

a) Calcular as forças  $[C] \{Q\}$  desenvolvidas nos elementos pelas forças exteriores, supondo que, para cada força, o deslocamento nodal correspondente é o único diferente de zero. O anulamento dos restantes é conseguido através da introdução das forças de fixação  $[D] \{Q\}$ .

b) Procurar anular os efeitos das forças de fixação aplicando à estrutura forças iguais e de sinal contrário,  $-[D] \{Q\}$ .

As forças  $[C] (-[D] \{Q\})$ , que aquelas desenvolvem nos elementos, constituem o primeiro vetor corretivo.

c) Às forças consideradas na alínea anterior novas forças de fixação vão corresponder e são iguais  $[D] (-[D] \{Q\})$ . Novamente aplicam-se à estrutura forças iguais e de sinais contrários,  $[D] [D] \{Q\}$ . As forças  $[C] ([D][D] \{Q\})$ , que aquelas desenvolvem nos elementos, constituem o segundo vetor corretivo. Procedimento análogo deve ser realizado até chegar-se a solução final do problema estrutural.

Este é o método de CROSS, normalmente apresentado como instrumento de resolução de estruturas reticuladas.

contínuas. Saliente-se que a convergência do método é garantida por ser a matriz  $[K]$  positiva definida.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 — OLIVEIRA, E.R.A. — "Introdução à Teoria das Estruturas de Comportamento Linear", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Dezembro, 1966.
- 2 — ZURMUHL, R. — "Matrizen and Ihre Technischen Anwendungen", Berlin, Springer, 1961.
- 3 — LUSTGARTEN, P. — "Fundamentos Matemáticos para la Resolución de Sistemas de Ecuaciones Lineales por Iteración. Los Métodos Iterativos en la Solución del Problema Estructural." Monografía 236 del Instituto Eduardo Torroja, Madrid.

situado em condições físico-climáticas semelhantes.

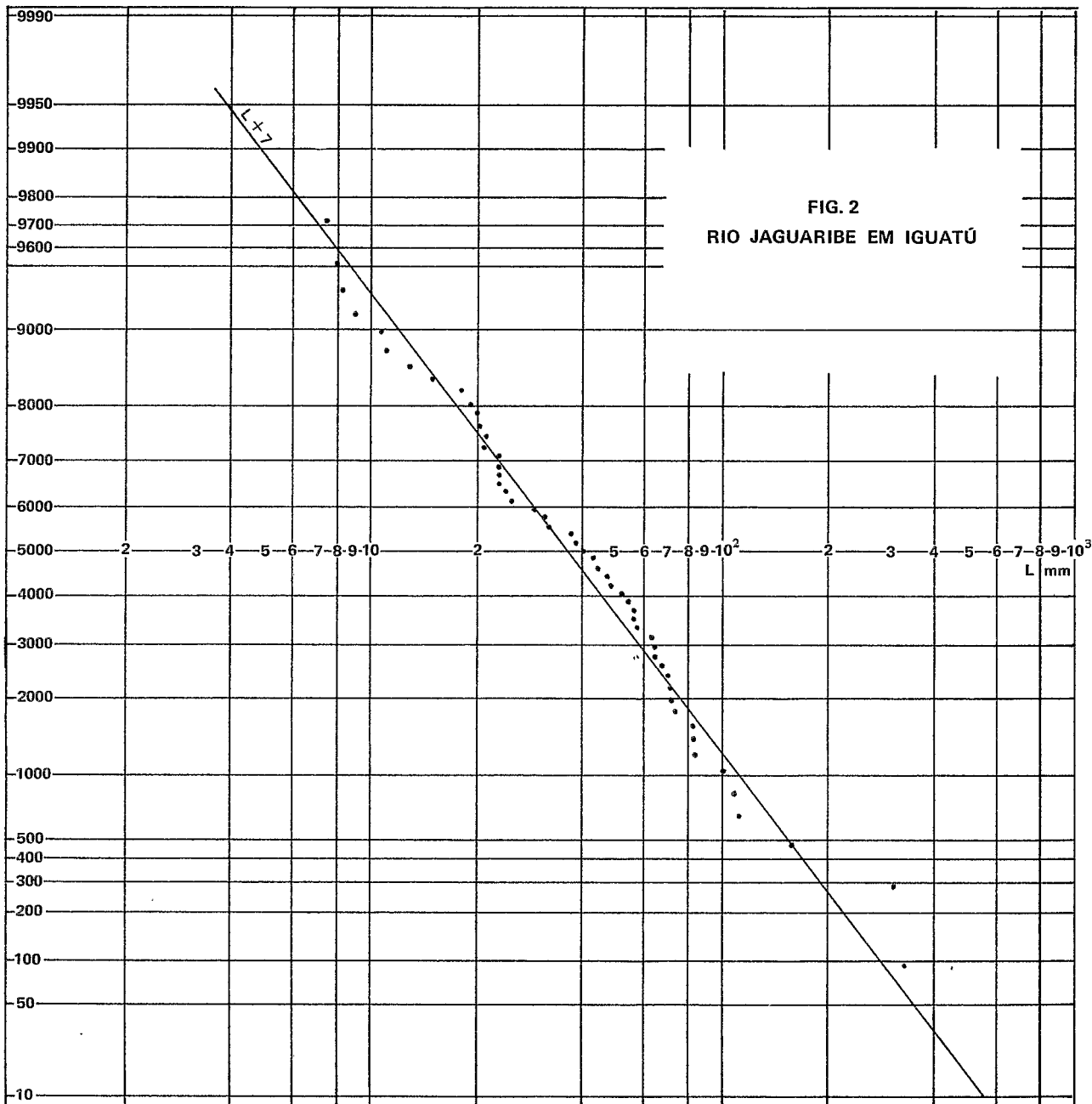


FIG. 2  
RIO JAGUARIBE EM IGUATÚ

### 3) — CHUVAS SOBRE A REPRESA

Se tentarmos avaliar a importância do termo chuva sobre a represa (PR) o lado da alimentação pelos deflúvios (L) temos:  
Volume precipitado  $V_{PR} = P_R \times A$

A : Área da bacia hidráulica

Volume escoado  $V_L = P \times K_E \times S$

$K_E$  : coeficiente de rendimento da bacia hidrográfica

S : área de drenagem

P : chuva sobre a bacia hidrográfica

Admitindo um rendimento anual da ordem de 10%, e uma mesma altura de chuva nas bacias hidráulica e hidrográfica, teríamos:

$$V_L = 0,1 \times S$$

A quantidade S/A, característica própria a cada açude, foi estudada por R. PIOGER e varia de 10 (Açude CEDRO) a 830 (Aç. QUIXERAMOBIM), apresentando maioria dos casos valores da ordem de 50 a 100. (Fig. 3)

No caso específico do ORÓS S/A = 94 na cota 200 e as precipitações sobre a lagoa representam apenas uma contribuição da ordem de 11% da vazão afluente.

Por isto passaremos a operar o modelo com uma só sequência anual de 12 meses de precipitação. Esta pode ser a média interanual ou melhor a chuva mensal e anual de frequência 0,5.

No entanto, uma simulação feita sobre açudes com coeficiente S/A menor do que 50, para os quais as chuvas passariam a representar mais de 20% dos aflúvios, deverá ser feita e interpretada com re-

### PASSO DE TEMPO MENSAL

#### — DETERMINAÇÃO DA CURVA COTA-VOLUME

A curva cota-volume característica da geometria da represa deve ser fornecida ao modelo, sob a forma de uma tabela.

As evaporações e as chuvas entram no balanço diretamente em lâminas, portanto, não há necessidade de fornecer ao programa também a relação cota-área.

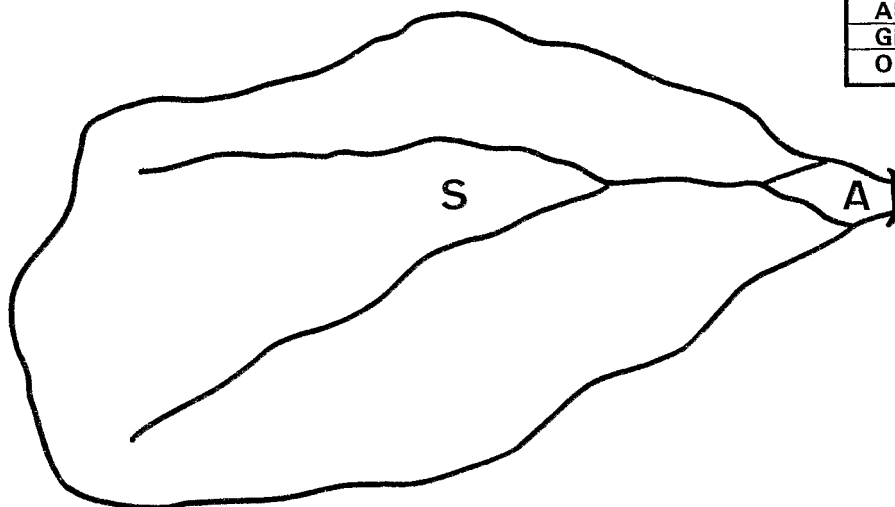
#### — BALANÇO MENSAL

No início de cada mês soma-se à cota da represa a altura (CHUVA-EVAPORAÇÃO)/2. Depois verifica-se se pode fornecer a metade da demanda mensal ou pelo menos um percentual da demanda, sendo critério a chegada do nível a uma cota limite inferior HMIN fixada pelo usuário. No meio do mês são introduzidos os volumes afluentes e o programa

FIGURA 3 – CONTRIBUIÇÃO DA CHUVA SOBRE A REPRESA

S – ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA  
 A – ÁREA DA BACIA HIDRÁULICA

AÇUDES	S/A
VÁRZEA DO BOI	120
RIACHO DO SANGUE	190
PENTECOSTE	50
AIRES DE SOUZA	70
GEN. DUTRA	200
ORÓS (COTA 200)	94



ALIMENTAÇÃO POR ESCOAMENTO (BACIA HIDROGRÁFICA)  $V_L = P \times K_E \times S$   
 ALIMENTAÇÃO DIRETA (BACIA HIDRÁULICA)  $V_P = P \times A$

$$\frac{V_L}{V_P} = K_E \times \frac{S}{A}$$

Para cada mês é feita uma contagem das deficiências a nível quinzenal e o cálculo do grau de deficiência bem como do volume que passou pelo sangradouro quando isto ocorreu. (Fig. 4)

– DEFINIÇÃO DE UMA POLÍTICA DE OPERAÇÃO

FIGURA 4 – FUNCIONAMENTO DO MODELO DURANTE UM MÊS



- irrigação objetivando o máximo de produção a longo prazo.
- irrigação objetivando a maior estabilidade sócio-econômica.
- geração de energia prioritária sob os outros aproveitamentos.
- atividades de lazer prioritárias sob to-

dos os outros aproveitamentos.

A complexidade dos esquemas possíveis faz com que não exista modelo de simulação universal que se adapte a todos os pedidos. Por isto, é provável que a parte do programa que diz respeito às demandas poderá ser reescrita ou adaptada

para esta ou aquela situação específica.

No entanto, as regras de operação foram escolhidas de maneira a proporcionar ao modelo aqui apresentado a versatilidade mais ampla possível no âmbito do planejamento da utilização da água da represa. (Fig. 5).

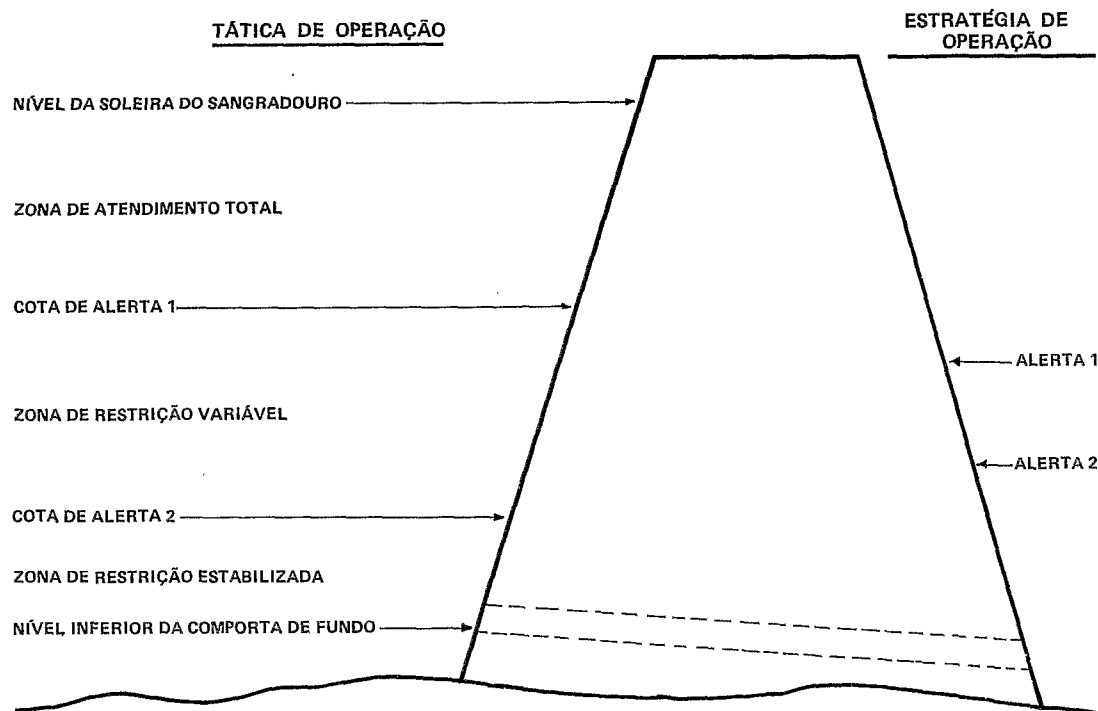


FIGURA 5 - EXEMPLO DA GESTÃO DE UM RESERVATÓRIO

#### A OPÇÕES DE DEMANDAS DO MODELO

Todos os elementos que vão ser descritos mais adiante constituem as variáveis da simulação.

##### - COTAS HMAX e HMIN

HMAX : cota de sangria do açude.

HMIN: cota abaixo da qual param todos os fornecimentos, podendo ser:

- cota do fundo do açude (aproveitamento da água por bombeamento).
- cota da tomada de água (aproveitamento por gravidade),
- qualquer cota a partir da qual o açude só pode baixar por efeito da evaporação (fins recreativos - piscicultura).

##### - FORNECIMENTO PRIORITÁRIO

- F1

Esta demanda é a primeira a ser aten-

dida, sem restrição, entre as duas cotas HMAX e HMIN. Depois o fornecimento pára completamente.

Este valor é fornecido ao programa a nível mensal.

##### - FORNECIMENTO SECUNDÁRIO - F2

A demanda é satisfeita, se for possível, após o fornecimento prioritário. Esta demanda pode ser relacionada com duas cotas H ALERTA 1 e H ALERTA 2 pelos critérios seguintes:

- cota do açude acima de ALERTA 1: demanda satisfeita.

- cota do açude baixando de ALERTA 1 à ALERTA 2: a demanda é reduzida proporcionalmente ao volume restante no açude até o valor percentual limite C.R., fixado pelo usuário.

cota do açude baixando de ALER-

TA 2 até HMIN: fornecimento limitado a C.R.% da demanda.

Tanto a demanda secundária como a prioritária são definidas a nível mensal.

##### - REDUÇÃO ANUAL DA SUPERFÍCIE IRRIGADA

Se o fornecimento secundário se destina a fins agrícolas o programa prevê a possibilidade de uma ação a nível anual, isto é, redução da superfície a ser irrigada.

Se no começo da estação cultural o nível da represa for abaixo de uma cota H CULT. 1 a área irrigada, isto é, o volume anual da demanda, será reduzido proporcionalmente ao volume restante no açude até uma cota H CULT. 2 a partir da qual a área irrigada permanecerá a CRC % do valor inicial.

A tabela 1 ilustra uma operação simulada do Açude ORÓS.

TEBELA 1 - OPERAÇÃO SIMULADA DO AÇUDE ORÓS

DEMANDA 1	157,680HM <sup>3</sup> ou 5m <sup>3</sup> /S				126,144HM <sup>3</sup> ou 4m <sup>3</sup> /S				94,608HM <sup>3</sup> ou 3m <sup>3</sup> /S				63,072HM <sup>3</sup> ou 2m <sup>3</sup> /S			
	360,000HM <sup>3</sup> ou 18000HA				360,000HM <sup>3</sup> ou 18000HA				360,000HM <sup>3</sup> ou 18000HA				360,000HM <sup>3</sup> ou 18000HA			
SIMULAÇÃO NO.	1100	2100	3100	4100	1200	2200	3200	4200	1300	2300	3300	4300	1400	2400	3400	4400
H MAX.	199,5	207	199,5	207	199,5	207	199,5	207	199,5	207	199,5	207	199,5	207	199,5	207
H MINI	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
H ALERTA 1	187	187	190	190	187	187	190	190	187	187	190	190	187	187	190	190
H ALERTA 2	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
FORNECIMENTO MÍNIMO	0	0	60%	60%	0	0	60%	60%	0	0	60%	60%	0	0	60%	60%
REDUÇÃO MÁXIMA DE ÁREA NA COTA	-	-	0,75	0,75	-	-	0,75	0,75	-	-	0,75	0,75	-	-	0,75	0,75
SATISFAÇÃO DEMANDA 1(%)	100	100	97,5	98,9	100	100	98,5	99,5	100	100	99,4	99,7	100	100	99,8	99,9
SATISFAÇÃO DEMANDA 2(%)	92,5	91,2	72,2	85,5	85,5	92,9	76,6	88,2	89,6	95,9	79,7	91,2	92,1	97,4	83,0	92,2

