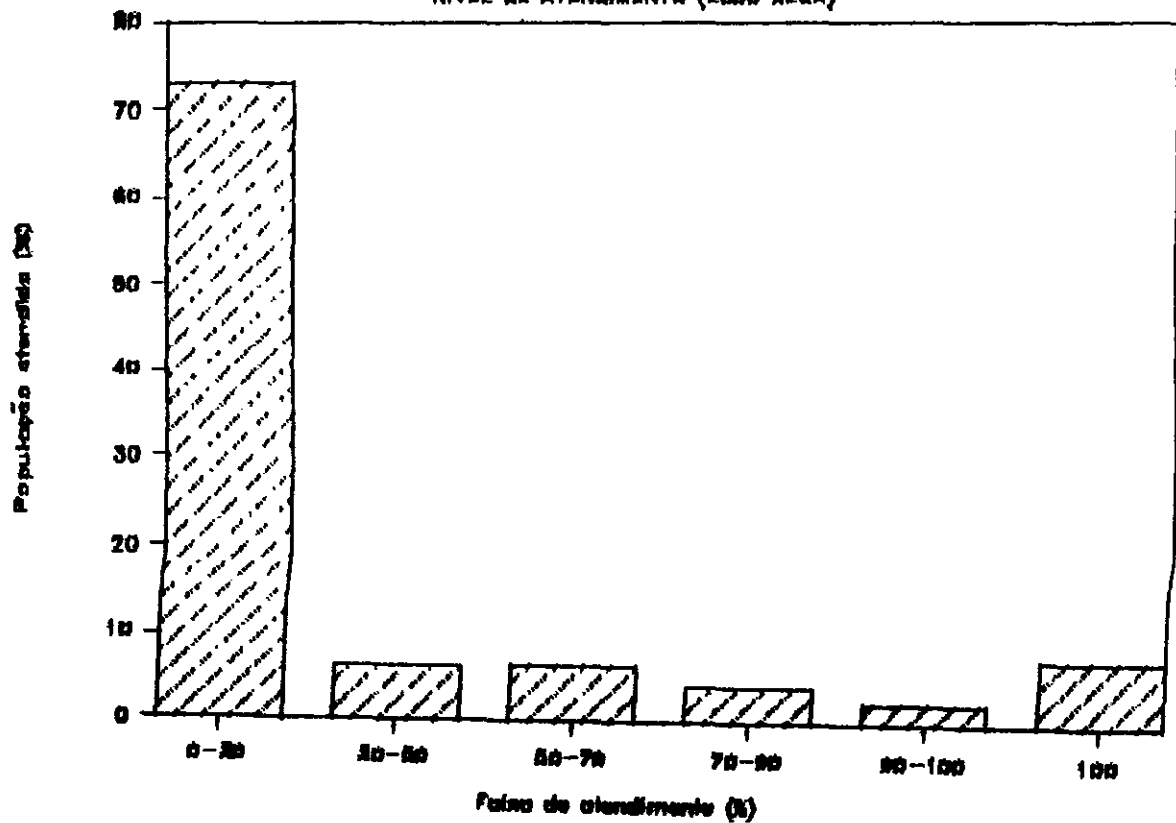


FIGURA 2.11  
DEMANDA HUMANA DIFUSA NO BLOCO II  
NÍVEL DE ATENDIMENTO (2000 REGA)



do processo utilizado, sendo cabíveis as seguintes anotações

- ao se levar em conta toda a infra-estrutura hídrica cadastrada no raio de 3 km, evidentemente que se incluíram açudes e poços que não têm nenhuma relação com o abastecimento das sedes, em especial os de propriedade particular, por outro lado, é possível que, em algumas eventuais situações, a fonte de suprimento se encontre além deste raio, ou que não tenha sido cadastrada,
- verifica-se uma nítida tendência de favorecimento às regiões de maior densidade de poços e açudes, assim é que, por exemplo, na região de Santa Quitéria e parcelas da Bacia do Curu, o grande número de açudes certamente conduziu a que uma série de UB's tenha atendimento de 100%, já para a Serra da Ibiapaba, Bacia do Coreaú e Metropolitanas a situação é inversa

A distribuição espacial pode ser melhor visualizada, não só nos mapas do Anexo I como nos mapas 2 8b e 2 11b, para o ano 2000

#### 2 6 2 3 O Abastecimento Rural (DHR e DAR)

O abastecimento rural apresenta, para os anos normais, em geral, um nível de atendimento bastante satisfatório. Não se pode, entretanto, perder de vista que foi admitida como premissa do Balanço uma gestão adequada dos recursos acumulados (as vazões regularizáveis dos açudes interanuais e 60% dos volumes acumulados nos açudes anuais, além dos poços ainda remanescentes), que se, evidentemente não existir, altera sobremaneira os resultados, de qualquer forma, o reprocessamento do Balanço com premissas mais desfavoráveis pode ser realizado facilmente, permitindo verificar o desempenho para qualquer alternativa

Na situação ano normal, o abastecimento rural só se torna problemático para as regiões que possuem uma infra-estrutura hídrica deficiente, como é o caso marcante da Serra da Ibiapaba, que, apesar de englobar uma zona úmida, praticamente não dispõe de obras de acumulação, e grande parcela da zona oeste da Bacia principal do Coreaú

Os percentuais de atendimento para cada classe estão mostrados no quadro 2 7, para, inclusive, todos os tipos de demanda, especialmente, além dos mapas principais já citados, uma clara compreensão pode ser obtida para o ano 2000 nos mapas 2 9 e 2 12, a seguir

Por sua vez, nos anos secos, constata-se um agravamento considerável do abastecimento, em especial para a população animal, em face da forte redução das disponibilidades de águas superficiais. Além de tornar muito crítica a situação das regiões anteriormente deficientes, surgem outras áreas de

concentração de UB's carentes, principalmente nas zonas mais a montante das bacias hidrográficas

No cenário 2000 seco, apenas cerca de um terço da população animal tem um nível ideal de suprimento d'água, enquanto mais da metade não atinge 30% do patamar programado

#### 2 6 2 4 O suprimento para irrigação (DIR e DIRP)

A irrigação se constitui no grande consumidor dos recursos hídricos, em especial para o horizonte 2000, quando é previsto estarem implantados todos os projetos denominados governamentais, que somam quase 45 000 ha

Em decorrência deste nível de consumo que lhe é associado, do seu elevado grau de concentração espacial (representado pelos projetos de maior porte), bem como dos aspectos econômico-financeiros advindos dos altos custos envolvidos, a avaliação do nível de satisfação das demandas de irrigação é muito mais apropriadamente realizada através do balanço concentrado, que se baseia na simulação do sistema de reservatórios (Capítulo 3), para os projetos que utilizam os volumes regularizados pelos mesmos

O Balanço Distribuído permitiu, além de uma indicação satisfatória do suprimento para tais projetos, avaliar a situação da irrigação mais difusa, tanto governamental como privada

No caso da primeira (DIR), para o horizonte 90, devido à pequena área implantada, a situação no ano normal não apresenta grandes problemas, visto que os projetos se concentram nos vales já perenizados dos Rios Curu, Acaraú e Poti. A deficiência identificada na região da Serra de Guaramiranga e Bacias Metropolitanas decorre muito mais da hipótese admitida de se considerar como implantada toda a pequena irrigação, definida no PEI, o que, de fato, nestes casos não traduz bem a realidade

Para a situação 1990 seco, claro está que se obteve um agravamento dessas áreas, atribuídas à pequena irrigação, nos rios perenizados, houve uma redução, pouco relevante, para os projetos do Rio Poti

O diagnóstico é menos favorável para a irrigação privada (DIRP), certamente porque ela utiliza, com muito maior frequência, fontes d'água menores, de restrita potencialidade de garantia. A prova disto é a acentuada diferença existente entre a situação ano normal e ano seco na primeira, as zonas críticas estão nitidamente associadas àquelas sem infra-estrutura hídrica difusa (Bacias do Coreaú, por exemplo), enquanto para o segundo, se verifica quase uma disseminação generalizada das zonas com atendimento inferior a 30%

No cenário ano 2000, as alterações ocorrem marcadamente para as áreas onde se concentrarão os novos projetos governamentais



**QUADRO 2 7**  
**PERCENTUAIS DAS DEMANDAS TOTAIS ATENDIDAS NO BLOCO II**

Horizonte 1990 Normal

Demanda	Nível de Atendimento					
	<30%	30-50%	50-70%	70-90%	90-100%	100%
DHUC	62 37	7 57	6 41	1 66	96	21 04
DHUD	53 17	12 50	4 73	5 13	13 77	10 69
DHR	6 14	4 39	4 12	1 23	41	83 71
DAR	2 32	4 84	5 74	03	28	86 80
DI	1 90	00	44 21	25 55	00	28 34
DIR	3 17	6 62	3 80	5 57	2 93	77 90
DIRP	39 03	3 38	7 72	22 79	00	27 08

Horizonte 1990 Seco

Demanda	Nível de Atendimento					
	<30%	30-50%	50-70%	70-90%	90-100%	100%
DHUC	73 95	4 31	1 59	45	41	19 28
DHUD	62 66	6 26	4 62	12 32	4 35	9 79
DHR	13 83	12 35	7 40	6 79	3 08	56 56
DAR	42 63	10 73	2 01	4 33	14	40 16
DI	47 84	24 49	6 20	00	00	21 47
DIR	25 87	00	24	16	5 95	67 78
DIRP	46 18	00	29 20	34	5 24	19 04

Horizonte 2000 Normal

Demanda	Nível de Atendimento					
	<30%	30-50%	50-70%	70-90%	90-100%	100%
DHUC	73 55	5 34	2 42	26	34	18 09
DHUD	68 65	5 42	8 69	5 22	2 62	9 42
DHR	5 91	4 53	4 08	1 22	41	83 85
DAR	2 55	7 88	3 16	19	14	86 09
DI	24 76	27 83	29 52	00	00	17 89
DIR	6 21	16 25	1 66	3 22	1 32	71 35
DIRP	39 03	2 78	8 62	22 52	00	27 05

Horizonte 2000 Seco

Demanda	Nível de Atendimento					
	<30%	30-50%	50-70%	70-90%	90-100%	100%
DHUC	80 41	1 70	62	64	00	16 63
DHUD	73 14	6 09	6 67	3 95	2 62	7 53
DHR	15 73	10 84	7 91	7 03	2 84	55 65
DAR	52 15	4 14	3 28	3 75	90	35 78
DI	73 28	9 38	00	00	00	17 34
DIR	35 89	28 37	15 20	1 54	19	18 80
DIRP	46 36	00	29 39	39	5 21	18 65

**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCADEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUOCCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

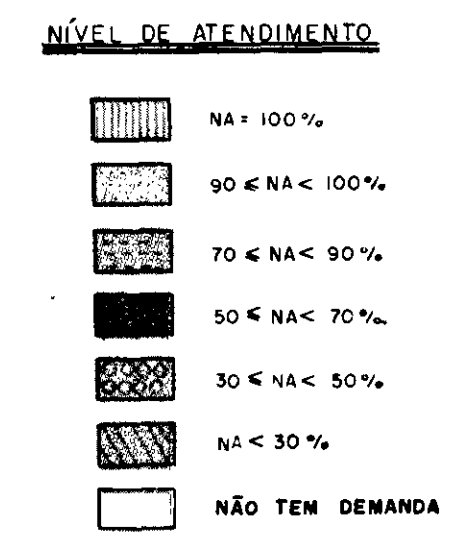
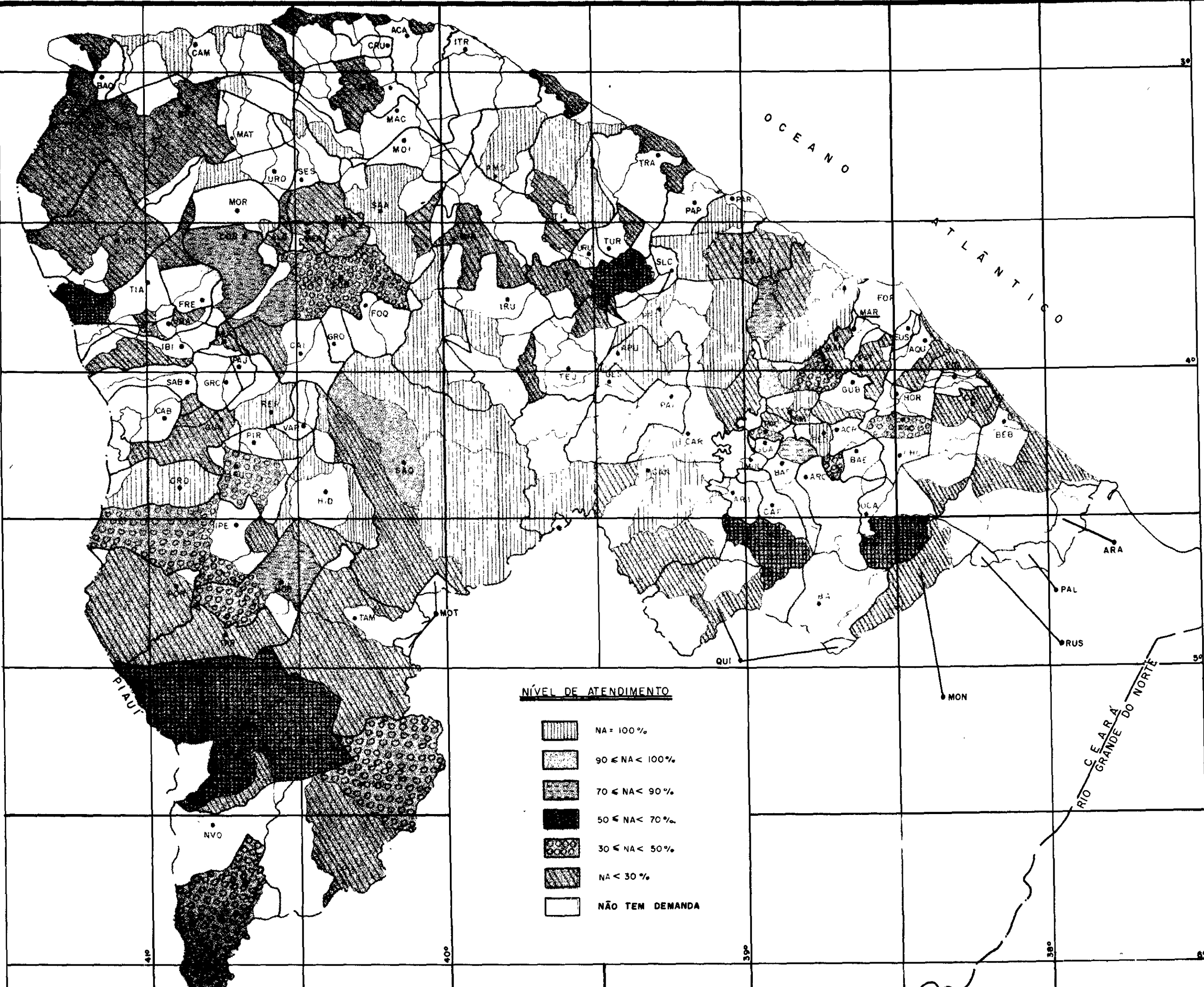
SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO†)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**

HORIZONTE 1980 000326  
 SITUAÇÃO ANO NORMAL  
 DEMANDA HUMANA URBANA DIFUSA (DHUD)



CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORÁJO	MOR
BARROQUINHÁ	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PAÇAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORÉTAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORTALEZA	FOR	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FRECHEIRINHA	FRE	QUIXADÁ *	QUI
GENERAL SAMPAIO	GES	REDEÇÃO	RED
GRAÇA	GRG	RERIUTABA	RER
GRANJA	GRA	RUSSAS *	RUS
GROAÍRAS	GRO	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GUAIÚBA	GUB	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO BENEDITO	SAB
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
HIDROLÂNDIA	HID	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HORIZONTE	HOR	SENADOR SÁ	SES
IBARETAMA	IBA	SOBRAL	SOB
IBIAPINA	IBI	TAMBORIL	TAM
INDEPENDÊNCIA	IND	TEJUÇUOCA	TEJ
IPAPORANGA	IPP	TIANGUÁ	TIA
IPU	IPU	TRAIRI	TRA
IPUEIRAS	IPE	TURURU	TUR
IRAUCUBA	IRU	UBAJARA	UBA
ITAPAGÉ	ITP	UMIRIM	UMI
ITAPIPOCA	ITI	UHUBURETAMA	URU
ITAPIÚNA	ITU	URUOCA	URO
ITAREMA	ITR	VARJOTA	VAR
ITATIRA *	ITA	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC

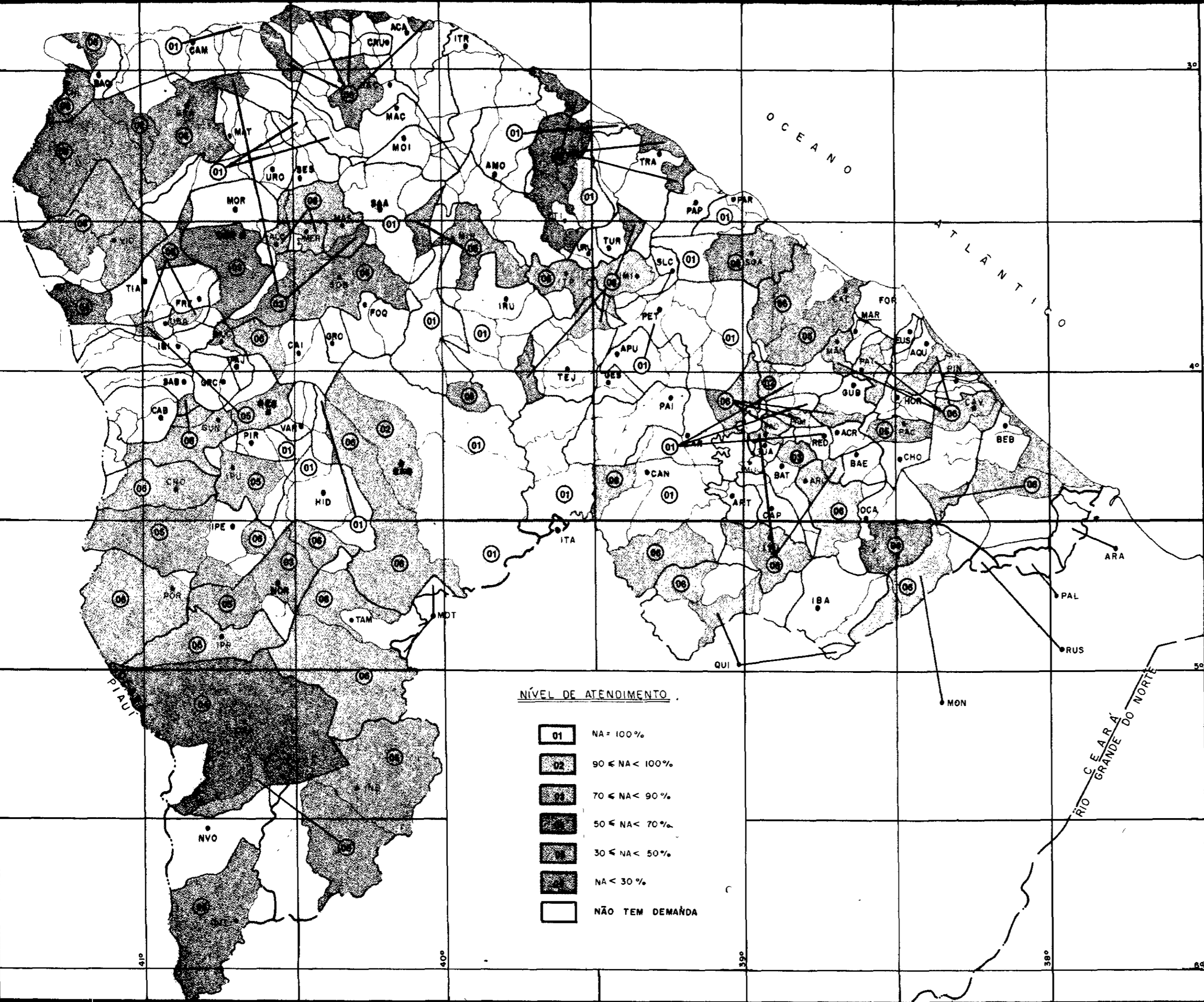
\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

HORIZONTE, 2000 000327  
 SITUAÇÃO ANO SECO  
 DEMANDA HUMANA URBANA DIFUSA (DHUD)



NÍVEL DE ATENDIMENTO

- 01 NA = 100%
- 02 90 ≤ NA < 100%
- 03 70 ≤ NA < 90%
- 04 50 ≤ NA < 70%
- 05 30 ≤ NA < 50%
- 06 NA < 30%
- 07 NÃO TEM DEMANDA



CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINOPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMACIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDÓRETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDENÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRG	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITERIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUQUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUA	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

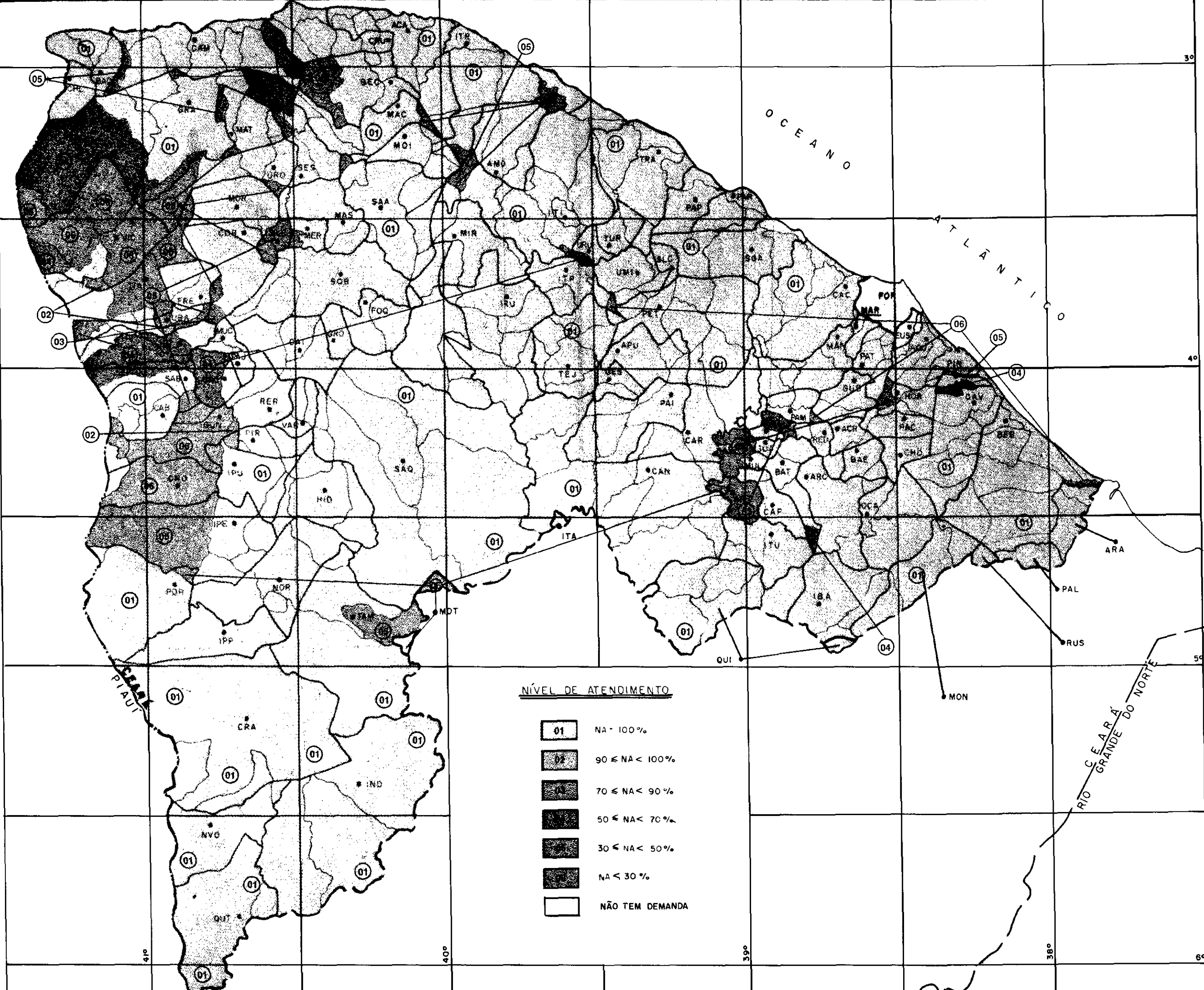
\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

HORIZONTE 2000 000328  
 SITUAÇÃO ANO NORMAL  
 DEMANDA HUMANA RURAL (DHR)



NÍVEL DE ATENDIMENTO

01	NA - 100%
02	90 ≤ NA < 100%
03	70 ≤ NA < 90%
04	50 ≤ NA < 70%
05	30 ≤ NA < 50%
06	NA < 30%
07	NÃO TEM DEMANDA

CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANHAUPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
ALMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACDIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDE	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCADEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMACIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIU TABA	RER
GRAÇA	GRG	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONCALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUIS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUQUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPUEIRAS	IPU	TURURU	TUR
IRAUCUBA	IPE	UBAJARA	UBA
ITAPAGÉ	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPIPOCA	ITP	URUBURETAMA	URO
ITAPIÚNA	ITI	URUOCA	URU
ITAREMA	ITU	VARJOTA	VAR
ITATIRA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO I)

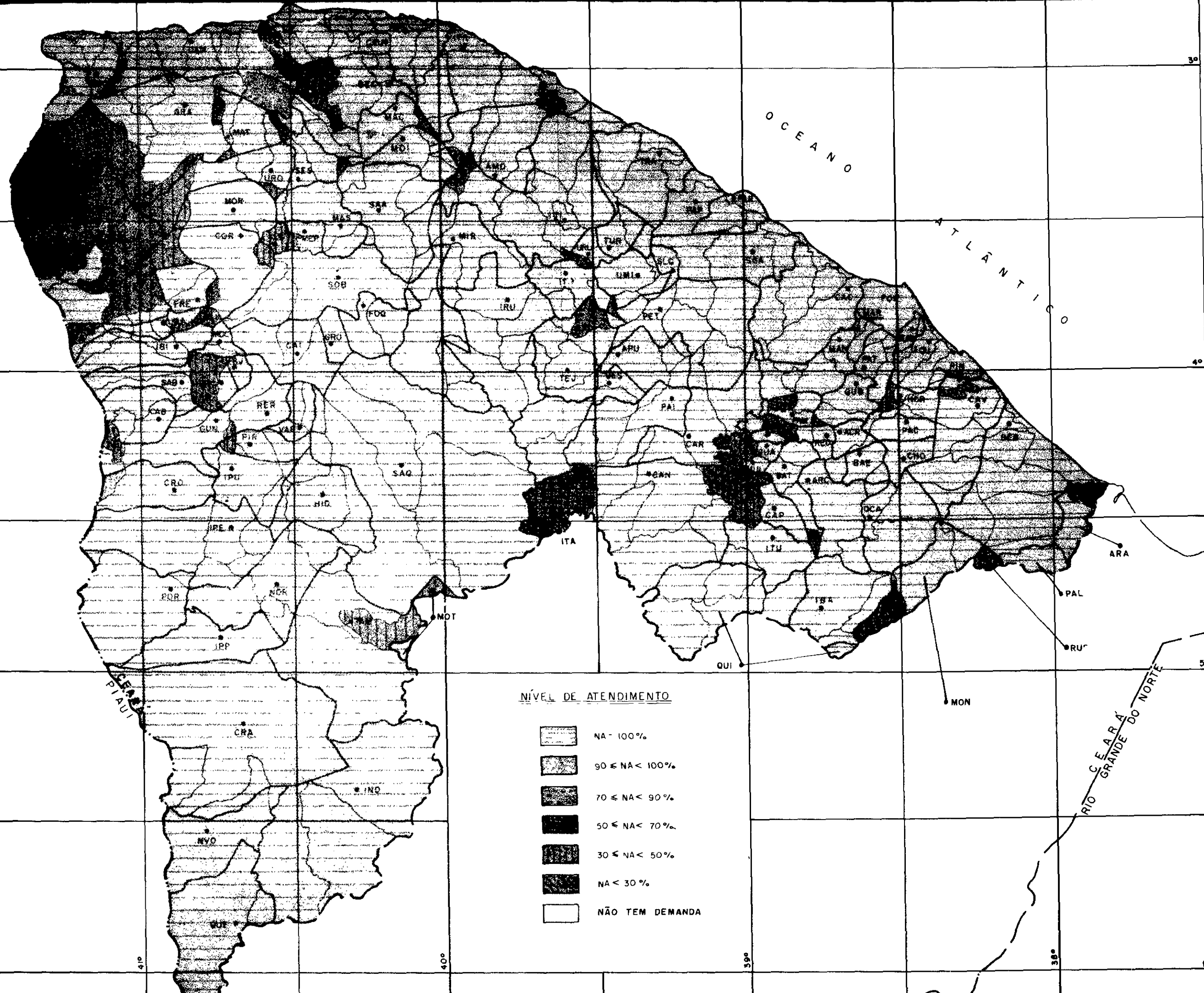
CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

BALANÇO HIDRICO DISTRIBUÍDO

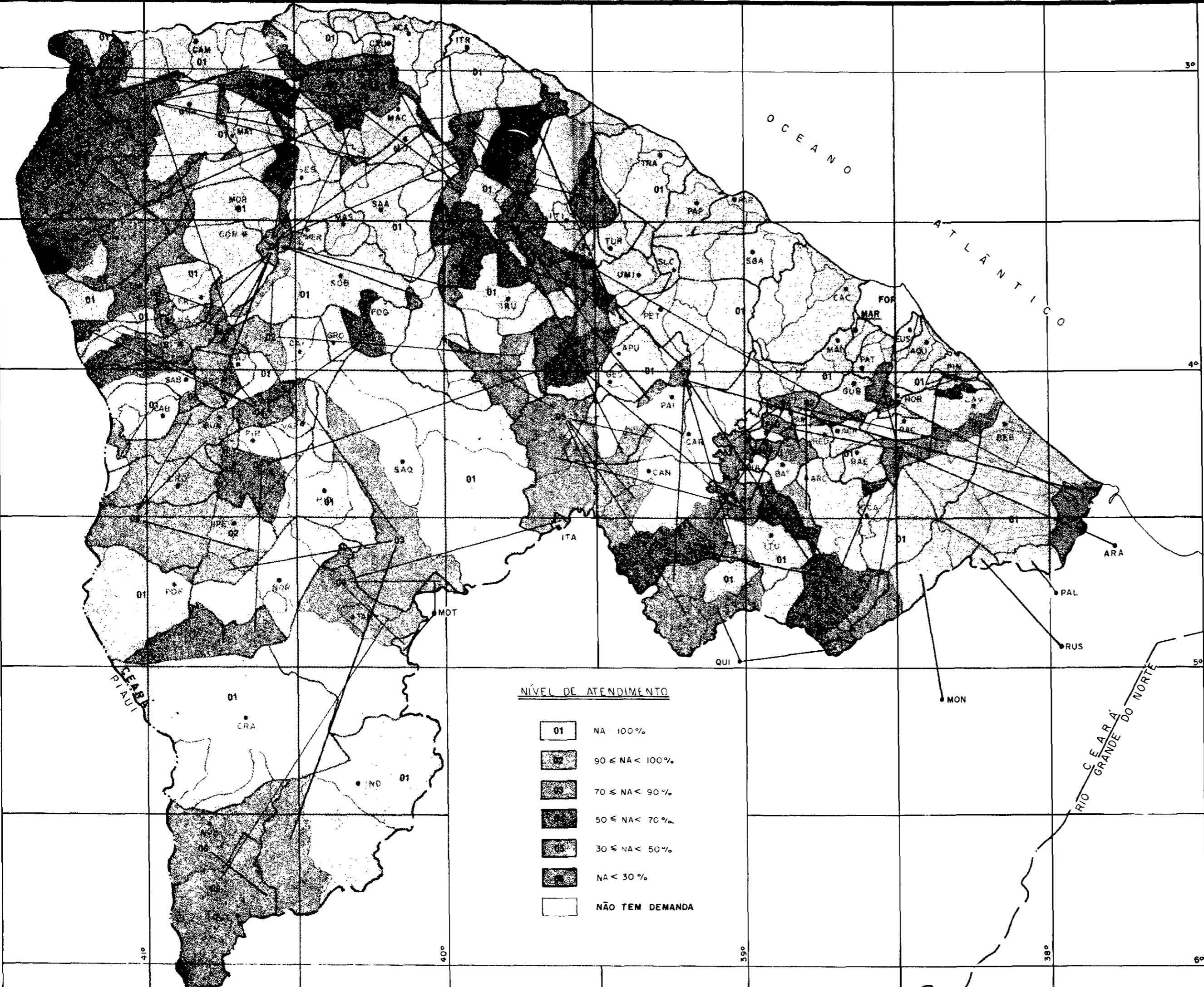
HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO NORMAL  
 DEMANDA ANIMAL RURAL (DAR)

000329



NÍVEL DE ATENDIMENTO

- NA - 100%
- 90 ≤ NA < 100%
- 70 ≤ NA < 90%
- 50 ≤ NA < 70%
- 30 ≤ NA < 50%
- NA < 30%
- NÃO TEM DEMANDA



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIAIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITE	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMACIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RJS
GRANJA	GRA	SANTA QUITERIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUIS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUA	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VÍGOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE ( BLOCO 1 )

**NÍVEL DE ATENDIMENTO**

	01	NA > 100%
	02	90 ≤ NA < 100%
	03	70 ≤ NA < 90%
	04	50 ≤ NA < 70%
	05	30 ≤ NA < 50%
	06	NA < 30%
	07	NÃO TEM DEMANDA

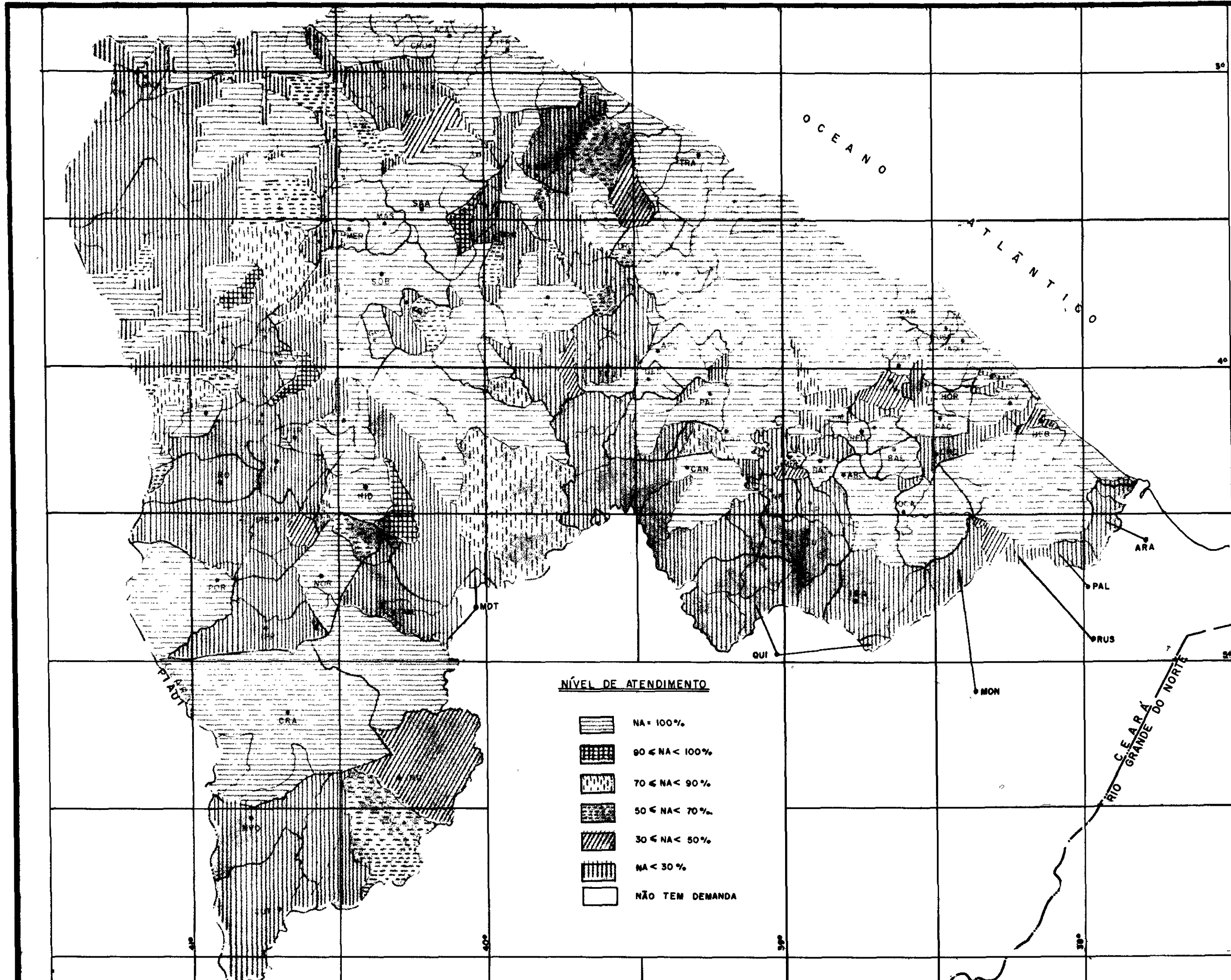
**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**

HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO SECO  
 DEMANDA HUMANA RURAL (DHR)

000330



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAU	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAÍPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIREŞ FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORTILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUIT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONCALO DO AMARANTE	SQA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUIS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SQB
IBARETAMA	IBA	TAMBORÉ	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUSSUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIÓNA	ITI	URUOCA	URO
ITAREMA	ITR	VAJOTA	VAR
ITATIRA	ITA	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC

\*SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**NÍVEL DE ATENDIMENTO**

	NA ≥ 100%
	90 ≤ NA < 100%
	70 ≤ NA < 90%
	50 ≤ NA < 70%
	30 ≤ NA < 50%
	NA < 30%
	NÃO TEM DEMANDA

**CONVENÇÕES**

	SEDE MUNICIPAL
	LIMITE INTERMUNICIPAL
	LIMITE INTERESTADUAL
	LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
	LIMITE DAS UB'S

**BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**

HORIZONTE	2000	000331
SITUAÇÃO	ANO SECO	
DEMANDA	ANIMAL RURAL (DAR)	

Assim é que no Acaraú, devido à implantação programada do Projeto Baixo Acaraú, com 12 500 ha irrigados, o sistema apresenta um desempenho absolutamente insatisfatório para o ano seco. A mesma situação se constata para a Bacia do Poti, onde a inexistência de reservatórios compromete não só integralmente os novos projetos Novo Oriente, Graça, Boa Esperança e Ipaporanga, como, também, prejudica bastante os existentes. Na Serra da Ibiapaba, onde só existe presentemente o Açude Jaburu I, não haveria como suprir os projetos Pejuaba, Piau, Inhuçu e Arabé, ainda que sejam de porte não muito grande (ver mapas 2 10a e 2 13a)

Para a irrigação privada (DIRP), praticamente não há mudanças entre 1990 e 2000, mesmo porque não foi caracterizado incremento no período

### 3 O BALANÇO HÍDRICO DOS SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO

#### 3.1 Objetivos

Os reservatórios de maior porte, admitidos no PERH como os de volume superior a 10 hm<sup>3</sup>, representam a mais importante fonte hídrica do Estado e são os responsáveis pelo suprimento d'água aos pontos de maior consumo, seja o abastecimento de centros urbanos, seja o de projetos de irrigação, em face da capacidade que possuem de regularização de vazões

Ainda que eles já tenham sido estudados individualmente neste Plano - através da simulação

#### 3.2 Metodologia Utilizada: O HEC-3

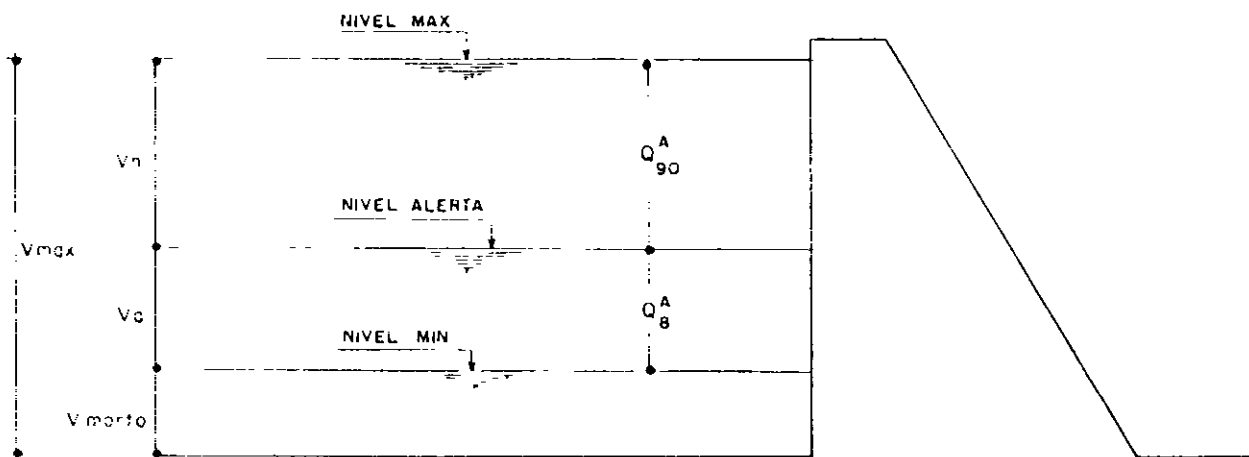
A simulação computacional da operação dos sistemas de reservatórios foi feita utilizando o modelo HEC-3

O HEC-3 (HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER), desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers, para simular a operação de sistemas de reservatórios com usos múltiplos, em especial para pontos de demanda concentrada e geração de energia elétrica, é um modelo de abrangência geral, admitindo uma diversidade grande de situações e usos, por isso, seu manuseio, ainda que sem muita complexidade, é bastante trabalhoso, envolvendo uma considerável quantidade de dados de entrada, concebidos sob a forma de cartões

A concepção e descrição do modelo pode ser obtida no documento "HEC-3-RESERVOIR SYSTEM ANALYSIS FOR CONSERVATION", HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER U S Army, corps of Engineer Davis, California, 1974

Além da formulação básica clássica de modelos do gênero, que representam o balanço hídrico de reservatórios a partir das afluências, perdas e retiradas, o HEC-3 utiliza o conceito de zoneamento da reserva para tanto, cada reservatório pode ser dividido em até oito zonas, cuja definição e hierarquização estabelecem, praticamente, a regra de operação do sistema

No caso, foram admitidos seis níveis, conforme esquema a seguir, como não existia controle de enchentes, os dois níveis superiores eram



computacional de sua operação, inclusive com a determinação de vazões regularizáveis associadas ao conceito de volume de alerta -, quando agrupados em sistemas, o rendimento final obtido pode ser bastante diferente, avaliar o desempenho de cada um dos sistemas, as barragens sendo operadas conjuntamente, se constituiu em tarefa fundamental do PERH

idênticos

De acordo com a concepção do HEC-3, a operação adequada é aquela que mantém, o máximo possível, todos os reservatórios de um sistema, no mesmo nível, desta forma, por vezes, o programa força a retirada d'água de reservatórios somente com o objetivo de seguir tal princípio, o que em alguns



casos (principalmente em pequenos açudes) conduz a desperdícios e redução dos níveis de garantia das vazões

Os dados de entrada para o HEC-3 decorreram da elaboração do próprio PERH e compreenderam, em síntese

- as séries históricas de vazões afluentes a cada reservatório, determinadas através do MODHAC,
- os dados pluviométricos e climáticos,
- as características físicas e geométricas das barragens,
- as vazões regularizadas com volume de alerta,
- as demandas

Em relação a estas últimas cabe observar que foram consideradas todas as demandas inerentes à faixa de 6 km admitida como beneficiada pelos rios perenizados, além, evidentemente, dos projetos de irrigação. Desta forma, foram consolidadas e distribuídas em pontos de controle, as demandas DHUC, DHUD, DHR, DAR, DI, DIR e DIRP, os cálculos sendo feitos através de programas que utilizaram os arquivos originados no Balanço Distribuído. O Banco de Dados contém, organizadamente, todas as demandas consideradas

### 3.3 Os Sistemas Estudados

Nesta fase, com o HEC-3, foram estudados os principais sistemas já existentes de barragens do Bloco 2, compreendendo as Bacias do Acaraú, Curu e Poti, cuja descrição e fluxogramas são abordados a seguir

#### 3.3.1 Bacia do Acaraú

O sistema do Acaraú é composto pelas seguintes barragens

NOME	CAPACIDADE (hm <sup>3</sup> )
Carão	23,00
Farias de Sousa	12,25
Paulo Sarasate	891,11
Edson Queiroz	246,75
Ayres de Souza	104,43
Forquilha	50,13
Acaraú-Mirim	52,00
São Vicente	9,84

A nível atual, as principais demandas do Acaraú dizem respeito aos Projetos de Irrigação Araras Norte (1ª Etapa), Ayres de Souza e Forquilha, bem como ao abastecimento da cidade de Sobral, para o horizonte 2000, além da complementação do Araras Norte, o grande consumidor deverá ser o Projeto Baixo Acaraú

Desde que o Açude Araras garante o abastecimento do Projeto Araras Norte - 1ª Etapa, com praticamente 100%, e que não há alteração da

configuração das demais demandas entre 1990 e 2000, concluiu-se ser necessário considerar para o Acaraú apenas o ano 2000

A figura 3.1 mostra o esquema do sistema de perenização simulado, verificando-se que foram levados em conta 32 pontos de controle

Os resultados do processamento do HEC-3 são, em sua versão original, apresentados em relatórios muito extensos e detalhados. Ainda que estes constem integralmente do Banco de Dados, no Plano, os resultados foram tratados de forma a se obter, fundamentalmente, os indicadores do grau de satisfação de atendimento das demandas em cada ponto de controle, a nível mensal e anual, o quadro 3.1 ilustra o relatório de saída consolidado para o ponto 09 que equivale ao Projeto de Irrigação Baixo Acaraú

O quadro 3.2 condensa os resultados para os pontos de maior demanda

Em relação aos projetos de irrigação, dois têm uma garantia de suprimento muito satisfatória, o Araras Norte e o Ayres de Souza. O Açude Forquilha não tem condições de garantir adequadamente o projeto de irrigação homônimo e as demandas do trecho se operar com o volume de alerta, sem este, para a demanda total de 0,196 m<sup>3</sup>/s, a garantia é superior a 95%

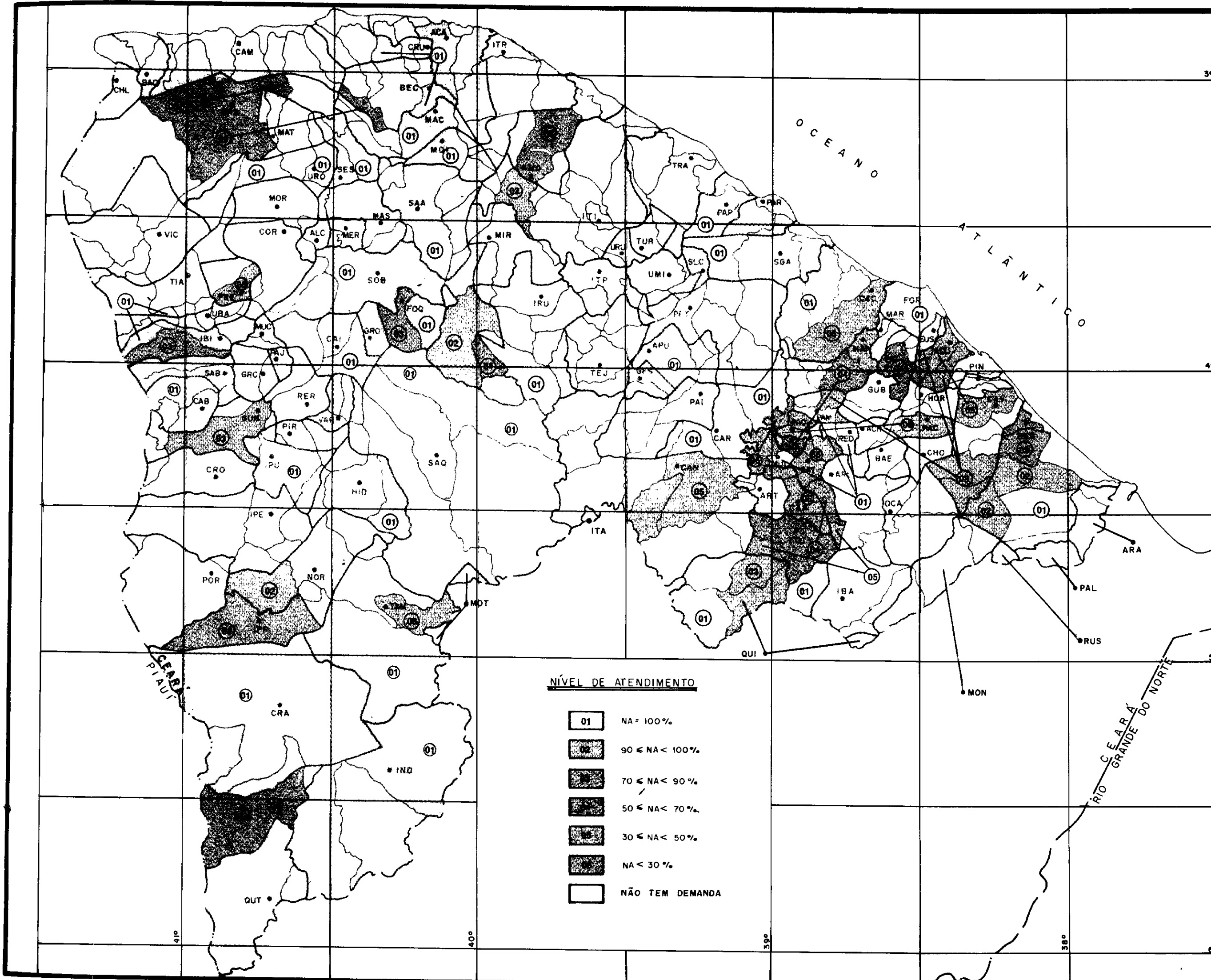
Para suprir o principal consumidor, Projeto Baixo Acaraú, será indispensável a construção de novas barragens, visto que a garantia fornecida atualmente é precária (84,5%), além do mais, conforme mostra o quadro 3.1, foram constatados longos períodos deficientes, como, por exemplo, os 16 meses consecutivos de novembro/42 a fevereiro/44

#### 3.3.2 Bacia do Curu

O sistema da Bacia do Curu é constituído das seguintes barragens

NOME	VOLUME (hm <sup>3</sup> )
São Mateus	10,33
Pereira de Miranda	395,63
General Sampaio	322,20
Tejuçuoca	40,66
Caxitoré	202,00
Frios	33,02

Trata-se de bacia com significativo grau de utilização da irrigação, pública e privada, motivo pelo qual são grandes as demandas associadas ao longo de grande parte do rio principal, pontualmente os maiores consumidores correspondem aos projetos governamentais Curu-Recuperação (985 ha) e Paraipaba (2.120 ha implantados e 4.620 no cenário 2000), além da irrigação privada da Empresa Agrovale



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAT	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAU	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOO	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITERIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SBA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUIS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUOCCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIUNÁ	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA *	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO**

HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO NORMAL  
 DEMANDA IRRIGAÇÃO PÚBLICA (DIR)

000334

CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDENÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONCALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUIS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUQUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAGÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

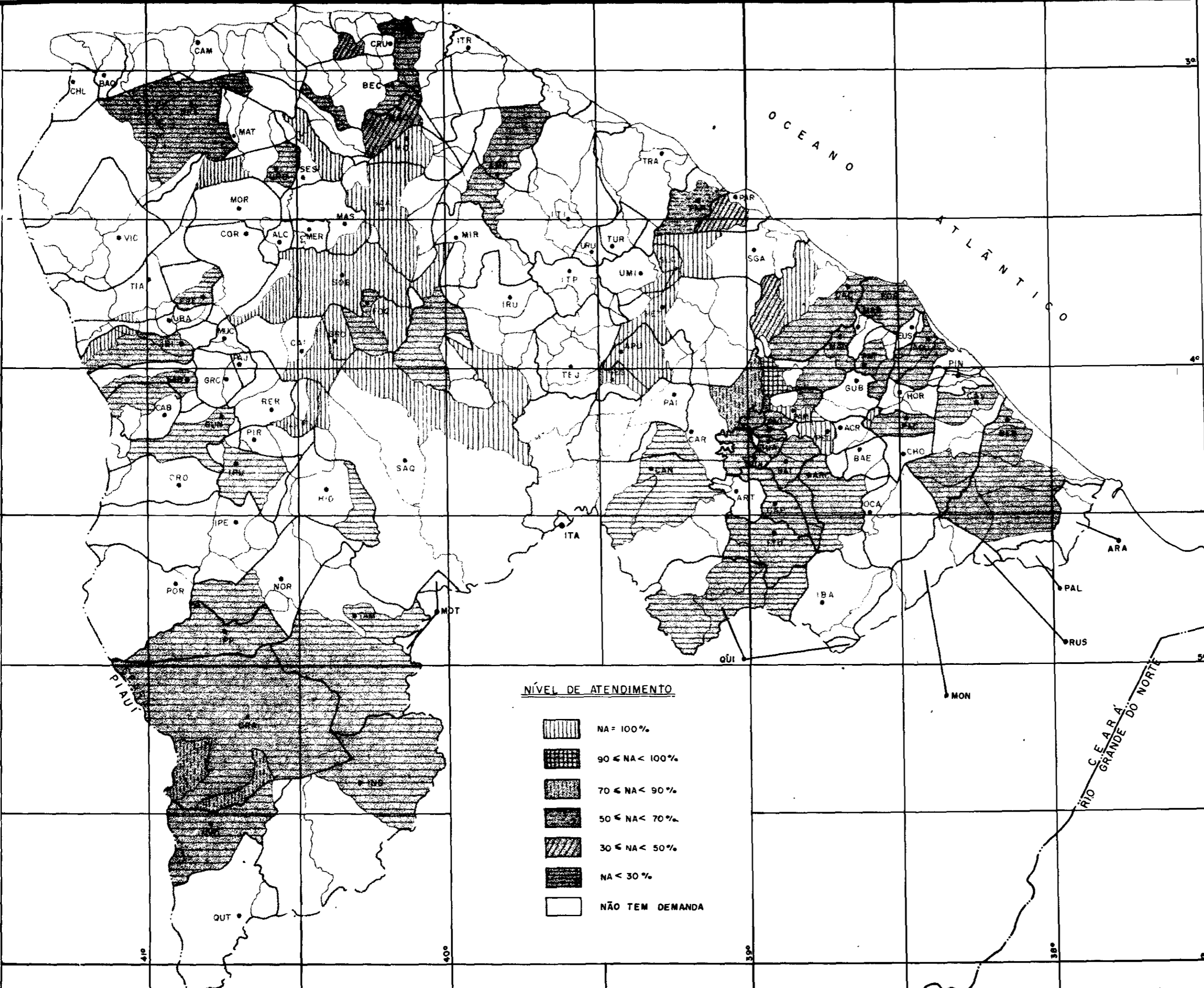
CONVENÇÕES

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO

HORIZONTE 2000  
 SITUAÇÃO ANO SECO  
 DEMANDA IRRIGAÇÃO PÚBLICA (DIR)

000335



NÍVEL DE ATENDIMENTO

- ▨ NA = 100%
- ▤ 90 ≤ NA < 100%
- ▥ 70 ≤ NA < 90%
- ▧ 50 ≤ NA < 70%
- ▩ 30 ≤ NA < 50%
- NA < 30%
- NÃO TEM DEMANDA



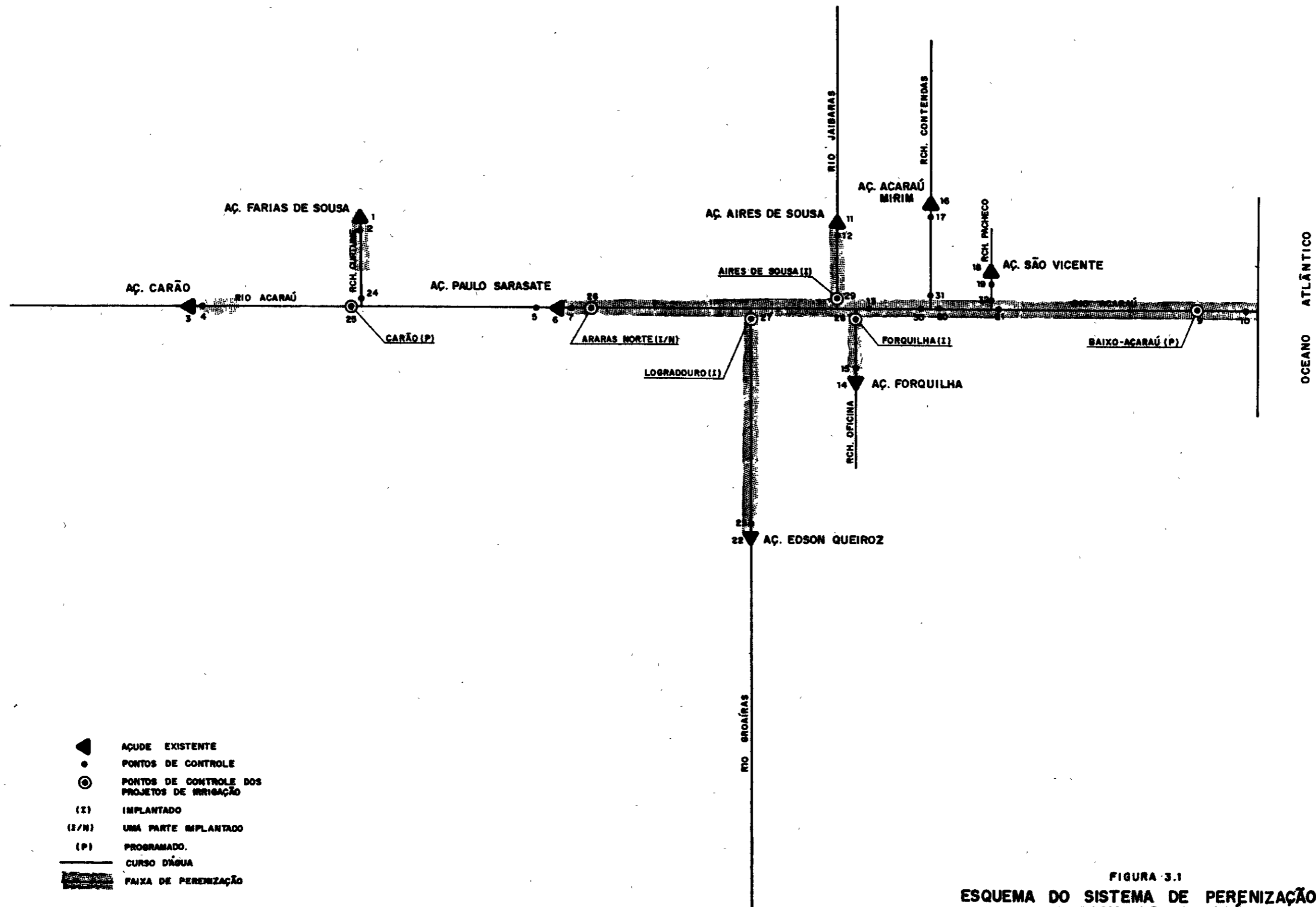


FIGURA 3.1  
 ESQUEMA DO SISTEMA DE PERENIZAÇÃO  
 DA BACIA DO ACARAU



QUADRO 31  
SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA HECS  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL  
PONTO DE CONTROLE : PROJETO BAIXO AÇAFU (9)  
ANO PROJETADO : 2006  
Valores em 1000 m³

ANO	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1912	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1913	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1914	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1915	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	18618	18618	236069
1916	9443	18609	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	9539	6.36	6.36	187700
1917	52.51	48.84	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	52.03	52.41	52.41	21.331
1918	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1919	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	18618	18618	236069
1920	18618	18618	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	6.36	6.36	1.061
1921	6.36	6.36	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1922	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1923	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1924	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1925	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1926	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1927	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1928	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1929	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1930	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1931	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1932	19883	19883	19883	19883	19883	12496	12496	12496	10630	8497	8497	7571	172098
1933	7571	8245	19883	19883	19883	37.15	37.15	37.15	46.54	57.27	57.27	41.92	27.871
1934	41.92	58.53	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	214649
1935	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1936	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19544	238255
												1.71	0.141



CONTINUAÇÃO

SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA MECJ  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL

PONTO DE CONTROLE : PROJETO BAIXO ACARAU (9)

ANO PROJETADO : 2000

Valores em 1000 m3

ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1937	1954	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238259
	1.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.141
1938	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1939	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1940	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1941	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1942	19668	1983	18950	19798	19544	19544	19544	18618	18618	18618	17307	17320	2274121
	1.08	-	4.87	8.43	1.71	1.71	1.71	6.36	6.36	6.36	12.96	12.89	4.891
1943	17268	17672	7957	10776	10446	10122	10122	6944	6944	6944	6944	6944	190841
	13.15	11.12	59.98	45.80	47.46	49.09	49.09	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	50.091
1944	6944	6019	1983	1983	1983	1983	10505	10505	10505	10505	10505	10505	1555281
	65.08	69.73	-	-	-	-	47.16	47.16	47.16	47.16	47.16	47.16	34.821
1945	8756	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	2274711
	55.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.861
1946	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1947	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1948	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	2386021
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.081
1949	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	12496	12496	12496	2163621
	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	37.15	37.15	37.15	9.321
1950	12911	12496	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	2242391
	35.07	37.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.021
1951	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	19217	2379331
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.35	0.281
1952	19010	18877	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	18885	2337211
	4.39	19.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.02
1953	18885	18813	18535	18833	1983	17968	17903	6413	6413	6413	6413	6413	1628841
	5.02	5.38	6.78	5.28	-	9.63	9.96	67.75	67.75	67.75	67.75	67.75	31.731
1954	6413	6542	6620	6427	7652	6791	1983	6791	6791	4526	2628	2628	856921
	67.75	67.10	66.71	57.62	61.52	65.85	-	65.85	65.85	77.24	86.76	86.78	64.091
1955	2706	3510	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	10653	10653	10653	1773581
	86.39	82.35	-	-	-	-	-	-	-	46.42	46.42	46.42	25.671
1956	10653	10731	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	2202161
	46.42	46.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.701
1957	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	238599
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	17701	17657	2340911
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.25	10.98	11.20	1.891
1959	17584	17662	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	2340781
	11.56	11.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.801
1960	10653	10653	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	17968	2182271
	46.42	46.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.63	8.511
1961	18175	1	-	1983	1983	-	-	1983	1983	1983	1983	1983	236811
	8.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0



CONTINUAÇÃO

SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA HEC3  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL

PONTO DE CONTROLE : PROJETO BAIXO ACARAÚ (9)

ANO PROJETADO : 2000

Valores em 1000 m3

ANO	JANEIRO	Fevereiro	MARÇO	ABRIL	MAYO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1962	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1963	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1964	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1965	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1966	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1967	12743 5 74	19824 1 30	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2371991 0,591
1968	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1969	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1970	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1971	19883	19157 3 65	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2378721 0,391
1972	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1973	19883	19875 3 01	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2382711 0,001
1974	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1975	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1976	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1977	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1978	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1979	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19648 1 08	19648 1 08	19648 1 08	19648 1 08	19544 1,71	2370571 0,651
1980	19544 1,71	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2382791 0,141
1981	19883	19544 1,71	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19544 1,71	2379291 0,281
1982	19492 1 97	19523 1 81	19883	19883	19883	19883	19883	19648 1 08	19648 1 08	19648 1 08	19648 1 08	19648 1 08	2367711 0,771
1983	18357 7,68	19564 5,64	19174 3,47	19811 0,37	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	18357 7,68	2114771 11,361
1984	8002 59,76	8002 59,76	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2148351 9,581
1985	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991
1986	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	2385991



SINTESE DA SIMULACAO  
SISTEMA HECS  
FALHAS NO PERIODO

INFRAESTRUTURA ATUAL  
PORTO DE CONTROLE : PROJETO BAIXO ACARAÚ (9)  
ANO PROJETADO : 2000  
Valores em 1000 m3

ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAYO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1987	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599
1988	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	19883	238599

VOLUME TOTAL FORNECIDO : 17558426  
VOLUME TOTAL REQUERIDO : 18372196  
PERCENTUAL FORNECIDO : 95.6

NUMERO DE MESES OPERADOS : 924  
NUMERO DE MESES C/ FALHA : 141  
FALHA MENSAL PERCENTUAL : 15.3  
PERCENTUAL GARANTIDO : 84.7



QUADRO 3.2  
SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTOS DE MAIOR DEMANDA  
BACIA DO ACARAÚ

PONTO DE CONTROLE		DEMANDA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO	NÍVEL
Nº	IDENTIFICAÇÃO	MÉDIA REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	DE MESES COM FALHA	DE GARANTIA (%)
26	PROJETO DE IRRIGAÇÃO ARARAS NORTE	1,984	4751,7	4721,6	99,4	6	99,4
29	PROJETO DE IRRIGAÇÃO AYRES DE SOUSA	0,321	769,5	750,3	97,5	25	97,3
30	CIDADE DE SOBRAL E DEMANDAS DO TRECHO	0,314	757,0	757,0	99,9	0	100,0
09	PROJETO DE IRRIGAÇÃO BAIXO ACARAÚ E DEMANDAS DO TRECHO	7,600	18372,1	17555,6	95,6	143	84,5

PERÍODO SIMULADO: 1912/88

QUADRO 3.3  
SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTOS DE MAIOR DEMANDA  
BACIA DO CURU

PONTO DE CONTROLE			DEMANDA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO	NÍVEL
Nº	IDENTIFICAÇÃO	HORIZONTES	MÉDIA REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	DE MESES COM FALHA	DE GARANTIA (%)
13	CONFLUÊNCIA DOS RIOS CURU E TEJUSSUOCA	2000	0,219	523,6	515,0	98,4	18	98,1
17	CONFLUÊNCIA DOS RIOS CURU E FAXITORY INCLUINDO O PROJETO CURU-RECUPERAÇÃO	2000	0,234	1758,4	1731,5	98,5	14	98,5
		1990	1,938	4643,5	4604,3	99,2	15	98,4
21	PROJETOS CUPU-PARAÍPABA E AGROVALE	2000	4,621	11067,3	10820,6	97,8	59	93,6

PERÍODO SIMULADO: 1912/88

A repartição espacial das barragens e pontos de controle considerados estão apresentados no esquema da figura 3 2

O quadro 3 3 condensa os resultados para os principais pontos de controle, sendo que para o Projeto Paraipaba, face o significativo acréscimo, refere-se tanto para o já implantado como para o horizonte 2000

Verifica-se, nitidamente, que o atual sistema já fornece um nível de garantia satisfatório para as demandas existentes e projetadas até o ano 2000, o quadro 3 4 mostra com maior detalhe os resultados para o ponto do Projeto Curu-Paraipaba

### 3 3 3 Bacia do Poti

O sistema atual da Bacia do Poti consiste de três barragens paralelas Jaburu II (127,7 hm<sup>3</sup>), Carnaubal (87,69 hm<sup>3</sup>) e Realejo (31,55 hm<sup>3</sup>) - sendo que esta última está integralmente comprometida com o projeto de irrigação de mesmo nome (ver figura 3 3)

Além do Realejo, existe somente o projeto de irrigação Jaburu II com 200 ha implantados, sendo a cidade de Crateus o outro consumidor relevante. Contudo, até o horizonte 2000, são previstos os projetos de irrigação Riacho do Meio/Poti, Graça, Boa Esperança, Iporanga e Novo Oriente, excluindo estes dois últimos, que têm absoluta dependência da construção das barragens que lhes seriam adjacentes (Flor do Campo e Diamante), o atual sistema teria de responder pelo acréscimo da demanda de irrigação para valores superiores a 1,4 m<sup>3</sup>/s

A aplicação do HEC-3 apresentou, neste caso, dificuldades relativas à disponibilidade de séries de vazões, visto que, além da menor confiabilidade atribuída à Bacia do Poti (ver Estudos de Base), a maior duração obtida foi de apenas 28 anos (1961/88)

Os resultados para os principais pontos de controle encontram-se no quadro 3 5 a seguir

Eles mostram, claramente, que se na situação atual o sistema existente garante satisfatoriamente as demandas, no futuro não há como deixar de implantar novas barragens, sob pena de inviabilizar por completo os projetos programados, ainda por cima deve ser ressaltado que não estão incluídos nesta análise os já citados projetos Iporanga e Novo Oriente

O Projeto Realejo, implantado com 400 ha, foi tratado separadamente, desde que ele tem como única alternativa de suprimento o açude homônimo. com captação feita diretamente, na realidade, a situação deste projeto merece atenção especial pelo absoluto comprometimento que exige do reservatório. A sua demanda média é de cerca de 0,221 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão garantida com 90% é de 0,300 m<sup>3</sup>/s, ocorre, que considerando o volume de alerta (8,16 hm<sup>3</sup>), esta vazão decai para 0,18 m<sup>3</sup>/s, o que

significa dizer que a operação do Açude Realejo deve se dar com bastante critério, não podendo, em hipótese alguma, liberar água para outros consumos a jusante

### 3 4 O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza

Devido à sua importância e complexa configuração, o sistema responsável pelo abastecimento d'água de Fortaleza, sedes de Caucaia e Maracanaú, e seu distrito industrial, foi alvo de um tratamento especial

Ele é composto por 4 reservatórios - Acarape do Meio (34,0 hm<sup>3</sup>), Pacoti (370,0 hm<sup>3</sup>), Riachão (87,0 hm<sup>3</sup>), e Gavião (54,0 hm<sup>3</sup>) - sendo que os três últimos se interligam com canais e túnel, conforme se pode visualizar no esquema da figura 3 4, provocando, inclusive, a transposição de duas bacias independentes (Pacoti e Cocó), os Açudes Pacoti e Riachão se comportam como se fossem um único reservatório, tendo, inclusive, sangradouro apenas no primeiro

Para a simulação do sistema desenvolveu-se um modelo específico, visto que a aplicação do HEC-3 se demonstrou desfavorável

Foram consideradas, na situação atual, as seguintes alternativas

#### a) Para o Pacoti/Riachão

1ª Alternativa - além dos deflúvios naturais da bacia compreendida entre o Acarape e as barragens (Q<sub>pr</sub>), só foram consideradas as séries históricas das vazões sangradas no Acarape (Q<sub>sc</sub>); admitindo-se que toda sua vazão regularizada fosse consumida no percurso

2ª Alternativa - considerando, também, a série histórica das vazões remanescentes daquela regularizada pelo Acarape (Q<sub>sc</sub>) após satisfazer os consumos do percurso

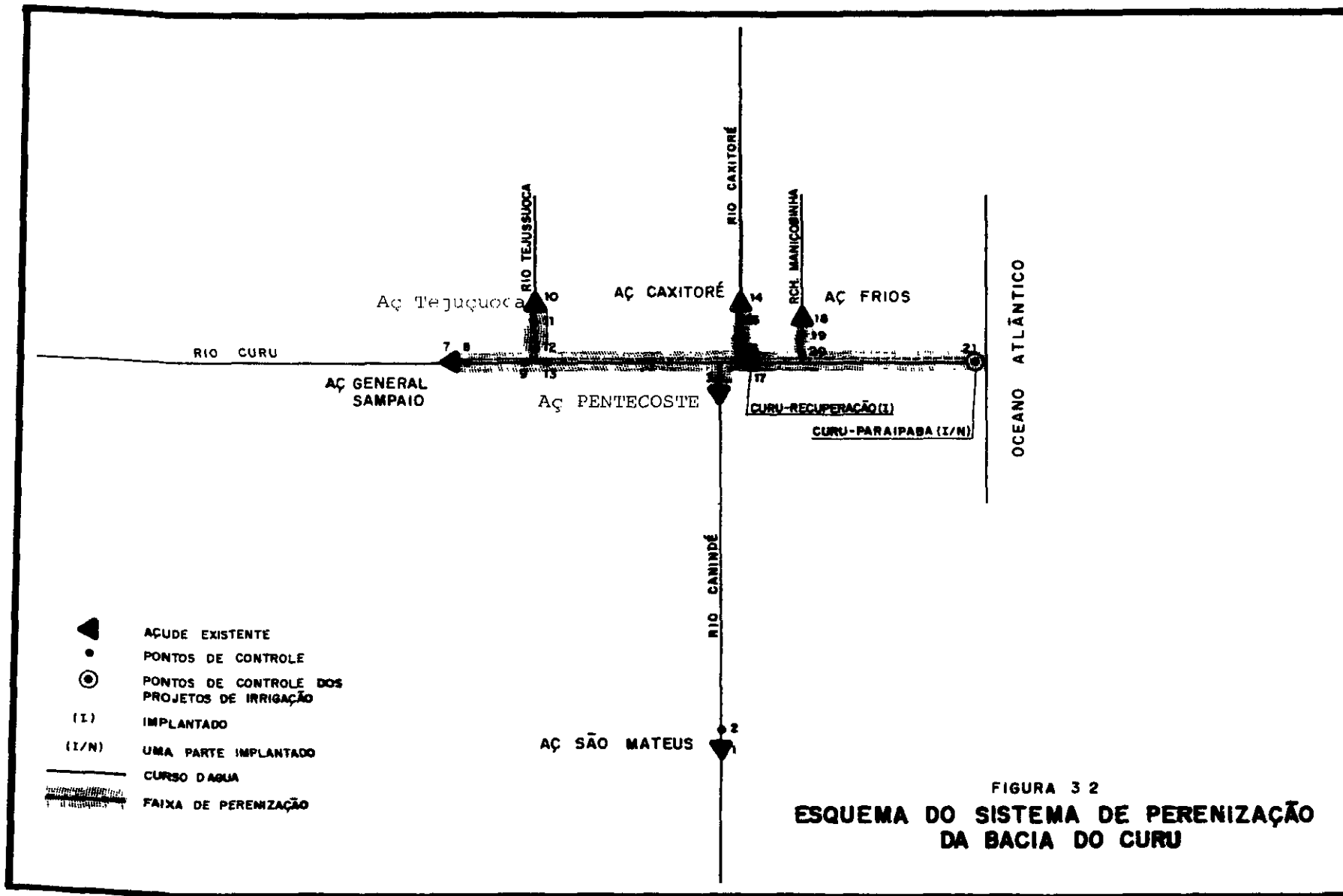
#### b) Para o Gavião

1ª Alternativa - além da série histórica dos deflúvios naturais da bacia hidrográfica do Gavião (Q<sub>g</sub>), foi considerada a série histórica de vazões regularizadas na 1ª Alternativa do Pacoti/Riachão,

2ª Alternativa - considerando, agora, além de Q<sub>g</sub> a série histórica regularizada pela 2ª Alternativa do Pacoti/Riachão

O Açude Acarape do Meio, quando utilizada a metodologia descrita no capítulo anterior, tem um volume de alerta de 8,95 hm<sup>3</sup> e uma vazão Q<sub>90</sub><sup>A</sup> = 0,61 m<sup>3</sup>/s

Os resultados estão condensados no quadro a seguir







QUADRO 3 4  
SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA HEC3  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL  
PONTO DE CONTROLE : PROJETO PARAIPABA - AGROVALE (21)  
ANO PROJETADO : 2040  
% Acres em 1000 m3

ANO	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL	
1912	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1913	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1914	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1915	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11685	1434391	
												2.45	0.201	
1916	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.351	
1917	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1918	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1919	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	10627	1423911	
												11.27	0.961	
1920	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1410311	
													1.881	
1921	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1922	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1923	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1924	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1925	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1926	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1927	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1928	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1929	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1930	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1931	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	10627	10627	1410311	
											11.27	11.27	1.881	
1932	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													39.661	
1933	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978
													16.671	
1934	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1935	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	
1936	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321	
													0.001	



CONTINUAÇÃO

SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA NECC  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL

PONTO DE CONTROLE : PROJETO PARAIPABA - AGROVALE (21)

ANO PROJETADO : 2000

Valores em 1000 m3

ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1937	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1938	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1939	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1940	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1941	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1942	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1943	11978	11978	11978	11978	11335	11231	11231	11231	10627	10627	10627	10627	1354481
					5.35	6.21	6.21	6.21	11.27	11.27	11.27	11.27	5.761
1944	11651	10627	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1410541
	11.06	1.27											1.861
1945	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1946	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1947	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1948	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1949	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1950	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1951	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1952	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11877	1436311
												0.84	0.071
1953	11851	11877	11978	11978	11978	11978	11978	11978	4500	4500	4500	4500	1135921
	1.06	0.84							62.43	62.43	62.43	62.43	29.971
1954	1178	1439	11978	11978	11978	11978	11978	1200	1200	1200	1200	1200	755051
	73.47	46.25						89.98	89.98	89.98	89.98	89.98	47.471
1955	1170	1200	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1221771
	89.78	89.98											15.001
1956	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1957	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1958	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1959	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1960	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001
1961	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
													0.001



CONTINUAÇÃO :

SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA REC3  
FALHAS DO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL

PORTO DE CONTROLE : PROJETO PARAIPAMA - AGROVALE (21)

ANO PROJETADO : 2000

Valores em 1000 m3

ANO	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1962	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1963	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1964	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1965	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1966	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1967	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1968	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1969	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1970	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1971	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1972	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	10308	10308	1403931
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.91	13.91	2.321
1973	10308	10334	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1404191
	13.91	13.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.301
1974	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1975	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1976	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1977	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1979	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	8082	8082	1359401
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.53	32.53	5.421
1980	8082	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1398361
	32.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.711
1981	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1982	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1983	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	9005	1407591
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.82	2.071
1984	9005	9031	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1378111
	24.82	24.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.121
1985	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
1986	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	1437321
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001

CONTINUAÇÃO

SÍNTESE DA SIMULAÇÃO  
SISTEMA RECS  
FALHAS NO PERÍODO

INFRAESTRUTURA ATUAL  
PUNTO DE CONTROLE : PROJETO PARAIPABA - AGROVALE (21)  
ANO PROJETADO : 2000  
Valores em 1000 m<sup>3</sup>

ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1987	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	143732
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1988	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	11978	143732
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00

VOLUME TOTAL FORNECIDO : 10020633  
VOLUME TOTAL REQUERIDO : 11067332  
PERCENTUAL FORNECIDO : 97.8

NÚMERO DE MESES OPERADOS : 924  
NÚMERO DE MESES C/ FALHA : 59  
FALHA MENSAL PERCENTUAL : 6.4  
PERCENTUAL GARANTIDO : 93.6

1418

QUADRO 3 5

SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PUNTOS DE MAIOR DEMANDA

BACIA DO POTI

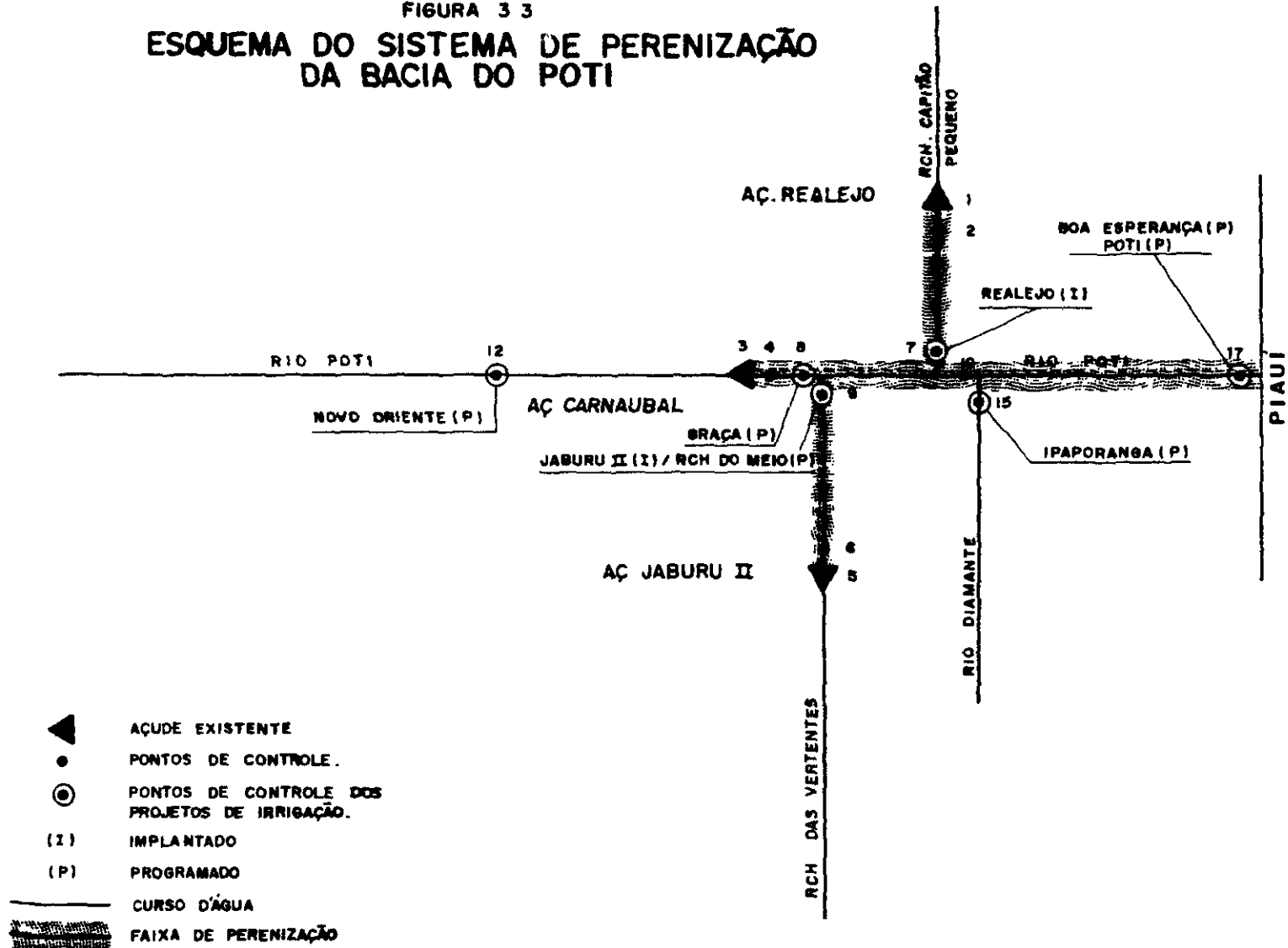
Nº	PUNTO DE CONTROLE IDENTIFICAÇÃO	HORAS/Fontes	DEMANDA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO	NÍVEL
			REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO NO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	DE MESES COM FALHA	DE GARANTIA (%)
08	PROJETO GRAÇA, COM TORADA NO ACUDE CARNAUUBAI	1990	-	-	-	-	-	-
		2000	0,277	237,1	235,0	99,1	20	94,0
17	PUNTO FINAL COM PROJETOS RIACHO DO MEIO/POTI, E BDA ESPFRANCA, CIDADE DE CRATUIS E DEMANDAS DIFUSAS	1990	0,305	265,6	265,2	99,8	3	99,1
		2000	1,482	1290,7	1000,0	77,6	105	68,8

PERÍODO SIMULADO: 1961/88



000347

FIGURA 3.3  
**ESQUEMA DO SISTEMA DE PERENIZAÇÃO  
 DA BACIA DO POTI**



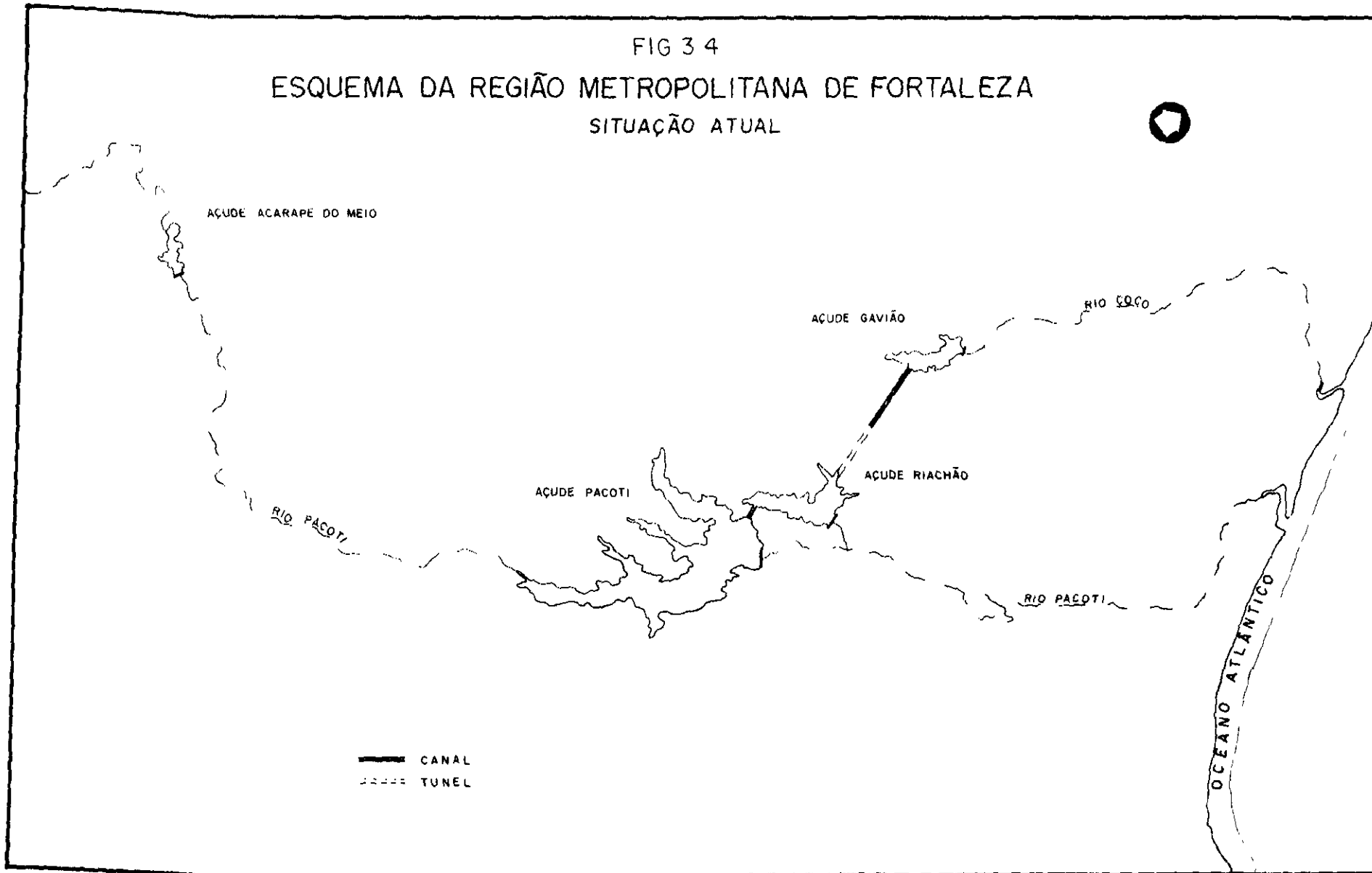
- ▲ AÇUDE EXISTENTE
- PONTOS DE CONTROLE.
- ⊙ PONTOS DE CONTROLE DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO.
- (I) IMPLANTADO
- (P) PROGRAMADO
- CURSO D'ÁGUA
- ▨ FAIXA DE PERENIZAÇÃO

FIG 3 4

ESQUEMA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA  
SITUAÇÃO ATUAL



1415



000349

QUADRO 3.6

RESULTADOS PARA O SISTEMA DA R.M.F.

AÇUDES	1ª ALTERNATIVA		2ª ALTERNATIVA	
	VOL. ALERTA	Q <sub>90</sub>	VOL. ALERTA	Q <sub>90</sub>
PACOTI/RIACHÃO	87,40 hm <sup>3</sup>	3,33 hm <sup>3</sup>	78,50 hm <sup>3</sup>	3,59 hm <sup>3</sup>
GAVIÃO	Q <sub>90</sub> = 3,8 m <sup>3</sup> /s		Q <sub>90</sub> = 4,1 m <sup>3</sup> /s	

O Açude Gavião, em decorrência da desproporcionalidade entre a dimensão de sua bacia hidrográfica e volume, com a vazão de 90% que regulariza, não consegue ter volume de alerta capaz de manter a vazão  $Q^A_9$  ( $= Q^A_{90}/2$ ) com 80% de garantia, de fato, a maior garantia com que fornece tal vazão é da ordem de 75% e, em função, basicamente, das afluições regularizadas dos Açudes Pacoti/Riachão

Para o horizonte 1990, a demanda global é de 4,95 m<sup>3</sup>/s, com Fortaleza representando 4,23 m<sup>3</sup>/s, para o ano 2000, ela atinge 6,91 m<sup>3</sup>/s, e Fortaleza 5,57 m<sup>3</sup>/s

O confronto com as disponibilidades oferecidas pelo sistema diagnostica uma situação crítica, desde que o sistema, mesmo operando nas condições normais e na alternativa mais favorável, é suficiente para atender 83% da demanda em 1990 e apenas 59% da mesma no ano 2000

O fato é ainda mais grave ao se levar em conta que o nível de garantia de 90% é marcadamente insatisfatório para o abastecimento humano, principalmente para uma cidade da importância de Fortaleza na realidade, não se deve admitir como aceitável que em 7,5% do tempo de uma série longa, a cidade fique com um suprimento d'água ainda reduzido à metade, e que em 2,5% haja uma absoluta ausência d'água em especial pela concentração destas falhas em longos períodos contínuos de meses

#### 4 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA NECESSÁRIA

##### 4.1 Objetivos

O planejamento concebido neste Plano teve por objetivo primordial identificar quais as ações a serem implementadas, referentes à infra-estrutura hídrica, indispensáveis para a satisfação dos déficits de disponibilidade identificados

Nesta perspectiva, procurou-se exclusivamente propor soluções para incrementar a oferta d'água, de tal forma a suprir as demandas, sempre que possível, para os anos normais e secos

#### 4.2 Processos Metodológicos

O planejamento foi elaborado segundo dois processos metodológicos

- um primeiro, mais relevante e abrangente, tomou como base os resultados do Balanço Distribuído, sendo denominado Planejamento Distribuído.
- um segundo, mais específico, correspondeu à reaplicação do modelo HEC-3 aos sistemas de cada bacia, considerando, desta vez, também as novas barragens já programadas

##### 4.2.1 O Planejamento Distribuído

Além de utilizar seus resultados, o Planejamento manteve com o Balanço Distribuído um estreito inter-relacionamento de concepção, que pode ser traduzido pelos seguintes princípios

- a) ele é definido para cada Unidade de Balanço (UB)
- b) admite a mesma hierarquização de satisfação das demandas, isto é, na ordem DHUC, DHUD, DHR, DAR, Di, DIR e DIRP, desta forma, ele busca, a partir das potencialidades hídricas que ainda permitem criar disponibilidades efetivas dos diversos tipos, suprir as demandas remanescentes nesta sequência,
- c) as disponibilidades hídricas consideradas são as mesmas e compreendem as resultantes da perenização dos rios de pequena e média açudagem e de poços,
- d) a hierarquização na alocação destas disponibilidades para satisfazer as demandas, mantém uma adequada semelhança com aquela do Balanço

As potencialidades de águas superficiais consideradas decorrem dos deflúvios remanescentes identificados nas UB's, em acordo com as seguintes premissas

- i) nas UB's contidas em bacia hidrográfica de açude de porte ( $V > 10 \text{ hm}^3$ ), foi admitida como ainda disponível somente

a parcela não comprometida com o açude, para tanto, elegeu-se como limite padrão a possibilidade de acumular-se 2,5 vezes o volume afluente à barragem, nas bacias não controladas, tomou-se o remanescente sem esta redução,

- II) da parcela ainda disponível do deflúvio remanescente admitiu-se que somente 30% poderiam se tornar regularizáveis se acumulados de forma adequada, este princípio é conservador, visto que implica que os rendimentos das barragens a construir não ultrapassariam 15% da capacidade de acumulação,
- III) priorizou-se na utilização dos deflúvios remanescentes a pequena e média açudagem, pelo motivo plenamente justificável que esta será sempre uma ação importante a ser desenvolvida no interior do Estado, em especial pela iniciativa privada, estabeleceu-se, contudo, um limite de 40% do deflúvio médio da UB como a máxima potencialidade a ser utilizada para tal fim e, sendo ainda possível acumular com pequena e média açudagem, manteve-se o rendimento anterior de 10% do total acumulado para definir as disponibilidades efetivas associáveis,
- IV) na avaliação da potencialidade de pequena e média açudagem, além do mais, levou-se em conta para o caso das demandas urbanas (DHUC e DHUD) coeficientes que traduzissem a localização das cidades em relação à área de drenagem da UB, privilegiando, obviamente, aquelas que se situassem mais a jusante, estes coeficientes, que refletem não só a possibilidade de acumulação como a viabilidade técnico-econômica da adução até a cidade variaram de 0,10 a 0,90

As potencialidades de águas subterrâneas resultaram das avaliações desenvolvidas nos Estudos de Base para cada um dos aquíferos, e correspondem às reservas exploráveis que foram consolidadas, agora a nível de UB, destas potencialidades foram subtraídas as disponibilidades decorrentes dos poços hoje existentes, obtendo-se uma potencialidade restante que pode, em função da viabilidade técnico-econômica da implantação dos poços, ser tornada integral ou parcialmente, em disponibilidade efetiva futura

A fim de racionalizar as possibilidades de atendimento às sedes municipais e distritais, considerou-se, além da restrição citada no 3º Capítulo (área de influência através dos círculos com raios de 6 e 3 km respectivamente), também um número máximo de poços em função dos fatores de operacionalização dos mesmos, eletrificação,

interligação do sistema e desapropriação das áreas Este critério foi motivado, ainda, pelo fato de que cidades litorâneas, ou inseridas essencialmente em aquíferos sedimentares, poderiam ter mais de 300 poços, se fosse adotada a simples alternativa de explorar todas as reservas subterrâneas Sendo assim, após adequada análise e pesquisa de situações existentes, estabeleceu-se um número máximo de 20 (vinte) poços para atendimento das sedes municipais, que seriam distribuídos convenientemente no círculo de 113 km<sup>2</sup>, as exceções dizem respeito ao aquífero Dunas - o limite sendo de 40 poços tendo em vista a facilidade de interligação entre eles - e o aquífero Serra Grande com limite de 10 poços, restringido pela sua potencialidade

Em síntese, o volume disponível para cada sede municipal é proporcional à área de cada aquífero aflorante no raio de influência e cujo limite não é mais o volume das reservas exploráveis, mas o somatório das vazões médias dos poços Para as sedes distritais a metodologia é exatamente a mesma, ponderada pelo raio de influência que resulta numa área de 56 km<sup>2</sup>

O quadro 4.1 mostra, a título ilustrativo, o resultado para as potencialidades subterrâneas de atendimento à demanda humana das sedes municipais

O fluxograma da figura 4.1 permite a compreensão do encadeamento do processo de planejamento

#### 4.2.2 A Simulação da Operação dos Reservatórios de Infra-Estrutura Futura

A simulação da operação dos reservatórios da infra-estrutura futura foi realizada de forma idêntica àquela constante no capítulo anterior, empregando-se o programa HEC-3, com exceção do sistema da Região Metropolitana de Fortaleza, que tem modelo específico

Em decorrência da óbvia necessidade de conhecimento das características físicas e geométricas dos reservatórios, consideraram-se somente aqueles que dispunham destas informações básicas, deste modo, foi realizada uma minuciosa pesquisa junto a todos os órgãos pertinentes, tendo sido identificados e cadastrados os açudes já estudados em qualquer nível (estudo preliminar, viabilidade, anteprojeto, projeto básico e executivo)

É importante ressaltar que os Açudes Flor do Campo, Diamante e Clemente, da Bacia do Poti, foram os menos estudados de todos os considerados no Bloco 2, de fato, para tais açudes existe apenas uma identificação preliminar, com estimativa da capacidade de acumulação e altura máxima Sendo eles, entretanto, fundamentais para a IEF da cidade bacia, optou-se por considerá-los, para o que foi criado, para cada, uma curva cota x área x volume teórica da forma  $V = kH^3$ , claro está que, nestas condições, os resultados, tanto de sua simulação individual como no sistema (com o HEC-3), devem ser

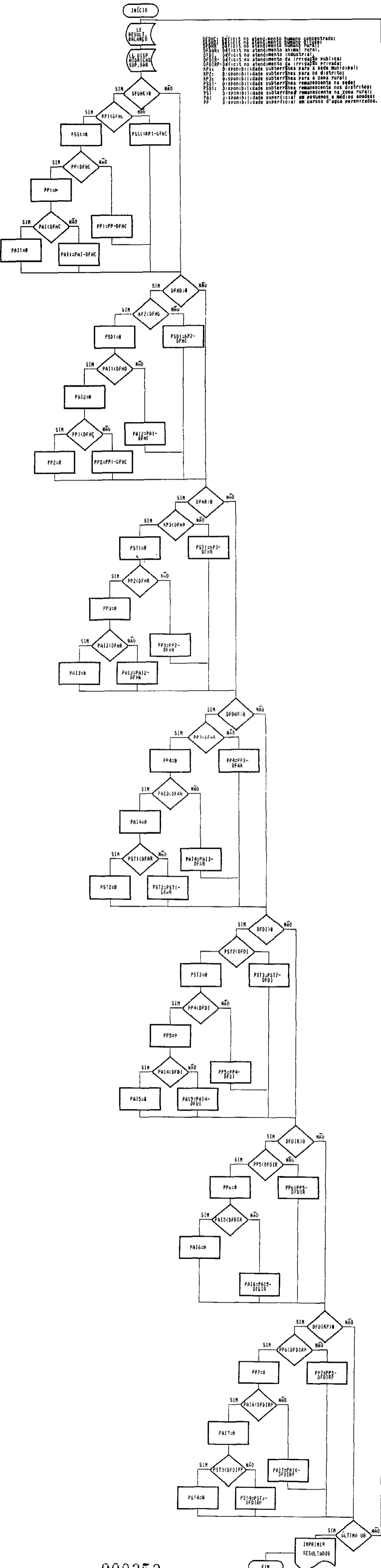




QUADRO 4.1  
 POTENCIALIDADE SUBFRRÂNEA DO ABASTECIMENTO DA DHUC

MUNICIPIO	UB SEDE	IP1 (m3/ano)	MUNICIPIO	UB SEDE	IP1 (m3/ano)
ACARAPE	M09.ACP.00	129800.0	ITAREMA	FED. ITR.00	539200.0
ACARAÚ	A00.ACA.00	368800.0	MARACANAÚ	M06.MAR.00	287400.0
ALCANTARAS	E04.ALC.01	211400.0	NARANGUAPE	M06.NAN.00	156200.0
ARONTADA	L03.ARO.01	316000.0	MARCO	A00.MAC.00	362200.0
APUIARÉS	S00.APU.01	320600.0	MARTIMÓPOLE	C05.MAT.00	259000.0
AQUIRAZ	M09.AQU.00	465000.0	MASSAPÉ	A00.MAS.02	285100.0
APATIGABA	M14.ARC.01	235000.0	MERUOCA	A00.MER.00	182900.0
ARATUBA	M14.ART.00	248600.0	MIRAIANA	L03.MIR.02	254800.0
ARAPPEIRA	M14.AAE.02	313800.0	MOPAUJO	C04.MOR.01	242400.0
ARAROUINHHA	C07.AAR.00	347760.0	MORRINHOS	A00.MOI.00	388400.0
ARATIPITÉ	M14.AAT.03	220000.0	MUCAMBO	A00.MUC.02	210900.0
ARARIPE	M14.AEB.00	510800.0	MULUNGU	M14.MUL.00	224400.0
ARIELA CRUZ	A00.AEC.01	227200.0	NOVA RUSSEAS	A00.NOR.01	215100.0
ARACOCIA	C04.AAR.00	387600.0	NOVO ORIENTE	P10.NVO.01	259500.0
ARANGIÚ	S00.AAN.06	248600.0	OCARA	M14.OCA.00	230000.0
ARIPISTRANO	M14.AAP.01	248600.0	PACAJUS	M14.PAC.00	379000.0
ARATIUNDE	S00.AAR.03	254800.0	PACATIUBA	M07.PAT.01	265200.0
ARIPITÉ	A00.AAI.03	279020.0	PACOTI	M09.PAO.01	67800.0
ARAPUAZAL	P09.AAB.00	192400.0	PACUJÁ	A00.PAJ.00	182800.0
ARACAVEL	M13.AAV.00	388000.0	PALMACIA	M09.PAR.01	195800.0
ARACATIÁ	M05.AAC.00	379600.0	PARACURU	FED.PAR.00	359600.0
ARAPUÁ	C01.AAL.00	458160.0	PAPAIABA	S00.PAP.00	341200.0
ARACÓ	C04.AAR.03	236000.0	PARANDI	S00.PAI.05	254800.0
ARARÓZIMHO	M14.AAO.00	270600.0	PENTEDESTE	S00.PET.01	352600.0
ARATELUS	P10.ARA.02	134800.0	PINDORETAMA	M12.PIN.00	318600.0
ARATA	P09.ARO.00	180800.0	PIRES FERREIRA	A00.PIR.01	254800.0
ARAUZ	A00.ARU.00	385800.0	PORANGA	P09.POR.01	180800.0
ARUSEBIO	M08.AUS.00	225600.0	QUITERIANÓPOLIS	P10.QUI.01	248240.0
ARARUAMA	A00.ARU.02	248600.0	REDEÇÃO	M09.REO.02	138600.0
ARACHEIRINHA	C04.ARE.01	435600.0	RERUIJABA	A00.RER.01	340000.0
ARAGEMPAL	S00.AES.02	270600.0	SANTA QUITERIA	A00.SAQ.04	254800.0
ARACA	A00.ARC.02	240600.0	SANTANA DO ACARAU	A00.SAA.02	424900.0
ARARUJA	C04.ARA.01	308800.0	SÃO BEMÉDIO	P06.SAB.00	200800.0
ARARUJAS	A00.ARO.00	372200.0	SÃO GONCALO DO AMARANTE	M01.SGA.00	262800.0
ARARUJUBA	M09.AUR.02	204600.0	SÃO LUIS DO CURU	S00.SLC.00	314400.0
ARARUJUBA DO NORTE	P09.AUN.02	164600.0	SENADOR SA	C06.SES.01	247600.0
ARARUJUBA	M14.AUA.00	149200.0	SORRAL	A00.SOR.01	423500.0
ARARUJUBA	A00.AUR.03	254800.0	TAMBORIL	A00.TAR.01	250500.0
ARARUJUBA	M09.AUR.00	252200.0	TEJUSSUCA	S00.TEJ.07	254800.0
ARARETANA	M16.ARA.01	241400.0	TIANGUA	C04.TIA.01	187000.0
ARARIPIA	P04.ARI.01	201400.0	TRATRI	L05.TRA.02	585800.0
ARARIPUENA	P10.ARI.03	248600.0	TURURU	L04.TUR.00	226600.0
ARARIPORANGA	P10.AIP.00	375700.0	UBAJARA	P04.UBA.01	121400.0
ARARIPU	A00.ARI.03	183100.0	UNIRIM	S00.UNI.03	61600.0
ARARIPUEIRAS	A00.ARI.01	369400.0	URUBURETAMA	L04.URU.02	169000.0
ARARUCUBA	L03.ARU.03	248600.0	URUOCA	C06.URU.01	252600.0
ARARUPAGE	S00.AIP.02	182600.0	VARJOTA	A00.VAR.01	248600.0
ARARUPOCA	L04.ARI.07	228800.0	VICOSA DO CEARA	C04.VIC.00	193600.0
ARARUPIANA	M14.AIU.02	239800.0			
			TOTAL		26259940.0

FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE PLANEJAMENTO



DFHC: Deficit no atendimento humano concentrado;  
 DFHR: Deficit no atendimento humano diluído;  
 DFAR: Deficit no atendimento animal rural;  
 DFDI: Deficit no atendimento industrial;  
 DFDIR: Deficit no atendimento da irrigação pública;  
 DFDIRP: Deficit no atendimento da irrigação privada;  
 KP1: Disponibilidade subterrânea para a sede municipal;  
 KP2: Disponibilidade subterrânea para os distritos;  
 KP3: Disponibilidade subterrânea para a zona rural;  
 PSSI: Disponibilidade subterrânea remanescente na sede;  
 PSD1: Disponibilidade subterrânea remanescente nos distritos;  
 PST1: Disponibilidade subterrânea remanescente na zona rural;  
 PP1: Disponibilidade superficial em pequenos e médios açudes;  
 PP2: Disponibilidade superficial em cursos d'água perenizados.

interpretados quando o nível de informações for adequado

Pra os açudes foram desenvolvidos todos os estudos de base, compreendendo

- determinação da série histórica de vazões afluentes com uso do modelo MODHAC,
- simulação da operação dos reservatórios, individualmente com a série histórica,
- geração da série sintética de 500 anos, simulação da operação com a série de 500 anos e determinação do volume de alerta e vazão com garantia de 90% ( $Q_{90}^A$ )

No quadro 4 2, a seguir, são relacionados por bacia todos os açudes considerados para a Infra-estrutura Futura (IEF) contendo

- nome
- capacidade de acumulação,
- origem dos parâmetros para aplicação do MODHAC
- deflúvio médio anual e período da série, vazão de 90% com série histórica ( $Q_{90}$ ), volume de alerta e percentual da capacidade,
- vazão de 90% com série de 500 anos ( $Q_{90}^{500}$ )
- vazão de 90% com volume de alerta ( $Q_{90}^A$ )
- percentual  $Q_{90}^A/Q_{90}^{500}$

Sendo a metodologia devidamente testada e única para todos o fato de alguns açudes apresentarem diferenças mais acentuadas entre  $Q_{90}$  e  $Q_{90}^{500}$ , decorrem certamente, da própria estrutura, confiabilidade e duração das séries históricas de deflúvios determinadas através do modelo chuva x deflúvio

#### 4 3 Análise dos Resultados

##### 4 3 1 Planejamento Distribuído

Os resultados do Planejamento foram obtidos para o cenário 2000 nas duas situações

- ações necessárias para satisfação do ano normal,
- ações necessárias para satisfação do ano seco

Eles são apresentados sob a forma de volumes úteis anuais necessários, ou seja, aqueles que devem ser realmente disponíveis, para os três tipos de ações preconizadas

- perenização com grandes açudes,
- pequena e média açudagem,
- poços

Esta forma de apresentação - volumes úteis anuais necessários - tem a grande vantagem, no caso

dos dois primeiros tipos de ação, de não depender dos rendimentos dos açudes a serem construídos, visto que já estabelece o volume líquido que se deva ter o volume de acumulação torna-se, então, dependente do desempenho previsto para o(s) reservatório(s)

O relatório de saída do programa contempla todas as informações por UB e tipo de demanda, identificando, ainda, as demandas que não são possíveis de serem atendidas e os potenciais remanescentes para cada ação. Em face da quantidade de dados, apresenta-se no quadro 4 3, somente a título ilustrativo, uma amostra da saída para algumas UB's

Uma clara visualização do conjunto e repartição espacial dos resultados é mostrada nos mapas, discriminados a seguir, na base cartográfica 1 500 000, e apresentados no Anexo

- Mapa 4 1a - Planejamento das Ações Perenização,
- Mapa 4 2a - Planejamento das Ações Pequena e Média Açudagem,
- Mapa 4 3a - Planejamento das Ações Poços

No contexto deste documento, para possibilitar um manuseio adequado, são apresentados os mesmos resultados em mapas de escala menor, segundo a relação

- Mapa 4 1a - Planejamento das Ações Perenização - Ano Normal,
- Mapa 4 1b - Planejamento das Ações Perenização - Ano Seco,
- Mapa 4 2a - Planejamento das Ações Pequena e Média Açudagem - Ano Normal,
- Mapa 4 2b - Planejamento das Ações Pequena e Média Açudagem - Ano Seco.
- Mapa 4 3a - Planejamento das Ações Poços - Ano Normal,
- Mapa 4 3b - Planejamento das Ações Poços - Ano Seco

Eles indicam, também, os volumes úteis necessários para cada situação (ano seco e normal)

No quadro 4 4 é apresentada a consolidação por município, enquanto que no quadro 4 5 ela está feita por bacia principal

O conjunto de figuras 4 2 apresenta, sob a forma de diagrama de "pizza", a distribuição dos tipos de ações por município

Uma análise dos resultados, por tipo de ações, é feita a seguir

##### 4 3 1 1 Perenização

A disponibilidade hídrica advinda da perenização dos rios se constitui na mais importante, em função da magnitude dos volumes que consegue alocar com um nível de garantia satisfatório



QUADRO 4.2

RESULTADOS DOS AÇUES COM SIMULAÇÃO INDIVIDUAL

BACIA PRINCIPAL	BACIA INDEPENDENTE	NOME DO AÇUE	CAPACIDADE (hm <sup>3</sup> )	POSTO DE BASE	DEFLUÍDO MÉDIO ANUAL (mm)	ALERTA (hm <sup>3</sup> )	Z DA SÉRIE HISTÓRICA	Q <sub>90</sub> CON	Q <sub>500</sub> CON	Q <sub>90</sub> FOR	Q <sub>500</sub> FOR
A	A	Poco Comprido	360,00	Trapid	74.4 - 35/88	46,50	13	0,90	1,04	0,81	78
C	C										
A	A	Pedregulho	78,60	Groalras	155.1 - 35/88	16,60	21	0,33	0,48	0,33	69
R	R										
A	A	Taquara	278,80	Ararids	1320.0 - 12/88	59,40	21	3,35	4,43	3,83	87
U	U	Sea Nove (a)	250,00	Sobral	186.8 - 12/88	76,68	31	3,40	3,40	2,45	77
		Paulo	27,26	S. L. do Curu	329.5 - 59/88	4,90	18	0,54	0,44	0,38	86
CURU	CURU	Relancias	28,89	S. L. do Curu	315.0 - 21/88	6,90	24	0,56	0,58	0,48	83
		Flor do Campo	63,80	F. Cajazeiras	97.7 - 34/88	-	-	0,28	0,18	-	-
PARANÁIBA	PD1	Diamante	33,57	F. Cajazeiras	159.0 - 62/88	10,10	30	0,49	0,55	0,40	73
		Clemente (a)	80,00	F. Cajazeiras	78.0 - 12/88	76,00	33	0,62	0,84	0,40	48
		Frecheirinha	85,00	Granja	392.9 - 12/88	25,10	30	1,21	1,21	0,93	77
C	C	Diamante	13,20	Granja	244.7 - 12/88	3,40	26	0,10	0,12	0,09	75
D											
		Angicos	52,00	Granja	274.0 - 12/88	19,50	38	0,40	0,40	0,43	72
R	R										
		Jordão	20,79	Granja	1309.0 - 59/88	10,60	51	0,38	0,33	0,26	79
E	E										
		Paula Pessoa	150,00	Granja	229.9 - 12/88	33,20	22	2,04	2,43	1,96	81
A	A										
		Campanário (a)	23,23	Granja	273.4 - 12/88	10,25	44	0,62	0,56	0,39	70
U	U										
		Sairi	12,70	Granja	286.0 - 62/88	3,30	26	0,19	0,22	0,17	77
		Choró	480,00	Chorozinho	1134.1 - 12/88	72,00	15	5,32	5,51	4,74	86
ILITURAL		Aracoiaba	175,00	Aracoiaba	253.7 - 12/88	26,20	15	1,81	1,95	1,66	85
		SÃO GONCALO	75,82	Sítios Novos	209.6 - 39/88	19,52	26	1,89	1,38	1,16	84

(a) Açudes em série tendo sido considerada somente a parcela da bacia hidrográfica não controlada



QUADRO 43  
 VOLUMES ANUAIS A SEREM MOBILIZADOS POR UB E POR FONTE PARA SATISFAZER OS DÉFICITS ENCONTRADOS PARA OS DIVERSOS TIPOS DE DEMANDA (EM R\$).

HORIZONTE 2000		SECO			POTENCIAIS REMANESCENTES			
CÓDIGO UB	TIPO DE DEMANDA	FONTE			DEMANDA			
		POÇOS	PERENIZAÇÃO	AÇUDAGEM	NAO SATISFEITA	POÇOS	PERENIZAÇÃO	AÇUDAGEM
CO4 TIA 01	HUC	187000	1615994	0	0	0	27562320	25576000
	HUD	0	0	0	0	0	27562320	25576000
	HR	147066	0	0	0	5960523	27562320	25576000
	AR	0	0	68410	0	5960523	27562320	24207800
	UI	113092	0	0	0	5847424	27562320	24207800
	IRPU	0	0	0	0	5847424	27562320	24207800
	IRPRI	0	0	0	0	5847424	27562320	24207800
CO4 VIC 01	HUC	193600	599398	0	0	0	147940900	52752000
	HUD	104600	0	221762	0	0	147940900	54316760
	HR	403311	0	0	0	3344499	147940900	54316760
	AR	0	0	83182	0	3344499	147940900	52653120
	UI	0	0	0	0	3344499	147940900	52653120
	IRPU	0	0	0	0	3344499	147940900	52653120
	IRPRI	0	51438	0	0	3344499	146931300	52653120
CO4 GRA 02	HUC	0	0	0	0	0	133023200	7729000
	HUD	0	0	0	0	0	133023200	7729000
	HR	27668	0	0	0	1015492	133023200	7729000
	AR	0	0	14181	0	1015492	133023200	7444380
	UI	0	0	0	0	1015492	133023200	7444380
	IRPU	0	0	0	0	1015492	133023200	7444380
	IRPRI	0	0	0	0	1015492	133023200	7444380
CO4 URD 2	HUC	0	0	0	0	0	120143200	20608000
	HUD	0	0	0	0	0	120143200	20608000
	HR	69737	0	0	0	2862823	120143200	20608000
	AR	0	0	49730	0	2862823	120143200	19613400
	UI	0	0	0	0	2862823	120143200	19613400
	IRPU	0	0	0	0	2862823	120143200	19613400
	IRPRI	0	12	0	0	2862823	120143100	19613400
CO4 MAT 02	HUC	0	0	0	0	0	4551638	3036000
	HUD	0	0	0	0	0	4551638	3036000
	HR	3441	0	0	0	618954	4551638	3036000
	AR	0	0	5693	0	618954	4551638	2922140
	UI	0	0	0	0	618954	4551638	2922140
	IRPU	0	0	0	0	618954	4551638	2922140
	IRPRI	0	0	0	0	618954	4551638	2922140
CO4 GRA 01	HUC	0	0	0	0	308000	914464100	70083550
	HUD	14145	0	0	0	47935	914464100	70083550
	HR	0	0	0	0	7793246	914464100	70083550
	AR	0	0	0	0	7793246	914464100	70083550
	UI	0	0	0	0	7793246	914464100	70083550
	IRPU	0	95471010	0	0	7793246	277990800	70083550
	IRPRI	0	0	0	0	7793246	277990800	70083550
CO4 CAR 001	HUC	387609	2145430	0	0	0	996785500	17604530
	HUD	0	0	0	0	0	996785500	17604530
	HR	0	0	0	0	11056410	996785500	17604530
	AR	0	0	33415	0	11056410	996785500	16936230
	UI	1916331	0	0	0	9140079	996785500	16936230
	IRPU	0	0	0	0	9140079	996785500	16936230
	IRPRI	0	653	0	0	9140079	996781200	16936230

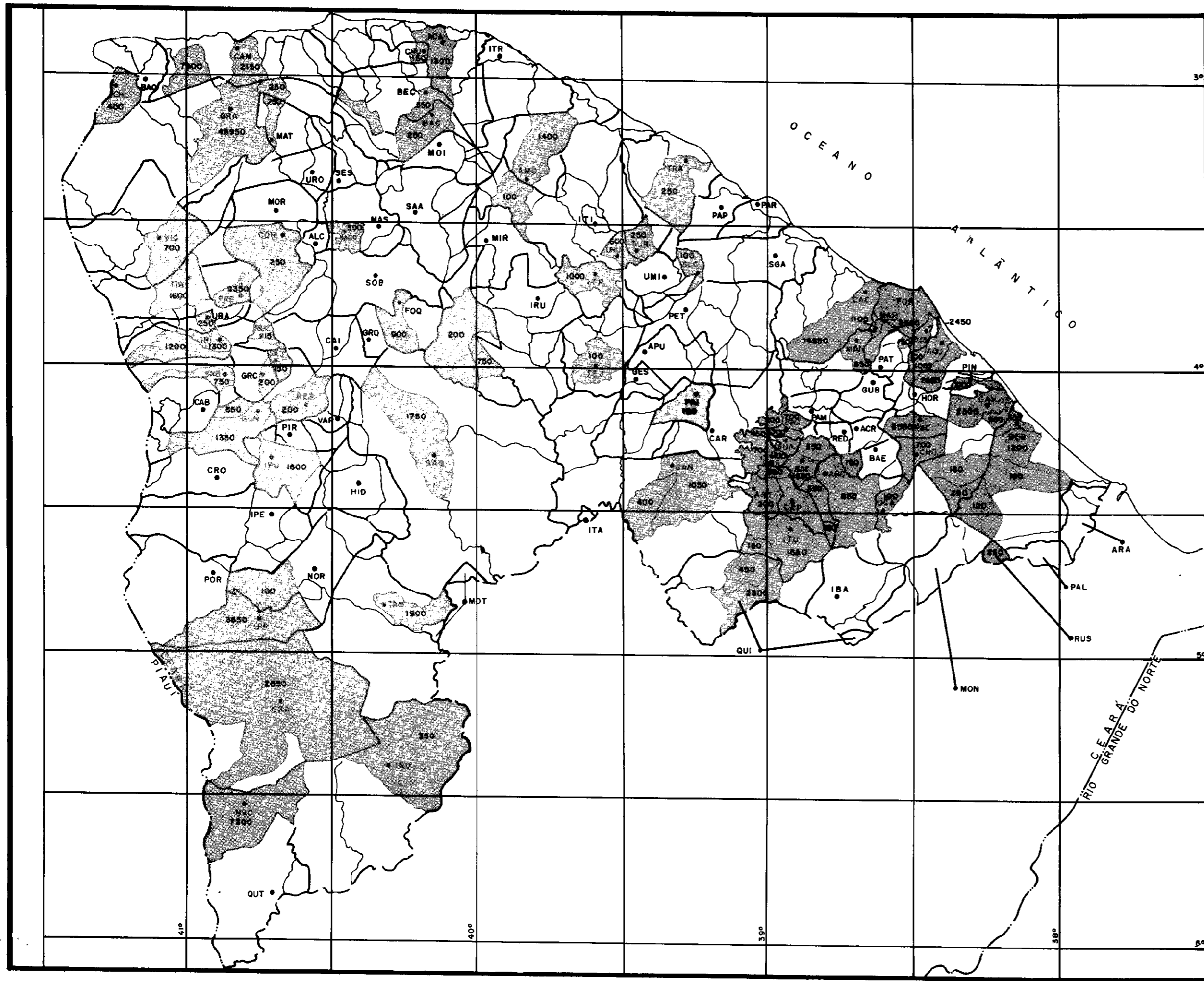


QUADRO 4 4

## PLANEJAMENTO DAS AÇÕES POR MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m <sup>3</sup> )					
	POÇOS		PERENIZAÇÃO		AÇUDAGEM	
	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO
ACARAPÉ	-	300	-	-	470	670
ACARAÍ	600	600	1300	2500	-	-
AI CANTARAS	500	550	-	-	110	150
AMONTADA	600	800	1400	2700	20	170
APIARÉS	150	400	-	-	-	30
AQUIRÁZ	4850	4850	4100	6000	920	920
ARACOIABA	400	450	850	2700	440	450
ARATUJA	450	500	200	200	50	60
BARRERA	350	350	-	-	-	10
BARROQUINHA	400	450	-	-	-	40
BATURITÉ	350	500	3300	5200	20	110
BEBERIBÓ	1000	1000	1550	8750	10	20
BEIA CRUZ	450	700	950	2500	60	280
CAMOCIM	2450	2500	10050	10050	30	90
CANINDÉ	1050	2050	1450	1800	720	1760
CAPISTRANO	250	400	1100	2100	10	80
CARIDADE	400	450	-	300	170	240
CARIRÉ	150	300	-	-	-	130
CARNAUBAÍ	200	200	-	1300	50	70
CASCAVEL	2800	5050	3850	7100	350	480
CAUCAIA	3000	4550	14550	17000	260	700
CHAVAI	500	600	400	400	-	90
CHOROZINHO	300	350	700	700	-	80
CORFEL	300	300	250	250	70	170
CRATEÚS	250	250	2650	44500	-	830
CROATÁ	650	650	-	-	90	220
CRUZ	600	600	150	350	-	-
EUSÉBIO	250	250	2450	2500	-	-
FORQUILHA	-	400	900	4500	-	220
FORTALEZA	-	1750	83590	129600	-	-
FRECHEIRINHA	450	500	9350	9350	1380	1380
GENERAL SAMPALHA	-	-	-	-	-	-
GRAÇA	500	700	200	200	20	40
GRANJA	850	1700	49200	96750	350	480
GROAÍRAS	250	400	-	100	-	-
GUAIJUBA	400	450	-	-	890	1120
GUARACIABA DO NORTE	1000	1000	1900	6050	100	210
GUARAMIRANGA	50	150	450	900	10	20
HIDROLÂNDIA	300	300	-	300	50	110
HORIZONTE	300	300	-	-	40	40
IBARETAMA	50	350	-	-	-	550
IBIAPINA	600	700	2500	6100	1970	2030
INDEPENDÊNCIA	350	400	350	1050	-	620
IPAPORANGA	250	450	3850	7200	-	220

000357



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORÁUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDENÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GRORÁRÁS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUQUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUÇUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITP	URUOCA	URO
ITAPIUNA	ITU	VAJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA *	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO I)

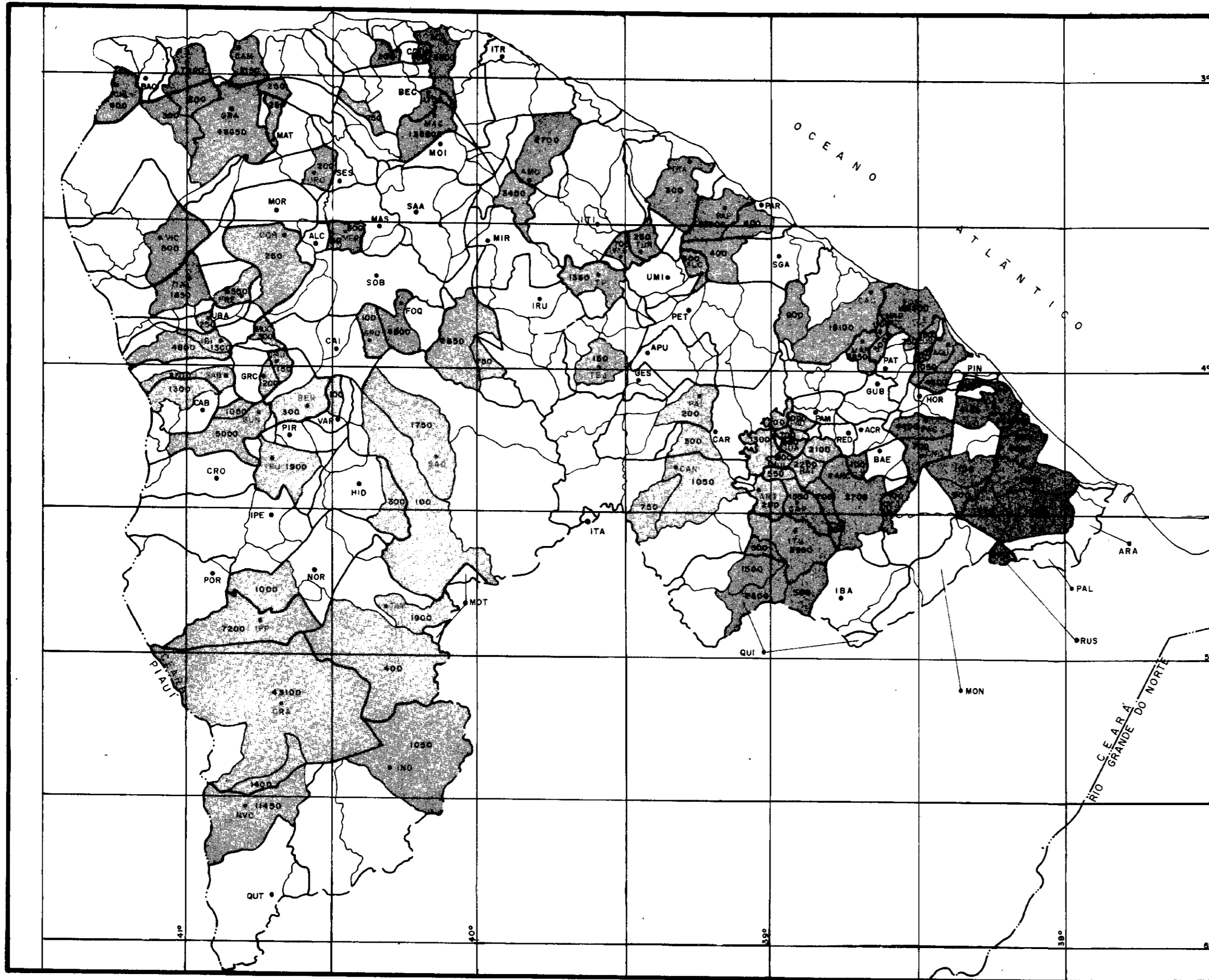
**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

000358

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
PERENIZAÇÃO**

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m<sup>3</sup>)  
HORIZONTE: 2000 SITUAÇÃO: ANO NORMAL



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAJ
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAD
CASCADEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÁUS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDENÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRG	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUIÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUÇUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	IFU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

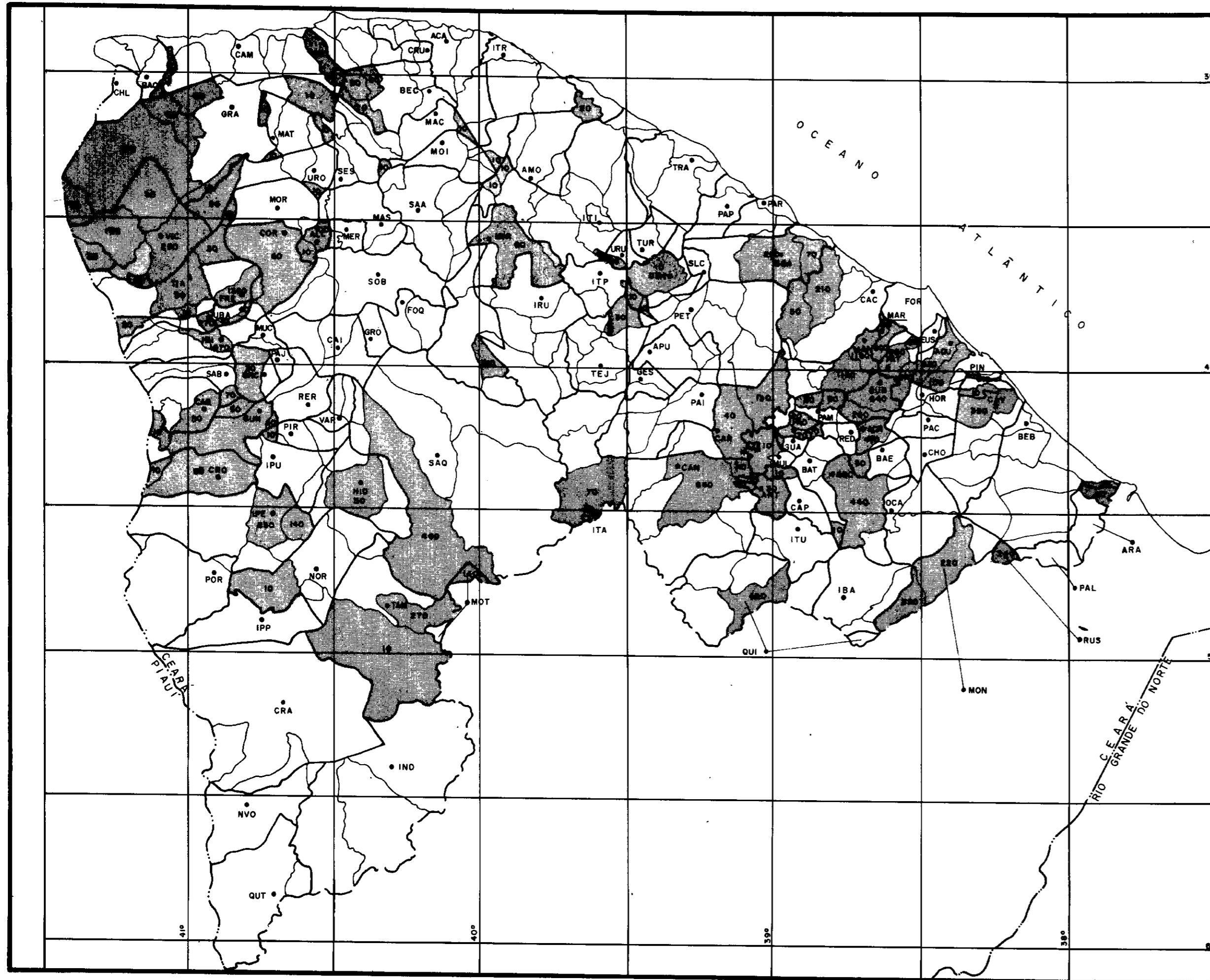
- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
PERENIZAÇÃO**

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m<sup>3</sup>)  
HORIZONTE . 2000 SITUAÇÃO . ANO SECO

000359





**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITERIA	SAQ
GRÓIARAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SA	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUCCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUÇUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	IFU	VARIJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

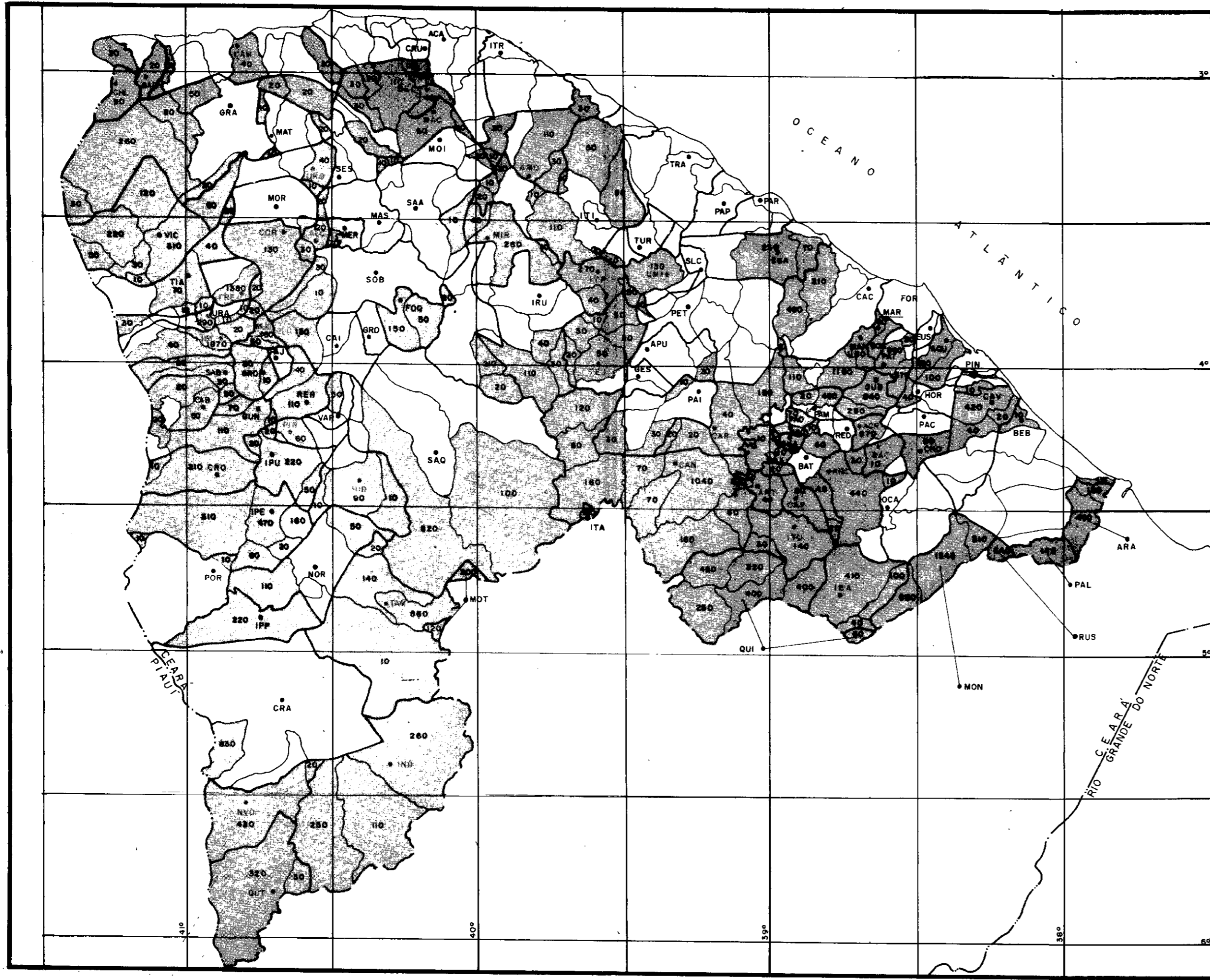
- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
PEQUENA E MÉDIA ACUDAGEM**

000360

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m<sup>3</sup>)

HORIZONTE: 2000 - SITUAÇÃO: ANO NORMAL



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCADEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMACIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATA	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAO
GROAÍRAS	GRD	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUQUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUÇUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIUNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\*SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- - - LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM**

000361

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m<sup>3</sup>)

HORIZONTE: 2000- SITUAÇÃO: ANO SECO



## QUADRO 4 4 (cont.)

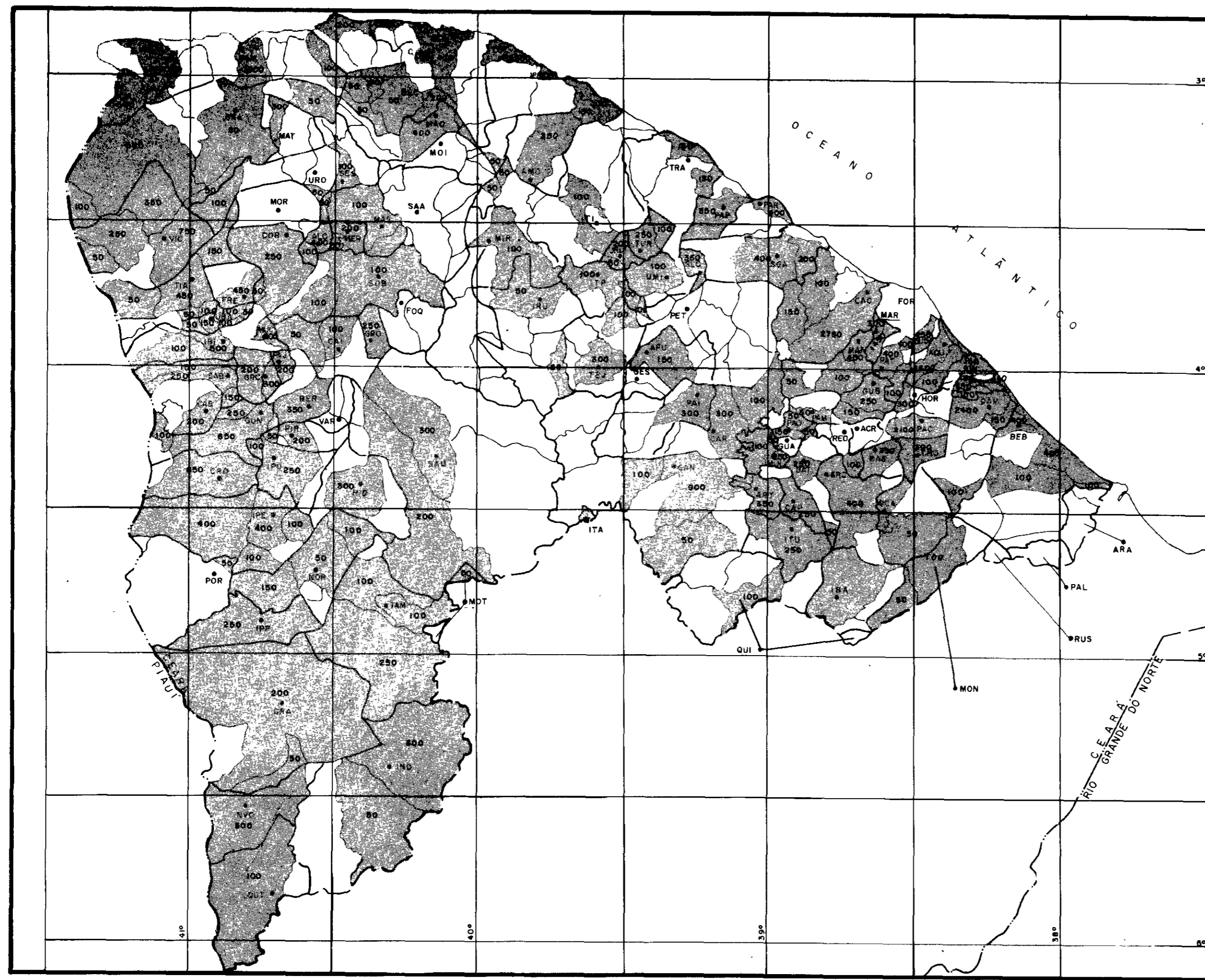
## PLANEJAMENTO DAS AÇÕES POR MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m <sup>3</sup> )					
	POÇOS		PERENIZAÇÃO		AÇUDAGEM	
	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO
IPIU	400	700	1600	1900	10	310
IPUCIRAS	1000	1150	-	-	370	1020
IRAUCUBA	100	300	-	-	-	200
ITAJAÍ	500	700	1000	1350	20	510
ITAPIPOCA	200	750	100	3450	30	300
ITAPIUNA	250	400	1800	4200	-	170
ITAREMA	18350	18450	-	-	10	40
MARAGANAÍ	1750	1750	4050	4100	630	630
MARANGUAPE	600	600	5650	5650	2340	2470
MARCO	450	450	250	138800	10	100
MARTINÓPOLIS	300	300	250	250	20	20
MASSAPÉ	200	250	-	-	-	20
MERUOCA	250	250	500	950	70	70
MIRAIMA	100	200	-	-	90	330
MORAÚJO	-	-	-	-	-	70
MORRINHOS	-	-	-	-	-	30
MUCAMBO	300	500	150	300	-	110
MUNGUÁ	350	350	900	2000	10	20
NOVA RUSSAS	300	300	100	1000	10	160
NOVO ORIENTE	300	1100	7300	11450	-	450
OCARA	300	300	100	100	-	-
PACAJUIS	2100	3900	3550	4400	-	-
PACATUBA	600	600	750	750	1470	1470
PACOTI	200	250	1400	1700	190	400
PACUJÁ	200	200	150	150	-	-
PAIMÃO	50	150	-	-	170	560
PARACURU	400	400	-	400	-	-
PARAIPABA	350	3550	-	27800	-	1520
PARAMOTI	300	450	150	200	-	70
PENTECOSTE	-	-	-	-	-	-
PINDORÉTAMA	500	500	1000	1000	20	20
PIRES FERREIRA	200	250	-	-	-	60
PORANGA	50	50	-	-	-	20
QUITERIANÓPOLIS	100	650	-	-	-	350
REDENÇÃO	100	100	100	100	30	30
REFRUTADA	350	500	200	300	-	150
SANTANA DO ACARAÍ	-	-	-	-	10	20
SANTA QUITERIA	500	600	1750	1850	460	920
SÃO BENEDITO	550	550	750	3100	70	180
SÃO GONÇALVES DO AMARANTE	600	600	-	400	290	300
SÃO LUIS DO CURU	350	350	100	300	-	-
SENADOR SA	100	100	-	-	10	20
SORRAI	200	250	950	3600	210	270
TAMBORÍ	450	750	1900	2300	280	1030

QUADRO 4.4 (cont.)

PLANEJAMENTO DAS AÇÕES POR MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m <sup>3</sup> )					
	POÇOS		PERENIZAÇÃO		ACUMULAÇÃO	
	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO
TEJUÇUOCA	400	550	100	150	30	190
TIANGUA	900	900	1600	1650	100	150
TRAIRI	150	200	250	300	-	-
TURURU	350	350	250	250	-	-
UBA JARA	450	450	250	250	340	370
UMIRIM	100	100	-	-	10	130
URUBURETAMA	250	250	600	700	10	10
URUOCA	150	300	-	200	40	100
VARJOTA	-	50	-	100	-	50
VICOSA DO CARÁ	1400	1400	700	800	550	740
TOTAL (1)	67000	87200	243790	609250	16570	31050
ARACATI	-	200	-	-	60	530
ITATIRA	50	50	-	-	120	120
MONSENHOR TABOSA	50	100	-	-	140	320
MORADA NOVA	150	250	-	-	540	2330
PAIPIANI	-	-	-	-	-	140
QUIXADA	100	900	2950	4550	400	1910
RUSSAS	-	-	250	600	240	240
TOTAL (2)	350	1500	3200	5150	1500	5590
TOTAL (1 + 2)	67350	88700	246990	614400	18070	36640



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI *	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA *	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA *	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANA *	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSEBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ *	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDENÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS *	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROÁIRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA *	ITA		

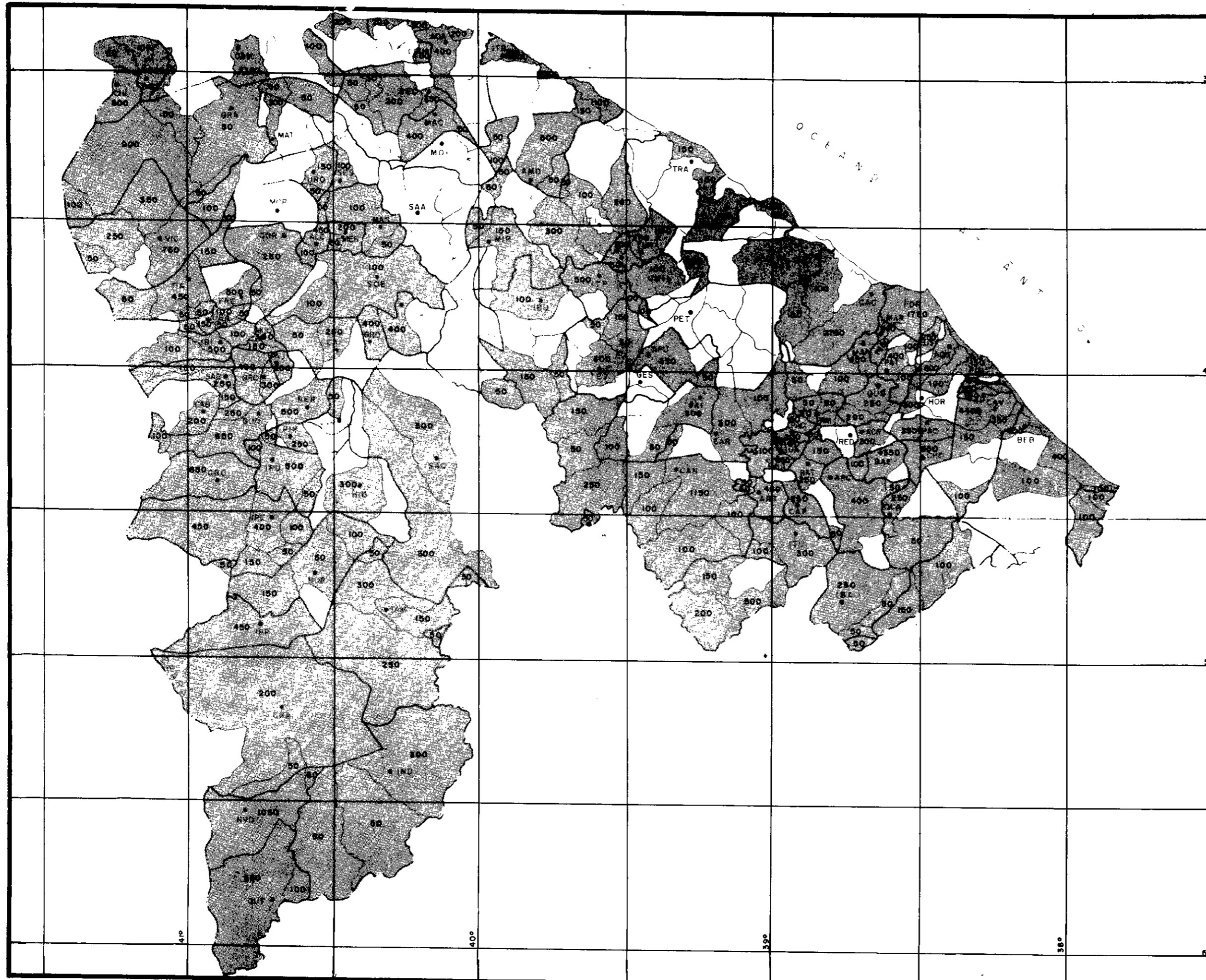
\*SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
POÇOS**

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1.000M³)  
HORIZONTE. 2000 SITUAÇÃO ANO NORMAL



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APUIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOCA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAÚJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBE	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJÁ	PAJ
CASCADEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHERINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAÍUBA	GUE	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUÇUOCA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAPAJÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIPOCA	ITI	URUOCA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

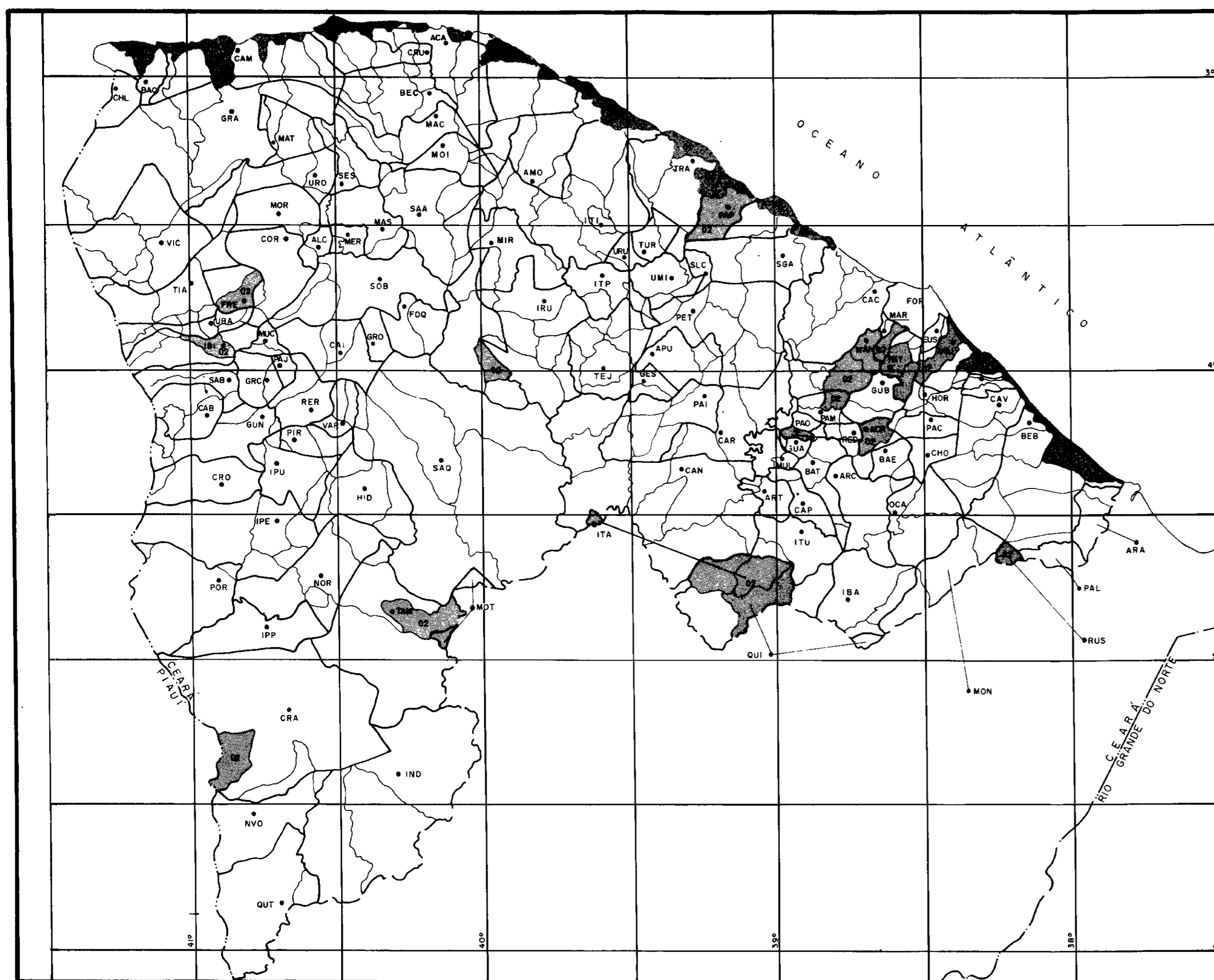
\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO I)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S

**PLANEJAMENTO DISTRIBUÍDO  
POÇOS**

VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m³)  
HORIZONTE: 2000 SITUAÇÃO ANO SECO



**CÓDIGO DOS MUNICÍPIOS**

ACARAPE	ACR	MARACANAÚ	MAR
ACARAÚ	ACA	MARANGUAPE	MAN
ALCANTARAS	ALC	MARCO	MAC
AMONTADA	AMO	MARTINÓPOLE	MAT
APIARÉS	APU	MASSAPÉ	MAS
AQUIRAZ	AQU	MERUOÇA	MER
ARACATI	ARA	MIRAIMA	MIR
ARACOIABA	ARC	MONSENHOR TABOSA	MOT
ARATUBA	ART	MORADA NOVA	MON
BARREIRA	BAE	MORAUJO	MOR
BARROQUINHA	BAQ	MORRINHOS	MOI
BATURITÉ	BAT	MUCAMBO	MUC
BEBERIBÉ	BEB	MULUNGU	MUL
BELA CRUZ	BEC	NOVA RUSSAS	NOR
CAMOCIM	CAM	NOVO ORIENTE	NVO
CANINDÉ	CAN	OCARA	OCA
CAPISTRANO	CAP	PACAJUS	PAC
CARIDADE	CAR	PACATUBA	PAT
CARIRÉ	CAI	PACOTI	PAO
CARNAUBAL	CAB	PACUJA	PAJ
CASCAVEL	CAV	PALHANO	PAL
CAUCAIA	CAC	PALMÁCIA	PAM
CHAVAL	CHL	PARACURU	PAR
CHOROZINHO	CHO	PARAIPABA	PAP
COREAÚ	COR	PARAMOTI	PAI
CRATEÚS	CRA	PENTECOSTE	PET
CROATÁ	CRO	PINDORETAMA	PIN
CRUZ	CRU	PIRES FERREIRA	PIR
EUSÉBIO	EUS	PORANGA	POR
FORQUILHA	FOQ	QUITERIANÓPOLIS	QUT
FORTALEZA	FOR	QUIXADÁ	QUI
FRECHEIRINHA	FRE	REDEÇÃO	RED
GENERAL SAMPAIO	GES	RERIUTABA	RER
GRAÇA	GRC	RUSSAS	RUS
GRANJA	GRA	SANTA QUITÉRIA	SAQ
GROAÍRAS	GRO	SANTANA DO ACARAÚ	SAA
GUAIÚBA	GUB	SÃO BENEDITO	SAB
GUARACIABA DO NORTE	GUN	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	SGA
GUARAMIRANGA	GUA	SÃO LUÍS DO CURU	SLC
HIDROLÂNDIA	HID	SENADOR SÁ	SES
HORIZONTE	HOR	SOBRAL	SOB
IBARETAMA	IBA	TAMBORIL	TAM
IBIAPINA	IBI	TEJUOÇA	TEJ
INDEPENDÊNCIA	IND	TIANGUÁ	TIA
IPAPORANGA	IPP	TRAIRI	TRA
IPU	IPU	TURURU	TUR
IPUEIRAS	IPE	UBAJARA	UBA
IRAUCUBA	IRU	UMIRIM	UMI
ITAJAÉ	ITP	URUBURETAMA	URU
ITAPIOCA	ITI	URUOÇA	URO
ITAPIÚNA	ITU	VARJOTA	VAR
ITAREMA	ITR	VIÇOSA DO CEARÁ	VIC
ITATIRA	ITA		

\* SEDE LOCALIZADA NA BACIA DO JAGUARIBE (BLOCO 1)

**CONVENÇÕES**

- SEDE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- LIMITE INTERESTADUAL
- - - LIMITE ENTRE BLOCO 2 E BLOCO 1
- LIMITE DAS UB'S
- REGIÃO DOS FLED'S
- SATURAÇÃO COM A PROGRAMAÇÃO

**REGIÕES COM POTENCIAL ESGOTADO PARA  
PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM**

ANO . 2000

MAPA 4.4

000366

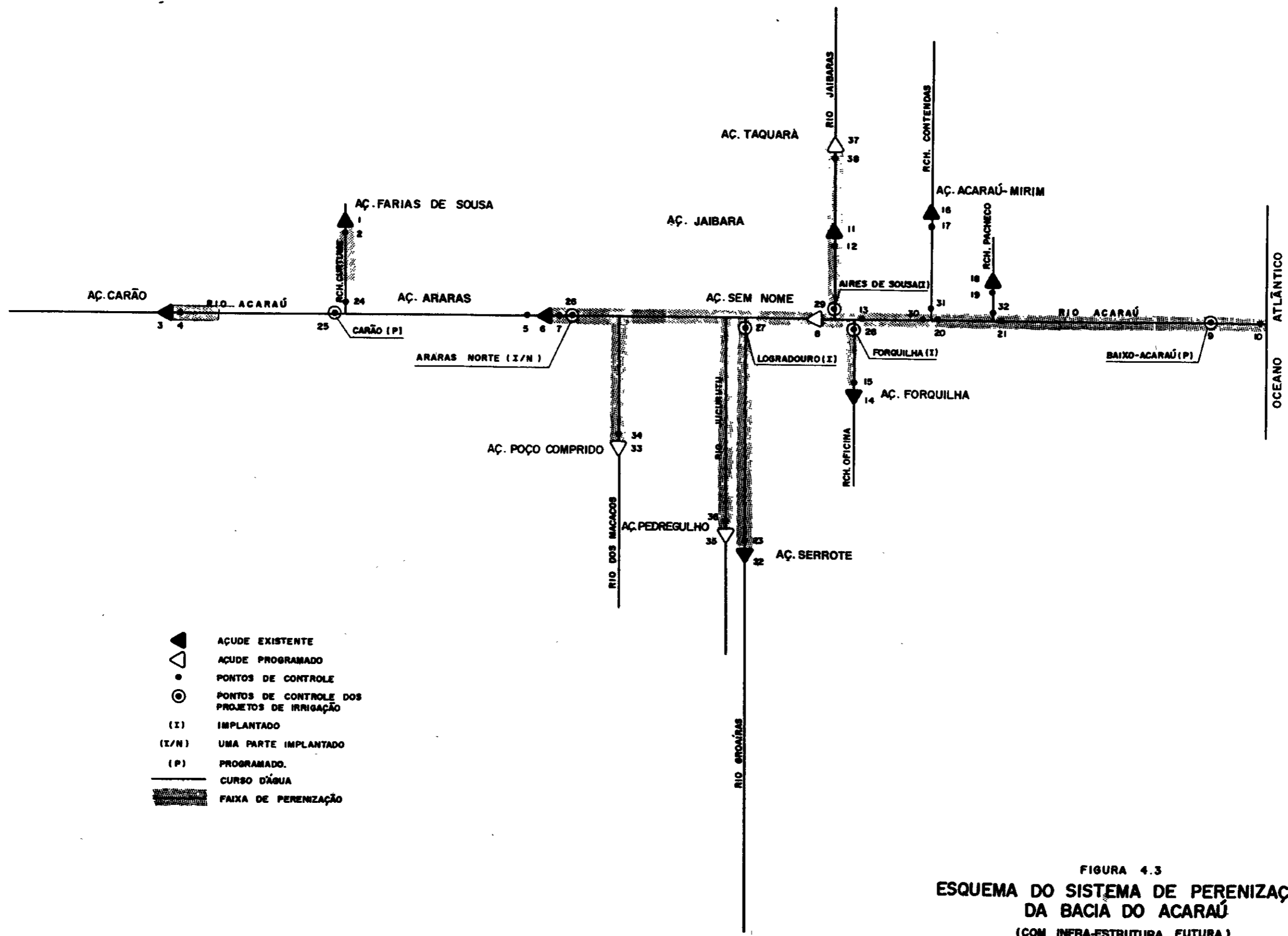


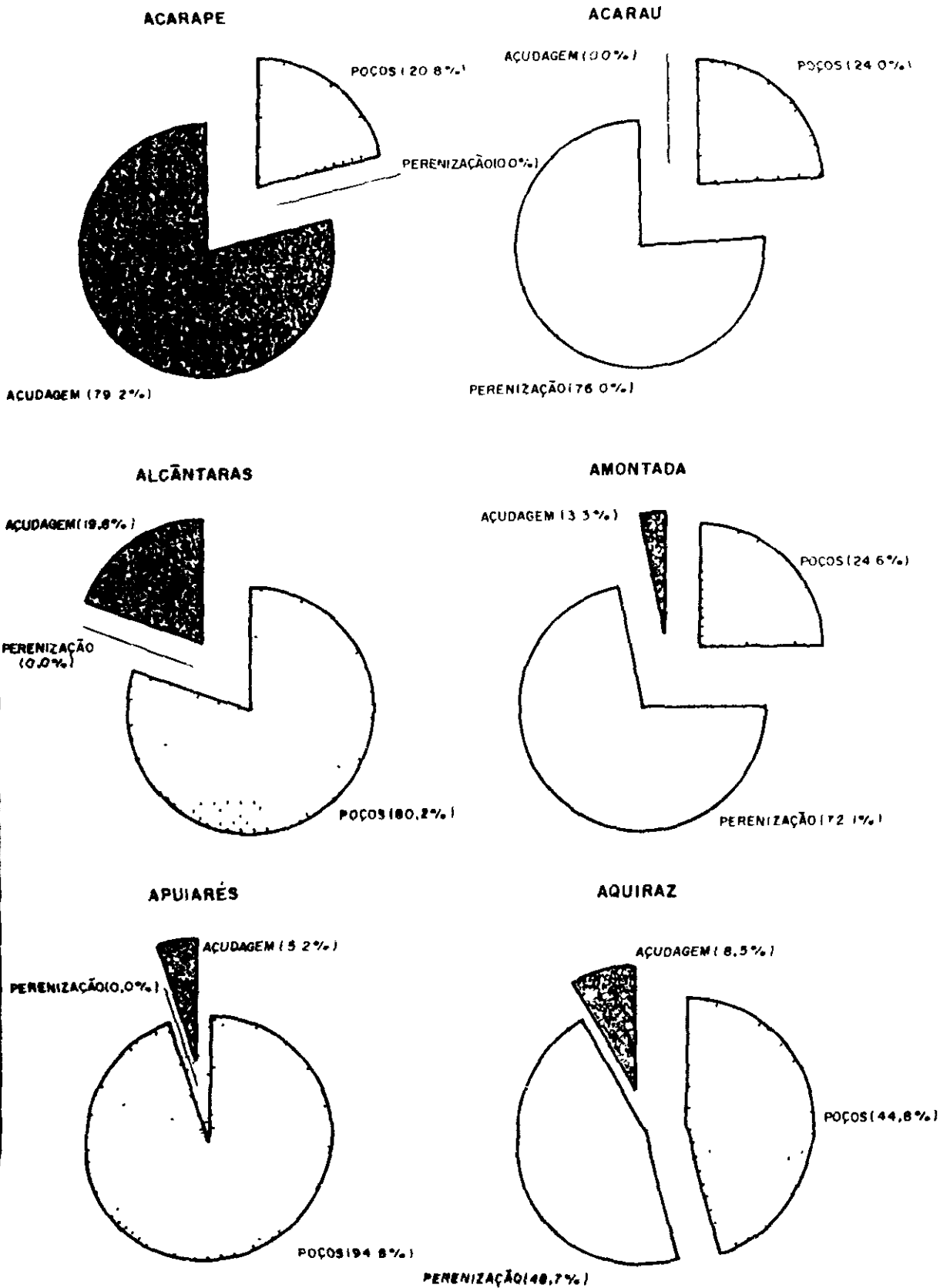
FIGURA 4.3  
**ESQUEMA DO SISTEMA DE PERENIZAÇÃO  
 DA BACIA DO ACARAÚ**  
 (COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA)



QUADRO 4 5  
 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES POR BACIA PRINCIPAL

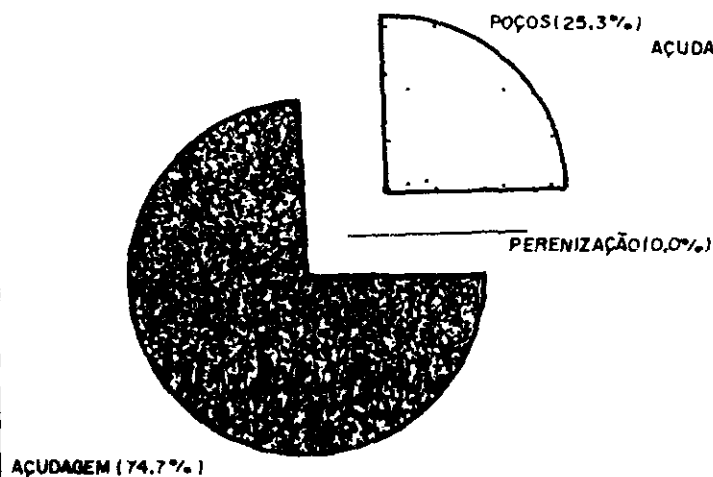
BACIA	VOLUMES ÚTEIS ANUAIS NECESSÁRIOS (1000 m <sup>3</sup> )					
	POÇOS		PERENIZAÇÃO		AÇUDAGEM	
	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO
CORFÁI	8450	9650	72200	120800	2620	3580
ACARAÍ	5950	8200	9800	155600	1330	4250
LITORAL	20300	21550	3550	11000	380	1280
CIURI	3900	8750	3600	34200	1110	4460
METROPOLITANAS	22650	32750	138390	210400	9820	16710
PARNAÍBA	6100	7800	19650	82400	2810	6360
T O T A L	67350	88700	246990	614400	18070	36640

FIGURAS 4.2  
**PLANEJAMENTO DAS AÇÕES**

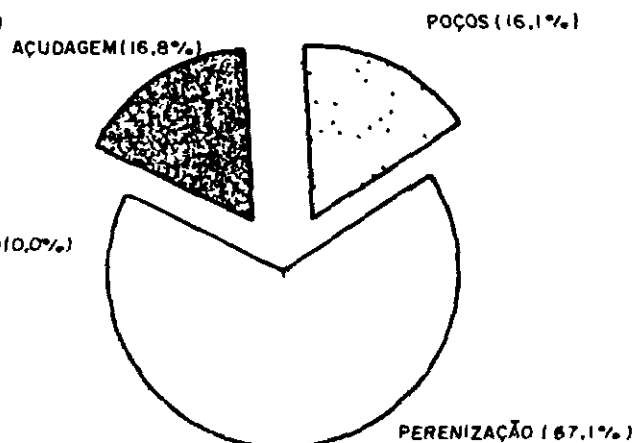


CONTINUAÇÃO

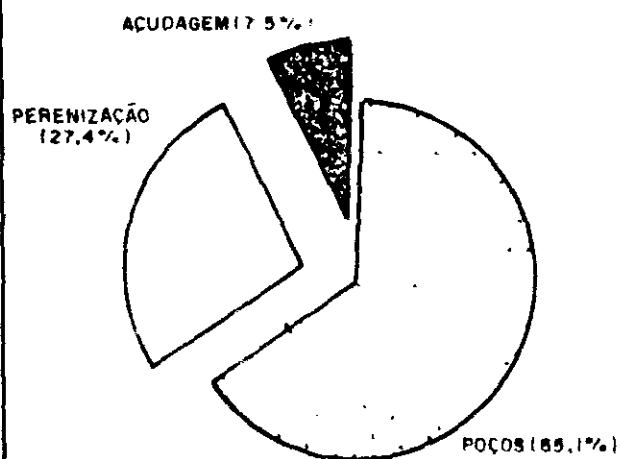
ARACATI



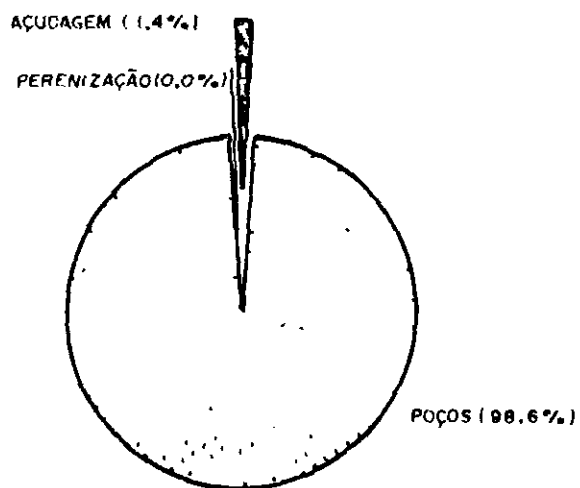
ARACOIABA



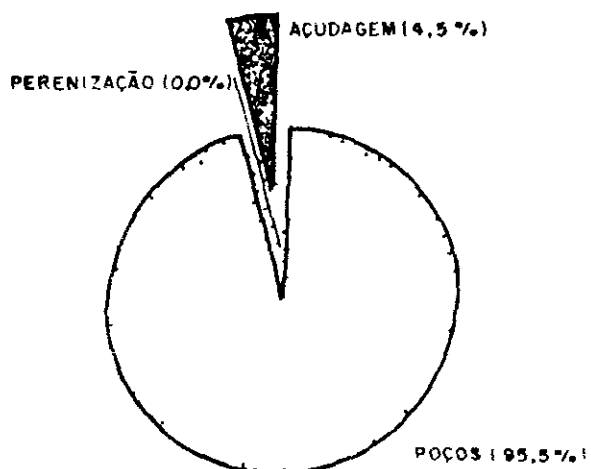
ARATUBA



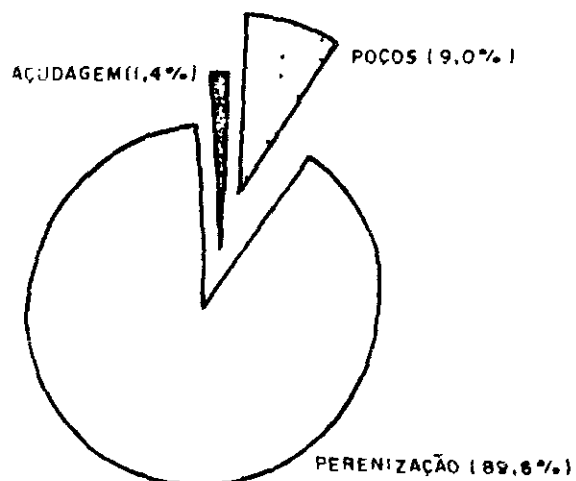
BARREIRA



BARROQUINHA

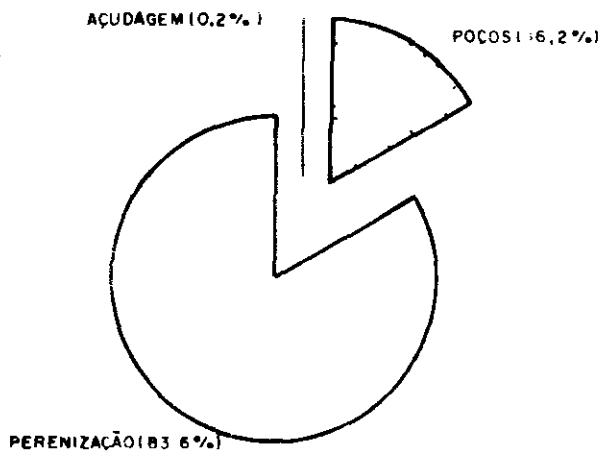


BATURITÉ

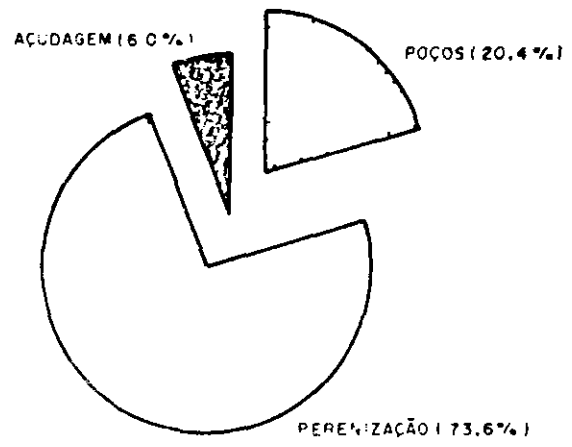


CONTINUAÇÃO

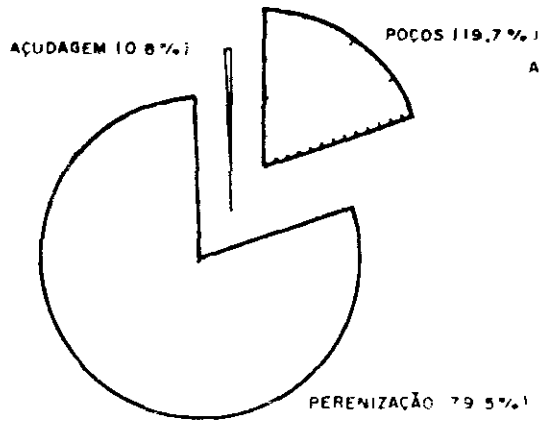
**BEBERIBE**



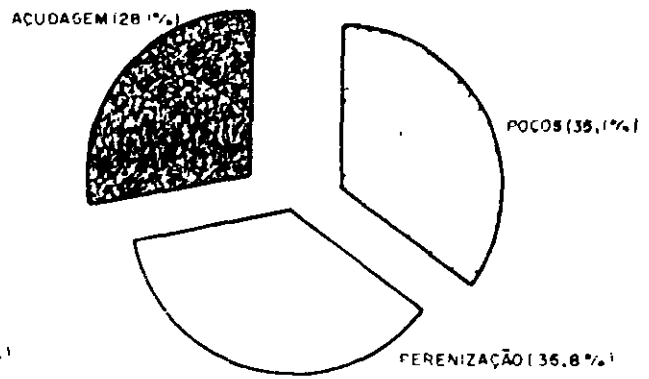
**BELA CRUZ**



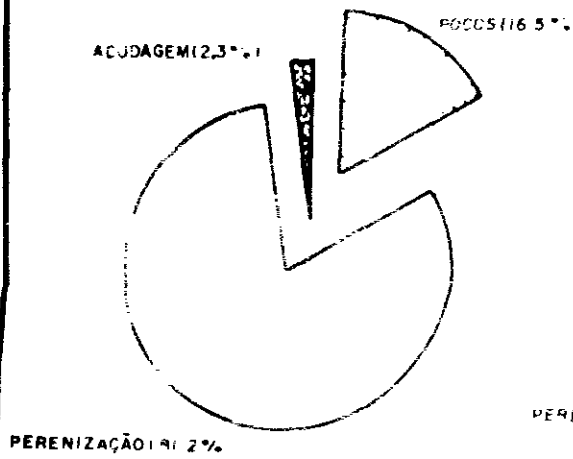
**CAMOCIM**



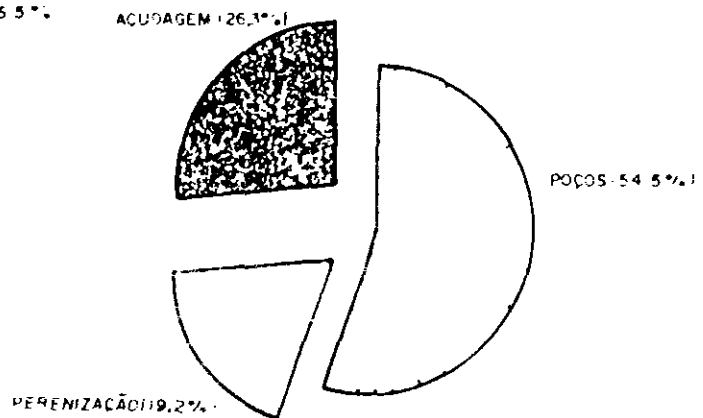
**CANINDE**



**CAPISTRANO**



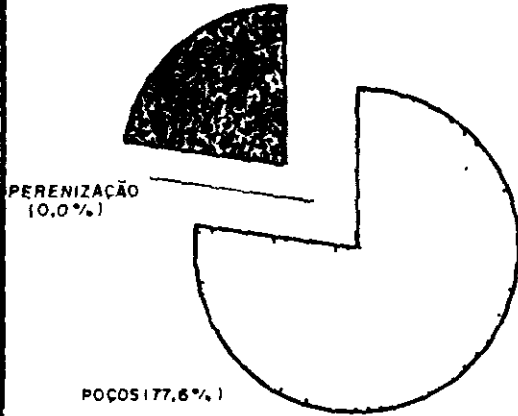
**CARIDADE**



CONTINUAÇÃO

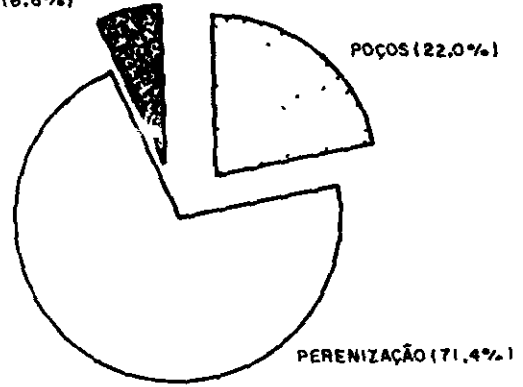
CARIRÉ

AÇUDAGEM (22,4%)



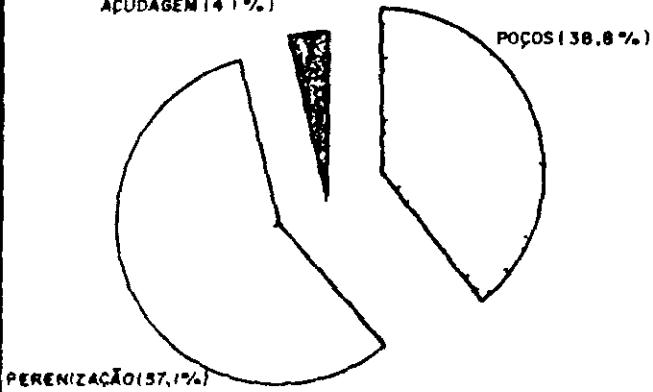
CARNAUBAL

AÇUDAGEM (6,8%)



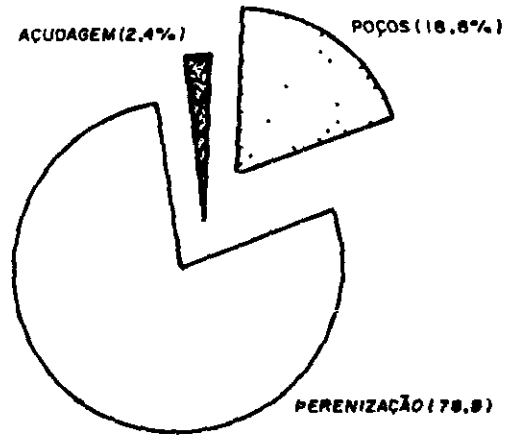
CASCAVEL

AÇUDAGEM (4,1%)



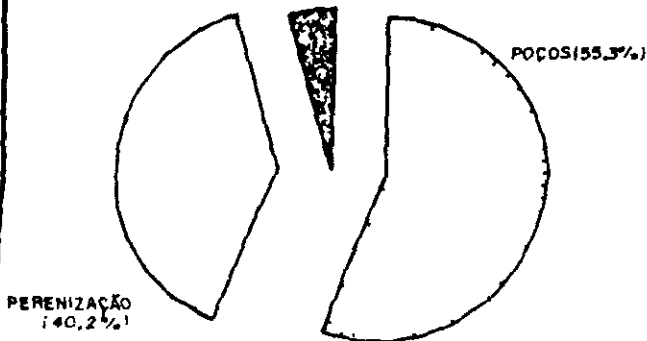
CAUCAIA

AÇUDAGEM (2,4%)



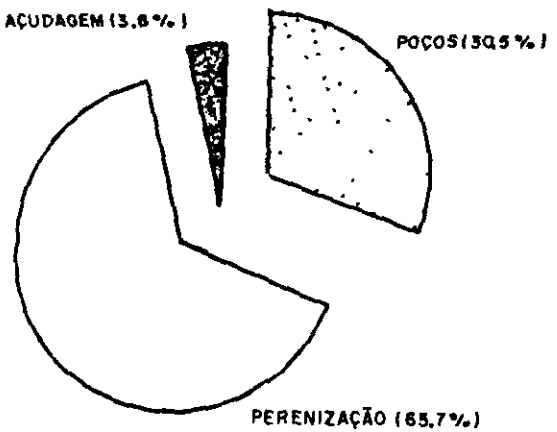
CHAVAL

AÇUDAGEM (4,3%)



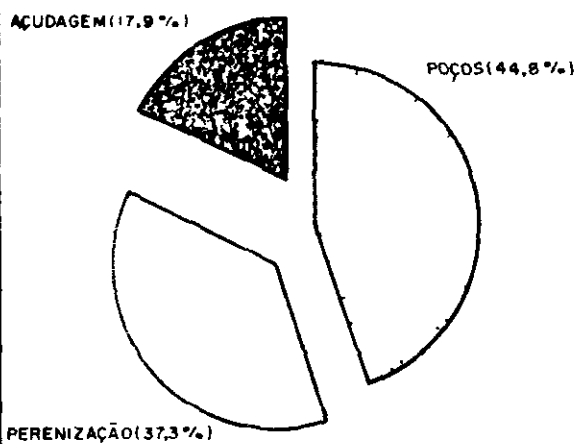
CHOROZINHO

AÇUDAGEM (3,8%)

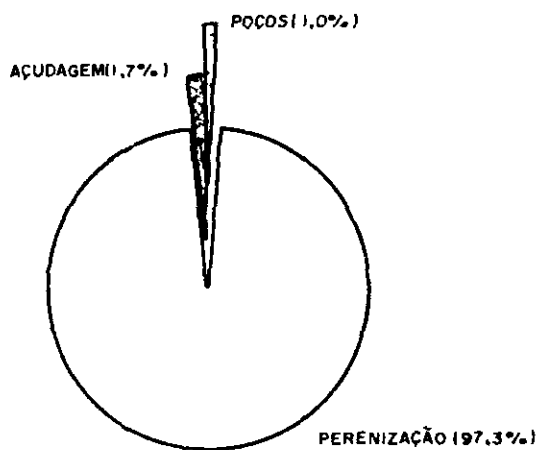


CONTINUAÇÃO

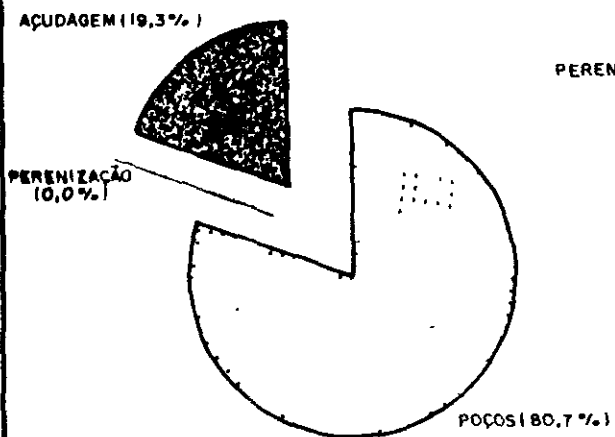
COREAÚ



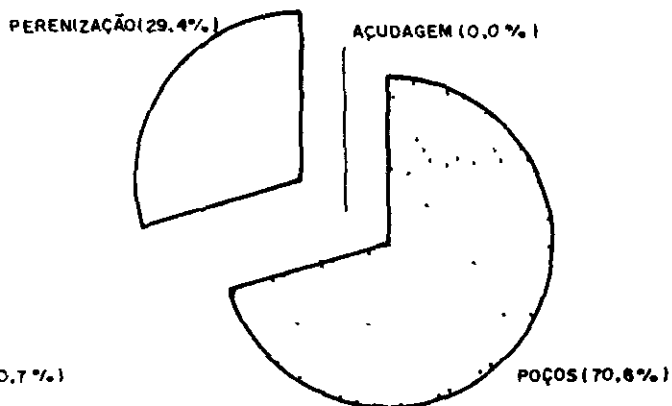
CRATEÚS



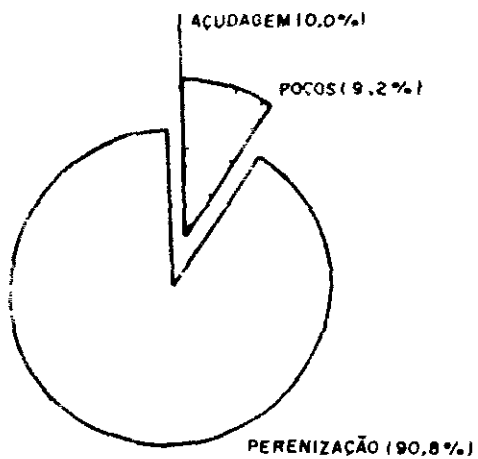
CROATA



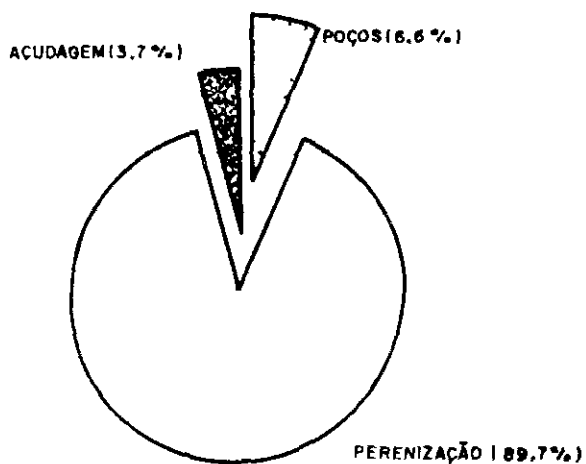
CRUZ



EUSÉBIO



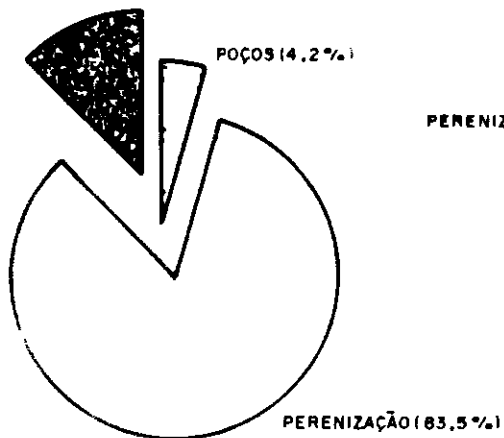
FORQUILHA



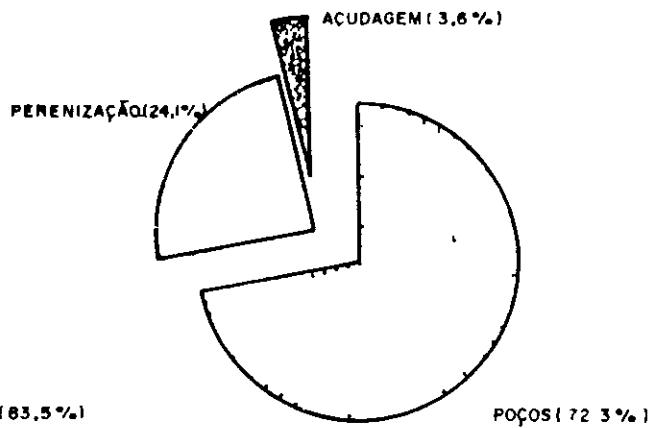
CONTINUAÇÃO

**FRECHEIRINHA**

AÇUDAGEM (2,3%)

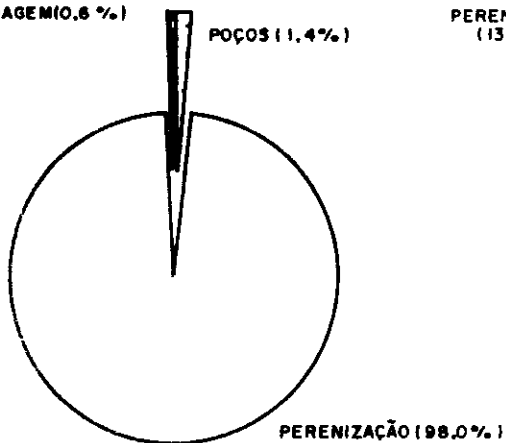


**GRAÇA**



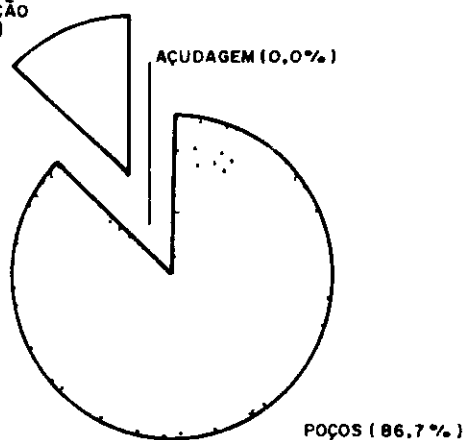
**GRANJA**

AÇUDAGEM (0,6%)

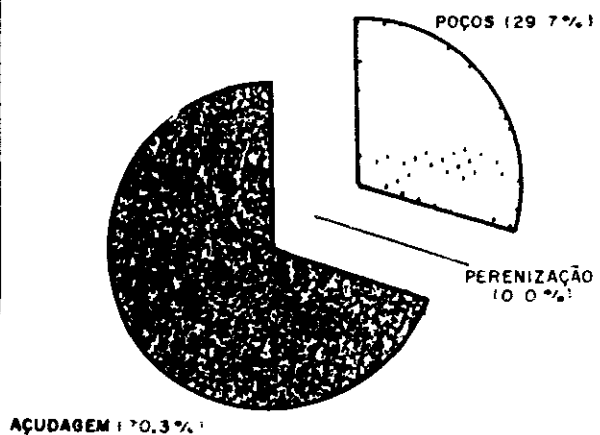


**GROAÍRAS**

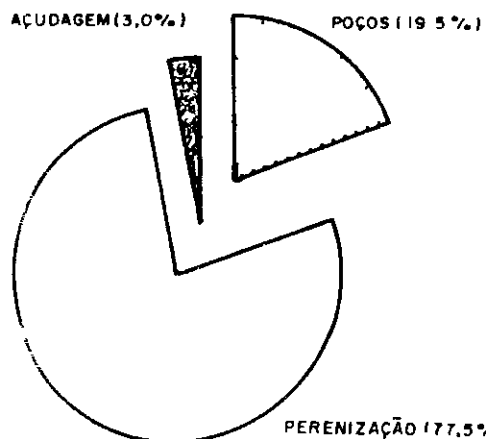
PERENIZAÇÃO (13,3%)



**QUAIÚBA**

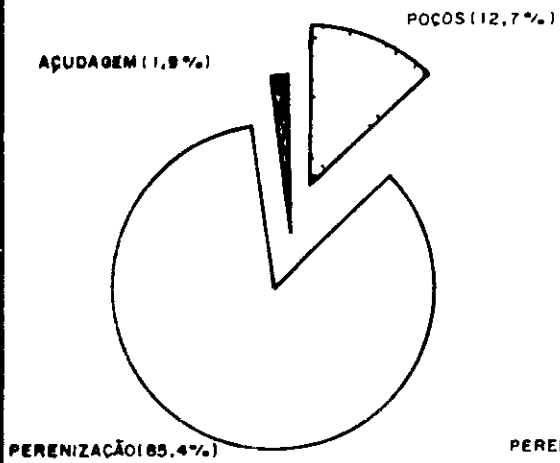


**GUARACIABA DO NORTE**

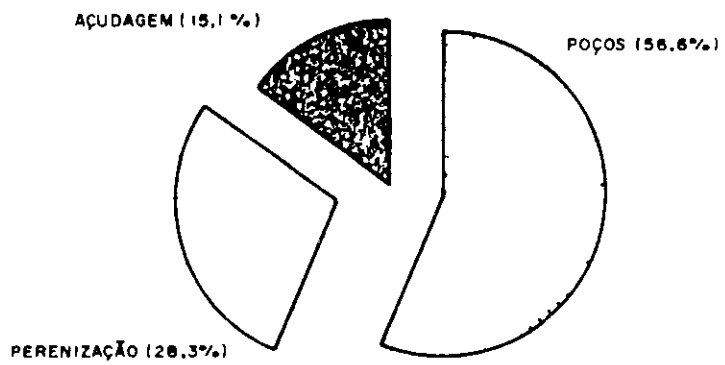


CONTINUAÇÃO

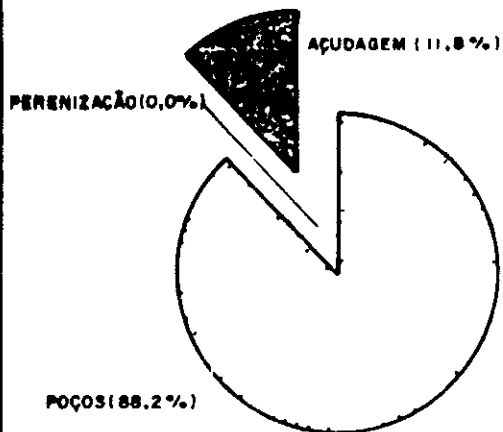
**GUARAMIRANGA**



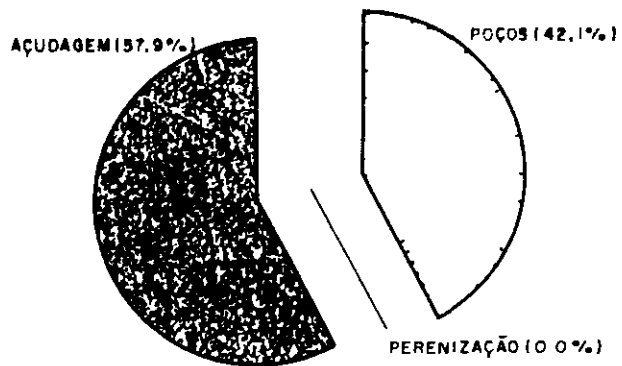
**HIDROLÂNDIA**



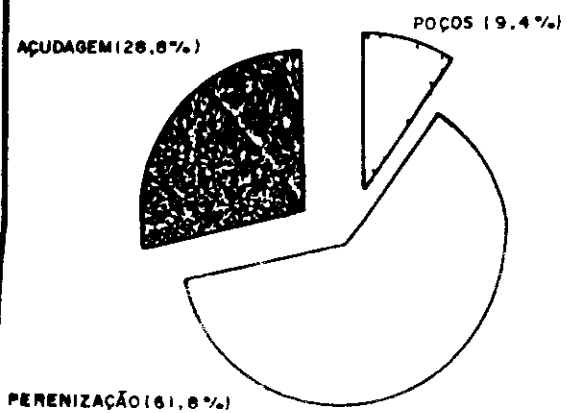
**HORIZONTE**



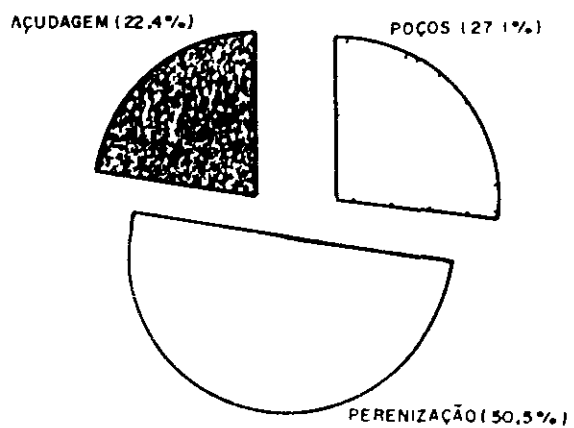
**IBARETAMA**



**IBIAPINA**



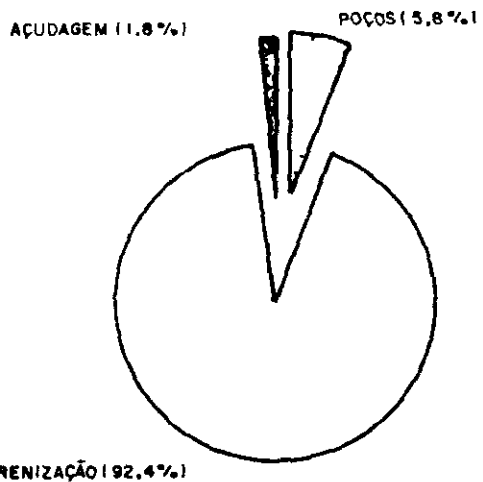
**INDEPENDÊNCIA**



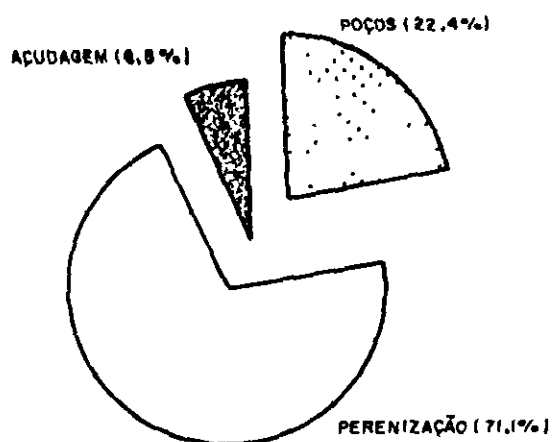


CONTINUAÇÃO

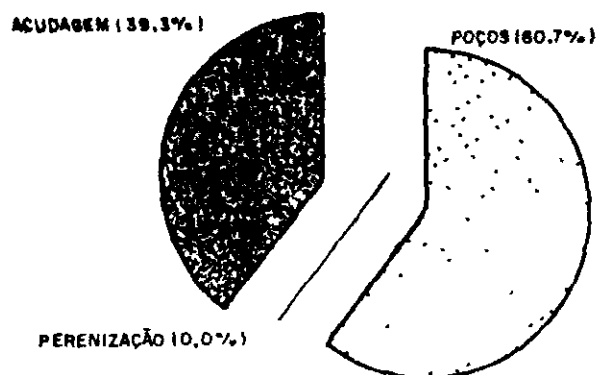
**IPAPORANGA**



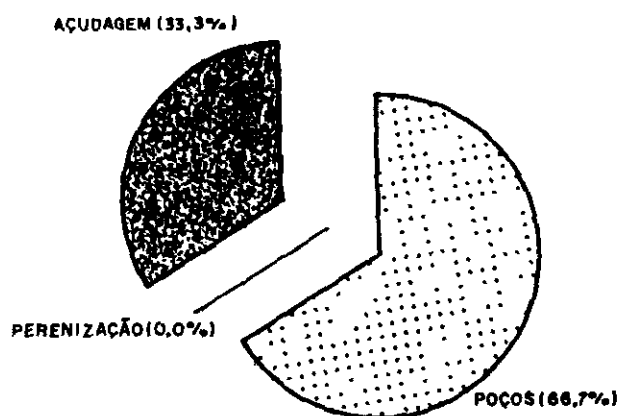
**IPU**



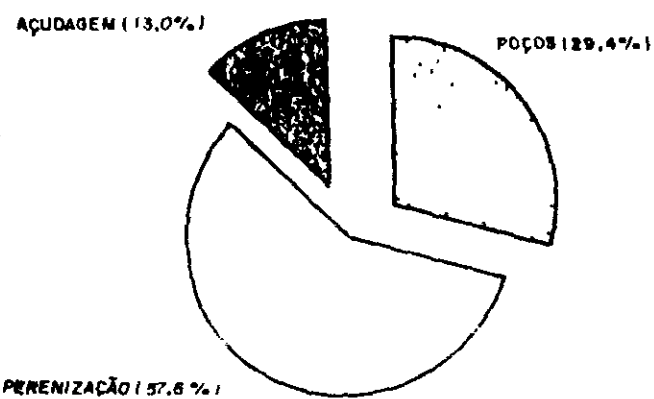
**IPUEIRAS**



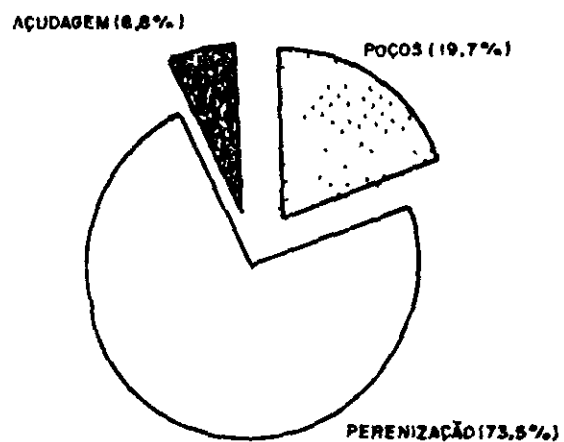
**IRAUCUBA**



**ITAPAGÉ**

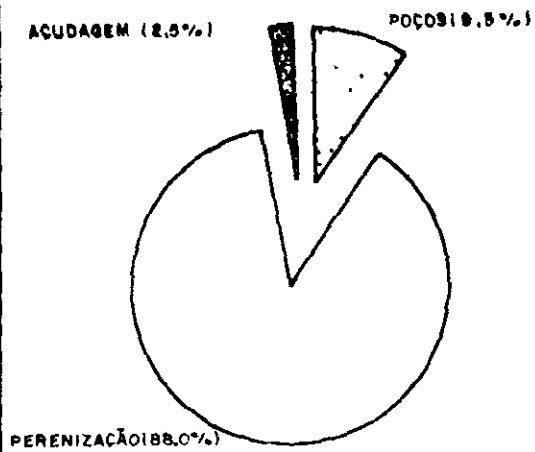


**ITAPIPOCA**

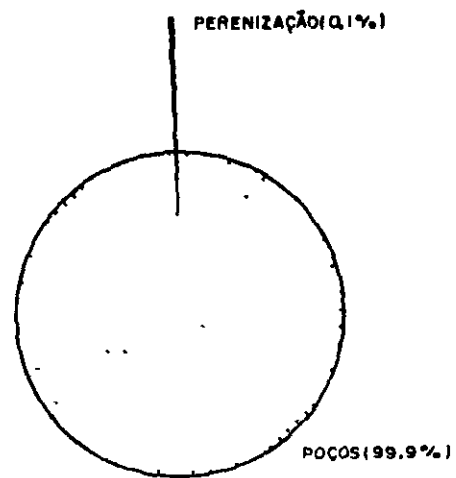


CONTINUAÇÃO

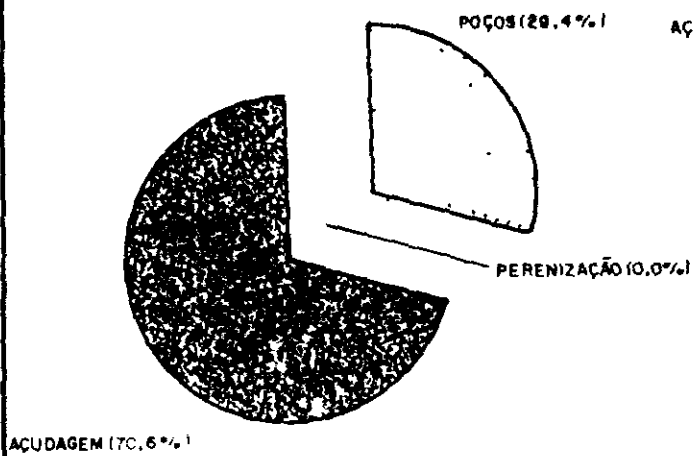
ITAPIÚNA



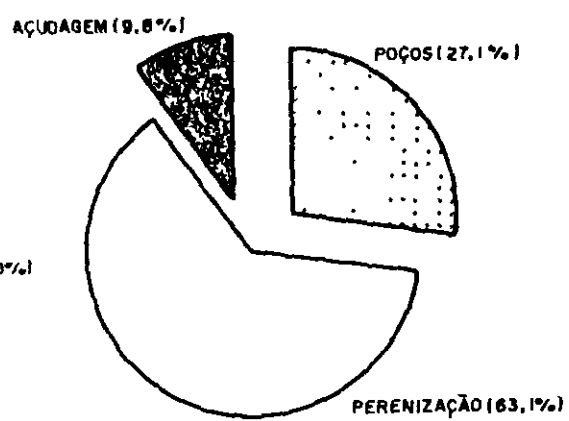
ITAREMA



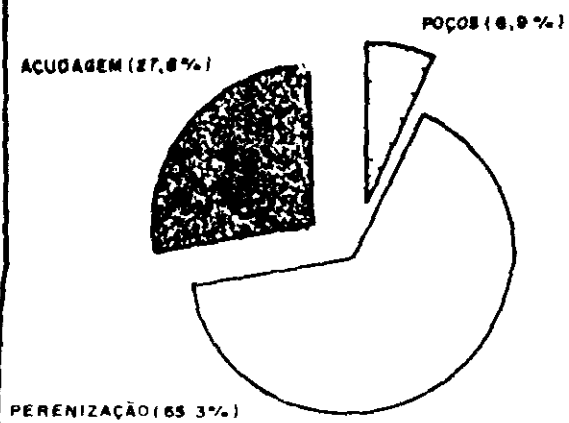
ITATIRA



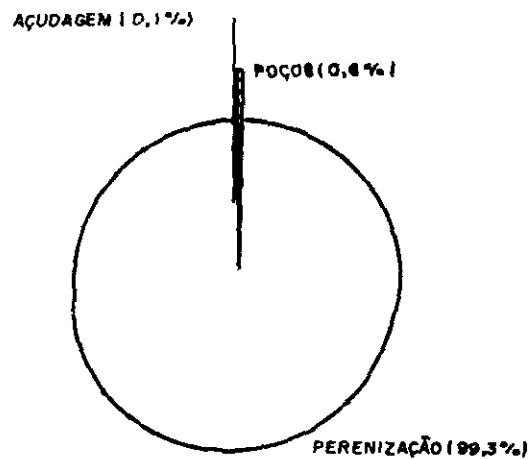
MARACANAÚ



MARANGUAPE

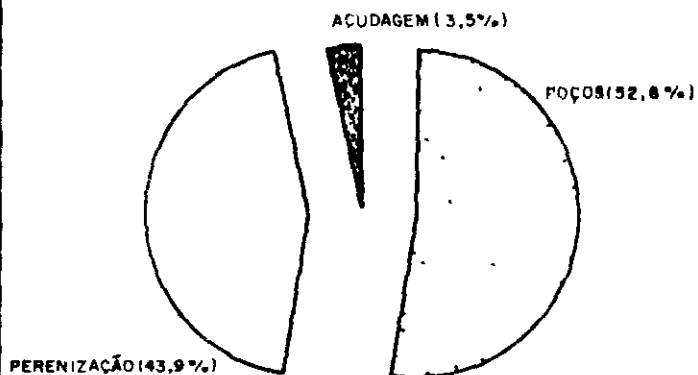


MARCO

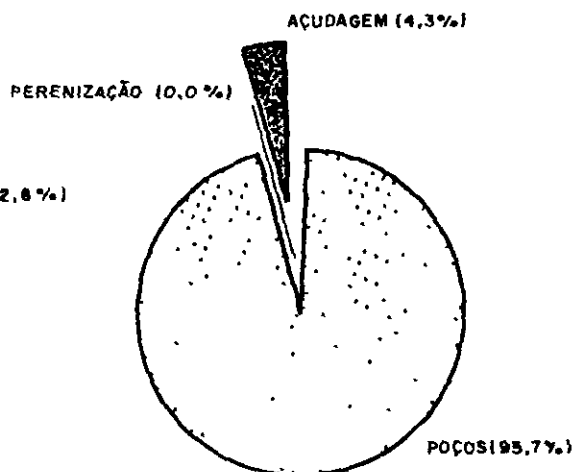


CONTINUAÇÃO

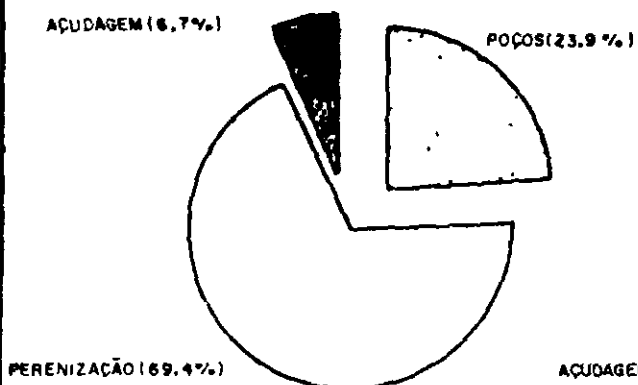
MARTINÓPOLE



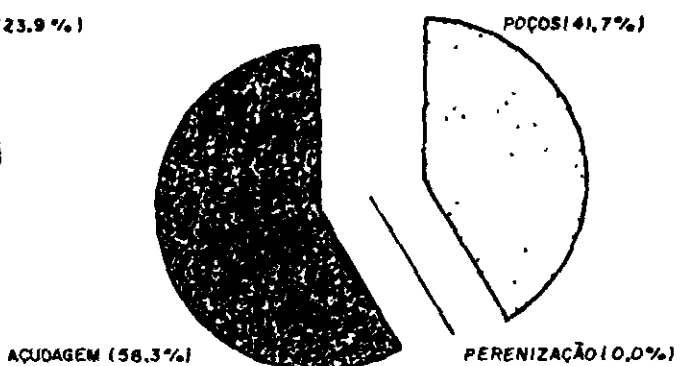
MASSAPÉ



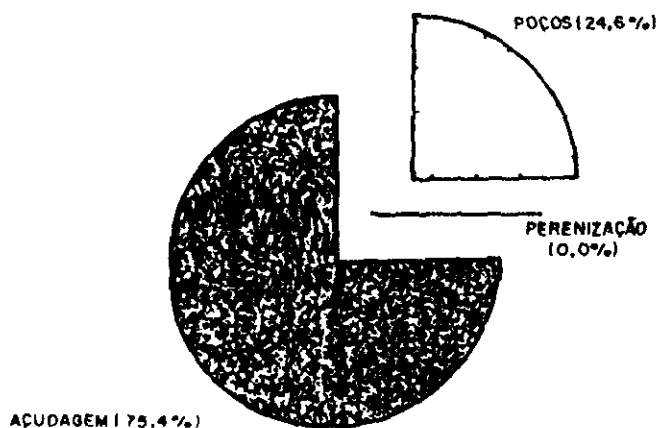
MERUOCA



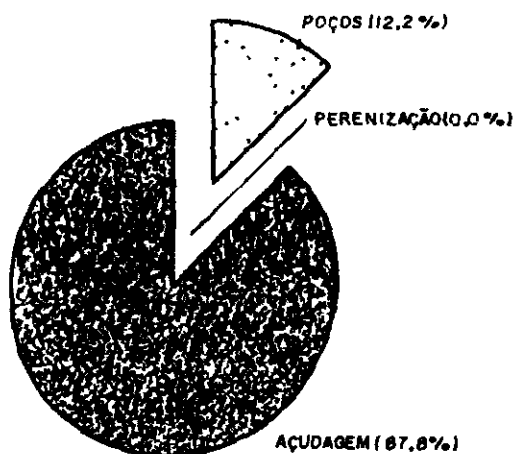
MIRAIMA



MONSENHOR TABOSA

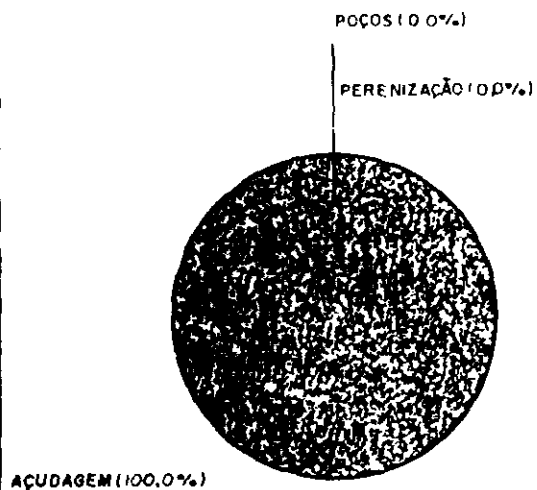


MORADA NOVA

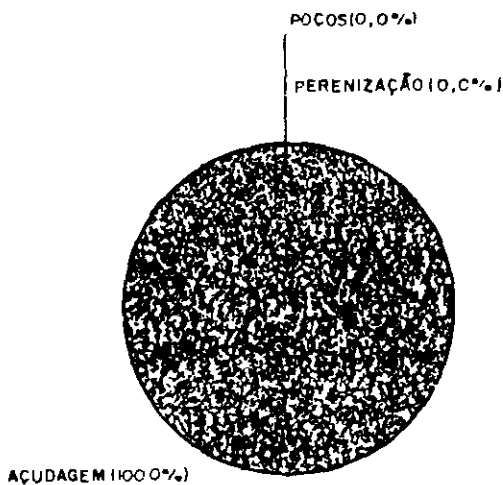


CONTINUAÇÃO

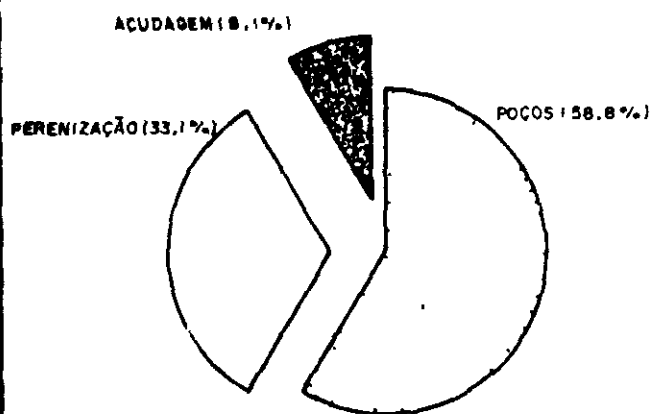
**MORAÚJO**



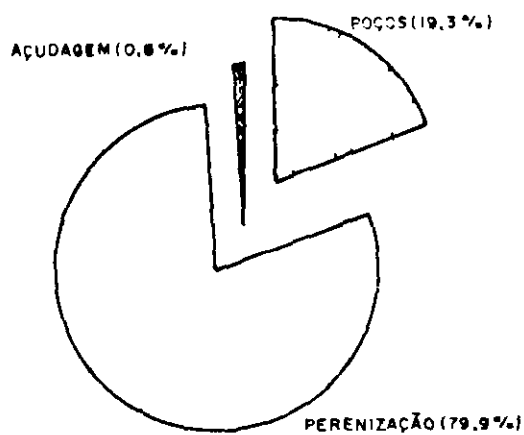
**MORRINHOS**



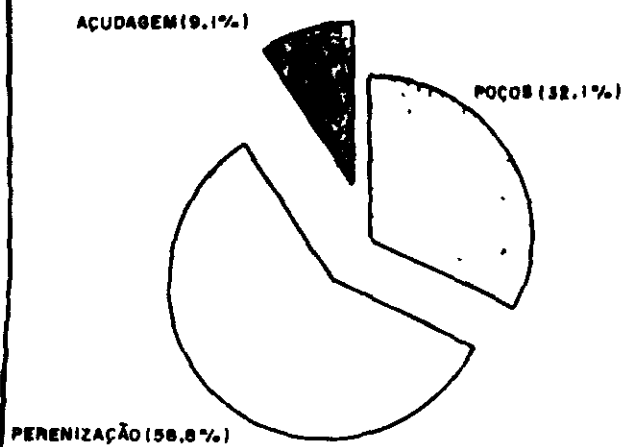
**MUCAMBO**



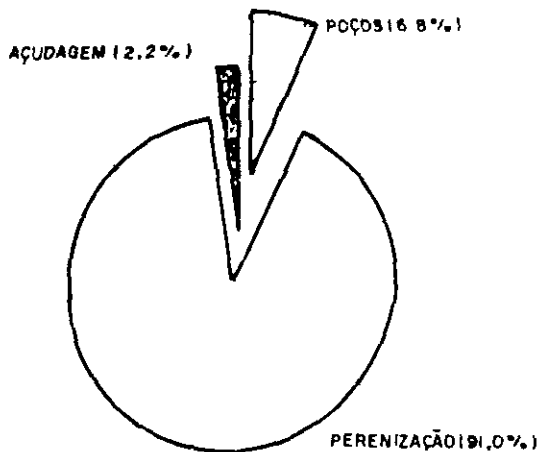
**MULUNGU**



**NOVA RUSSAS**



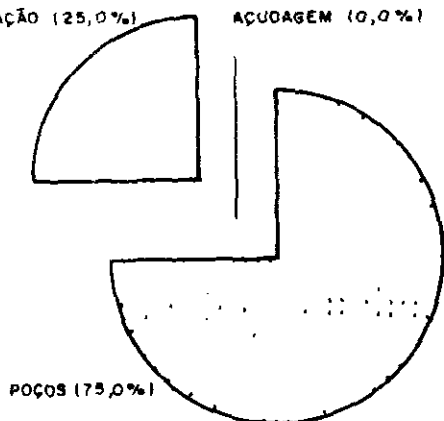
**NOVO ORIENTE**



CONTINUAÇÃO

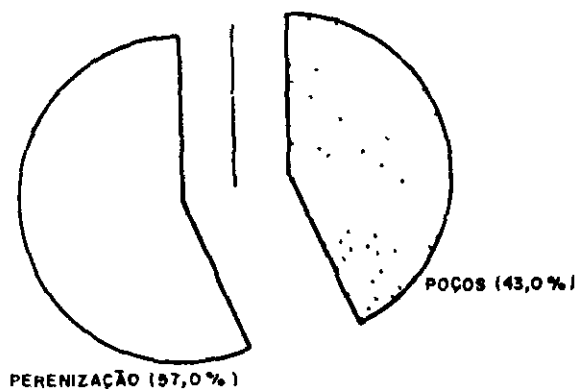
**OCARA**

PERENIZAÇÃO (25,0%)    AÇUDAGEM (0,0%)



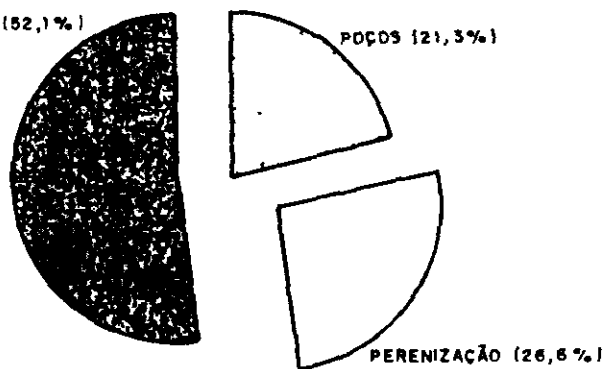
**PACAJUS**

AÇUDAGEM (0,0%)



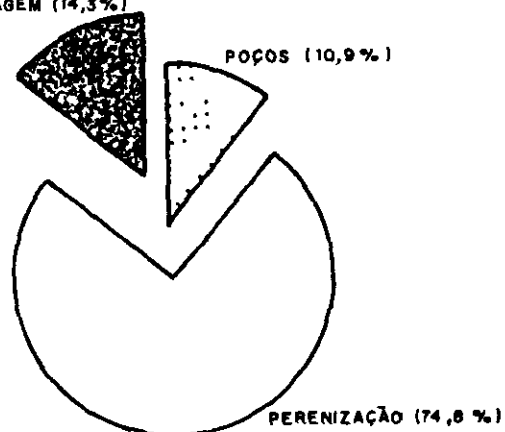
**PACATUBA**

AÇUDAGEM (52,1%)    POÇOS (21,3%)



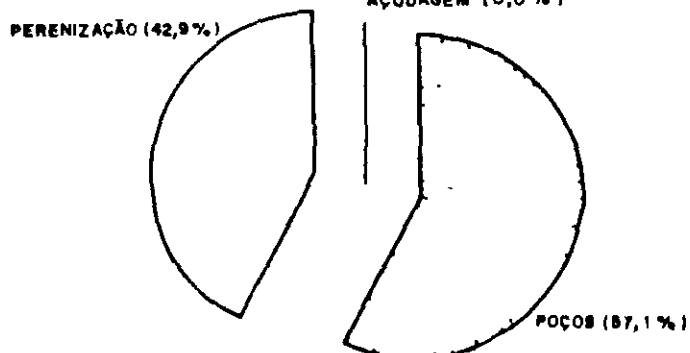
**PACOTI**

AÇUDAGEM (14,3%)    POÇOS (10,9%)



**PACUJÁ**

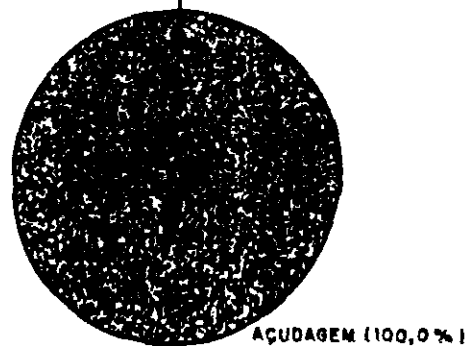
PERENIZAÇÃO (42,9%)    AÇUDAGEM (0,0%)



**PALHANO**

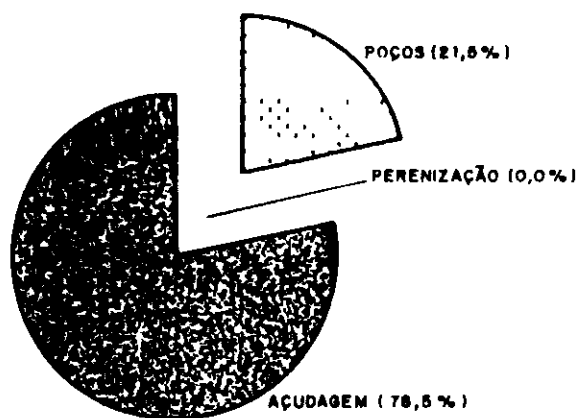
PERENIZAÇÃO (0,0%)

POÇOS (0,0%)

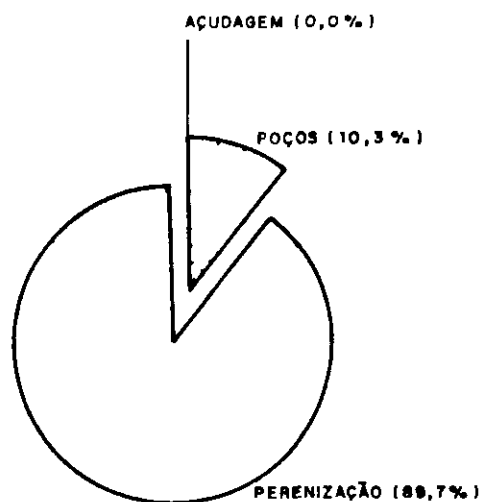


CONTINUAÇÃO

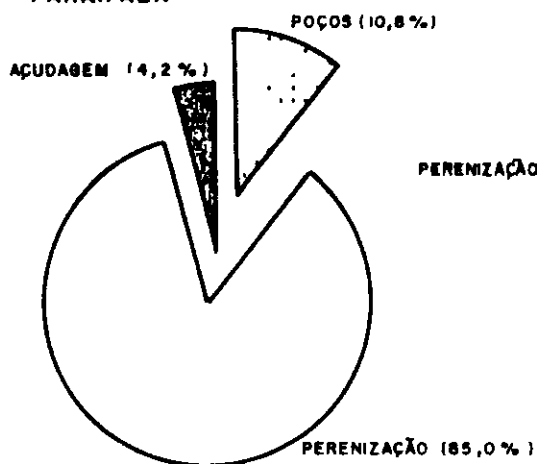
**PALMACIA**



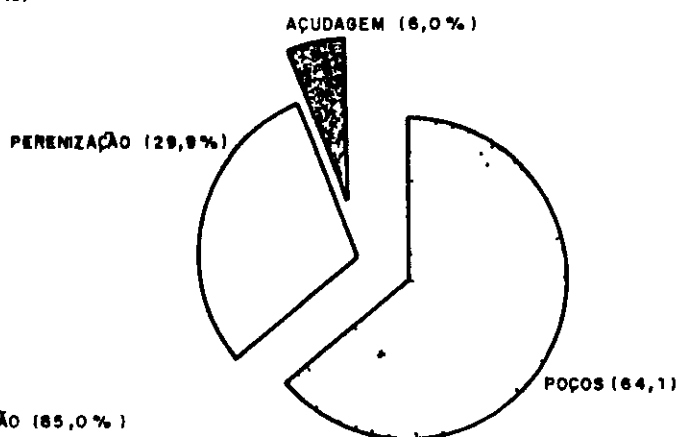
**PARACURU**



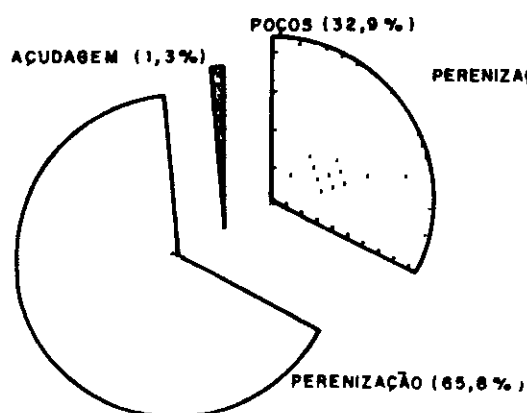
**PARAIPABA**



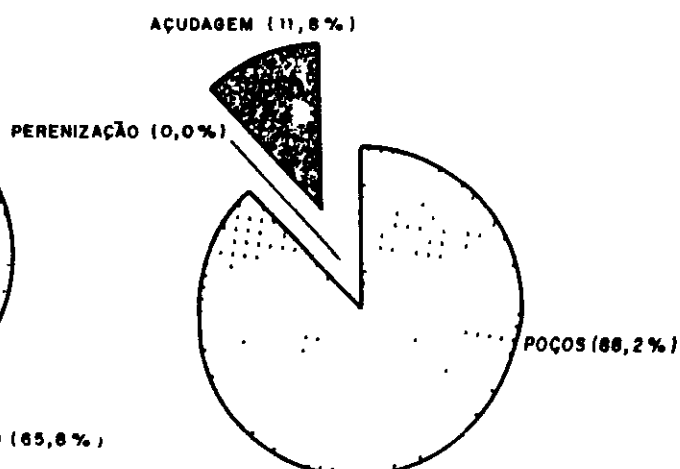
**PARAMOTI**



**PINDORETAMA**

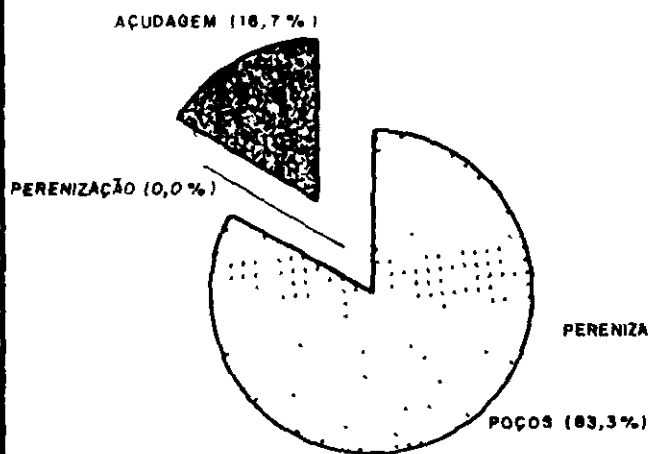


**PIRES FERREIRA**

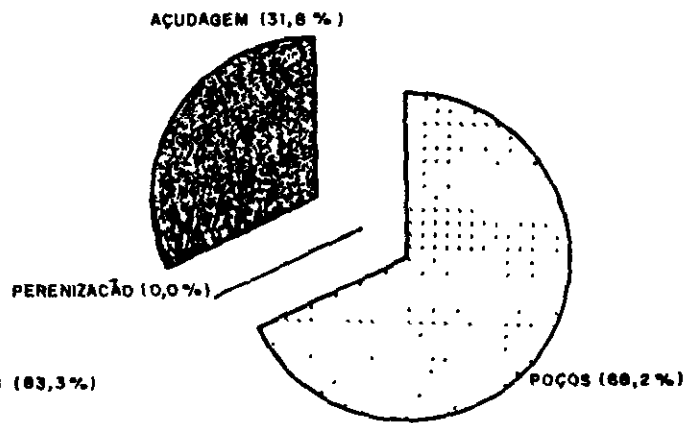


CONTINUAÇÃO

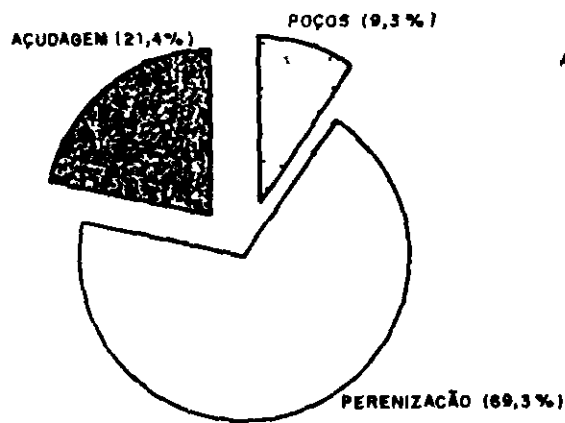
**PORANGA**



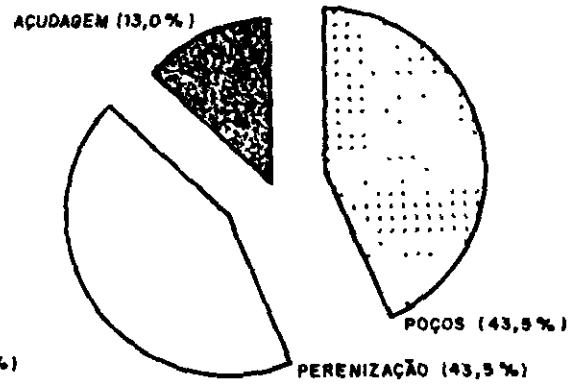
**QUITERIANÓPOLIS**



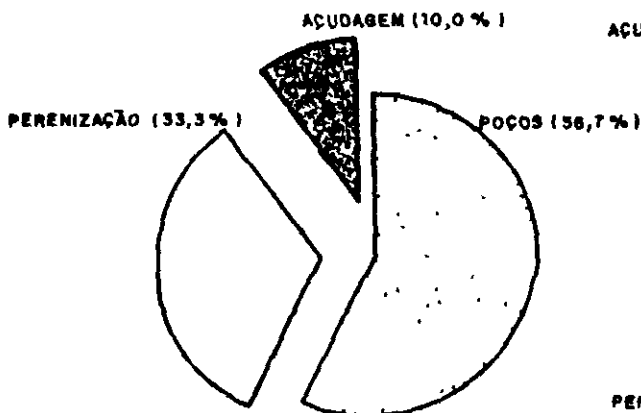
**QUIXADÁ**



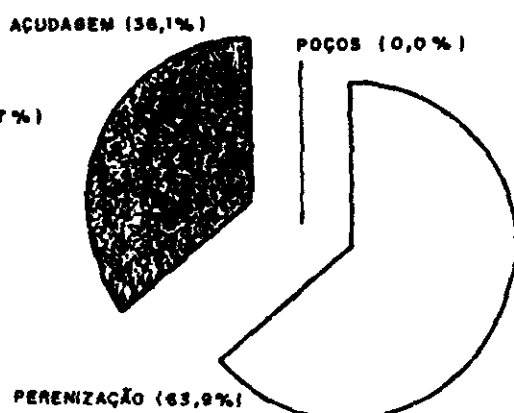
**REDEÇÃO**



**RERIUTABA**

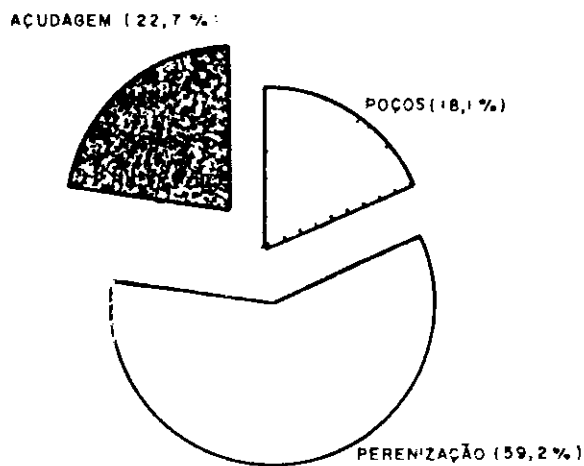


**RUSSAS**

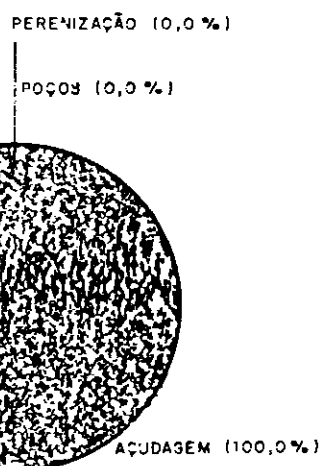


CONTINUAÇÃO

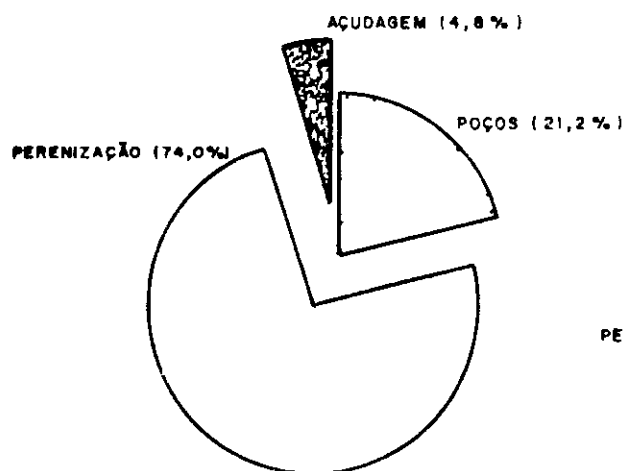
SANTA QUITÉRIA



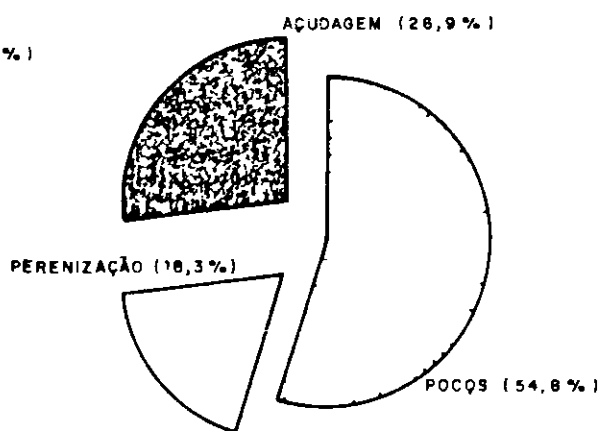
SANTANA DO ACARAÚ



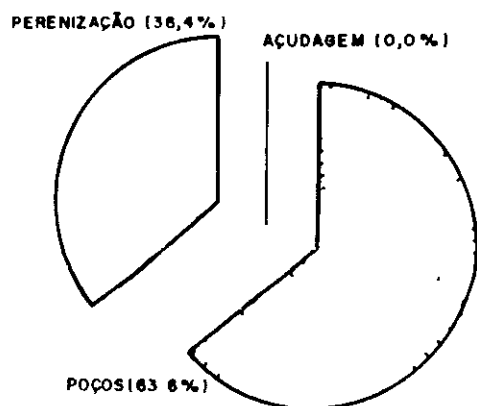
SÃO BENEDITO



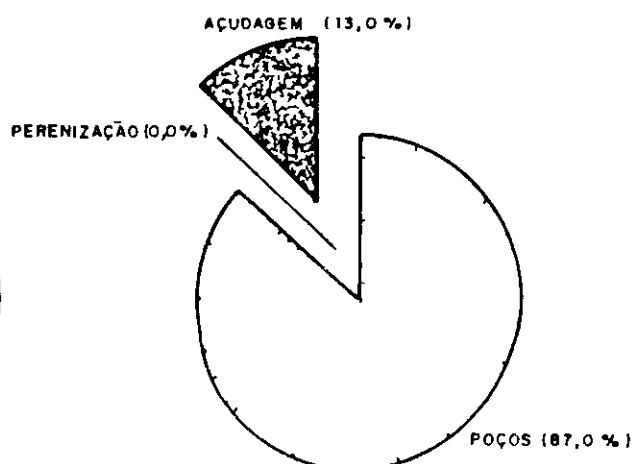
SÃO GONÇALO DO AMARANTE



SÃO LUÍS DO CURU



SENADOR SAÍ





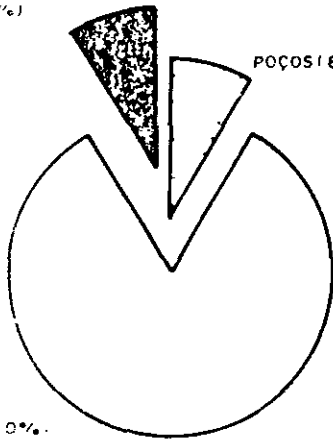
CONTINUAÇÃO

**SOBRAL**

AÇUDAGEM (8,8%)

POÇOS (8,2%)

PERENIZAÇÃO (83,0%)

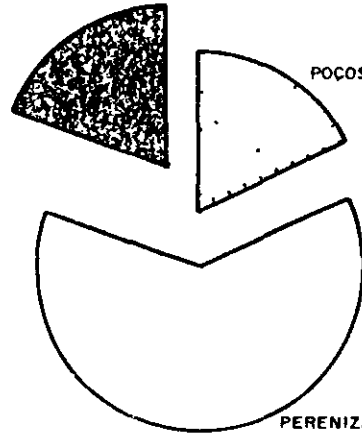


**TAMBORIL**

AÇUDAGEM (19,5%)

POÇOS (17,9%)

PERENIZAÇÃO (62,6%)

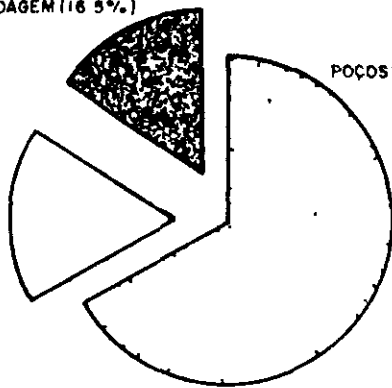


**TEBUÇOCA**

AÇUDAGEM (16,5%)

POÇOS (66,5%)

PERENIZAÇÃO (17,0%)

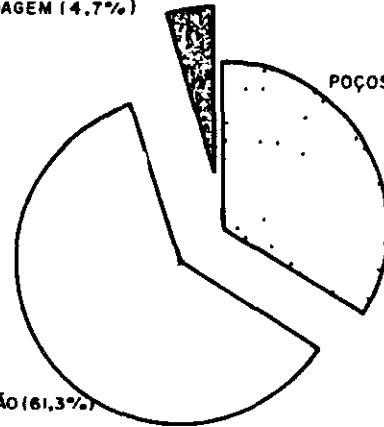


**TIANGUA**

AÇUDAGEM (4,7%)

POÇOS (34,0%)

PERENIZAÇÃO (61,3%)

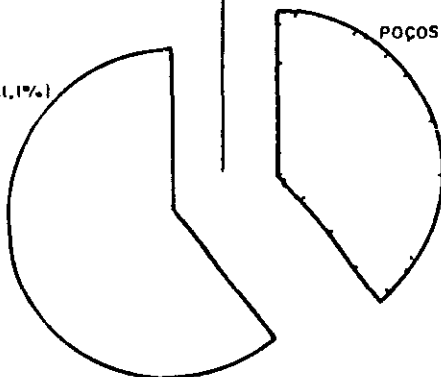


**TRAIRI**

AÇUDAGEM (0,0%)

POÇOS (38,9%)

PERENIZAÇÃO (61,1%)

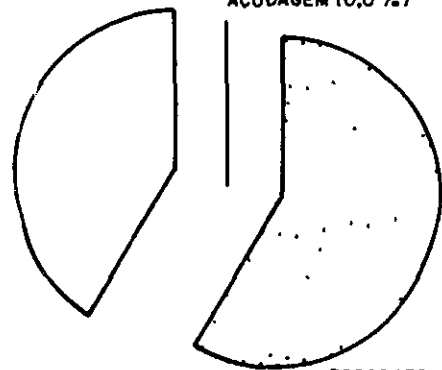


**TURURU**

PERENIZAÇÃO (41,7%)

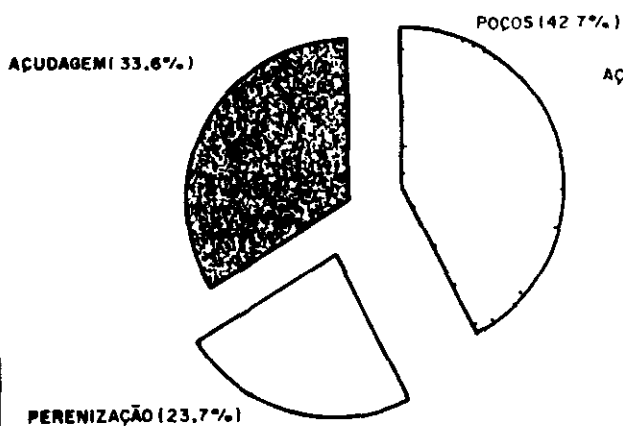
AÇUDAGEM (0,0%)

POÇOS (58,3%)

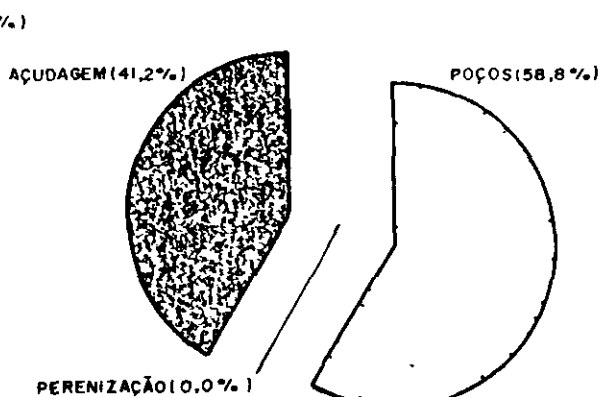


CONTINUAÇÃO

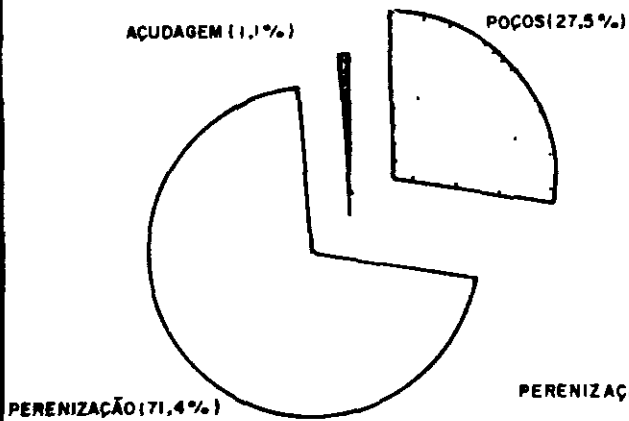
**UBAJARA**



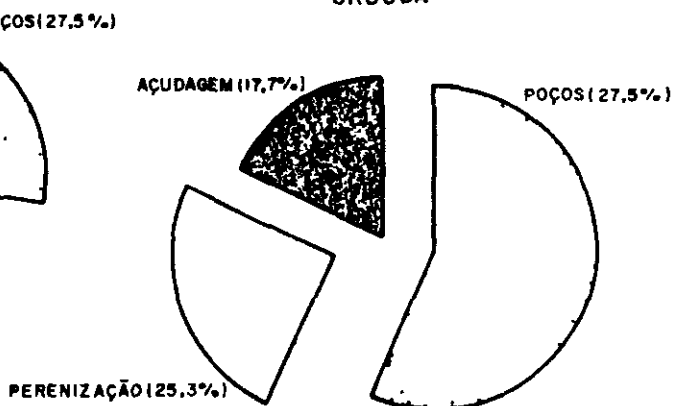
**UMIRIM**



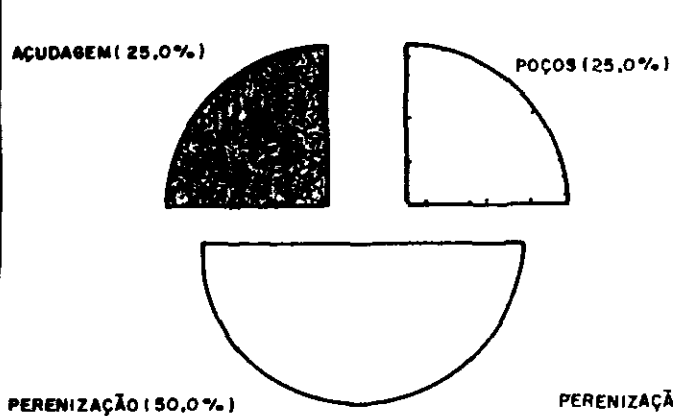
**URUBURETAMA**



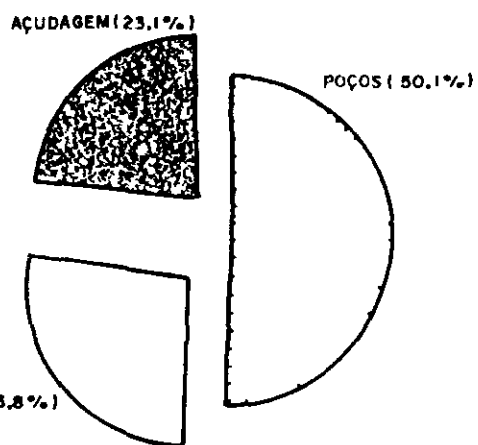
**URUOCA**



**VARJOTA**



**VIÇOSA DO CEARA**



Em consequência, naquelas áreas onde, por um lado, existem demandas de grande representatividade, principalmente se concentradas, e, por outro lado, deficiências de infra-estrutura hídrica de grandes açudes, ocorrem as maiores necessidades de perenização elas correspondem, em geral, aos projetos da grande irrigação e/ou abastecimento de cidades de porte

Assim é que as Bacias que mais a requerem são as Metropolitanas (em especial devido a Fortaleza e adjacências), Coreaú (devido aos projetos de irrigação programados e à absoluta ausência de reservatórios) e Parnaíba (principalmente no Poti, devido, também, aos projetos de irrigação previstos e reduzido nível de acumulação)

Na realidade os mapas 4.1 indicam que principalmente nos anos normais, afóra estas zonas de concentração não há um requerimento extraordinário de perenização, os volumes regularizáveis, como consequência de sua dimensão, podendo ser obtidos de acumulações bem factíveis. Fica claro, também, que, devido aos grandes projetos de irrigação se situarem nos trechos finais das bacias, há uma predominância das necessidades nestas regiões

Isto posto, e considerando-se os potenciais remanescentes de cada bacia independente, constata-se que não haveria impedimento hídrico para obtenção dos volumes necessários

Admitindo-se que, em média, os reservatórios tenham um rendimento de 25%, isto é, possam regularizar com 90% de garantia um quarto de sua capacidade (o que se demonstrou ser viável mesmo para as atuais barragens), ter-se-ia de acumular para satisfazer as necessidades do ano normal, aproximadamente 1,0 (um) bilhão de metros cúbicos nas Bacias do Bloco 2 ( $4 \times 247\ 600 \cong 1\ 000\ 000$ )

Para satisfazer as necessidades do ano seco, como o poder de regularização reduz-se à metade do ano normal (conforme princípio do Balanço Distribuído) o Bloco 2 teria de acumular um volume de cerca de 4,9 bilhões de  $m^3$  ( $8 \times 614\ 300 \cong 4\ 900\ 000$ )

Para as bacias independentes mais relevantes, a situação pode ser sintetizada no quadro 4.6, que contém a comparação entre o volume a acumular, nos anos normal e seco, com o volume ainda acumulável, este entendido como até 2,5 vezes o potencial remanescente

Mesmo considerando que esta é uma abordagem exclusivamente hidrológica e que, obviamente, deverão ocorrer muitas restrições físicas (geotécnicas e geométricas), sócio-econômicas (em especial devido à inundação de áreas exploradas e habitadas), que com certeza inviabilizarão algumas obras de acumulações necessárias, as possibilidades de se conseguir alcançar a solução satisfatória para os problemas de disponibilidade, até do cenário ano seco, são bastante razoáveis, provavelmente, ela só não possa ser obtida integralmente para as Bacias do Acarau e Curu, pelo percentual já representativo de comprometimento detectado para a máxima potencialidade hidrológica

Em síntese, o resultado da ação Perenização, fornecido pelo Planejamento Distribuído, indica em quais sub-regiões se torna fundamental dispor de vazões regularizáveis, caso a utilização dos recursos se dê segundo os critérios concebidos no Balanço. claro está que a localização das obras de acumulação/regularização deverá obedecer aos critérios técnicos pertinentes, podendo distribuir-se espacialmente por toda a bacia

#### 4.3.1.2 Pequena e média açudagem

A implantação de pequena e média açudagem se constitui em uma atividade, tradicional e difundida por toda a região, além de ser muito importante

Ela desempenha um papel fundamental, não raro insubstituível, de geração de oferta d'água para o semi-árido cearense, em especial para as zonas mais secas, além do baixo custo e facilidade de construção, também apresenta como vantagem marcante a característica de ter uma tendência à repartição espacial mais homogênea de disponibilidade hídrica, promovendo uma espécie de socialização do acesso à água

QUADRO 4.6  
COMPARAÇÃO ENTRE AS NECESSIDADES E POTENCIALIDADES DE ACUMULAÇÃO  
PARA OS RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO - HORIZONTE 2000 ( $hm^3$ )

BACIA INDEPENDENTE	ESTIM. DAS NECES. DE ACUM. C/RES. DE PEREN.		ESTIMATIVA DO VOLUME AINDA ACUMULÁVEL	PERCENTUAL DA NECESS. DO ANO SECO P/ VOLUME ACUMULÁVEL (%)
	ANO NORMAL	ANO SECO		
Coreau	252	880	2500	35
Acarau	39	1245	2500	50
Aracatiçu	10	78	450	18
Curu	15	274	480	57
Choró	66	212	1190	18
Pirangi	4	60	1190	5
Poti	57	525	1800	30

Sua principal desvantagem refere-se ao reduzido poder de regularização de vazões, apresentando um caráter predominantemente anual, conforme amplamente abordado nos estudos anteriores do PERH, somente aos açudes com mais de 500 mil m<sup>3</sup> foi atribuída a característica de interanualidade

Os resultados do Planejamento Distribuído refletem claramente duas realidades

- em primeiro lugar, as necessidades na situação ano seco são bastante superiores às daquelas na situação normal,
- em segundo lugar, há uma nítida interdependência entre o nível de açudagem hoje existente e a distribuição espacial das necessidades diagnosticadas

No que tange à comparação ano seco x ano normal, a explicação repousa, em parte, no já citado caráter de anualidade dos açudes pequenos, que são maioria em número como eles são considerados com disponibilidade nula no ano seco, aquela disponibilidade difusa que atende às demandas também difusas na situação normal, deixa de existir, acarretando não só uma maior necessidade em quantidade, como, principalmente, um adensamento espacial, com uma quase abrangência geral de todas as UB's

No ano normal, as necessidades de pequena e média açudagem são mais relevantes para as Bacias do Coreau (destacadamente para as regiões leste e sul), Parnaíba (sem incluir o Poti, compreendendo o centro e extremo norte da Serra da Ibiapaba), Curu (somente nas regiões das Serras Guaramiranga e Uruburetama, e adjacências) e Metropolitanas (principalmente nas imediações de Fortaleza na direção das serras)

As três primeiras correspondem níveis atuais de açudagem bastante reduzidos (ver Estudos de Base Relatório Geral - Zoneamento do Nível de Açudagem) o Coreau notabiliza-se pela ausência de infra-estrutura hídrica de todos os tipos e também pelas demandas pequenas

No caso das Bacias Metropolitanas há certa sobreposição da região com grandes necessidades com aquela de elevado nível atual de açudagem, mais especificamente nas zonas de Maranguape e Pacoti, tal fato decorre, certamente, da demanda excessivamente concentrada da zona, tanto devido à densidade populacional como às atividades agrícolas de exploração hortigranjeira que existe, agravado pela ausência absoluta de mananciais d'água de maior porte, como os reservatórios de perenização

Nas regiões semi-áridas do sudoeste do Acaraú (Município de Santa Quitéria), centro-norte do Poti e do Curu a jusante, a quantidade atual de açudes faz com que não seja necessário o adensamento da pequena e média açudagem

Por sua vez, em grande parte da região litorânea, também não foi detectada esta necessidade, o que deve decorrer da maior possibilidade de existência de outras fontes (poços, lagoas e perenização), claro está que nas denominadas FLED's (Faixa Litorânea de Escoamento Difuso), a açudagem é inviável

A disseminação da necessidade do programa da pequena e média açudagem em praticamente todas as UB's, quando do ano seco, poderia sugerir que só se obtém êxito com tal ação caso se implantasse exclusivamente açudes interanuais, se por um lado isto não é possível, por outro lado deve-se contrapor que a premissa de que os açudes pequenos secam todo o ano pode ser interpretado como conservadora e pessimista, admitindo-se que na realidade sempre haverá ganhos concretos com estas obras

Partindo do rendimento médio admitido no PERH, o quadro 4.7 mostra qual o nível de acumulação que seria necessário em cada bacia, se todos os açudes fossem interanuais

**QUADRO 4.7**  
**NÍVEL DE ACUMULAÇÃO NECESSÁRIO COM PEQUENA E MÉDIA**  
**AÇUDAGEM INTERANUAL**  
**(103 m<sup>3</sup>)**

BACIA	ANO SECO	ANO NORMAL
Coreau	35 800	26 200
Acaraú	42 700	13 300
Litoral	12 800	3 800
Curu	44 600	11.100
Metropolitanas	167 100	98 200
Parnaíba	63 600	28 100
<b>TOTAL</b>	<b>366 600</b>	<b>180 700</b>

Ao se implementar este nível de açudagem, em algumas UB's as potencialidades de pequena/média açudagem serão esgotadas. No mapa 4.4 está apresentada a distribuição espacial destas UB's, verifica-se que há concentração de UB's deficientes na mesma região próxima de Fortaleza, que tinham acusado a superposição de grandes necessidades e elevado nível de açudagem atual

#### 4.3.1.3 Poços

As águas subterrâneas sempre assumiram um papel importante na política de combate à seca, haja vista que através da perfuração de poços tem se minimizado os problemas de falta d'água para atendimento das populações rurais, bem como para reforço emergencial de demandas urbanas

O aproveitamento deste recurso, salvo exceções, se destina ao consumo humano e animal, motivado pela facilidade e rapidez na transformação da potencialidade em disponibilidade efetiva, através da perfuração de poços, obtendo-se água de qualidade superior às superficiais. Por outro lado, a limitação das vazões impede o seu aproveitamento para atender

demandas de grande porte, como projetos de irrigação e grandes centros urbanos

Os resultados do Planejamento Distribuído mostram que o volume mobilizado no ano seco é, aproximadamente, 25% superior ao do ano normal. Este fato é explicável, uma vez que as águas subterrâneas são, em última análise, mananciais estratégicos, além da prioridade do abastecimento humano, são utilizadas para atender outras demandas a partir da exaustão dos recursos hídricos de superfície.

Se comparados os resultados do nível de atendimento para as demandas humanas concentrada e difusa com as necessidades de água subterrânea (mapas 4.3), verifica-se uma certa proporcionalidade de distribuição, ou seja, deficiências hídricas denunciadas pela infra-estrutura atual são supridas com volumes equivalentes no planejamento distribuído.

Decorre disto uma densidade maior na necessidade de poços das Bacias Metropolitanas e Parnaíba (Ibiapaba) uma vez que a concentração humana é maior nestas bacias que nas demais regiões.

Os volumes máximos mobilizados, em geral, não ultrapassam os 500 000 m<sup>3</sup>/ano. No caso das UB's de Caucaia e Maracanau os valores elevados estão relacionados ao baixo nível de atendimento da DHUC através do Sistema Pacoti-Riachão-Gavião, imposto por uma questão operacional da CAGECE. Já o FLED de Itarema requer uma necessidade de poços da ordem de 18 000 000 m<sup>3</sup>/ano, tendo em vista a implantação do Projeto Coqueiro Irrigado da Cia Industrial Ducoco e não haver disponibilidade de água superficial.

A síntese da necessidade de poços por bacia hidrográfica, obtida através dos mapas 4.3, é mostrada no quadro 4.8, considerando que todos os poços seriam construídos.

BACIA	P O Ç O S	
	ANO SECO	ANO NORMAL
Coreau	9.650	8.450
Acaraú	8.200	5.950
Litoral	21.550	20.300
Curu	8.750	3.900
Metropolitanas	32.700	22.650
Parnaíba	7.800	6.100
<b>T O T A L</b>	<b>88.650</b>	<b>67.360</b>

#### 4.3.1.4 Demandas não-satisfeitas

Em consequência da concepção e estrutura do Planejamento Distribuído - que se baseia no confronto entre demandas x disponibilidades para cada unidade espacial UB -, foram identificadas, como

se poderia esperar, algumas zonas onde as demandas previstas superam o limite máximo de disponibilidades hídricas mobilizáveis.

Na realidade, em parte, estas deficiências podem ser justificadas pela própria metodologia empregada.

O mapa 4.5a mostra a distribuição espacial das UB's onde as demandas não puderam ser integralmente satisfeitas, e contém, inclusive, a identificação do tipo e do valor da demanda.

A situação mais crítica foi registrada na zona próxima de Fortaleza, que corresponde praticamente à zona de reservas esgotadas para pequena/média açudagem. Os déficits ocorrem para diversos tipos de demandas, sendo maiores para a irrigação, o que indica ser esta uma atividade imprópria para ser desenvolvida mais intensamente na área.

As deficiências para o abastecimento humano urbano, tanto nesta região como em outras, podem ser atribuídas, pelo menos parcialmente, às restrições impostas no cálculo das disponibilidades, em especial a representada pela área circular de onde poderia vir o suprimento d'água.

De qualquer forma, é certo que esta é a região problemática do ponto de vista hídrico de todo o Bloco 2.

No mesmo mapa pode ser identificada uma concentração na região litorânea, tal fato não necessariamente implica que os mananciais estejam exauridos, mas podem ser decorrentes da restrição do número de poços a serem construídos para atendimento de demandas humanas.

#### 4.3.2 Simulação da Operação dos Reservatórios

##### 4.3.2.1 Bacia do Acaraú

Conforme mostrado na figura 4.3, as novas barragens programadas para o Acaraú reforçarão o grau de regularização do rio principal, a partir de sua confluência com o Riacho dos Macacões.

Em termos de contribuição para o sistema, a Barragem Taquara se constitui na mais importante delas, como pode ser visto na comparação entre as vazões regularizadas individuais, já apresentadas no quadro 4.2.

Por seu lado, a Barragem Poço Comprido, como originalmente projetada, mostrou estar superdimensionada, no estudo ora desenvolvido, ficou comprovado que sua dimensão máxima, do ponto de vista hidrológico, não pode ultrapassar 360 hm<sup>3</sup>, visto que valores acima deste limite não acarretam qualquer incremento de vazão regularizada.

O novo sistema do Acaraú possui um elemento polêmico que é a Barragem Sem Nome, devido às terras que seriam inundadas com sua

construção. Em consequência, maior atenção foi dada à mesma, estudando-se as seguintes alternativas básicas para sua dimensão, em função das demandas programadas e adicionais na região do Baixo Acaraú

O quadro 4 9 resume os resultados encontrados para os mesmos pontos de controle mostrados para a infra-estrutura atual - IEA

Claro está que para os Projetos de Irrigação Araras Norte e Forquilha, não há alterações decorrentes da IEF, desde que ela não os afeta, nos casos de 30 - Cidade de Sobral e 29 - Projeto de Irrigação Ayres de Souza. as diferenças são irrelevantes devido ao elevado nível de garantia já anteriormente fornecido pela IEA

A região do Baixo Acaraú seria a grande beneficiada com a implantação da IEF. Como demonstrado no quadro 4 9, mesmo não contando com a Barragem Sem Nome, o nível de garantia que se obteria para o Projeto Baixo Acaraú e demais demandas difusas do ano 2000, seria plenamente satisfatório, em outras palavras, isto significa que a Barragem Sem Nome não se torna necessária se forem implantados somente os projetos programados até o ano 2000

Caso se desejasse, entretanto, futuramente incrementar a área irrigada, de acordo com o limite da potencialidade de solos que ainda seria remanescente - que pode ser estimada em torno de 11 000 ha -, a Barragem Sem Nome seria fundamental, porém insuficiente para permitir o aproveitamento integral no quadro 4 10, a seguir, estão destacados os resultados da Barragem Sem Nome, a partir dos quais se pode constatar que, se ela tivesse a capacidade do projeto original (250 hm<sup>3</sup>), o sistema de infra-estrutura possibilitaria a irrigação, na região do Baixo Acaraú, de uma área da ordem de 19 mil ha, bem superior aos programados 12,5 mil ha, porém distante do limite de solos de quase 25 0 mil ha

#### 4 3 2 2 Bacia do Curu

Dentre todas as Bacias principais, a do Curu é a que apresentará a menor possibilidade de expansão do sistema de perenização, visto que só serão acrescidas duas Barragens, Paulo e Melancias, e, ainda por cima, de capacidade de acumulação pouco representativa perante àquelas já existentes (figura 4 4)

Na realidade, não há praticamente ganho relevante no grau de regularização do Rio Curu, sendo constatada, apenas, uma melhoria mais acentuada no nível de garantia a ser obtido para o ponto 21, que inclui os Projetos Curu-Paraipaba e a Agrovale, conforme se pode ver no quadro 4 11 a seguir o número de meses com falha diminui de 59 para 26, acarretando um acréscimo na garantia de 93,6 para 97,2%

#### 4 3 2 3 Bacia do Poti

Os novos reservatórios alterarão substancialmente o sistema da Bacia do Poti, como pode ser visto na figura 4 5, e deverão estar associados aos seguintes projetos de irrigação

- o Açude Flor do Campo (63,8 hm<sup>3</sup>) abastecerá, fundamentalmente, o Projeto Novo Oriente (600 ha),
- o Açude Diamante (33,57 hm<sup>3</sup>) abastecerá o Projeto Ipaporanga (400 ha),
- o Açude Clemente (80,00 hm<sup>3</sup>) contribuirá para o abastecimento das demandas do trecho final do Poti, incluindo o Projeto Boa Esperança (1 000 ha)

O Açude Carnaubal continuará abastecendo o Projeto Graça e, juntamente com o Jaburu II, contribuirá para as demandas do trecho final do Poti, o Projeto Realejo não teria nenhum benefício incremental e permanecerá comprometendo integralmente o açude homônimo

Pelos motivos já expostos anteriormente - tanto a curta duração da série de deflúvios do Poti como, principalmente, a criação teórica de curva  $C \times A \times V$  para estes açudes novos da IEF - os resultados agora obtidos com o HEC-3 devem ser interpretados com reservas, sendo, na verdade, uma avaliação preliminar do sistema (quadro 4 12)

Verifica-se que dos Açudes programados, os de Flor do Campo e Diamante não teriam condições de suprir adequadamente os respectivos projetos - Novo Oriente e Ipaporanga -, apresentando níveis de garantia muito baixos, principalmente este último, tal resultado não seria de se esperar para o Flor do Campo, devido a sua capacidade, podendo estar diretamente dependente da curva  $C \times A \times V$  estimada

De qualquer forma, deve ser anotada a provável necessidade de projetá-los com volumes de acumulação superiores aos inicialmente programados

Em relação ao ponto final (17), que compreende os demais projetos de irrigação, há uma grande melhora do nível de garantia, na faixa satisfatória de 94,6% contra precários 68,8% do sistema existente

#### 4 3 2 4 Bacia do Coreaú

A infra-estrutura hídrica da Bacia do Coreaú terá de ser quase totalmente implantada

Composta por oito açudes, existindo construído unicamente o Várzea da Volta, conforme mostra a figura 4 6, essa IEF tem como característica principal a possibilidade de possuir um único açude de grande porte, o Paula Pessoa, com 150 hm<sup>3</sup>. os demais tendo, frequentemente, capacidades inferiores a 20 hm<sup>3</sup>



QUADRO 4.9  
SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTOS DE MAIOR DEMANDA  
COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA  
BACIA DO ACARAÚ

Nº	PUNTO DE CONTROLE IDENTIFICADO	DEMANDA MÉDIA REQUERIDA ( $m^3/s$ )	VOLUME TOTAL REQUERIDO NO PERÍODO ( $hm^3$ )	VOLUME TOTAL FORNECIDO NO PERÍODO ( $hm^3$ )	PERCENTUAL FORNECIDO EM VOLUME ( $hm^3$ )	NÚMERO DE MESES COM FALHA	NÍVEL DE GARANTIA (%)
76	PROJETA DE IRRIGAÇÃO ANARAS NORTE	1,984	4751,7	4721,6	99,4	6	99,4
79	PROJETA DE IRRIGAÇÃO ACRÉS DE SOUSA	0,321	769,5	752,4	97,8	22	97,6
70	CIDADE DE SOBRAL E DEMANDAS DO TRECHO	0,314	753,0	752,0	99,9	0	100,0
09	PROJETA DE IRRIGAÇÃO BAIXO ACARAÚ E DEMANDAS DO TRECHO	7,600	18371,1	18087,8	98,5	54	94,2

PERÍODO SIMULADO: 1917-88

QUADRO 4.10  
ALTERNATIVAS PARA BARRAGEM SEM NOME

CAPACIDADE ( $hm^3$ )	DEMANDA TOTAL NO BAIXO ACARAÚ ( $m^3/s$ )	ÁREA IRRIGÁVEL (ha)	NÍVEL DE GARANTIA (%)
-	7,6 (2)	13260	94,2
-	10,0	17500	88,6
-	14,0	24500	52,3
150	10,0	17500	94,5
150	14,0	24500	79,0
250 (1)	10,0	17500	95,7
250 (1)	14,0	24500	82,0

(1) Capacidade de projeto existente  
(2) Demanda prevista para ano 2000



Ainda que a série de deflúvios disponível para a simulação, de curta duração (28 anos), tenha contribuído para reduzir a confiabilidade dos resultados, verifica-se uma clara tendência no sentido de que tal sistema não apresente o desempenho desejado para satisfazer as demandas dos projetos de irrigação. Na realidade, dois dos projetos estão diretamente ligados a duas barragens específicas - Projeto Frecheirinha ao açude homônimo, e Projeto Granja ao Açude Paula Pessoa -, sendo somente o Projeto Parazinho o mais beneficiado pelo conjunto das barragens.

O quadro 4 13, que contém os resultados para os três projetos, demonstra que

- a) o Açude Frecheirinha, operando com volume de alerta, não tem condições de abastecer satisfatoriamente o projeto, apresentando um nível de garantia de apenas 81,8%, já sem volume de alerta, sua vazão regularizada com 90%, conforme quadro 4 13, seria de 1,21 m<sup>3</sup>/s, isto é, praticamente igual à demanda requerida
- b) registrou-se para o Açude Paula Pessoa uma sensível queda na vazão regularizável como decorrência da série utilizada, visto que enquanto a vazão com volume de alerta era de 1,96 m<sup>3</sup>/s (obtida com séries sintéticas de 500 anos), para a retirada do Projeto Granja de 1,66 m<sup>3</sup>/s o nível de garantia fornecido foi de apenas 82,7%,
- c) para o ponto final, que inclui o Projeto Parazinho e pouca demanda difusa, o nível de garantia de 86,3% é insatisfatório, e pode ter decorrido em parte, também devido à série, não havendo, contudo, como quantificar a influência desta afirmativa, mesmo somando-se todas as vazões garantidas com 90% dos demais açudes, operando com volumes de alerta, o global obtido seria ainda inferior à demanda do ponto (1,48 contra 1,57), o que reforça a hipótese de que o sistema projetado seria insuficiente para atender todas as demandas programadas

#### 4 3 3 O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza

A solução para a crítica situação de abastecimento d'água de Fortaleza, Caucaia e Maracanaú, conforme exposta no item 3 4, encontra-se na implantação das Barragens Choró (480 hm<sup>3</sup>), Aracoiaba (175 hm<sup>3</sup>) e Sítios Novos (75,82 hm<sup>3</sup>), cuja disposição espacial é mostrada esquematicamente na figura 4 7

Esta última, que por só dispor de levantamento topográfico de bacia hidráulica e ter sua capacidade e curva C x A x V definidas no PERH de

forma preliminar, e unicamente por critérios geométricos, poderia responder pelo abastecimento de toda a região urbana de Caucaia, com vazão Q<sup>A</sup><sub>90</sub> de 1,16 m<sup>3</sup>/s, o nível de garantia que forneceria seria bastante elevado, visto que para o ano 2000 estas demandas estão estimadas em 0,530 m<sup>3</sup>/s

Com a mesma metodologia utilizada para o Sistema Acarape/Pacoti/Riachão/Gavião, foi analisado o desempenho que seria alcançado no Açude Gavião com a introdução dos Açudes Choró e Aracoiaba, considerando-se

afluências ao Pacoti/Riachão

- séries históricas sangradas no Acarape do Meio (Q<sup>AM</sup>), remanescentes da regularização do Acarape do Meio (Q<sup>AM</sup>), e dos deflúvios naturais da parcela da bacia controlada pelo Pacoti/Riachão (Q<sub>PR</sub>),
- série histórica da vazão regularizada com 90% no Choró, com volume de alerta (Q<sup>A</sup><sub>90</sub>),
- série histórica da vazão regularizada com 90% no Aracoiaba, com volume de alerta (Q<sup>A</sup><sub>90</sub>)

afluências ao Gavião

- série histórica das vazões regularizadas no Pacoti/Riachão com as afluências acima discriminadas.
- série histórica das vazões naturais afluentes ao Gavião (Q<sub>G</sub>)

Nestas condições, foram determinados os resultados do quadro 4 14

Eles demonstram, incontestavelmente, a acentuada melhoria a ser alcançada para o sistema de Fortaleza, o qual teria seu problema de abastecimento resolvido por longo prazo

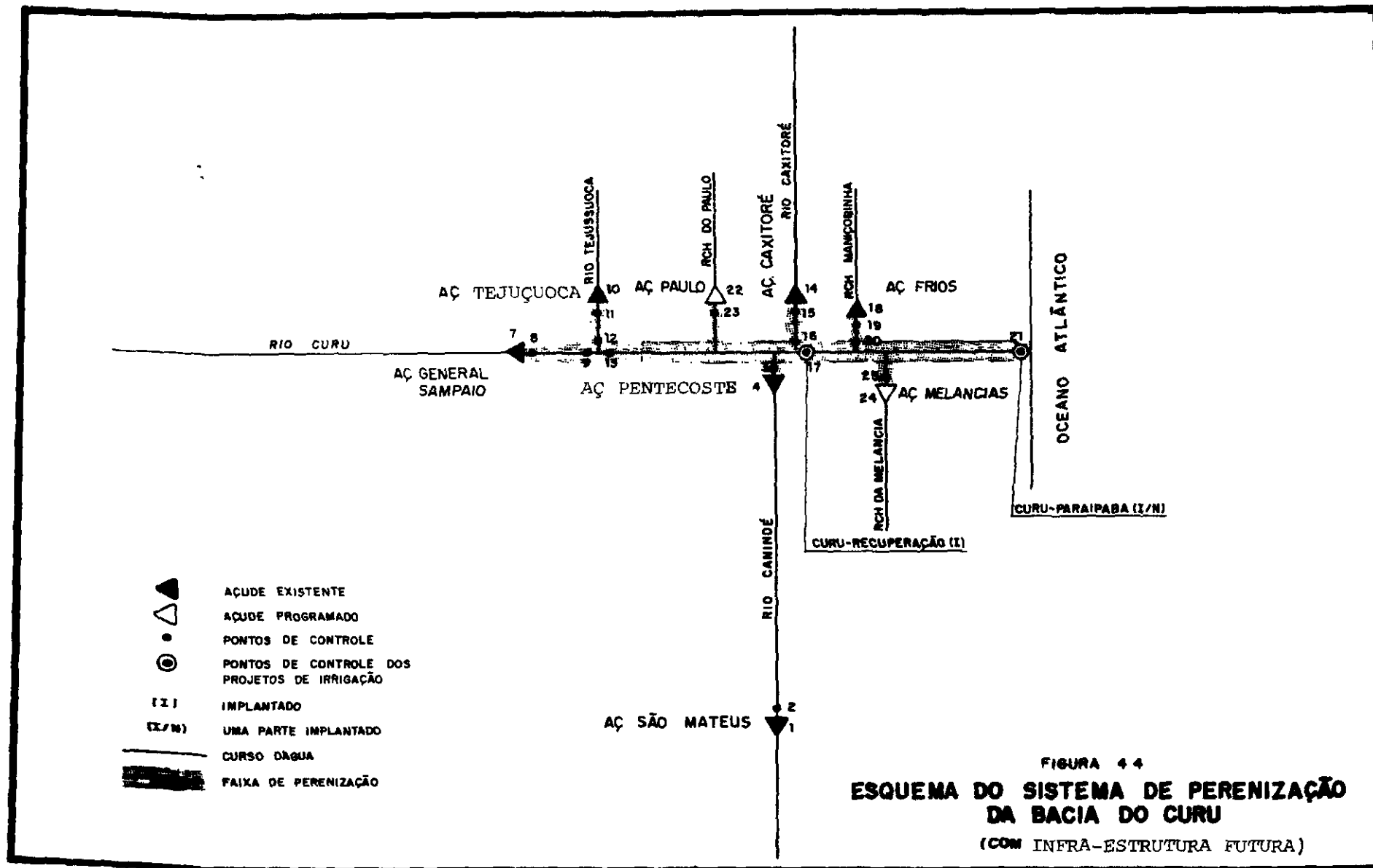
Mesmo nos 10% de falha do sistema, que corresponderia certamente aos meses finais e seguintes dos períodos secos mais longos, o nível de abastecimento seria satisfatório, conforme se nota no quadro 4 15 pelos próprios critérios operacionais considerados, em 75% do período falho seria fornecido pelo sistema a metade da vazão Q<sub>90</sub> do Gavião, o que corresponderia praticamente às necessidades plenas previstas para o ano 2000

#### 4 3 4 A Infra-Estrutura Futura do Bloco 2

Uma visão conjunta da IEF considerada no Balanço Concentrado de todo o Bloco, pode ser obtida no mapa 4 6 a, que contém

- os açudes atualmente existentes,
- os açudes programados, uma estimativa das faixas perenizadas atuais e futuras,
- os projetos governamentais de irrigação implantados e os a implantar







QUADRO 4.11

## SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTO DE MAIOR DEMANDA COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA

## BACIA DO POTI

Nº	PONTO DE CONTROLE IDENTIFICAÇÃO	DEMANDA MÉDIA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO DE	NÍVEL DE
		REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	NESES COM FALHA	GARANTIA (%)
13	Confluência dos rios Curu e Tejuçuoca	0,719	573,6	515,0	98,4	18	98,1
17	Confluência dos rios Curu e Caxitoré, incluindo o Projeto Curu-Recuperação	0,734	1758,4	1731,5	98,5	14	98,5
21	Projetos Curu-Paraipaba e Agrovale	4,621	11067,3	10900,0	98,5	26	97,2

QUADRO 4.12

## SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTO DE MAIOR DEMANDA COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA

## BACIA DO POTI

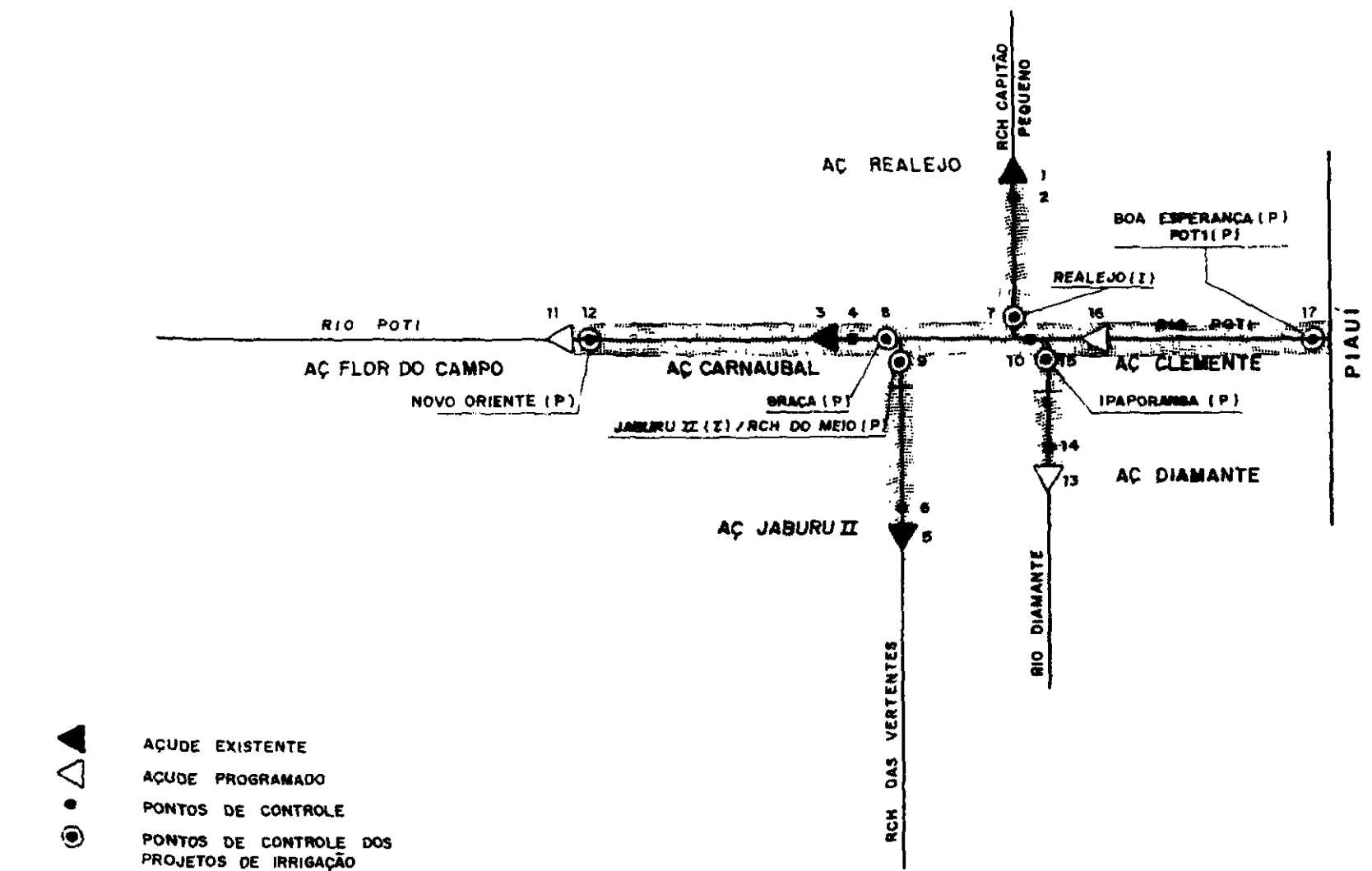
Nº	PONTO DE CONTROLE IDENTIFICAÇÃO	DEMANDA MÉDIA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO DE	NÍVEL DE
		REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	NESES COM FALHA	GARANTIA (%)
17	Projeto Novo Horizonte	0,340	796,1	256,1	86,6	47	86,0
08	Projeto Fraca	0,272	737,1	235,0	99,1	20	94,0
15	Projeto Ipaoranga	0,230	200,3	180,0	89,9	83	75,3
17	Ponto final, incluindo projetos Riacho do Reis/Poti e Boa Esperança	1,482	1290,7	1249,0	96,8	18	94,6

QUADRO 4.13

## SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA PONTO DE MAIOR DEMANDA COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA

## BACIA DO COREAU

Nº	PONTO DE CONTROLE IDENTIFICAÇÃO	DEMANDA MÉDIA	VOLUME TOTAL	VOLUME TOTAL	PERCENTUAL	NÚMERO DE	NÍVEL DE	0,90 (m <sup>3</sup> /s) 1/
		REQUERIDA (m <sup>3</sup> /s)	REQUERIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO PERÍODO (hm <sup>3</sup> )	NO FORNECIDO EM VOLUME (hm <sup>3</sup> )	NESES COM FALHA	GARANTIA (%)	
04	Projeto Frecheirinha	0,180	1077,7	861,2	83,8	61	81,8	0,93
19	Projeto Granja	1,660	1445,7	1329,7	92,0	58	82,7	1,96
18	Projeto Pararinho	1,570	1167,3	1740,4	90,7	46	86,3	1,48 2/



- ▲ AÇUDE EXISTENTE
- △ AÇUDE PROGRAMADO
- PONTOS DE CONTROLE
- ⊙ PONTOS DE CONTROLE DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO
- (I) IMPLANTADO
- (P) PROGRAMADO
- CURSO DA GUA
- ▨ FAIXA DE PERENIZAÇÃO

FIGURA 45  
**ESQUEMA DO SISTEMA DE PERENIZAÇÃO DA BACIA DO POTI**  
 (COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA)



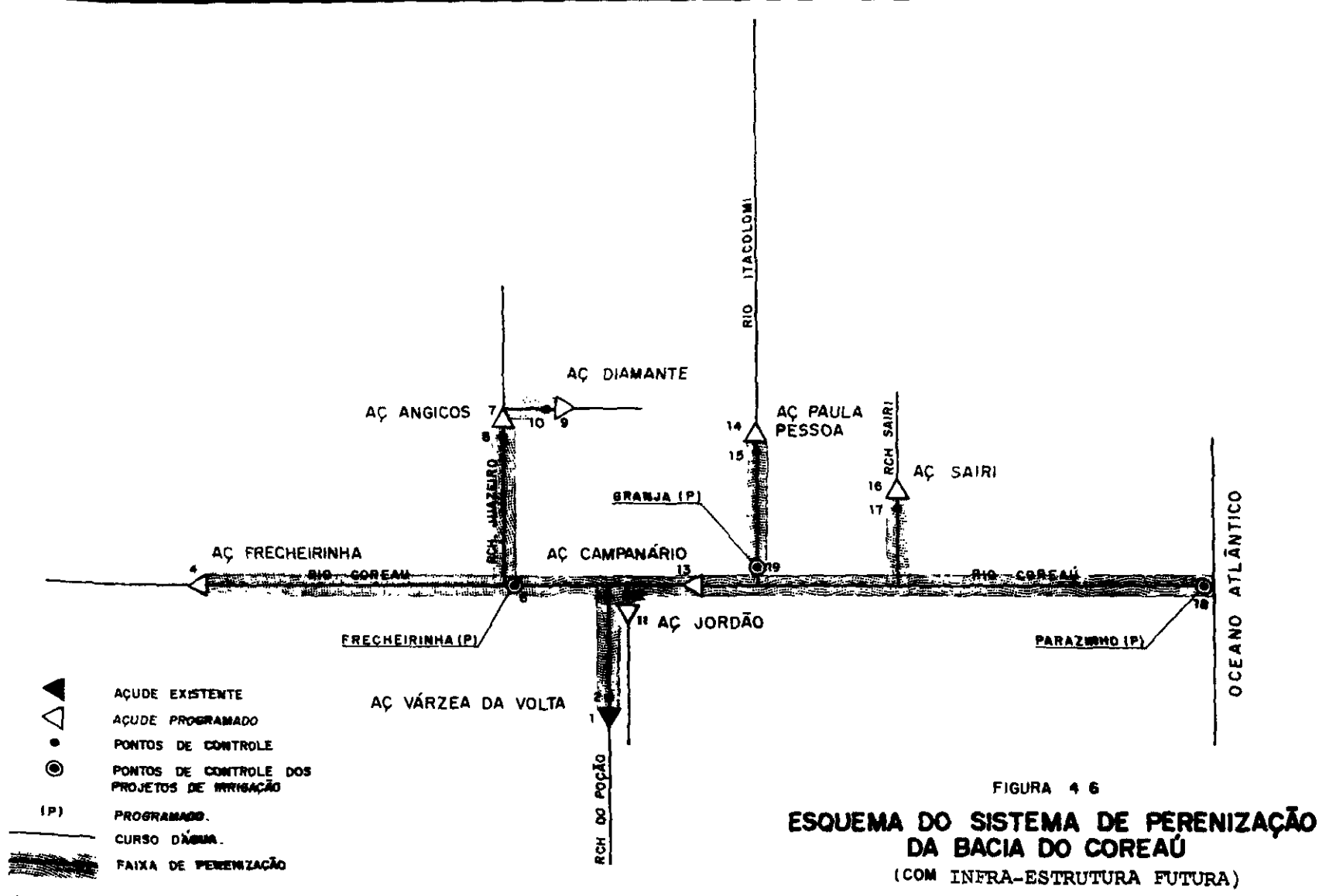
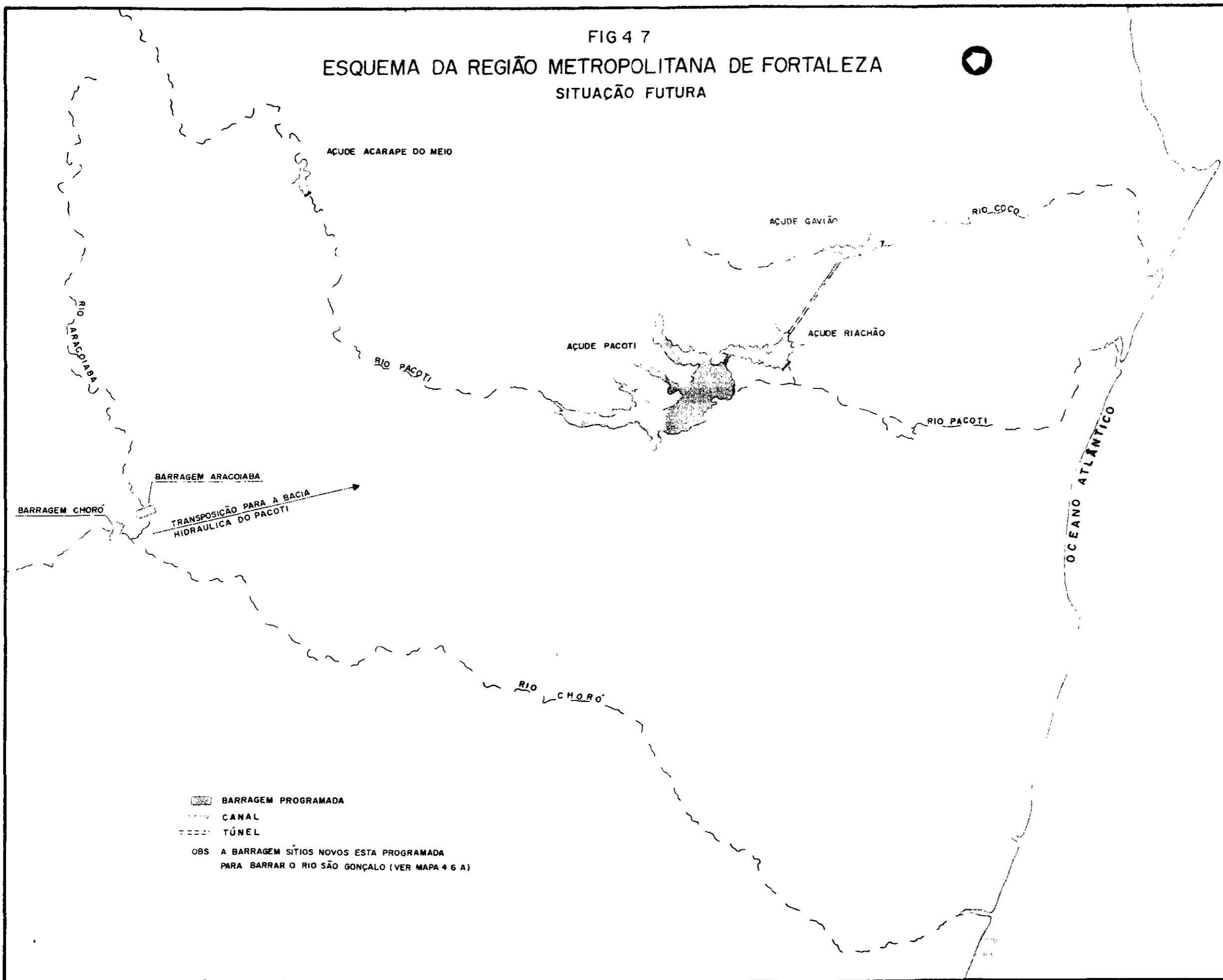


FIGURA 4 6  
**ESQUEMA DO SISTEMA DE PERENIZAÇÃO DA BACIA DO COREAÚ**  
 (COM INFRA-ESTRUTURA FUTURA)



FIG 4 7  
 ESQUEMA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA  
 SITUAÇÃO FUTURA



QUADRO 4.14  
 RESULTADOS PARA INFRA-ESTRUTURA FUTURA DA RMF

ACUDES	RESULTADOS	
Pacoti/Riachão	$V_a = 127,6 \text{ hm}^3$	$Q_{90}^A = 9,54 \text{ m}^3/\text{s}$
Uavião	$Q_{90}^A = 10,1 \text{ m}^3/\text{s}$	

QUADRO 4.15  
 DIAGNÓSTICO DE FORTALEZA  
 (m<sup>3</sup>/s)

SITUAÇÃO ATUAL			SITUAÇÃO ANO 2000					
			SISTEMA ATUAL			SISTEMA FUTURO		
DEMANDA (DEMANDA)			OFFERTA ANO		OFFERTA ANO		OFFERTA ANO	
NORMAL	SECO		NORMAL	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	SECO
4,2	3,6	1,8	5,6	3,6	1,8	10,0	5,0	

a) Mantendo percentuais atuais de vazão no para Caucaia e Maracanã

b) Vazões do ano seco garantida com  $F = 98\%$

A superposição deste mapa com aquele do Planejamento Distribuído, Perenização (4.1a), possibilita a identificação completa da infra-estrutura de perenização necessária, visto que ficam também estabelecidas as necessidades de barragens a montante daquelas levadas em conta na simulação da Infra-estrutura Hídrica Futura

## 5 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES COMPLEMENTARES

### 5.1 Preliminares

O presente PERH, instrumento fundamental para a implementação de uma política racional para os recursos hídricos do Ceará, não deve ser interpretado como um elemento estático e imutável, mas, sim, sob uma ótica dinâmica que exigirá uma permanente complementação e aperfeiçoamento, na realidade, ele deve ser entendido como o Primeiro Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará

Nesta perspectiva, a ação complementar primordial a destacar se refere a esta necessidade de contínua revisão, inicialmente através dos mecanismos fornecidos pelo Banco de Dados Periodicamente, os documentos que constituem o PERH devem ser reelaborados, de forma a incorporar não só novas informações e dados básicos mais consistentes, como as modificações de ações e prioridades requeridas pela evolução do próprio Estado e região, é o caso, por exemplo, do enfoque à qualidade d'água e conservação do meio ambiente, por motivos já expostos não tratados com maior relevância neste 1º PERH. A periodicidade destas reedições deve depender dos fatos que as justificassem, admitindo-se, a princípio, que não ultrapasse quatro anos consecutivos

O PERH será materializado por um lado, através das ações institucionais/legais preconizadas e, por outro lado, pelos programas setoriais que visem sanar as deficiências de informações, bem como implantar as ações identificadas em sua fase de planejamento

Dentre os inúmeros programas que deverão surgir, são abordados muito sucintamente agora aqueles entendidos como prioritários conforme discriminação seguinte

- programa de coleta de dados fluviométricos,
- programa de coleta de dados sobre açudagem,
- programa de monitoramento e gerenciamento dos grandes açudes,
- programa de abastecimento das sedes municipais e distritais
- programa de adutoras rurais,
- programa de pequena/média açudagem,
- programa de monitoramento e recuperação de poços

### 5.2 Programa de Coleta de Dados Fluviométricos

Ainda que também seja recomendável o desenvolvimento de programas de adensamento das redes pluviométrica e climatológica em algumas regiões do Bloco 2, a absoluta prioridade reside na implantação de uma rede fluviométrica complementar, devido à acentuada deficiência da existente, como foi largamente demonstrado no PERH

De fato, se torna indispensável que sejam instaladas estações nas seguintes Bacias

- a) **Bacia do Poti** que não dispõe de nenhuma informação confiável de qualquer período, como, também, não tem nenhum posto implantado, em face da intensa gama de ações (tanto de barragens como de irrigação) programada para esta bacia, é de extrema importância que sejam implantadas pelo menos três estações fluviométricas, uma no Rio Poti a montante da Barragem Flor do Camoo ou Carnaubá, outra no Rio Poti a montante da Barragem Clemente, e uma última no Rio Jatobá, antes de sua confluência com o Poti.
- b) **Bacia do Longá/Parnaíba** também sem qualquer dado fluviométrico, o conjunto das bacias da Serra da Ibiapaba que pertencem àquela do Rio Longá, em virtude de suas nítidas particularidades e importância, tem de ter, pelo menos, uma estação, seja nos Rios Peiuaba ou Arabé,
- c) **Bacia do Coreaú** na Bacia propriamente dita do Coreaú é fundamental se instalar pelo menos uma estação preferencialmente no Rio Itacolomi além do mais, na série de pequenas bacias litorâneas independentes, de características próprias, deveria ser implantada no mínimo outra estação que fosse representativa preferencialmente no Rio Timonha ou Pesqueiro
- d) **Bacias Metropolitanas** em consequência da presença da RMF e do reduzido nível de informações, seria fundamental implantar no mínimo duas estações, uma das quais no Rio Pacoti, a montante da barragem de mesmo nome e outra em uma das bacias litorâneas independentes, preferencialmente Ceará ou Malcozinhado,
- e) **Bacia do Curu** pelo grau de exploração, é indispensável que esta bacia tenha pelo menos mais duas estações, uma a montante das grandes barragens (no Rio Curu ou Canindé) e outra no Curu a montante do Projeto Curu-Paraipaba, estas estações, associadas à já



existente de São Luís do Curu e ao monitoramento dos reservatórios, permitiriam um controle adequado da bacia,

- f) **Bacia do Litoral** no mínimo, deveria ter um posto nas bacias litorâneas independentes, devido às características peculiares, mais apropriadamente na Bacia do Rio Mundau

### 5.3 Programa de Coleta de Dados sobre Açudagem

O conhecimento adequado da pequena/media açudagem se constitui em fator fundamental para a política dos recursos hídricos do Estado, como claramente evidenciado no PERH, o qual avaliou seu nível através de metodologia que, se no global conduz a resultados satisfatórios, em casos específicos pode apresentar erros acentuados

Na realidade, tal avaliação exige o conhecimento mais detalhado das características geométricas dos açudes, sendo indispensável, pelo menos ter-se a dimensão da bacia hidráulica e da altura d'água máxima o primeiro elemento encontra-se disponível e já foi utilizado neste Plano devendo-se partir para a estimativa do segundo

Como a quantidade de açudes é muito grande o que inviabilizaria a obtenção das informações para seu universo, o programa a ser implementado poderia ser estruturado com base nos seguintes princípios

- utilizando-se os resultados e zoneamento do PERH seriam selecionadas amostras representativas, considerando a localização e os grupos RiO: (tipo de relevo e ordem de curso),
- para os açudes destas amostras, seriam obtidos em campo, os valores da altura d'água máxima
- a coleta destas informações poderia ser feita através de cada Prefeitura local, via convênio com o Governo Estadual,
- com os pares BH e Hmax, utilizando-se metodologias hoje já consagradas, seriam estimados os volumes dos açudes das amostras,
- os resultados e conclusões seriam transferidos para o universo dos açudes identificados no PERH

### 5.4 Programa de Monitoramento e Gerenciamento dos Grandes Açudes

O monitoramento integral dos açudes de maior porte deverá ser feito de duas formas

uma primeira de avaliação da bacia hidráulica, através de imagens de satélite como já faz a FUNCEME

desenvolvendo-a, entretanto, de forma periódica,

- uma segunda, através do controle diário de todas as retiradas e perdas dos reservatórios

Os controles compreenderiam

- vazões liberadas através da tomada d'água,
- vazões captadas diretamente da bacia hidráulica, como, por exemplo, com os "kits" de irrigação,
- níveis d'água no reservatório,
- aferição e controle dos vertedouros dos açudes,
- evaporação sobre o espelho d'água, através de tanques evaporimétricos colocados em açudes representativos de cada região,
- precipitação direta sobre o espelho d'água, seja por meio de pluviômetros instalados no açude ou por meio de outros representativos, já existentes em locais próximos

Com estas informações, além de se ter um absoluto conhecimento da situação de cada reservatório (o que permitiria estabelecer previsões para os períodos secos seguintes), poder-se-ia, também reconstituir todas as séries diárias (ou mensais) de vazões afluentes, o que representaria um notável reforço das redes fluviométricas das bacias

O gerenciamento dar-se-ia, a princípio, com a regra de operação definida no PERH vazões contínuas garantidas com 90%, ou menor se necessário, e volume de alerta, posteriormente, quando o sistema estadual de gestão dos recursos hídricos estiver implantado e operando adequadamente, a operação dos reservatórios deverá ser reestudada computacionalmente e definidas novas regras, variáveis temporalmente, que busquem a otimização desses recursos

### 5.5 Programa de Abastecimento das Sedes Municipais e Distritais

O diagnóstico, muito desfavorável, do nível de garantia do abastecimento d'água de grande parcela das sedes municipais e distritais, induz à urgente necessidade de desenvolver um programa para resolver o problema

Em dezenove sedes municipais não há, inclusive, manancial d'água (Alcântaras, Aratuba, Barreira, Chorozinho, Croatá, Cruz, Eusebio, Horizonte, Ibareta, Ipaporanga, Itarema, Martinópolis, Mulungu, Ocara, Pindoretama, Quiterianópolis, Tururu e Graça), o que caracteriza uma situação de permanente emergência que também ocorre em grande parte com nível de atendimento inferior a 30%





Este programa poderia ser iniciado, de imediato, para aquelas cidades que têm alternativa de manancial d'água com a infra-estrutura hídrica existente, precisando, apenas, do sistema de captação-adução, como é o caso, por exemplo, das seguintes cidades

Uruburetama	-> Açude Mundau,
Crateus	-> Açude Carnaubal,
Santa Quitéria	-> Açude Serrote,
Reriutaba	-> Açude Araras,
Canindé	> Açude General Sampaio.
Itaipipoca	-> Açude Guandu,
Hidrolândia	> Açude Araras,
Cascavel/Pacajus	> Açude Pacoti
Martinópolis	> Açude Martinópolis.
Independência	> Açude Jaburu II,
Paramoti/Carid	-> Açude General Sampaio

A concepção desses sistemas deve primar pela simplicidade e eficiência, incluindo as obras de captação/adução, reservação e tratamento d'água a fim de que não se inviabilizem pela falta de recursos financeiros

#### 5.6 Programa de Adutoras Rurais

O programa de adutoras rurais, com mais razão ainda que as anteriores se baseia na implantação a baixo custo de pequenos sistemas simplificados de abastecimento

A idéia seria de que estas adutoras se originassem preferencialmente em pontos selecionados dos rios perenizados e se desenvolvessem ao longo das estradas (vicinais, municipais, estaduais e até federais) onde há, quase sempre, uma maior concentração de população. O princípio fundamental seria o de fornecer quantos pontos d'água fossem necessários com ou sem charariz associado permitindo que tais populações pudessem ter um mínimo de suprimento d'água garantido

Tais adutoras não deveriam ter grande comprimento e teriam as obras mais simples possíveis, mantendo entretanto uma disponibilidade contínua ao longo de períodos diários pré estabelecidos e qualidade d'água mínima aceitável, devido ao seu baixo custo e facilidade de operação elas poderiam ser disseminadas não só nos trechos perenizados dos rios como também a partir de açudes de maior porte

#### 5.7 Programa de Pequena/Média Açudagem

Um dos três tipos de ação básica previstos pelo Planejamento do PERH a implementação da pequena/média açudagem apresenta as condições mínimas requeridas para que seja processada organizadamente no Estado

O princípio fundamental a guiar o programa é o de que o Estado, através do seu sistema de gestão de recursos hídricos, passasse a ter, não o controle, mas o papel de supervisor e o poder de interferência nestas ações, que visam a mobilização d'água, e que podem acarretar sérios problemas de conflitos entre usuários e usos de um bem comum

Este princípio seria preservado se seguidas as normas, ora apresentadas, de forma sintetizada

- a) seria obrigatório o encaminhamento à SRH, para apreciação, da solicitação para construção de qualquer açude (o que, aliás, está implicitamente estabelecido na legislação d'água vigente);
- b) à luz do PERH, a SRH examinaria a viabilidade técnica, do ponto de vista hidrológico (potencialidade e disponibilidade hídrica da bacia em questão), da obra,
- c) constatada a inexistência de conflitos futuros, a SRH liberaria a autorização caso contrário, seria comunicado ao usuário os impedimentos e a alternativa possível,
- d) o interessado registraria obrigatoriamente no CREA - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura, a autorização, através de documentação a ser ainda estudada, a qual, entretanto, deverá evitar entraves burocráticos, grandes dificuldades técnicas e elevados custos ao interessado, claro está que a documentação técnica a ser exigida será compatível com a dimensão da obra
- e) os açudes seriam cadastrados na SRH segundo a ficha definida no Plano o que possibilitaria a formação de um Banco de Dados adequado futuramente,
- f) através de convênios, a SRH envolveria as prefeituras municipais no processo de comprovação da implantação da obra, reduzindo os custos que seriam associados à sua fiscalização

Sempre que possível, seriam priorizadas as regiões com necessidades de açudes previstos no Plano, em especial se os mesmos tiveram que ser construídos através de financiamento de bancos oficiais

000400

## 5 8 Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços

### 5 8 1 Estratégia do Programa

#### 5 8 1 1 Introdução

O programa aqui exposto visa atender ao interesse do Governo do Estado em minimizar os problemas decorrentes da escassez de água, cuja solução, apesar de complexa, pode obter contribuição efetiva através da disponibilidade de água subterrânea

O presente programa está estruturado de forma concisa, com caráter eminentemente prático, e aplicado à realidade regional. As diretrizes básicas envolvem o conhecimento do problema e a forma de atuação, seguidas de um plano para recuperação e monitoramento dos poços

É importante portanto, que este programa seja levado ao conhecimento dos órgãos federais e estaduais envolvidos com estas atividades, como DNOCS, SUDENE, CPRM, FSESP e CAGECE, para que seja operacionalizado em função das características dos órgãos e da disponibilidade de equipamentos e pessoal

#### 5 8 1 2 Geologia regional

O Estado do Ceará apresenta uma compartimentação geológica que reflete, a nível regional, uma fraca vocação hidrogeológica, uma vez que cerca de 70% do seu território é formado por rochas cristalinas cujo aproveitamento como aquífero comporta restrições quanto à vazão e à qualidade da água. A perfuração de poços tubulares profundos nessas regiões, nem sempre corresponde à solução mais viável, tanto em termos técnicos quanto econômicos, motivada, em parte, pela falta de critérios de locação de poços

O condicionamento hidrogeológico dos terrenos cristalinos, representados por rochas ígneas e metamórficas, está relacionado ao armazenamento de água nas zonas de descontinuidade tectônica de natureza ruptural, como falhas, fraturas, fendas, diáclases e a forma como se interligam estas descontinuidades. Esta situação impõe às rochas cristalinas uma limitação quanto à sua potencialidade, uma vez que a porosidade primária da rocha é superimposta pela porosidade secundária e mais proeminente, limitando a circulação da água subterrânea às zonas de descontinuidade

O resultado obtido da quantificação da potencialidade hídrica do cristalino do Ceará (Bloco 2) totalizam 93 000 000 m<sup>3</sup>/ano para uma área de 51 000 km<sup>2</sup>, o que resulta, em termos absolutos, 1 800 m<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>. Este valor representa a menor potencialidade absoluta dentre as unidades hidrogeológicas existentes no Estado

#### b) Terrenos sedimentares

Os aquíferos de natureza sedimentar possuem os mais diversos condicionamentos, sendo possível caracterizá-los isoladamente para melhor compreensão e identificação da sua importância. Ao tratar destes aquíferos, é importante mencionar a sua origem para traçar a evolução destas unidades, ressaltando a sua individualização. A descrição detalhada dos aquíferos pode ser obtida no capítulo referente à "Caracterização Hidrogeológica" que consta dos Estudos de Base do PERH

#### 5 8 1 3 Conhecimento do Problema

A perfuração de poços no Estado do Ceará (Bloco 2) teve início nos idos do ano de 1910, quando a IOCS (atual DNOCS) já se preocupava com os problemas de escassez de água nesta região. Daquela data até hoje foram perfurados cerca de 7 500 poços, assim distribuídos

AQUÍFEROS	ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURAS	BARREIRAS	SERRA GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICAS	TOTAL
Nº DE POÇOS	150	752	20	1947	264	80	51	138	4668	7510

A porção sedimentar do Estado é representada por uma grande variedade de tipos litológicos, cujas características estão relacionadas basicamente à espessura saturada e à granulometria do material. A sua distribuição espacial está condicionada às bordas do Estado, e seu aproveitamento assume grande importância no abastecimento público de zonas urbanas e núcleos habitacionais da área rural

A seguir são destacadas as características dos aquíferos, procurando evidenciar o nível de importância que este pode assumir num contexto regional

#### a) Terrenos cristalinos

É de se notar a grande maioria dos poços (70%) foi perfurada em terrenos cristalinos reconhecidamente de fraca vocação, porém com extensão aflorante predominante sobre os demais aquíferos. Esta situação, todavia, não é plenamente justificável, pois os aquíferos de menor porte, como os aluviões, necessitam de um estudo preliminar para que seja obtido êxito na captação de água subterrânea. Isso não quer dizer que não haja necessidade de investigação hidrogeológica do cristalino, porém os métodos aplicados são de natureza qualitativa, possibilitando uma margem de erro bastante razoável em de erro bastante razoável. O fato de perfurar um poço no cristalino e disso resultar uma vazão de 100 l/h, por exemplo, não implica que o resultado seja totalmente negativo. Por outro lado,

a exploração do aquífero aluvionar, através de um poço com 1 000 l/h coloca em dúvida o critério de locação e dimensionamento da obra de captação

A distribuição temporal da perfuração de poços (figura 5.1) revela um grande incremento no início da década de 1980, o que condiciona um grande número de poços com idade suficiente para serem submetidos a manutenção

#### 5.8.1.4 Forma de atuação

##### a) Perfuração de novos poços

Os resultados fornecidos pelo Balanço Distribuído possibilitam a imediata identificação dos níveis de atendimento para as demandas requeridas nas Unidades de Balanço (UB's), considerada a infra-estrutura hídrica atual. Para suprimento das demandas não satisfeitas desta forma foi rodado um novo Balanço Hídrico, desta feita com as potencialidades hídricas dimensionadas para a perenização açudes e poços. O resultado assim obtido gerou os mapas de Planejamento das Ações de Infra-Estrutura Hídrica, onde constam os volumes anuais a serem mobilizados pela perenização açudes e poços, bem como a identificação das demandas não satisfeitas.

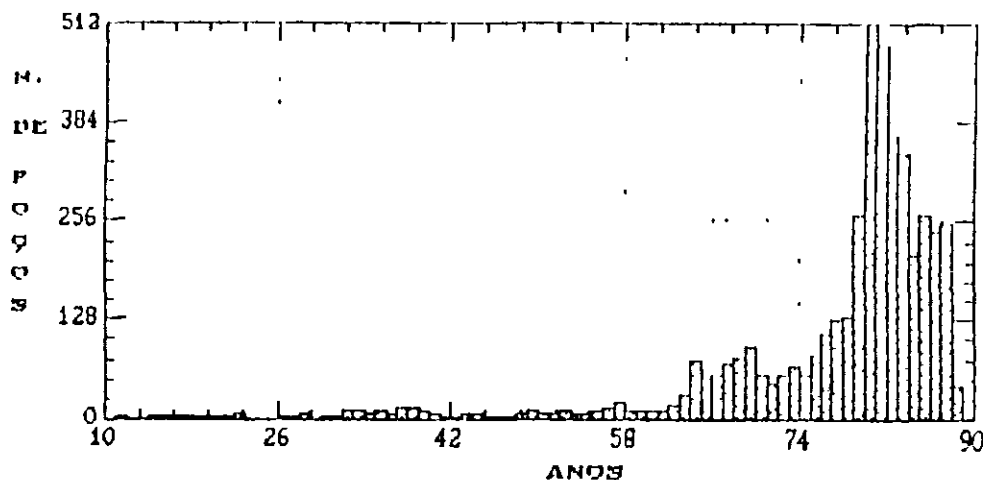
No caso específico do volume mobilizado de água subterrânea, deve-se considerar que o Planejamento Distribuído fornece os resultados detalhados a nível de UB, porém sem caracterizar os aquíferos que proporcionaram a mobilização de tal volume. Por este motivo, é necessário dispor das reservas subterrâneas (quadro I) para ponderar o volume mobilizado de cada bacia em função das reservas exploráveis.

O quadro II ilustra o planejamento das intervenções de água subterrânea através do volume a ser mobilizado pelos aquíferos de cada bacia hidrográfica e o respectivo número de poços, resultando em 3 768 poços a serem perfurados no Bloco 2, equivalentes a 88 500 000 m<sup>3</sup>/ano, se considerando o ano seco, e 4 500 poços equivalentes a 67 350 000 m<sup>3</sup>/ano, se considerando o ano normal.

##### b) Recuperação de poços existentes

Fator fundamental para efetivar um programa de recuperação de poços, é o conhecimento das características construtivas e hidráulicas para que seja possível dimensionar os equipamentos necessários à execução dos trabalhos. Da mesma forma, é importante saber o número de poços existentes para estabelecer a estratégia de atuação. No quadro III, a seguir estão relacionados o número de poços com e sem vazão, a sua disponibilidade atual, a profundidade e a sua vazão média.

FIGURA 5.1  
HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA





QUADRO I  
RESERVAS EXPLORÁVEIS (x100000m<sup>3</sup>/ano)

BACIAS \ AQUIFEROS	ALUVIÃO		DUNAS	COBERTURA	BARREIRAS	S. GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICA	TOTAL	TOTAL
	NORMAL	SECO										
COREAÚ	19,50	5,85	47,85	20,66	180,86	2,04	4,27	25,05	0,30	8,90	309,43	295,78
ACARAÚ	84,40	47,20	5,34	-	25,75	1,51	28,73	1,95	0,97	20,31	168,96	126,76
LITORAL	19,20	5,74	62,89	-	104,33	0,10	-	-	0,05	11,42	197,99	184,55
CURU	11,00	3,30	-	-	18,31	-	-	-	0,01	14,78	44,10	36,40
METROPOLITANAS	21,80	6,54	43,92	25,30	262,75	-	-	-	0,14	17,87	371,78	356,52
PARAÍBA	5,50	1,65	-	21,04	-	19,35	-	-	0,53	17,63	64,05	60,20
TOTAL	162,00	65,00	160,00	67,00	592,00	23,00	33,00	27,00	2,00	91,00	1157,00	1060,00

QUADRO II.a  
PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE POCOS - ANO NORMAL

BACIAS \ AQUIFEROS	ALUVIÃO	DUNAS	COBERTURA	BARREIRAS	S. GRANDE	JAIBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICA	TOTAL		
											VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	Nº DE POCOS
COREAÚ	533	1307	564	4939	56	117	684	8	242	8450	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	15	46	40	240	3	7	31	1	19	402	Nº DE POCOS	
ACARAÚ	2972	188	-	907	53	1012	69	34	715	5950	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	84	7	-	44	3	64	3	3	57	265	Nº DE POCOS	
LITORAL	1949	6448	-	10497	10	-	-	5	1171	20300	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	55	726	-	520	-	-	-	-	93	894	Nº DE POCOS	
CURU	972	-	-	1620	-	-	-	1	1307	3900	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	27	-	-	79	-	-	-	-	104	210	Nº DE POCOS	
METROPOLITANAS	1328	2676	1541	16007	-	-	-	9	1089	22650	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	37	94	110	777	-	-	-	1	87	1106	Nº DE POCOS	
PARAÍBA	524	-	2004	-	1643	-	-	50	1679	6100	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	15		143	-	103	-	-	5	133	399	Nº DE POCOS	
TOTAL	8298	10619	4109	34170	1962	1129	753	107	6203	67350	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /ha)	
	233	371	293	1660	109	71	34	10	493	3276	Nº DE POCOS	

QUADRO 11.6

PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE POÇOS - ANO SECO

AQUÍFEROS	ALUVIÃO	DUMAS	COBERTURA	BARREIRAS	S. GRANDE	JATBARA	UBAJARA	ÍGNEAS	METAMÓRFICA	TOTAL	
BACIAS											
COREAÚ	197	1561	674	5900	67	139	817	10	290	9650	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	5	55	48	286	4	9	37	1	23	468	Nº DE POÇOS
ACARAÚ	7730	345	-	1666	98	1858	126	63	1314	8200	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	77	12	-	81	5	118	6	6	104	409	Nº DE POÇOS
LITORAL	672	7344	-	12183	12	-	-	6	1333	21550	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	19	258	-	592	-	-	-	-	106	925	Nº DE POÇOS
CURU	794	-	-	4401	-	-	-	2	3553	8750	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	22	-	-	214	-	-	-	-	283	519	Nº DE POÇOS
METROPOLITANAS	600	4028	2320	24100	-	-	-	13	1639	32700	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	17	141	165	1170	-	-	-	1	130	1624	Nº DE POÇOS
PARAÍBA	214	-	2726	-	2507	-	-	69	2284	7800	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	6	-	194	-	140	-	-	6	182	528	Nº DE POÇOS
TOTAL	5202	13278	5720	48250	2684	1997	943	163	10143	88650	VOLUME (1000m <sup>3</sup> /hm)
	146	466	407	2343	149	127	43	14	828	4523	Nº DE POÇOS

QUADRO III  
QUANTIFICAÇÃO DOS POÇOS

AQUÍFEROS	Nº POÇOS		DISPONIBILIDADE ATUAL (x1000000 m <sup>3</sup> /ano)	PROFUNDIDADE MÉDIA/POÇO (m)	VAZÃO MÉDIA/POÇO (m <sup>3</sup> /h)
	CV	SV			
ALUVIÃO	130	20	4,1	9,40	16,20
DUNAS	233	19	4,6	10,10	13,00
COBERTURAS	15	05	0,2	40,40	6,00
BARREIRAS	1812	105	11,3	42,50	9,80
SERRA GRANDE	239	25	3,2	75,00	8,50
JAIBARA	66	14	1,2	52,40	8,10
UBAJARA	48	03	0,9	60,00	10,30
ÍGNEAS	112	26	1,2	60,30	5,80
METAMÓRFICAS	3906	702	37,3	58,10	6,70
T O T A I S	6561	949	64,0	-	-

CV - com vazão, SV - sem vazão



Com os dados acima, se torna possível especificar os equipamentos de bombeio necessários às tarefas de desenvolvimento dos poços, uma vez que são conhecidas as faixas de profundidade e vazão. O número total de poços permite concluir que se uma única equipe se propusesse a executar a recuperação/manutenção dos poços existentes, levaria pelo menos 10 anos para isso. Por este motivo, é conveniente que sejam constituídas no mínimo 05 (cinco) equipes de manutenção para que cada poço seja visitado bianualmente, o que pode ser considerado um tempo razoável.

Quanto à questão da propriedade do poço, vale salientar que cabe ao Estado a iniciativa de implementar o Programa de Recuperação de Poços, e, ao usuário, autorizar a execução dos serviços. O interesse é recíproco, pois, ao Estado, é importante obter as informações para o gerenciamento dos recursos hídricos, e, ao usuário, resultam todas as vantagens que decorrem dos serviços, principalmente no que se refere ao aumento da vida útil do poço e da própria assistência técnica sistemática.

#### c) Sequência de atuação

O fluxograma de atividades que estabelece a forma de atuação do Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços é apresentado na figura 5.2.

### 5.8.2 Programa de Monitoramento de Poços

#### 5.8.2.1 Introdução

O programa de monitoramento de poços objetiva estabelecer alguns critérios fundamentais para que seja efetivado um controle operacional e, com isso, a otimização das unidades de captação de água subterrânea. Tem-se verificado que, enquanto existe um relativo controle com as medições periódicas de descargas fluviométricas e de precipitação meteórica, nada ou muito pouco existe acerca de medições de níveis estático e dinâmico e vazão de poços. Esta lacuna de informações dificulta, sobremaneira, a avaliação do desempenho dos poços perfurados e seu relacionamento com o aquífero captado.

No âmbito do PERH, foi elaborado um inventário hidrogeológico, a partir das informações disponíveis nos relatórios técnicos dos órgãos e empresas responsáveis pela perfuração de poços. É necessário, a partir de então, alimentar o banco de dados assim constituído, fornecendo e/ou complementando informações para que estas possibilitem um aprimoramento das conclusões obtidas.

A adoção imediata dos modelos das fichas para cadastro de poços e análise química é fundamental para a obtenção de todos os parâmetros que caracterizam o poço, o aquífero captado, o equipamento de bombeamento instalado e a evolução hidroquímica.

#### 5.8.2.2 Avaliação da situação operacional dos poços

Para que seja possível a implantação de um programa de monitoramento de poços, é fundamental saber a sua quantidade e a situação operacional em que se encontram. Para isso, se faz necessária a realização de um levantamento a nível regional, com visita a todas as comunidades e a todos os poços cadastrados. No local, deve ser preenchida uma ficha cadastral, que permita esclarecer a situação atual daquele poço. Para o preenchimento da ficha, são indispensáveis as informações prestadas pelo proprietário ou encarregado da operação do poço, seguidas da verificação e comprovação "in loco", procurando-se detectar a causa que provocou a paralisação ou abandono. A seguir, são relacionadas as causas principais, de forma a induzir o trabalho de campo a uma certa homogeneização de termos e do enfoque à causa detectada.

a) Causas comuns ao abandono definitivo e à paralisação temporária

##### - Obstrução por material alóctone

O material alóctone, ou seja, de origem estranha ao poço, pode ter sido colocado no seu interior propositadamente ou por mera casualidade. É comum os moradores de uma localidade atirarem no seu interior materiais diversos, sendo mais freqüente o uso de pedras ou pedaços de madeira. Por outro lado, esses materiais podem também ter caído no poço casualmente, sendo mais comuns as seguintes causas: assoreamento de areias e argilas trazidas por enchentes nos poços perfurados na calha fluvial ou próximo dela, ferramentas de equipamentos de perfuração (trépano, broca, haste, etc.), e componentes do sistema de bombeamento (bomba, tubulação, etc.).

Em função da situação decorrente dessa obstrução o poço poderá ser recuperado e, nesse caso, tem-se apenas uma paralisação provisória. Caso não haja qualquer condição de recuperação, caracteriza-se o abandono definitivo do poço.

##### - Assoreamento por material autóctone

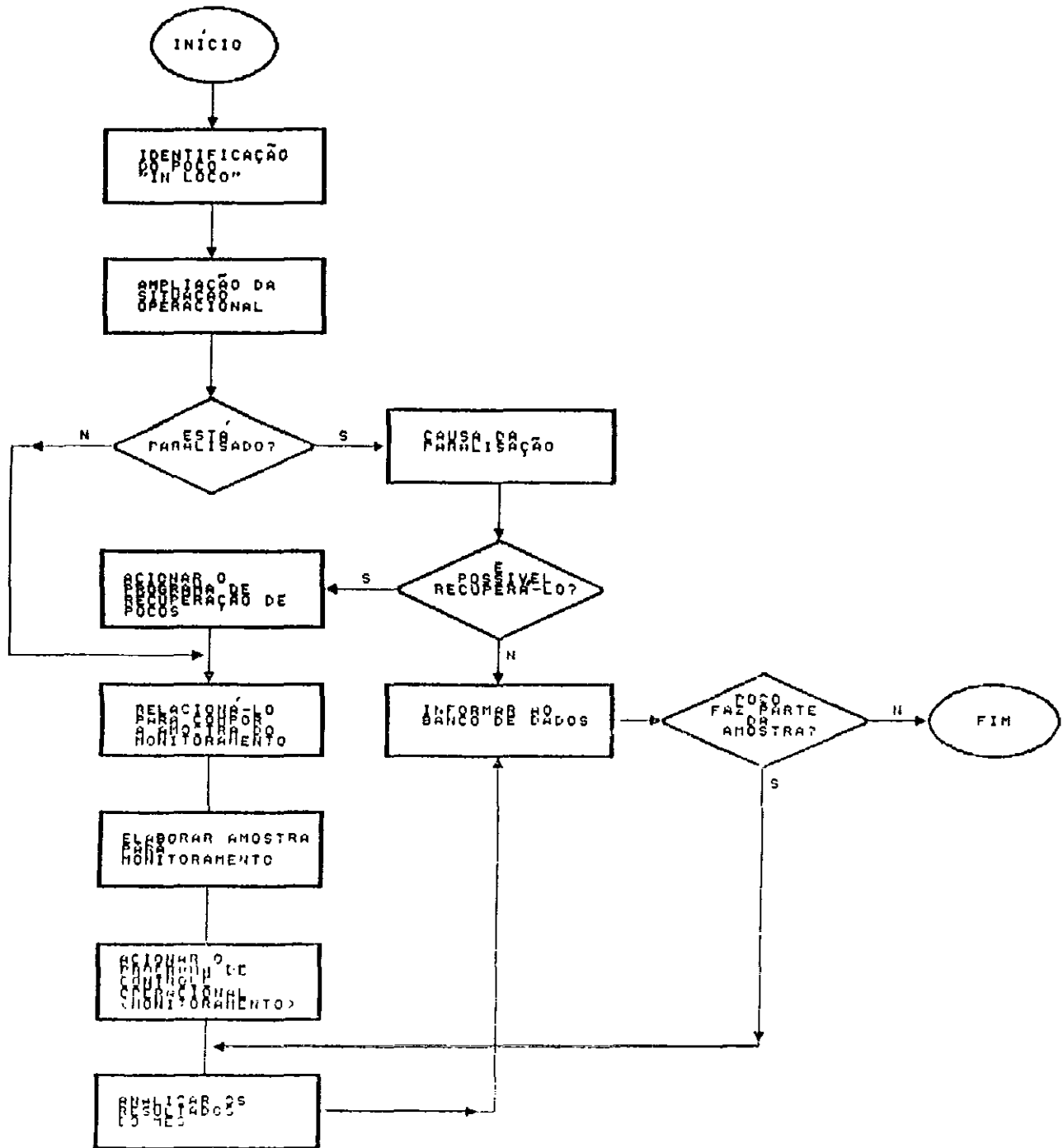
O material autóctone é representado por areia e argila ou ainda fragmentos de rocha da própria parede do poço, caído no seu interior em poços não revestidos, ou através de filtros corroídos por águas agressivas. Em áreas onde a formação rochosa é de elevada dissolubilidade, como rochas carbonatadas ou sulfatadas, os sais dissolvidos podem ser recristalizados no interior do poço ou nas aberturas dos filtros, provocando sensíveis quedas de vazão. Igualmente ao caso do material alóctone, a intensidade do processo de assoreamento pode acarretar uma mera paralisação provisória passível de recuperação ou o abandono definitivo do poço.

##### - Inteligência política no Serviço Público

Lamentavelmente, a descontinuidade na utilização de obras públicas constitui quase uma regra.



FIGURA 5 2  
FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES







geral no Brasil, provocando frequentes desativações, quando ocorre a mudança de um governante de linha política divergente do antecessor

Essa paralisação é temporária quando o poço volta a ser utilizado em futuras administrações

- Danificação do equipamento de bombeio

A falta de assistência técnica, notadamente dos poços localizados na zona rural, conduzem freqüentemente ao seu abandono, em virtude de problemas relacionados ao equipamento de bombeamento instalado. Na maioria das vezes, a paralisação é temporária, bastando a recuperação do equipamento

b) Causas específicas para o abandono do poço

#### Vazão Irrisória

O aquífero fissural, comumente conhecido por "cristalino" é, por sua natureza, muito irregular, podendo fornecer vazões bem diferentes em poços bem próximos um do outro

O perfeito conhecimento da técnica de locação de poços constitui um importante fator condicionante de uma boa ou má vazão. Cerca de 40% dos poços perfurados no Nordeste forneceram vazão irrisória (abaixo de 100 l/h), ou mesmo não produzem nenhuma água. Nesses casos, o poço é abandonado definitivamente

- Má qualidade da água

Em função de vários fatores, dentre os quais predomina o clima semi-árido (baixa precipitação e forte evaporação), as águas do cristalino na Região Nordeste são freqüentemente salinizadas (média de 2 500 mg/l), tornando-se imprestáveis para o consumo humano e, às vezes, até para os animais. Nos casos em que a água é extremamente salinizada, o poço é definitivamente abandonado

#### Implantação de outra fonte hídrica

Freqüentemente, um poço é abandonado em virtude da instalação, na propriedade, de outra fonte de abastecimento hídrico que apresente maiores vantagens tais como um açude, uma cisterna, um cacimbão ou mesmo um outro poço que possua melhor vazão ou água de melhor qualidade

- Contaminação da água por salinização ou poluente orgânico

Às vezes, um poço que originalmente possuía uma boa água, sofre contaminação por salinização decorrente de várias causas, como infiltração de camadas aquíferas salinizadas que não foram devidamente isoladas, desequilíbrio de "interface" água doce/água salgada por superexploração na região costeira, e infiltração de

soluções salinas de meio externo, dentre outras igualmente pelo processo de infiltração, quando o poço não é cimentado no espaço anelar de proteção sanitária, pode ocorrer a poluição orgânica, principalmente em áreas urbanas nas proximidades de fossas e esgotos, quando o nível freático é pouco profundo

c) Causas específicas para a paralisação temporária

- Alternância sazonal com manancial de superfície

Em muitas propriedades rurais, onde existem simultaneamente poço e outra fonte hídrica de superfície, como um barreiro, um implúvio (cisterna), que permita o abastecimento d'água por alguns meses do ano, ocorre um sistema alternado de uso da água

- Alternância de exploração com outro(s) poço(s)

Nas grandes propriedades rurais, com elevada demanda de água, são perfurados vários poços, e muitas vezes se dimensiona uma bateria com capacidade superior à demanda, a fim de permitir um sistema de rodízio no uso desses poços, aliviando as bombas do funcionamento ininterrupto. Dessa maneira, um determinado poço fica desativado algum tempo, meramente como medida cautelar para propiciar uma manutenção preventiva

- Aumento de salinização em determinadas épocas

Em algumas situações, principalmente quando o nível freático é muito raso e a recarga é bastante eficaz durante o período chuvoso, pode ocorrer um período de um ano em que a água possui mais baixo teor de sais, correspondendo ao período de recarga, e outra época em que, devido à concentração da salinização, a água piora de qualidade

Esse processo é mais frequente em poços perfurados no aquífero aluvial, em que a flutuação do nível d'água entre inverno e verão se faz com maior intensidade

#### 5 8 2 3 Controle operacional

A partir do momento em que o poço entra em funcionamento, é imprescindível que se realize um controle operacional, de modo a permitir uma avaliação efetiva do desempenho do sistema, possibilitando a identificação de problemas e, com isso, se estabelece indicadores para uma manutenção preventiva. É importante ressaltar que os problemas mais comuns verificados nos poços decorrem da queda de produção, ocasionada na maioria das vezes por fatores de ordem operacional associada à falta de manutenção, resultando em frequentes paralisações e abandono das unidades de captação

Para a implantação de um programa destinado ao controle operacional de poços, é

necessário inicialmente realizar um trabalho de conscientização do pessoal encarregado da operação sobre a importância e a necessidade de preservar as unidades de captação como um patrimônio capaz de satisfazer uma das necessidades essenciais para a vida, que é a obtenção do líquido precioso

O ideal seria realizar o monitoramento de todos os poços, todavia, se torna uma tarefa impraticável uma vez que não é possível o acesso a determinados poços ou, por outro lado, existem poços agrupados, o que é aceitável eleger um deles para representá-los. Com isso, o universo de poços cadastrados dá lugar a uma amostra, cujo tamanho está relacionado ao número de Unidades de Balanço (UB's) e ao número de aquíferos nelas existentes, ou seja, para cada UB é conveniente ser monitorado um poço de cada aquífero, resultando em uma amostra de 805 poços (veja distribuição a seguir)

Para promover o monitoramento dos poços selecionados, é preciso dotá-los de alguns requisitos que possibilitem a execução das medidas de nível e descarga, quais sejam

introduzir uma tubulação de 1/2" no interior do poço, de modo a facilitar a descida do eletroduto do medidor do nível d'água, instalar um "T" com registro de recalque, de modo que possa ser feita medida de vazão através do método volumétrico. Estas conexões permitem também a obtenção de amostra d'água para análise periódica

AQUÍFEROS MONITORADOS	Nº DE POÇOS
ALUVIÕES	100
DUNAS	30
COBERTURA	25
BARREIRAS	150
SERRA GRANDE	60
JAIBARA	25
UBAJARA	15
ÍGNEAS	50
METAMORFICA	350
TOTAL	805

Providenciado isto, o operador do poço receberá uma ficha onde constam o código do poço e as lacunas para serem preenchidas as medidas de nível estático e dinâmico bem como da vazão e do tempo de bombeamento, cuja periodicidade deve ser mensal

A unidade coordenadora do Programa deve estabelecer um critério de obtenção das informações, seja via telefone, correio ou coleta sistemática, de tal forma que seja possível traçar curvas de evolução temporal de cada parâmetro considerado. A análise dos dados deve permitir o estabelecimento da rotina de manutenção preventiva dos poços, bem como de

possíveis oscilações da superfície piezométrica dos aquíferos

### 5 8 3 Programa de Recuperação de Poços

#### 5 8 3 1 Aspectos gerais

A implantação de um programa de recuperação de poços objetiva otimizar a exploração de água subterrânea, com vistas ao atendimento das demandas definidas para cada unidade de balanço do PERH

É fato notório e bastante preocupante a precária situação operacional dos poços, uma vez que além de não existir uma rotina definida de procedimentos, falta a orientação e a capacitação do pessoal responsável pela operação. Este fato implica no frequente abandono das unidades de captação muitas vezes motivado tão somente por problemas relacionados ao equipamento de bombeamento. Todavia, é importante frisar que problemas relacionados à perfuração do poço, ao tipo de revestimento utilizado ou, ainda, ao aquífero captado, podem originar questões cuja identificação só é possível com o acompanhamento sistemático das condições operacionais

É fundamental, portanto, que ao se iniciar um programa de recuperação de poços, se estabeleçam critérios que possibilitem a identificação da natureza do problema e, com isso, se possa estabelecer as causas prováveis e a consequente aplicação de soluções para o condicionamento do poço

Para melhor entendimento da abordagem a ser desenvolvida, convém distinguir os poços tubulares perfurados em terrenos sedimentares daqueles perfurados em terrenos cristalinos (figura 5 3). Essa distinção é importante, tendo em vista que os métodos e técnicas empregadas na perfuração podem originar problemas peculiares

Além disso, a completação desses poços revela características próprias, em consequência da natureza do fluxo de água subterrânea. Nos sedimentos, a água ocupa todos os seus poros e a sua captação exige que o poço seja revestido com tubos e filtros, estando a produção relacionada à passagem da água pelas ranhuras do filtro. No cristalino, a passagem da água se dá através de zonas de descontinuidade tectônica (fraturas, fendas, foliação), sem que haja a necessidade de revestimento do poço

Posto isso, a seguir é apresentada uma rotina de inspeção classificada segundo a sua natureza, em problemas mecânicos, hidráulicos e hidroquímicos

#### 5 8 3 2 Problemas mecânicos

São aqui tratados os problemas relacionados com a estrutura do poço e com o equipamento de bombeamento instalado



#### a) Obstrução da seção filtrante

##### I - Causas

- 1) as obstruções na área aberta do filtro podem ser causadas por acumulação de argila, silte e areia, oriundos da formação,
- 2) podem também ser originadas pelo subproduto da corrosão em função da agressividade da água ou mesmo pela deposição de substâncias presentes na água quando esta apresenta características incrustantes.
- 3) a proliferação de bactérias de ferro, originadas muitas vezes da contaminação durante a perfuração do poço, além de causar a obstrução dos filtros, provoca mudança na coloração da água bombeada

##### II - Sintomas

Decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do nível dinâmico

##### III - Soluções

Para a recuperação dos poços cujo problema está relacionado à obstrução ou colmatção da seção filtrante, deve-se partir para os métodos convencionais utilizados no desenvolvimento durante a construção. O princípio da recuperação considera, neste caso, a desagregação mecânica de incrustações nas paredes do filtro. Para tanto, é recomendável o pistoneamento no sentido da seção mais superior para a mais inferior, seguido da limpeza com auxílio de caçamba ou compressor. Este procedimento, todavia, nem sempre oferece resultados satisfatórios, uma vez que as incrustações têm natureza diversa, motivo pelo qual, em muitos casos, é necessária a aplicação de produtos químicos simultaneamente ao desenvolvimento mecânico. Os polifosfatos atuam com eficiência para a dispersão de argilas, lodos, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês. Geralmente, são usados juntamente com uma solução de hipoclorito de sódio para obter a remoção de ferro-bactérias, ao mesmo tempo em que proporcionam a desinfecção do poço.

##### IV - Prevenção

Os processos de colmatção da seção filtrante são bastante comuns e dificilmente são evitados completamente. No entanto, é possível minimizar estes processos atentando para os seguintes procedimentos operacionais:

- 1) a demanda diária requerida deve ser atendida bombeando o poço com o maior número possível de horas, de forma a reduzir a sua vazão horária e, com isso, diminuir ao máximo a velocidade de entrada da água no poço,

- 2) havendo a disponibilidade de mais um poço para o atendimento da demanda, utilizá-los simultaneamente, obtendo vazões e rebaixamentos menores por unidade de produção,
- 3) efetuar periodicamente a limpeza do poço, no mínimo de ano em ano, seguindo as recomendações propostas anteriormente

#### b) Obstrução de zonas fraturadas

##### I - Causas

- 1) os poços perfurados em rocha cristalina podem ter suas fraturas ou zonas de descontinuidades obstruídas durante a perfuração, quando os resíduos da trituração da rocha ali se depositam, principalmente quando é empregado o método pneumático,
- 2) a obstrução pode ser originada durante a operação do poço, em virtude das características da água, originando incrustações de natureza química

##### II - Sintomas

- 1) quando a obstrução está relacionada à perfuração, é um pouco difícil diagnosticar o problema, no entanto, o bombeamento alternado com vazões crescentes pode oferecer subsídios para esta avaliação,
- 2) decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do N D estão relacionados à obstrução adquirida durante a operação do poço

##### III - Soluções

- 1) para equacionar o problema, a operação é semelhante à dos poços com filtros, só que, desta feita, a atuação do processo de desenvolvimento está voltado diretamente para as zonas de descontinuidades da rocha,
- 2) em alguns casos, tem sido adotada a estimulação com explosivos. O processo consiste na disposição de cargas de dinamite no interior do poço e frontalmente às zonas fraturadas. A detonação do explosivo provoca uma desagregação mecânica, favorecendo a sua recuperação

#### c) Produção de areia

##### I - Causas

- 1) quando a produção de areia é notadamente pequena e decrescente com o tempo em geral, está relacionada ao mau desenvolvimento do poço, podendo o pré-filtro chegar à



estabilidade granulométrica com o bombeamento continuado,

- 2) a formação de "pontes" durante a instalação do pré-filtro, colocam a formação em contato direto com o filtro, possibilitando a entrada dos sedimentos pela ranhura do mesmo,
- 3) poços revestidos com filtros de ferro galvanizado podem sofrer ruptura por agressão química da água, possibilitando a entrada de material constituinte do pré-filtro e da própria formação para o interior do poço,
- 4) dimensionamento incongruente do pré-filtro com relação à formação e do filtro com relação ao pré-filtro, condicionam a produção indefinida de areia durante o bombeamento

#### II - Sintomas

- 1) o sintoma relacionado à produção de areia é a identificação de material na água bombeada, pode ser detectada no equipamento de bombeamento, na tubulação de recalque ou no reservatório de acumulação
- 2) diminuição da profundidade do poço decorrente do acúmulo de material

#### III - Soluções

- 1) proceder à retrolavagem do pré-filtro e o subsequente superbombeamento para desestabilizar a existência de possíveis "pontes" do pré-filtro formadas durante a sua aplicação, e remover a fração fina presente nas imediações do filtro,
- 2) encamisamento do poço com diâmetro menor por dentro do revestimento original, quando detectado o rompimento da sua tubulação ou da seção filtrante, evitando, desta forma, onerar os custos com uma nova perfuração. Neste caso, pode haver uma limitação da vazão explorável em função da diminuição do diâmetro útil necessário à instalação do equipamento de bombeamento

#### IV - Prevenção

- 1) especificar a granulometria do pré-filtro e a ranhura do filtro em função das características granulométricas do aquífero captado, e o tipo de material do filtro, de acordo com a natureza da água,
- 2) o espaço anelar entre o diâmetro da perfuração e do revestimento deve possibilitar a estabilização da porção fina da formação,
- 3) os procedimentos preventivos 1, 2 e 3 citados para evitar a obstrução dos filtros, devem ser observados também para a produção de areia

#### d) Defeitos no equipamento de bombeio

Os defeitos apresentados pelos conjuntos de bombeamento instalados nos poços podem ter várias origens e, muitas vezes, provocam uma falsa idéia de que o problema está relacionado ao poço

A seguir, são mostrados, nas tabelas 1 e 2, os defeitos mais comuns em bombas centrífugas, com e sem injetor, e em bombas submersas, visando fornecer subsídios para a execução de alguns serviços básicos de manutenção

#### e) Obstruções diversas

##### I - Causas

- 1) carreamento de sedimentos detriticos para o interior do poço, oriundos do próprio aquífero, em decorrência do rompimento da tubulação,
- 2) arremesso voluntário de sedimentos detriticos, fragmentos de rocha, pedaços de madeira e outros objetos,
- 3) queda de ferramentas de perfuração ou componentes do sistema de bombeamento

##### II - Sintomas

- 1) abandono do poço,
- 2) diminuição da profundidade original

##### III - Soluções

- 1) no caso de obstrução com material detritico ou fragmentos de rocha, o poço pode ser recuperado com o auxílio de bomba de areia (caçamba), desde que o material não esteja consolidado,
- 2) quando o material depositado no interior do poço já se encontra consolidado, somente a reperfuração com percussão ou ar comprimido poderá solucionar o problema. Este método deve ser evitado em poços revestidos com tubos de pvc e, mesmo naqueles revestidos com tubos de ferro, deve haver cautela, quando a operação se desenvolver frontalmente às seções filtrantes,
- 3) para a remoção de pedaços de madeira, folhas de árvore, ferramentas e tubulações, é conveniente utilizar pescadores especiais, constituídos especialmente para extrair esse tipo de material,
- 4) após a adoção de quaisquer das soluções apresentadas e, nos casos de obstrução de pequenas proporções, é necessário proceder a um bombeamento intenso de modo a deixar a água límpida

##### IV - Prevenção

- 1) a queda de ferramentas de perfuração e componentes do sistema de bombeamento, em geral, é involuntária e difícil de ser evitada,
- 2) o carreamento de material da formação aquífera está associado a problemas construtivos e só pode ser evitado se houver um estudo criterioso para especificação do revestimento do poço,

TABELA 1 - DEFINIÇÃO DE DEFEITOS EM BOMBAS CENTRÍFUGAS COM E SEM INJETOR

Falha	Causa provável	Como corrigir
Bomba funciona mas não extrai água	<ul style="list-style-type: none"> <li>. a bomba e a tubulação não estão cheias de água</li> <li>. motor com rotação insuficiente</li> <li>. a bomba está girando ao contrário</li> <li>. entrada de ar na tubulação ou na carcaça</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. escorvar a bomba</li> <li>. ajustar a tensão do motor</li> <li>. fazer a ligação certa</li> <li>. vedar as conexões</li> </ul>
Bomba fornece vazão inferior à normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>. entrada de ar pela sucção</li> <li>. a rotação do motor está abaixo do normal</li> <li>. rotor e válvula de pé parcialmente entupidos</li> <li>. rotor gasto ou danificado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. vedar as conexões</li> <li>. controlar a tensão e a corrente</li> <li>. desobstruir o rotor ou a válvula de pé</li> <li>. substituir o rotor</li> </ul>
Bomba perde escorvamento depois da partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>. entrada de ar na sucção</li> <li>. presença de ar na água</li> <li>. entrada de ar pela caixa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. vedar as conexões</li> <li>. usar bomba auto-escorvante</li> <li>. recolocar o selo mecânico ou os anéis</li> </ul>
Bomba sobrecarrega o motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>. rotação acima do normal</li> <li>. altura manométrica total inferior ao previsto e vazão superior a capacidade</li> <li>. atrito mecânico na bomba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ajustar a tensão</li> <li>. reduzir e controlar a vazão por meio de registro</li> <li>. desmontar e revisar peças</li> </ul>
Bomba vibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>. base de assentamento mal feita, sem rigidez</li> <li>. bomba mal alinhada em relação ao motor</li> <li>. rotor desajustado</li> <li>. eixo torto</li> <li>. atrito mecânico anormal</li> <li>. rolamentos gastos nos mancais da bomba</li> <li>. bomba não escorvada</li> <li>. desgaste por cavitação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. consertar a base</li> <li>. desmontar a bomba, fazer revisão geral e substituir as peças desgastadas</li> </ul>

Fonte: Jorba & Rocha, 1980

TABELA 2 - DETECÇÃO DE DEFEITOS EM BOMBAS SUBRENSAS

Falha	Causa provável	Como corrigir
Bomba fornece vazão inferior à normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>. incremento da altura manométrica total</li> <li>. vazamento no tubo de descarga ou de sucção</li> <li>. desajuste dos rotores; cavitação; eixos tortos</li> <li>. baixa velocidade</li> <li>. obstrução do crivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. localizar a causa; redimensionar o recalque</li> <li>. substituir a seção danificada</li> <li>. ajustar os rotores; substituir peças desgastadas</li> <li>. ajustar a tensão</li> <li>. retirar a bomba, limpar o poço, limpar o crivo</li> </ul>
Bomba da partida com pouca ou nenhuma vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>. rotação invertida eixo solto ou quebrado</li> <li>. nível d'água abaixo do crivo ou do ponto de sucção</li> <li>. eixo travado por sedimento ou obstrução total do crivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. revisar as fases do motor, refazer o acoplamento motor-bomba</li> <li>. regular a vazão por meio de válvula e redimensionar a posição dos eletrodos de controle de nível</li> <li>. retirar a bomba, limpar o poço, limpar o crivo</li> </ul>
Bomba vibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>. lubrificação defeituosa da coluna</li> <li>. eixos tortos ou parcialmente travados; rolamentos desgastados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. revisar os mancais</li> <li>. retirar a bomba e substituir as peças desgastadas</li> </ul>
Bomba com ruídos anormais	<ul style="list-style-type: none"> <li>. cavitação; rotores desgastados</li> <li>. lubrificação defeituosa da coluna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. substituir os rotores</li> <li>. revisar os mancais</li> </ul>
Sobrecarga no motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>. velocidade muito alta</li> <li>. mancais desgastados</li> <li>. rotores e/ou eixos parcialmente travados</li> <li>. gaxetas muito apertadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ajustar a tensão ou a aceleração</li> <li>. substituir as peças defeituosas</li> <li>. desmontar a bomba e fazer revisão geral</li> </ul>

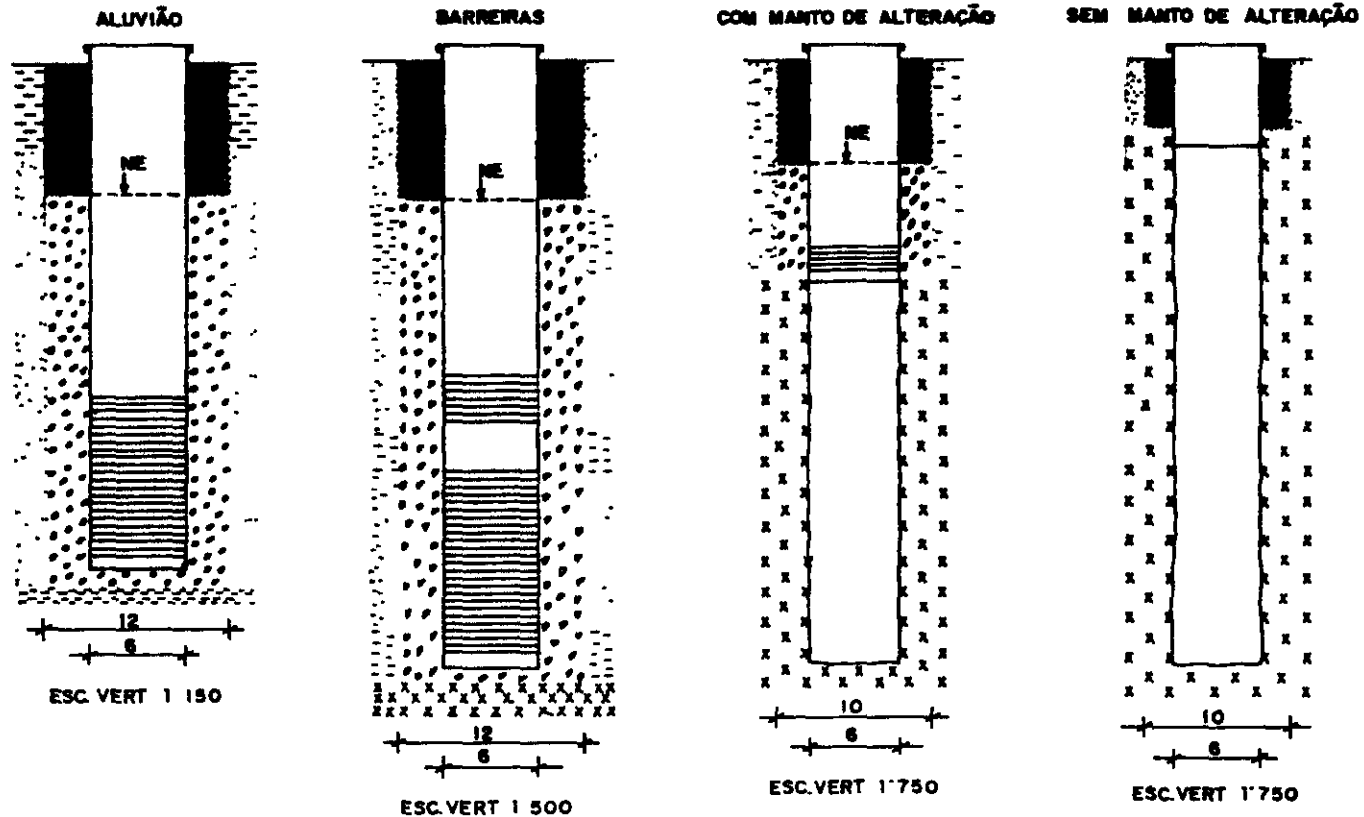
Fonte: Jarba & Rocha, 1980

FIGURA 5.3

# PERFIL CONSTRUTIVO DE POÇOS

POÇOS NO SEDIMENTO

POÇOS NO CRISTALINO



**LEGENDA**

-  AREIA / ARENITA
-  ARGILA / ARGILITA
-  CRISTALINO
-  FILTRO
-  PRE-FILTRO
-  CIMENTAÇÃO
-  TUBO

3) o arremesso voluntário de qualquer tipo de material para o interior do poço pode ser evitado, se o poço tiver uma tampa de proteção

### 5 8 3 3 Problemas hidráulicos

São considerados problemas de natureza hidráulica aqueles relacionados à queda de vazão do poço

#### I - Causas

1) vazão extraída acima da capacidade hidrodinâmica do aquífero, originando rebaixamentos progressivos,

2) interferências produzidas por bombeamento simultâneo de poços localizados a distâncias menores que o limite do cone de rebaixamento,

3) perdas de carga excessivas, em decorrência de bombeamento acima da capacidade permissível pela seção filtrante,

4) obstrução da seção filtrante

#### II - Sintomas

Decaimento da vazão produzida e incrementos progressivos no rebaixamento do nível dinâmico

#### III - Soluções

1) redimensionar a vazão explorável a partir dos resultados obtidos no(s) teste(s) de produção e/ou aquífero,

2) desativar ou reduzir a vazão dos poços que provocarem interferências acentuadas,

3) realizar periodicamente avaliação de eficiência do poço através de testes escalonados

#### IV - Prevenção

Realizar um estudo hidrogeológico e inventário de poços da região, para assegurar a vazão explorável das unidades de captação

### 5 8 3 4 Problemas hidroquímicos

São considerados como problemas hidroquímicos aqueles que afetam a qualidade da água e podem provocar a paralisação do bombeamento do poço

#### I - Causas

1) salinização temporária em função da dissolução de sais da zona de aeração durante os períodos de recarga do aquífero,

2) intrusão da cunha salina em aquíferos costeiros em virtude do superbombeamento,

3) contaminação do aquífero por atividade antrópica,

4) contaminação por bactérias de ferro proliferadas no momento da perfuração ou da instalação do poço

#### II - Sintomas

Os sintomas podem ser detectados por análise visual, olfativa ou degustativa, mas são adequadamente quantificados através da análise físico-química e bacteriológica da água

#### III - Soluções

1) efetuar a cimentação sanitária do poço, inclusive com laje de proteção,

2) proceder periodicamente à desinfecção com hipoclorito de sódio ou cálcio,

3) nos aquíferos costeiros contaminados pela cunha salina, a solução é bastante dispendiosa, sendo mais recomendável a paralisação do bombeamento dos poços

#### IV - Prevenção

Instalar piezômetros a distâncias variáveis do poço e no sentido de possíveis fontes de contaminação, de modo a possibilitar a quantificação da carga poluente

### 5 8 4 Programa de Perfuração de Poços

Os estudos hidrogeológicos realizados no âmbito do PERH, permitem estabelecer um balizamento das possibilidades de aproveitamento de cada aquífero, em função dos volumes estabelecidos no quadro II e de algumas características de ordem prática, conforme ilustra o quadro IV

Este quadro permite, em primeira aproximação, decidir sobre qual aquífero a ser captado, evidentemente entre aqueles existentes na região, levando-se em conta 1) a expectativa de se obter a vazão média do aquífero escolhido, 2) a viabilidade de instalar o(s) poço(s) perfurado(s), considerando a expectativa de nível dinâmico, e 3) a facilidade de perfurar o(s) poço(s) através dos métodos de perfuração propostos

O desempenho de cada um dos métodos é sucintamente descrito a seguir

1 - jato d'água pode ser utilizado em sedimentos incoerentes, como aluviões e dunas. Há necessidade de uma fonte hídrica disponível no local e uma bomba de alta vazão. A rapidez e segurança do método são as suas grandes vantagens,

2 - trado o trado manual tem a mesma aplicabilidade do método a jato d'água, sendo que, neste caso, é dispensável a existência de fonte hídrica no local para assegurar a perfuração. Sua eficiência aumenta quando o material é retirado com auxílio de caçamba com válvula de alçapão,

3 - percussão utilizada em rochas duras. Entre os métodos que requerem sonda, este é o mais econômico, porém o mais demorado. Um poço no cristalino perfurado a percussão pode levar 30 dias, enquanto que leva dois dias se perfurado com martelo pneumático,



**QUADRO IV**  
**EXPECTATIVA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	PARÂMETROS	VALORES MÉDIOS			MÉTODO DE
	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	Q (m)	PERFURAÇÃO
ALUVIÃO	9,40	2,50	3,80	8,10	1-2-4-6
SDUNAS	10,10	2,00	4,70	6,50	1-2-4-6
COBERTURAS	40,40	5,60	18,90	3,20	2-4-6
BARREIRAS	42,50	8,90	22,40	4,70	2-4-6
SERRA GRANDE	75,00	15,20	42,35	4,10	3-4-5-6
JAIBARA	52,40	9,10	29,80	3,60	3-4-5
UBAJARA	60,00	12,40	35,00	5,00	3-4-5
COMPLEXO ÍGNEO	60,30	7,80	38,10	2,50	3-5
COMPLEXO METAMÓRFICO	58,10	9,70	35,90	2,80	3-5
1 - JATO D'ÁGUA	3 - PERCUSSÃO	5 - ROTOPNEUMÁTICO			
2 - TRADO	4 - ROTATIVO	6 - ESCAVAÇÃO MANUAL			

4 - rotativo é muito eficiente na perfuração de rochas sedimentares consolidadas. Pode ser eventualmente utilizado para perfurar sedimentos incoerentes, muito embora os métodos manuais (trado e jato) sejam mais econômicos.

5 - roto-pneumático o alto investimento aplicado numa sonda pneumática só é justificável pela sua intensa atividade, uma vez que o custo de peças e equipamentos de perfuração são extremamente caros. Sua eficiência é verificada na perfuração de rochas cristalinas, contudo, o processo de desenvolvimento dos poços perfurados por este método deve ser exaustivo de forma a se obter o melhor rendimento.

6 - escavação manual este método está relacionado a poços de grande diâmetro, escavados a pá e picareta em sedimentos incoerentes como dunas, aluviões, manto de intemperismo ou mesmo em sedimentos consolidados como os arenitos da Formação Serra Grande. Do ponto de vista sócio-econômico é o método que pode envolver o maior número de pessoas, aproveitando a mão-de-obra local.

O que se tem se verificado, não só no Ceará, mas em todo o Nordeste, é uma intensa campanha de perfuração de poços através dos órgãos governamentais responsáveis por esta atividade, sem haver, no entanto, a preocupação de normatizar alguns procedimentos fundamentais para o sucesso na captação de água subterrânea. Tais procedimentos devem envolver: 1) estudos preliminares para locação de poços através de fotointerpretação, levantamento geofísico por eletrorresistividade, sondagem mecânica, 2) definição do melhor método de perfuração e da mais viável forma de captação (poços tubulares, amazonas, coletores com drenos ou ponteiros), e 3) avaliação de eficiência do poço, promovendo métodos de desenvolvimento compatíveis com o método de perfuração empregado e com o aquífero captado.

É preciso ter consciência de que existe a expectativa de obtenção de água subterrânea,

principalmente para o atendimento de pequenas comunidades, mas o sucesso em converter a potencialidade em disponibilidade depende dos procedimentos adotados. Se, para a construção de um açude, é necessário realizar o estudo hidrológico e definir o tipo de barragem mais compatível com as condições pré-estabelecidas, da mesma forma, a perfuração de um poço terá sucesso, se atendidos os procedimentos salientados anteriormente.

A diferença entre o estudo hidrológico e o estudo hidrogeológico é que, no primeiro, a definição da vazão regularizada pode ser dada antes da construção do açude, enquanto, no segundo, a definição das características hidrodinâmicas, inclusive a vazão, depende da perfuração do poço, que possibilitará a execução de testes de produção e/ou aquífero. Isto serve para ressaltar sobre a responsabilidade em diminuir os riscos de insucesso na perfuração de poços, pois os resultados até hoje observados têm comprometido a expectativa de águas subterrâneas no Estado, principalmente com relação ao Cristalino.

# BIBLIOGRAFIA

- ABES Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária Parte 1, informação. Rio de Janeiro, 1976-1981.
- ALBUQUERQUE, M C C Gastos Sociais no Brasil Habitação e Saneamento Revista do IPEA, Planejamento e Políticas Públicas Rio de Janeiro, 1989 n 1
- ALMEIDA, F F M Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23ª. Salvador, 1969 Anais Salvador, 1969, p.29-46
- \_\_\_\_\_ Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. B. Dir Geol Mineral Rio de Janeiro, (241) 1-36, 1967
- ALVES, Joaquim História das secas Instituto do Ceará 1953. p 17-18
- AUMEF Legislação da AUMEF Fortaleza, 1989
- \_\_\_\_\_ Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da RMF 1986
- BALDINGER, F Mésures Prises Actuellement en Suisse pour la Protection des Eaux, contre la pollution Berne Service Fédéral de la Protection des Eaux 1967
- \_\_\_\_\_ Aspects Politiques de la Protection des Eaux en Suisse Berne Service Fédéral de la Protection des Eaux, 1968
- BNH Banco Nacional de Habitação Manual da Sistemática Operacional Subprograma FINEST, Rio de Janeiro, 1978
- BAYMA, Antonio da Cunha Irrigação Mecânica no Nordeste Rio de Janeiro, 1942 123p
- BERREDO, Vinicius Obras Contra as Secas Rio de Janeiro DNOCS, 1950. (Conferência)
- BIANCHI, L CAVALCANTE, I N SOUSA, L N de Plano de Valonzação Hidroagrícola do Carrn Ocidental, Hidrogeologia Fortaleza SEEBLA. 1984, 65p
- BIANCHI, L et al Recursos Hídricos da Região Baixo e Médio Jaguaribe Hidrogeologia Fortaleza SEEBLA. 1982, 61p
- BOX, G E P & MULLER, M E A Note on the Generation of Random Normal Desviapes THE ANNALS OF MATHEMATICAL STATISTICS v 29, nº 2, 1958
- BRAGA, A P G et al Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará Projeto Fortaleza Geologia Básica nº 9, mapas Brasília, 1981 123p
- \_\_\_\_\_ Projeto Fortaleza Rel Final Recife DNPM, 1977
- BRASIL Congresso Nacional Projeto de Constituição (D) Redação Final Brasília Senado Federal, 1988, 135p
- \_\_\_\_\_ Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica Código de Águas Brasília DNAEE, 1980, 2v
- \_\_\_\_\_ Leis, Decretos, etc Resoluções CONAMA 1984-86 2ª ed. Brasília. SEMA, 1988, v.1
- BRASIL Ministério das Minas e Energia Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica Plano de Utilização Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Jaguaribe Caracterização dos Usos das Disponibilidades Hídricas 1984 340p



- \_\_\_\_ Ministério das Minas e Energia Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica Sistemática para Análise de Consistência e Homogeneização de dados Pluviométricos 1984.
- \_\_\_\_ Ministério das Minas e Energia Projeto RADAMBRASIL Levantamento de Recursos Naturais 1981
- \_\_\_\_ Ministério das Minas e Energia Projeto RADAMBRASIL. folha, Fortaleza SA 24, Rio de Janeiro, 1982
- \_\_\_\_ Superintendência do Desenvolvimento Hidroagrícola Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste Recife SUDENE, 1971
- CADIER, Eric Método de Avaliação dos Escoamentos nas pequenas Bacias do Semi-árido Coordenadora de Recursos Hídricos SUDENE, 1964
- CAGECE Plano Diretor de Abastecimento de Agua da Região Metropolitana de Fortaleza 1990
- CALDASSO, A L S da & HAMA, M Posicionamento Estratigráfico das Rochas Básicas da Bacia do Paraíba In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30 Anais Recife, 1978, v 2 p 567-581
- CAMPOS, J N B A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers under High Evaporation Rate Colorado State University, Fort Collins, USA, 1987 (Dissertação e Doutorado)
- CAMPOS, M de et al Projeto Rio Jaguaribe Relatório Final de Geologia, Série, Geologia, nº 04 Brasília DNPM, 1979, 149p
- CARNEIRO, Joaquim Osterne Considerações a respeito da Irrigação Pública e Privada avaliação dos projetos de Irrigação de DNOCS In ENCONTRO CEARENSE DE ENGENHEIROS AGRÔNOMOS, II. 1986, Fortaleza Encontro Fortaleza, 1986, p 1-71
- CAVALCANTE, I N & REBOUÇAS, A C Caracterização Hidrogeológica de terrenos Cristalinos com manto de intemperismo In VI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS/SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE. 2º, NATAL, 1989 Anais Natal, 1984, 11p
- CEARÁ. Leis, Decretos. etc Legislação Estadual de Recursos Hídricos
- \_\_\_\_ Leis, Decretos. etc Procuradoria Geral do Estado Legislação Básica Fortaleza, 1977, 67p
- \_\_\_\_ Leis, Decretos, etc Orçamento do Estado, Exercício Financeiro de 1988. Fortaleza, 1987, 333p
- \_\_\_\_ Secretaria da Agricultura Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará 1988
- \_\_\_\_ Secretaria da Indústria e Comércio Cadastro Industrial do Estado do Ceará 1989
- \_\_\_\_ Secretaria de Obras e Serviços Públicos Plano Diretor de Recursos Hídricos do Ceará. 1973.
- \_\_\_\_ Secretaria do Planejamento e Coordenação Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica do Projeto Médio Acaraú SIRAC. 1987
- \_\_\_\_ Secretaria do Planejamento e Coordenação Plano Diretor de Recursos Hídricos do Ceará 1983
- \_\_\_\_ Secretaria de Recursos Hídricos Cadastro Nacional de Irrigantes FUNCEME, 1989-90
- \_\_\_\_ Secretaria de Recursos Hídricos Plano Estadual de Irrigação Fortaleza SRH, 1988
- \_\_\_\_ Secretaria de Recursos Hídricos Projeto de Perenização do Rio Poti, 1989
- \_\_\_\_ Secretaria de Recursos Hídricos Sistema de irrigação em condomínio de produtores rurais. concepção básica
- CEARA SOSP Plano de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia do Jaguaribe Fortaleza DNAEE, 1983
- CEPA Comissão Estadual de Planejamento Agrícola Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PAPP)
- \_\_\_\_ Estudos para a adaptação do Projeto de Irrigação do Açude Santo Antônio de Russas e Viabilidade Técnico-Econômica de Areas complementares SIRAC, 1985



- \_\_\_\_\_ Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica do Aproveitamento Hidroagrícola dos Açudes Jaburu II e Realejo, 1986
- \_\_\_\_\_ Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica do Aproveitamento Hidroagrícola do Açude Poço do Barro. VBA/AGUASOLOS, 1986
- \_\_\_\_\_ Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica da área complementar do Projeto Riacho do Sangue VBA/AGUASOLOS, 1986
- CLARCK, S D A Manual for the Drafting of Water Codes Economical Committee for Asia and Far East United Nations, 1971
- CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5, 1980, São Paulo Anais São Paulo, 1989 v 3
- COSTA, M J et al Projeto Jaibaras Rel Final Recife DNPM, 1973
- COSTA, W D Anál ise dos Fatores que atuam no aquífero Fissural USP, 1986. (Tese de Doutorado)
- CRUZ, W B A qualidade da Água em rochas fraturadas In SIMPÓSIO NACIONAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ROCHAS FRATURADAS Anais .. Belo Horizonte ABAS, 1985, p.40-54
- CRUZ W B & FRANÇA H P M de. Inventário Hidrogeológico do Nordeste Folha nº 14 – Jaguaribe. Hidrogeologia, 31 Recife SUDENE, 1970, 222p
- CRUZ, W B & MELO, F A P Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil Div de Documentação, Hidrogeologia (19) Recife SUDENE, 1968, 147p
- CUNHA, L V et al A Gestão da Agua Princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal. Lisboa Fundação Calouste Gulbenkian, 1980
- \_\_\_\_\_ Management and Law for Water Resources. Water Resources Publications, Fort Collins Colorado, USA, 1977
- CUSTODIO, E Hidrogeologia Tomo I In CUSTODIO, E. & LIAMAS, M R Hidrologia Subterranea Barcelona OMEGA, 1976, p 1008 - 1157
- CUSTÓDIO, E & LIAMAS, M R Hidrologia Subterranea TOMO I e II Barcelona OMEGA, 1976
- DACACH, Nelson G Sistemas Urbanos de águas Previsão da População. 1975
- DEGRÉMONT, S A E Manual Técnico del água Sociedade Anônima Española Degrémont Bilbao, 1963
- DIGITAL SIMULATION IN HYDROLOGY STANFORD WATERSHED Model IV, Crawford Linsley, Hawford University, Technical Report nº 39 1966
- DIJON, R Groundwater Exploration and Development in Hard Rocks in África International Seminar Stockholm, 1977, 25p
- DISKIN M H Thiessen Coefficients by a Monte Carlo Procedure Jornal of Hidrology v 8 nº 3 1969, p 323-335
- DNAEE Inventário das Estações Fluviométricas. 1983.
- DNOCS. Aproveitamento Hidroagrícola da Bacia do Coreaú, 1970
- \_\_\_\_\_ Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica do Aproveitamento Hidroagrícola da Bacia do Rio Curu
- \_\_\_\_\_ Estudos para Aproveitamento Hidroagrícola da Bacia do Rio Poti, TECNOSAN, 1988,
- \_\_\_\_\_ Plano Diretor do Vale do Acaraú. SEEBLA, 1978
- \_\_\_\_\_ Projeto Básico da Barragem Castanhão São Paulo, 1989
- \_\_\_\_\_ Projeto Executivo do Açude Público Favelas, SIRAC, 1987
- \_\_\_\_\_ Projetos Executivos das Barragens do Paulo, Frios, Melancias e Tejuçuoca AGUASOLOS, 1986-87



- \_\_\_\_\_ Relatório de Impacto do Meio Ambiente – RIMA, 1990.
- DNPM Mapa Geológico do Estado do Ceará Escala 1 500 000, 1983
- \_\_\_\_\_ Mapa Hidrogeológico do Brasil Escala 1 500.000, 1983
- \_\_\_\_\_ Projeto Fortaleza Hidrologia e Controle Tecnológico nas perfurações de Poços Tubulares no município de Fortaleza CPRM, 1984
- DRISCOLL, F.G. Groundwater and Wells. Second Edition. Chapter 6-Groundwater Chemistry. Johnson division, 1966, p. 86-116
- FIBGE Produção da Pecuária Municipal, 174 a 1987.
- DUQUE, José Guimarães Solo e Água no polígono das secas 1980, 273p (Coleção Mossoroense, 142).
- FRACALOSSI, Jr M Aspectos Hidrogeológicos da Bacia do Araripe Aquíferos Missão Velha e Mauriti. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4 Brasília, 1986, Anais... Brasília ABAS, 1986, p. 159-169.
- FREEZE, R A & CHERRY, J A. Groundwater Prentice – Hall Inc. 1979, 604p.
- FUNCEME. Monitoramento dos Espelhos D'água dos Açudes do Estado do Ceará
- GANEM, Nadir A Irrigação e a Lei Brasília Editerria, 1987, 173p
- GUERRA, Felipe & GUERRA, Teófilo Secas contra a seca Rio de Janeiro Tip Cruz Coutinho, 1009, 313p.
- GUERRA, Felipe Secas do Nordeste Natal Central de Imprensa, 1951, p. 32
- GUERRA, Paulo de Brito A Civilização da seca DNOCS, 1981, 324 p
- HAAN, Charles, T Statistical Methods in Hydrology Cap 10
- HARGREAVES, George, H Disponibilidades e deficiências de umidade para a produção agrícola no Ceará
- \_\_\_\_\_ Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil Utah State University, 1974
- HASSUDA, S Impactos da Infiltração da Vinhaça de Cana no Aquífero Bauru São Paulo, 1989, p 91-92 (Dissertação de Mestrado – USP )
- HERBST, P H. BREDEKAMP, D B BARKER, H M G A Technique for the Evaluation of Drought From Rainfall Data Journal of Hydrology v 4 1966 p 264-272
- HIEZ, G L G. & RANCAN, L Aplicação do Método do Vetor Regional no Brasil In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS, V, Anais v 2, 1983
- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER U S Army corps of Engineers Davis, California, 1974
- IBGE Carta Internacional do mundo ao milionésimo 1970/1974
- \_\_\_\_\_ Censo Agropecuário 1980
- \_\_\_\_\_ Censo Demográfico 1960, 1970 e 1980
- \_\_\_\_\_ Censo Econômico 1970-1980
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR WATER LAW *Annales Juris Aquarum* Ministry of the Environment and Renewable Natural Resources Vol II, Tomo I e II. Venezuela, 1976.
- IPEA Instituto de Planejamento Econômico e Social Projeto Local de Saneamento Rural A Integração da Engenharia com o Social e o Econômico-Financeiro Brasília Série Saneamento Rural 1, 1989
- LANNA, Antonio Eduardo & SCHWAF ZBACH, Mirian Modelo Hidrológico Auto-Calibrável. Instituto de Pesquisas Hidráulicas UFRGS, 1989



- LANNA A.E.L. & MARWELL, P. Modelo Hidrológico para o Trópico Semi-Árido. 1986.
- LARSSON, I. Groundwater in Hard Rocks International Seminar Stockholm, 1977, 46p.
- LEAL, O. Inventário Hidrogeológico do Nordeste Folha nº 9 – Jaguaribe Hidrogeologia, 29. Mapas SUDENE, 1970, 178p
- LISBOA, Miguel Ribeiro Arrojado. O problema das secas. Boletim DNOCS, Rio de Janeiro, 20(6) 42-55, 1959
- LOGAN, J. The Interpretation of chemical Analyses of Water Recife USAID, 1965, 88p
- LOPES, L E E. et al. Simulação Hidrológica. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS Anais Fortaleza, 1981
- MACEDO, MARIA VILALBA ALVES de. Características Físicas e Técnicas dos Açudes Públicos do Estado do Ceará Fortaleza DNOCS, 1977, 132p
- \_\_\_\_\_ Aproveitamento Hídrico das Bacias Fluviais do Ceará Fortaleza DNOCS, 1981
- MANUEL FILHO, J. Inventário Hidrogeológico do Nordeste Folha nº 10 Jaguaribe Hidrogeologia, 30, mapas. Recife SUDENE, 1970, 343p
- MARWELL & LANNA. Modelo Hidrológico para o trópico Semi-Árido, 1986
- MATTHESS, G. The Properties of Groundwater Ed John Wiley & Sons. 1982, 406p.
- MELO, J C R. Uma solução não convencional de esgotos para uma grande cidade in CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12, 1983, Camburú Anais Camburú, 1983
- \_\_\_\_\_ Sistemas condominais de Esgotos. Revistas Engenharia Sanitária, vol. 24, Rio de Janeiro, 1985
- MELO, M.A.B.L. O Estado e as Políticas Públicas Urbanas. O caso da política de saneamento básico. 1971/1987. Revista Econômica do Nordeste vol 19, nº 2 Fortaleza.
- MELO, Z F. Considerações Tectono-Petrográficas em Sequências Molássicas no Nordeste do Brasil Recife UFPE, 1977
- MEYER, Paul, L. Probabilidade e Aplicações à Estatística. 1973.
- MODELO PARA GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Coleção ABRH de Recursos Hídricos
- NOBRE, Geraldo S. de et al. A água para o Progresso de Fortaleza 1981
- NOUVELOT, J.F. Planification d'Implantation de Bassins Versants Representatifs Application à l'aire de la SUDÉNE SUDENE, ORSTOM, 1974
- NUNES, Luís Alípio M. Contribuição ao Estudo de Métodos Chuvas x Deflúvio no Semi-Árido do Nordeste, 1986 (Tese de Mestrado, UFC)
- PARISCT, E N. AS Águas subterrâneas no Centro-Oeste do Município de São Paulo Características Hidrogeológicas e químicas São Paulo, 1983 93p (Dissertação de Mestrado – USP).
- PONTES, José Osvaldo. O DNOCS e a Irrigação do Nordeste Fortaleza DNOCS, 1975 (Conferência)
- REBOUÇAS, A.C. da. Algumas Considerações sobre a Hidrogeologia dos Terrenos cristalinos do Nordeste B de Rec Naturais v 3 nº 1/4 Recife SUDENE, 1965 p 111-112
- \_\_\_\_\_ Estágio atual dos conhecimentos sobre as águas Subterrâneas do Brasil. Revista Águas Subterrâneas v II N I São Paulo, 1980, p 1-10
- \_\_\_\_\_ Le Problème de l'eau dans la Zone Semi-aride de Brésil Thèse d'Etat, Université de Strasbourg France, 1973, 291p
- \_\_\_\_\_ Recursos Naturais do Nordeste Investigação e Potencial SUDENE, 1972



- REBOUÇAS, A C et al Aplicação de C-14 na avaliação de descarga de Zonas aquíferas nas rochas Cristalinas no Ceará In CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza 1984 Anais. Fortaleza ABAS, 1984, p 52-62
- REBOUÇAS, A C CAVALCANTE, I N Hydrogeology of Crystalline Rocks in Brazil Groundwater Exploration and Development in Crystalline Basement Aquifers v 1 África, 1987, p 103-126
- REBOUÇAS, A C da MANOEL FILHO, J BENDIT, H Bacia Potiguar-Estudo Hidrogeológico Hidrogeologia, 15 Recife SUDENE, 1967 186p
- REBOUÇAS, A C da MANOEL FILHO, J BRITO NEVES, B B. Inventário Hidrogeológico do Nordeste, Programa e Normas Técnicas Hidrogeologia, 02 Recife SUDENE, 1964, 40p
- RESERVOIR SYSTEM ANALYSIS FOR CONSERVATION The Hydrologic Engineering Center Corps of Engineers, VS Army, 1974
- ROCHA, G A & JORBA. A F Manual de Operação e Manutenção de Poços DAEE, 1980.
- RYZNAR, J W A New index for determining the amount of calcium carbonate scale formed by water Journal Am Water Works Assoc. v 36, abril 1944, p 472-473
- SANTIAGO, M F et al Medidas Hidroquímicas em poços e fontes no Cariri-Sul do Ceará In CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, São Paulo, 1988 Anais São Paulo ABAS, 1988, p. 112-121.
- SANTOS, J P dos AZEVEDO, S G de MISTRETTA, G Novos Aspectos da Salinização das águas Subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte Comunicação Técnica 314 IP São Paulo, 1984, 27p
- SARMENTO, F.J Aplicabilidades de Modelos de Geração de Vazão no Semi-Árido do Nordeste do Brasil B Técnico n 7, Ed Universitária
- SARMENTO. F J & MARTINS, E P R Cálculos dos Coeficientes de Thiessen em Microcomputador In XV CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA 1990, Montivideo Anais Uruguai, 1990
- SENGE Sindicato dos Engenheiros do Distrito Federal Subsídios para solução de problemas de serviços básicos de saneamento em assentamento de comunidades de baixa renda Brasília, 1989
- SHOELLER. H La Classification Geochimique des Cavaux General Assembly of Berkeley, pub 64, 1964 p 16-24
- SCHOELLER, H Les Eaux Sauterraines Paris Maxsson & Cie Editeurs. 1962. 642p
- SHIH, S F & HAMRICK, R L A Modified Monte Carlo Technique to compute Thiessen Coeficients Jornal of Hidrology v 27 nº 3/4 1975, p 339-356
- SIQUEIRA, L Contribuição da Geologia à Pesquisa de água Subterrânea no Cristalino Agua Subterranea nº 9 Recife, 1967. p 1-29
- SILVA, A B da & SILVA, F A C Inventário Hidrogeológico do Nordeste Folha nº 5 Fortaleza SUDENE, 1970
- SOIL CONSERVATION SERVICE National engineering Handbook Section 4 Hydrology
- SOUSA, M F et al Correlação entre a pluviometria e o resíduo seco das águas Subterraneas em Sistemas Fissurados no Estado da Paraíba In CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3 Anais Fortaleza ABAS, 1984, p 31-37
- SUDEC Meio ambiente Legislação básica Fortaleza, 1987
- SUDENE & ASMIC Estudo geral de Base do Vale do Jaguaribe Recife, 1967
- SUDENE Abastecimento de Água da Area Metropolitana da Cidade de Fortaleza, SUDENE, 1973
- \_\_\_\_\_ As Precipitações Anuais da Região Paraibana, 1982
- \_\_\_\_\_ Bacia Potiguar, Estudo Hidrogeológico Tomo I – Escola de Hidrogeologia, 1967
- \_\_\_\_\_ Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste 1965



\_\_\_\_\_ Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – Fase I Águas Subter-  
râneas v VII, 1980

\_\_\_\_\_ Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil Fase I Regime Jurfíd-  
co e Institucional Recife, 1980

SZIKSZAY, M Geoquímica das Águas Universidade de São Paulo São Paulo, 1986 (Disciplina de Pós-Graduação)

TABORGA, J & FREITAS, M A S Simulação da Lâmina de Escoamento mensal In III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE HIDRÁULICA E RECURSOS HIDRICOS Anais 1987

UNESCO International legend for hydrogeological Maps Paris, 1983, 51p

VICENTE DE PAULA P B V Proposta Apresentada no IV SIMPOSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS  
HIDRICOS Anais Fortaleza, 1981, v 4, p 91-108





# ÍNDICE

## PLANEJAMENTO

### PARTE IX – ASPECTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1117
<b>2. POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	1120
2.1. Considerações Gerais	1120
2.2. Princípios	1120
2.2.1. Princípios Fundamentais	1120
2.2.2. Princípios de Aproveitamento	1122
2.2.3. Princípios de Gestão	1122
<b>3. SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – SIGERH</b>	1123
3.1. Sistema de Gestão	1123
3.1.1. Subsistema de Planejamento	1124
3.1.2. Subsistema de Administração	1124
3.1.3. Subsistema de Regulamentação	1125
3.2. Sistemas Afins	1125
3.2.1. Sistema de Oferta	1125
3.2.2. Sistema de Utilização	1125
3.2.3. Sistema de Preservação	1126
3.3. Sistemas Correlatos	1126
3.3.1. Sistema de Planejamento e Coordenação Geral	1126
3.3.2. Sistema de Incentivos Econômicos e Fiscais	1126
3.3.3. Sistema de Ciência e Tecnologia	1126
3.3.4. Sistema de Defesa Civil	1127
3.3.5. Sistema do Meio Ambiente	1127
<b>4. SISTEMAS AFINS E CORRELATOS – INSTITUIÇÕES E COMPETÊNCIAS</b>	1127
4.1. Sistemas Afins	1227
4.2. Sistemas Correlatos	1133
4.3. Competências	1133
<b>5. SISTEMA DE GESTÃO – MODELOS ALTERNATIVOS</b>	1136
5.1. O Órgão Colegiado	1137
5.2. O Órgão Gestor	1138
5.3. Fundo Financeiro	1142
5.4. Órgãos Regionais	1142
<b>6. APARATO JURIDICO</b>	1143
6.1. Constituição Federal	1143
6.1.1. Competências da União, dos Estados e Municípios	1143
6.1.2. Competência Comum	1144
6.1.3. Competência Concorrente	1144
6.2. Constituição Estadual	1144
6.2.1. Gerais	1144
6.2.2. Competência Comum	1145
6.2.3. Competência Concorrente	1145



6.3. Conclusões . . . . .	1148
6.4. Recomendações . . . . .	1148
<b>7. INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS . . . . .</b>	<b>1149</b>
7.1 Sistema de Gestão e Sistemas Afins . . . . .	1149
7.2. Sistema de Gestão e Sistemas Correlatos . . . . .	1150
7.3 Sistema Estadual de Gestão e Instituições Federais . . . . .	1152
7.3.1 Conflito Potencial na Dominalidade das Águas . . . . .	1153
7.3.2. A Participação de Órgãos Federais no Conselho de Recursos Hídricos . . . . .	1153
7.3.3 O Intercâmbio de Informações Hidrometeorológicas . . . . .	1153
7.3.4 O Planejamento das Obras Hídricas . . . . .	1153
7.3.5. Inter-relacionamento Estado – União . . . . .	1153
7.4 Importância do Relacionamento DNOCS X Sistema de Gestão . . . . .	1154
<b>PARTE X – PROGRAMAÇÃO DAS AÇÕES NO CAMPO JURÍDICO – INSTITUCIONAL</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1159</b>
<b>2 CONTRIBUIÇÃO À CONSTITUIÇÃO ESTADUAL . . . . .</b>	<b>1159</b>
<b>3 CONSOLIDAÇÃO DO APARATO JURÍDICO . . . . .</b>	<b>1161</b>
3.1 Projeto de Lei (MINUTA) – Altera Lei que Institui o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará . . . . .	1161
3.2. Decreto (MINUTA) – Aprova Regimento Interno do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará . . . . .	1162
3.3. Projeto de Lei (MINUTA) – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, Institui o Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos e dá outras Providências . . . . .	1166
<b>4 INSTRUMENTOS LEGAIS DE APOIO . . . . .</b>	<b>1175</b>
4.1 Decreto (Modelo) . . . . .	1176
4.2. Portaria (Modelo) . . . . .	1176
<b>PARTE XI – BACIA DO JAGUARIBE</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1181</b>
<b>2. O BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO . . . . .</b>	<b>1182</b>
2.1 Objetivos . . . . .	1182
2.2 <i>Conceituação Básica do Balanço</i> . . . . .	1182
2.2.1. A Unidade de Balanço . . . . .	1182
2.2.2 Princípios Básicos de Transferência . . . . .	1182
2.2.3 Os Fluxogramas de Interdependência entre Unidades de Balanço . . . . .	1182
2.2.4. A Matriz do Balanço . . . . .	1187
2.3. As Disponibilidades . . . . .	1187
2.3.1. Deflúvio Superficial (DD) . . . . .	1187
2.3.2 Perenização (DPER) . . . . .	1188
2.3.3. Disponibilidade de Água Subterrânea (DS) . . . . .	1189
2.3.4. Disponibilidade da Pequena Açudagem Anual (DPAA) . . . . .	1189
2.3.5 Disponibilidade da Pequena e Média Açudagem Interanual (DPAI) . . . . .	1189
2.3.6. O Caso das Sedes Municipais e Distritais . . . . .	1189
2.4 As Demanas . . . . .	1189
2.4.1 Demanda Humana Urbana Concentrada (DHUC) . . . . .	1189
2.4.2. Demanda Humana Urbana Difusa (DHUD) . . . . .	1189
2.4.3 Demanda Humana Rural (DHR) . . . . .	1196
2.4.4 Demanda Animal Rural (DAR) . . . . .	1196
2.4.5. Demanda Industrial (DI) . . . . .	1196
2.4.6. Demanda de Irrigação Pública (DIR) . . . . .	1196
2.4.7 Demanda de Irrigação Privada (DIRP) . . . . .	1196



2.5. O Balanço . . . . .	1196
2.5.1. O Programa do Balanço . . . . .	1196
2.6 Análise dos Resultados do Balanço . . . . .	1203
2.6.1 O Nível de Satisfação à DHUC . . . . .	1203
2.6.2. O Nível de Satisfação à DHUD . . . . .	1218
2.6.3. O Nível de Satisfação à DHR . . . . .	1218
2.6.4. O Nível de Satisfação à DAR . . . . .	1218
2.6.5. O Nível de Satisfação à DI . . . . .	1218
2.6.6. O Nível de Satisfação à DIR . . . . .	1231
2.6.7 O Nível de Satisfação à DIRP . . . . .	1231
<b>3 O BALANÇO HÍDRICO DO SISTEMA DE RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO . . . . .</b>	<b>1231</b>
3.1 Objetivo . . . . .	1231
3.2. Metodologia – o HEC-3 . . . . .	1231
3.2.1 Regra Operativa . . . . .	1231
3.2.2. Adaptações Realizadas no Programa . . . . .	1244
3.2.3. Simulações Realizadas . . . . .	1244
3.3 Resultados para o Sistema Atual de Reservatórios . . . . .	1244
<b>4 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES . . . . .</b>	<b>1249</b>
4.1 Objetivos . . . . .	1249
4.2 Metodologias . . . . .	1249
4.2.1 Planejamento Distribuído . . . . .	1249
4.2.2. Planejamento do Sistema de Perenização . . . . .	1250
4.3 Resultados do Planejamento Distribuído . . . . .	1250
4.3.1 Poços . . . . .	1331
4.3.2. Pequena e Média Açudagem . . . . .	1331
4.3.3. Perenização . . . . .	1331
4.4 Simulação da Infra-Estrutura Futura Programada . . . . .	1333
4.4.1. Sistema Simulado . . . . .	1333
4.4.2. Dimensionamento do Sistema Futuro . . . . .	1338
4.5 Caso Especial A Barragem Castanhão . . . . .	1338
4.5.1 Caracterização Hidrológica das Alternativas . . . . .	1340
4.5.2. Análise Econômica e Social das Alternativas . . . . .	1340
<b>5. PLANEJAMENTO DE AÇÕES COMPLEMENTARES . . . . .</b>	<b>1343</b>
5.1 Programa da Coleta de Dados Básicos . . . . .	1343
5.1.1. Dados Fluviométricos . . . . .	1343
5.1.2. Dados sobre Açudagem . . . . .	1343
5.2. Programa de Monitoramento dos Recursos Superficiais . . . . .	1344
5.3. Programa de Abastecimento das Sedes Municipais . . . . .	1344
5.4. Programa de Adutoras . . . . .	1344
5.5. Programa de Adutoras Rurais . . . . .	1344
5.6. Programa de Açudagem . . . . .	1344
5.7 Programa de Gerenciamento do Sistema de Perenização . . . . .	1345
5.8 Diretrizes Básicas para o Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços . . . . .	1345
5.8.1 Estratégia do Programa . . . . .	1345
5.8.2. Programa de Monitoramento de Poços . . . . .	1346
5.8.3. Programa de Recuperação de Poços . . . . .	1354
<b>PARTE XII – BACIAS COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1363</b>
<b>2. O BALANÇO HÍDRICO DISTRIBUÍDO . . . . .</b>	<b>1364</b>
2.1. Objetivo . . . . .	1364
2.2. A Concertuação Básica do Balanço . . . . .	1366
2.2.1 A Unidade de Balanço . . . . .	1366



2.2.2. Os Fluxogramas de Inter-relacionamento das Unidades de Balanço . . . . .	1366
2.2.3. A Matriz do Balanço . . . . .	1367
2.2.4. Situações e Horizonte . . . . .	1374
2.3 As Disponibilidades Hídricas . . . . .	1374
2.3.1. Disponibilidade de Deflúvio (DD) . . . . .	1374
2.3.2. Disponibilidade de Perenização (DPER) . . . . .	1374
2.3.3. Disponibilidade de Pequenos e Médios Açudes Interanuais ( $0,5 < V < 10 \text{hm}^3$ ) e Lagoas (DPAI) . . . . .	1376
2.3.4. Disponibilidade de Pequenos Açudes Anuais ( $V < 500 \times 10^3 \text{m}^3$ ) (DPAA) . . . . .	1379
2.3.5. Disponibilidade de Águas Subterrâneas (DS) . . . . .	1379
2.3.6. O Caso Específico da Disponibilidade das Sedes Municipais e Distritais . . . . .	1379
2.4. As Demandas . . . . .	1380
2.4.1. Demanda Humana Urbana Concentrada (DHUC) . . . . .	1380
2.4.2. Demanda Humana Urbana Difusa (DHUD) . . . . .	1380
2.4.3. Demanda Humana Rural (DHR) . . . . .	1380
2.4.4. Demanda Animal (DA) . . . . .	1380
2.4.5. Demanda Industrial (DI) . . . . .	1380
2.4.6. Demanda de Irrigação (DIR) . . . . .	1380
2.5 O Modelo do Balanço Distribuído . . . . .	1380
2.5.1. O Caso da Região Metropolitana de Fortaleza . . . . .	1385
2.6 Os Resultados do Balanço . . . . .	1385
2.6.1. Formas Básicas de Apresentação . . . . .	1385
2.6.2. Análise dos Resultados . . . . .	1388
<b>3. O BALANÇO HÍDRICO DOS SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS DE PERENIZAÇÃO . . . . .</b>	<b>1401</b>
3.1. Objetivos . . . . .	1401
3.2. Metodologia Utilizada - O HEC-3 . . . . .	1401
3.3 Os Sistemas Estudados . . . . .	1402
3.3.1. Bacia do Acaraú . . . . .	1402
3.3.2. Bacia do Curu . . . . .	1402
3.3.3. Bacia do Poti . . . . .	1408
3.4 O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza . . . . .	1408
<b>4. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA NECESSÁRIA . . . . .</b>	<b>1416</b>
4.1 Objetivo . . . . .	1416
4.2 Processos Metodológicos . . . . .	1416
4.2.1 O Planejamento Distribuído . . . . .	1416
4.2.2. A Simulação da Operação dos Reservatórios da Infra-Estrutura Futura . . . . .	1417
4.3 Análise dos Resultados . . . . .	1419
4.3.1. Planejamento Distribuído . . . . .	1419
4.3.2. Simulação da Operação dos Reservatórios . . . . .	1445
4.3.3. O Sistema da Região Metropolitana de Fortaleza . . . . .	1448
4.3.4. A Infra-Estrutura Futura do Bloco 2 . . . . .	1448
<b>5. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES COMPLEMENTARES . . . . .</b>	<b>1454</b>
5.1 Preliminares . . . . .	1454
5.2. Programa de Coleta de Dados Fluviométricos . . . . .	1454
5.3 Programa de Coleta de Dados sobre Açudagem . . . . .	1455
5.4. Programa de Monitoramento e Gerenciamento dos Grandes Açudes . . . . .	1455
5.5. Programa de Abastecimento das Sedes Municipais e Distritais . . . . .	1455
5.6. Programa de Adutoras Rurais . . . . .	1456
5.7 Programa de Pequenas/Média Açudagem . . . . .	1456
5.8 Programa de Monitoramento e Recuperação de Poços . . . . .	1457
5.8.1. Estratégia do Programa . . . . .	1457
5.8.2. Programa de Monitoramento de Poços . . . . .	1462
5.8.3. Programa de Recuperação de Poços . . . . .	1465
5.8.4. Programa de Perfuração de Poços . . . . .	1471