



MINISTÉRIO DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÊCAS

Boletim

— Estudos Hidrológicos Preliminares das Possibilidades de Aproveitamento do Açude Público "Cocorobó" ...	389
— Estudos Hidrológicos para Regularização do Rio Moxotó	421
— Hidrologia do Rio Gorutuba	467
— Hidrologia do Rio Banabuiu	499
— Reconhecimento Agrológico da Bacia de Irrigação do Açude Público "Poço da Cruz"	517
— Estudo Geológico das Fundações do Açude Público "Custódia"	561
— Utilização de Águas de Drenagem Bombeada em Irrigação	569

SÉRIE: PLANEJAMENTO, ESTUDOS E PROJETOS

VOL. 24 — N.ºS 3/4 — JULHO/DEZEMBRO DE 1966

Este BOLETIM é uma publicação trimestral do DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÊCAS (DNOCS).

É distribuído gratuitamente.

Tôda correspondência deverá ser dirigida para:

— DNOCS — DPEP — Boletim

Rua Cônego Barata, 999 — Tamarineira

Recife, Pernambuco — Brasil

End. Tel.: SECAVIA DPEP BOLETIM — Recife.

É permitida a livre transcrição de qualquer matéria, desde que seja citada a fonte, título, data e página.

This Bulletin is a quarterly publication of the National Department of Works Against Droughts — (DNOCS). It is given away free of charge.

Every mailing must be sent to:

— DNOCS — DPEP — Bulletin.

Rua Cônego Barata, 999 — Tamarineira

Recife, Pernambuco — Brazil.

Cable address: SECAVIA DPEP BULLETIN — Recife.

It can be rewritten partly or entirely, since page, date, title and origin are mentioned.

23

SUMÁRIO

- Apresentação	5
- Métodos de trabalho	7
- Reconhecimento agrológico das bacias de irrigação dos açudes públicos:	
"São Gonçalo" (PB)	15
"Caldeirão" (PI)	165
"Aires de Souza" (CE)	197
"Engenheiro Arcoverde" (PB)	207
"Itans" (RN)	223
"Stº Antônio de Russas" (CE)	235
"Chorõ" (CE)	253
"General Sampaio" (CE)	279
"Lima Campos" (CE)	307
Reconhecimento agrológico e recenseamento agro-econômico da Várzea do Rio Açu (RN)	345

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
OBRAS CONTRA AS SÊCAS

BOLETIM

FUNDADO EM 1934

REDAÇÃO

RUA CÔNEGO BARATA N.º 999 — TAMARINEIRA
RECIFE

Solicita-se permuta com publicações congêneres

Se desea el canje com las publicaciones similares

Exchange with similar publications is desired

On desire l'échange avec les publications congénères

Os artigos assinados não implicam, necessariamente, a responsabilidade do D.N.O.C.S., pelas opiniões manifestadas.

ESTUDOS HIDROLÓGICOS PRELIMINARES DAS
POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO
DO AÇUDE PÚBLICO "COCOROBÓ"

ESTUDOS HIDROLÓGICOS PRELIMINARES DAS POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO DO AÇUDE PÚBLICO "COCOROBÓ" (Ba.)

Raimundo Cassiano Dantas (*)

1 — DADOS BÁSICOS DISPONÍVEIS

1.1 — DADOS FLUVIOMÉTRICOS

As únicas observações disponíveis do rio Vasa Barris resultam de duas leituras diárias de uma régua instalada em Cocorobó, no período de novembro de 1960 a agosto de 1964.

Com a média dessas leituras diárias, a "Comissão do Cocorobó" determinou as descargas médias diárias que serviram de base para a execução deste trabalho.

Infelizmente não foi possível saber quais as fórmulas aplicadas para obtenção dessas descargas, uma vez que no processo da DPEP, onde as mesmas foram encontradas, não havia referências a este respeito.

O quadro I apresenta os deflúvios médios mensais do rio Vasa Barris em Cocorobó, no período de novembro de 1960 a agosto de 1964.

1.2 — DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para estudos de regularização, os dados de chuva de longo período são os que apresentam maior interesse, pois permitem determinar os períodos críticos de flutuação das chuvas dentro do histórico hidrológico da região.

Para estes estudos, foram selecionados os postos de Canudos, Uauá, situados dentro da bacia hidrográfica, e os de Monte Santo, Patamuté, Barro Vermelho e Várzea da Ema, situados em suas vizinhanças.

(*) Eng.º Civil. Chefe do Serviço de Hidrologia da Diretoria de Pesquisas, Estudos e Projetos do DNOCS.

A localização destes postos é apresentada na Ilustração 1. O período de dados disponíveis dos mesmos é o seguinte:

Canudos	out. 1912	—	set. 1965	
Uauá	" "	—	" "	
Patamuté	" "	—	" "	
Monte Santo	" "	—	" "	
Barro Vermelho	" 1933	—	" "	
Várzea da Ema	" 1935	—	" "	

1.3 — DADOS EVAPORIMÉTRICOS

Foram instaladas em Cocorobó pelo GEMH, em março de 1965, uma estação evaporimétrica e outra em Monte Santo, em maio de 1964.

No quadro II são apresentados os dados evaporimétricos médios mensais das duas estações acima citadas.

1.4 — OUTROS DADOS

Na Ilustração 2 apresentam-se as curvas de áreas inundadas e volumes acumulados do reservatório de Cocorobó.

Estas curvas foram organizadas pela antiga Seção de Açudagem do Serviço de Estudos.

2 — CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS NA BACIA DO VASA BARRIS

2.1 — VERIFICAÇÃO E AJUSTE DOS DADOS

Os dados disponíveis para o estudo das características das chuvas na bacia do Vasa Barris, a montante do Cocorobó, foram selecionados e preenchidas as falhas existentes, antes de serem utilizados neste trabalho.

Para a verificação e homogeneização pelo processo das linhas duplo-acumulativas foram utilizados os postos do item 1.2.

As Ilustrações 3 e 4 mostram, respectivamente, os dados antes e depois de homogeneizados e o quadro III, os valores destes dados depois de ajustados.

2.2 — CHUVA MÉDIA ANUAL

2.2.1 — *Processo da média aritmética*

A média aritmética da chuva anual foi determinada utilizando os dados dos postos de Canudos e Uauá, cujas médias anuais são as seguintes:

Canudos	428 mm
Uauá	538 mm
MÉDIA	483 mm

2.2.2 — Processo das áreas de influência de THIESSEN

A Ilustração 5 mostra as áreas de influência dos postos de Uauá, Canudos, Monte Santo e Patamuté sôbre a bacia do açude público Cocorobó.

São os seguintes os coeficientes de influência:

Uauá	0,48
Canudos	0,43
Monte Santo	0,08
Patamuté	0,01

Depois de multiplicados os dados anuais ajustados de cada posto pelos seus respectivos coeficientes, obteve-se a seguinte média regional:

Média: 506 mm

2.2.3 — Neste trabalho foi utilizada a chuva anual média na bacia, calculada pelo processo da média aritmética.

2.3 — FLUTUAÇÃO DAS CHUVAS

A Ilustração 6 apresenta a flutuação das chuvas mensais na bacia contribuinte ao reservatório de Cocorobó.

Elas são indicadas pela média aritmética das chuvas mensais em Canudos e Uauá.

De uma maneira geral as flutuações das chuvas observadas por tendências positivas e negativas em relação à normal se refletem no regime fluvial. Daí a importância que adquire o conhecimento da flutuação das chuvas, quando se deseja programar a utilização d'água através de regularização dos cursos d'água.

Observa-se pela Ilustração 6 a existência de um período geral de deficiências de chuva que vai de 1930 a 1963, que será significativa no caso das maiores descargas regularizadas.

Destacam-se, dentro dêste período geral de deficiências, dois períodos mais agudos, um que tem início em 1951 e se estende até 1959 e o outro com início em 1960 e vai até 1962.

Êstes dois períodos críticos, como será visto mais adiante, condicionam os volumes úteis necessários a acumular para as diversas descargas regularizadas:

3 — CARACTERÍSTICAS DOS DEFLÚVIOS DO RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ

3.1 — EXTENSÃO DA PERÍODO DE OBSERVAÇÕES DIRETAS EM COCOROBÓ

O estudo da flutuação das chuvas revelou a necessidade de se efetuar uma extensão do histórico fluviométrico do rio Vasa Barris em Cocorobó.

Procurou-se, para isso, estabelecer uma relação linear entre as chuvas na bacia (média aritmética dos postos de Canudos e Uauá) e deflúvios anuais obtidos pelos valores correspondentes aos anos hidrológicos 1960/61 e 1963/64 de Cocorobó.

Anos hidrológicos (out. — set.)	Precipitação média anual (em milímetros)	Deflúvios (10 ⁶ m ³)
1960/61	164	6,3
1961/62	248	13,0
1962/63	441	37,5
1963/64	684	92,9

A Ilustração 7 apresenta a relação linear entre chuvas e deflúvios, definida pela equação:

$$D = 0,15 P - 22,5$$

onde:

D = deflúvio anual em 10⁶ m³

P = chuva média anual em milímetros

A comparação entre chuvas e deflúvios só tem sentido para valores anuais e assim mesmo dificilmente se conseguem boas relações, muito embora os deflúvios sejam produzidos pelas chuvas. Não é uma relação simples, pois diversas causas a condicionam. Dentre elas é possível citar-se as variações nas condições de retenção d'água na bacia, a deficiente cobertura pluviométrica para caracterizar as chuvas médias na bacia, as perdas por evapotranspiração etc.

Como o que se deseja neste trabalho não é uma determinação precisa dos deflúvios para cada ano de per si e, sim, estudar a flutuação destes deflúvios com a finalidade de estabelecer os períodos críticos, dentro do histórico mais longo possível, os dados obtidos fornecem informações bastante úteis.

Dispõe-se, apenas, neste caso, de quatro valores para definir esta relação, como pode ser visto na Ilustração 7, devendo-se considerar com bastante reserva os dados através da mesma obtidos. O quadro

IV apresenta os deflúvios anuais em 10^6 m^3 , no rio Vasa Barris, em Cocorobó, de acôrdo com êste critério.

Para os estudos de regularização são necessários os valores mensais dos deflúvios. Assim,, os deflúvios totais anuais tiveram que ser distribuídos mês a mês. Sendo impossível uma solução real para o problema, adotou-se um padrão fixo de distribuição mensal, tomando-se as médias mensais e anual dos valores observados durante os quatro anos hidrológicos de 1960/61 a 1963/64, e procurando os percentuais das médias de cada mês em relação à média anual.

São os seguintes os percentuais encontrados:

Mês	% do deflúvio anual
outubro	0,0
novembro	15,4
dezembro	14,7
janeiro	23,3
fevereiro	31,0
março	8,3
abril	6,0
maio	0,9
junho	0,0
julho	0,0
agosto	0,4
setembro	0,0

Lançando mão desse padrão médio, foram estimados valores mensais no período em que se dispõe de dados pluviométricos, ou seja de outubro de 1912 a setembro de 1965.

O quadro V apresenta os valores desses deflúvios em mcs e a Ilustração 8 mostra a flutuação dos mesmos.

4 — ESTUDO DAS POSSIBILIDADES DE REGULARIZAÇÃO DO RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ

4.1 — ESTIMATIVA DA PERDA POR EVAPORAÇÃO NO RESERVATÓRIO DE COCOROBÓ

As perdas por evaporação no reservatório de Cocorobó foram estimadas com base nos dados disponíveis das estações evaporimétricas de Cocorobó e de Monte Santo.

Neste trabalho resolveu-se tomar um padrão fixo de distribuição mensal de evaporação, definido pelos dados observados de janeiro a março de 1965, em Monte Santo, e de abril a dezembro do mesmo ano, em Cocorobó.

Os totais mensais observados no tanque tipo "A" foram multiplicados pelo fator 0,9, tendo em vista a evaporação no reservatório natural ser menor do que a do tanque tipo "A".

Foi o seguinte o padrão de distribuição mensal de evaporação, em milímetros, encontrado:

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
191	167	188	113	192	153	185	240	254	185	197	208	2.273

Neste trabalho, levando em consideração a natureza de outros dados utilizados, que, como dissemos antes, não traduzem, a não ser de maneira muito precária, as condições reais, foram utilizados, apenas, os valores anuais de evaporação e da chuva sobre o reservatório.

Para levar em conta as perdas anteriores à formação do reservatório na área a ser inundada e as chuvas no futuro lago, subtraíram-se da evaporação anual 80% das chuvas anuais observadas no período dos anos hidrológicos de 1912/13 a 1964/65, no pôsto de Canudos. Este pôsto, por se achar próximo à bacia hidráulica do açude, foi tomado como representativo da chuva sobre a região do futuro reservatório.

4.2 — PERÍODOS CRÍTICOS DE FLUTUAÇÃO DOS DEFLÚVIOS

Como é sabido, para o aproveitamento de um curso d'água, o que se reveste de maior importância é a flutuação da produção dos deflúvios na bacia.

Na Ilustração 8 apresenta-se a flutuação dos deflúvios médios mensais do rio Vasa Barris, em Cocorobó, no período de outubro de 1912 a setembro de 1965.

O rio Vasa Barris apresenta, a partir de abril de 1930, um período geral de deficiências de deflúvios em relação à média, que se estende até outubro de 1963.

Notam-se, dentro desse período geral de deficiência, dois períodos importantes por serem os mais críticos para o operação do reservatório, que são os que abrangem os anos de 1951 a 1959 e 1960 a 1962.

4.3 — POSSIBILIDADES DE REGULARIZAÇÃO A DESCARGA CONSTANTE SEM CONSIDERAR AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO

Na Ilustração 9 apresenta-se uma relação entre descargas contínuas regularizadas e volumes úteis de armazenamento necessários para mantê-las sem deficit durante o período de 1912 a 1965, sem considerar as perdas por evaporação.

No quadro VI são apresentados os valores resultantes da regularização do rio Vasa Barris em Cocorobó, para o período de 1912 a 1965, sem considerar as perdas por evaporação.

Q U A D R O V I

RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ

REGULARIZAÇÃO A DESCARGA CONSTANTE SEM CONSIDERAR AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO

PERÍODO CRÍTICO	Descarga regularizada em m c s	Armazenamento útil necessário para atravessar o período considerado em 10 ⁶ m ³
abril 1930 — outubro 1963	1,62	333,8
abril 1930 — outubro 1963	1,50	212,5
abril 1951 — outubro 1959	1,30	116,2
abril 1960 — outubro 1962	1,00	57,6
abril 1960 — outubro 1962	0,80	41,9
abril 1914 — outubro 1915	0,50	22,6
abril 1914 — outubro 1915	0,30	13,3

4.4 — POSSIBILIDADES DE REGULARIZAÇÃO A DESCARGA CONSTANTE CONSIDERANDO AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO

Na Ilustração 10 são apresentadas curvas que relacionam descargas regularizadas e volumes úteis necessários para mantê-las sem deficit no reservatório de Cocorobó, considerando-se as perdas por evaporação. Cada uma das curvas apresentadas corresponde a um determinado nível inicial de operação. Nessa Ilustração apresenta-se, ainda, para fins de comparação, a curva obtida sem considerar as perdas por evaporação.

Pode-se verificar por essas curvas a grande importância do problema da evaporação. Note-se, por exemplo, que para regularizar 0,60 mcs sem considerar as perdas por evaporação, necessita-se de $28,4 \times 10^6$ m³ para atravessar sem deficit o período estudado. Levan-

do-se em conta as perdas por evaporação, os volumes úteis necessários para regularizar essa mesma descarga, considerando-se os três níveis estudados de operação do reservatório são consideravelmente maiores, como se pode observar no quadro abaixo:

Q U A D R O V I I

Cota de operação (metros)	Volume útil de armazenamento necessário para manter 0,60 m c s (milhões m ³)
353	98,7
355	106,5
358	170,6

Com êsses volumes úteis de armazenamento e sem considerar a evaporação seria possível regularizar, no período de 1912 a 1965, as descargas, respectivamente, de 1,23; 1,26 e 1,44 mcs, que corresponderiam, ainda, a 2,05; 2,10 e 2,40 vezes as que poderiam ser regularizadas considerando a evaporação com o reservatório operado a partir das cotas citadas. Isto traduz que a perda por evaporação representa, mesmo no caso mais favorável de operação do reservatório, que seria aquêle correspondente ao nível máximo de 353 m, uma descarga maior do que a efetivamente aproveitada.

O quadro seguinte apresenta um resumo das 13 alternativas analisadas do estudo da regularização à descarga constante, considerando as perdas por evaporação, com base em dados anuais.

Q U A D R O V I I I

Nível máximo normal de operação (metros)	Descarga regularizada constante (m c s)	Armazenamento necessário (milhões de mc)	Nível mínimo atingido (metros)	Depleção máxima (metros)
Cota 358	0,65	221,30	341,10	16,90
	0,60	170,65	348,00	10,00
	0,50	118,50	351,91	6,09
	0,40	90,00	353,60	4,40
	0,30	65,67	354,97	3,03
Cota 355	0,65	157,50	341,00	14,00
	0,60	106,53	347,92	7,08
	0,50	77,83	350,37	4,63
Cota 353	0,65	122,30	341,00	12,00
	0,60	98,71	344,90	8,10
	0,50	77,00	347,37	5,63
	0,40	55,30	349,35	3,65
	0,30	41,00	350,47	2,53

4.5 — OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO À DESCARGA CONSTANTE

As Ilustrações 11, 12 e 13 apresentam, gráficamente, a variação, ano a ano, no período de 1912 a 1965, dos níveis d'água e outros elementos, para as alternativas de operação do reservatório nas cotas 358, 355 e 353 para a descarga regularizada de $20,514 \times 10^6$ m³/ano ou 0,65 mcs.

Observa-se, por essas curvas, que para regularizar a descarga de 0,65 mcs a partir de qualquer um dos níveis máximos de operação adotados, o nível mínimo do reservatório é aproximadamente o mesmo, ou seja, 341 m. Esta é a cota do porão, de acôrdo com o projeto já existente.

5 — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 1964, o Grupo Executivo Misto de Hidrologia-GEMH instalou um pôsto linimétrico no rio Vasa Barris em Cocorobó e efetuou aí algumas medições diretas que, em vista de terem sido feitas em cotas muito baixas, não permitiram, sequer, uma primeira aproximação da relação cota-descarga.

Entretanto, se fôssem feitas medições intensivas, abrangendo a maior amplitude possível de cotas, seria possível, em curto prazo, não só aproveitar os dados linimétricos já obtidos pelo GEMH, mas também, os dados da antiga escala do DNOCS, amarrando-se esta àquela, através de nivelamento. Isto só será possível se houver alguma referência de nível da escala do DNOCS. Para tanto, já entramos em entendimentos verbais com o pessoal da Divisão de Hidrologia da SUDENE, para que êstes serviços fôssem realizados.

Aproveitamos a oportunidade para lembrar que, em ofício de 01/03/66 ao Chefe da Divisão de Estudos, sugerimos que fôsse solicitado à Divisão de Hidrologia da SUDENE, para, através do Grupo Executivo Misto de Hidrologia-GEMH, instalar postos de medições e fazer medições intensivas em tôdas as seções dos rios onde o DNOCS pretenda em futuro próximo construir barragens. Esta sugestão continua de pé, uma vez que, para a realização de estudos hidrológicos, os dados fluviométricos são imprescindíveis.

Convém ter em mente que os dados básicos fluviométricos disponíveis para a realização dêste trabalho abrangem um curto período de 4 anos e que ainda se desconhece qual o processo adotado para obtenção dos mesmos. Entretanto, os boletins de onde foram extraídos trazem a assinatura dos engenheiros que passaram pela chefia da Comissão de Cocorobó, no período de 1960 a 1964.

A primeira vista, parece que êsses dados foram subestimados, mas eram os únicos com que se podia contar no momento. Mesmo assim, é bom não esquecer que ao baixo índice de precipitação da bacia podem estar aliados outros fatores, tais como: fisiografia, topografia, cobertura vegetal, etc., que desconhecemos e que podem acarretar uma sensível redução na sua capacidade de produzir deflúvios.

Q U A D R O I
 RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ
 DEFLÚVIOS MÉDIOS MENSIAIS EM m.c.s.

PERÍODO: NOVEMBRO DE 1960 A AGÓSTO DE 1964

B.H. — 3.892 km²

ANO	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1960											0	0
1961	1,648	0,154	0,399	0,190	0	0	0	0	0	0	0	0
1962	1,792	1,454	0,945	0,812	0	0	0	0	0	0	4,988	1,419
1963	0,532	7,052	0	0,532	0,310	0	0	0	0	0	3,910	6,806
1964	9,119	10,257	3,291	1,947	0,203	0	0	0,229				

Q U A D R O I I

ESTAÇÕES EVAPORIMÉTRICAS DE COCOROBÓ — MONTE SANTO

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (T) EVAPORAÇÃO TOTAL MENSAL PICHÉ (EP) E TANQUE TIPO "A" (EA)

ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA DE MONTE SANTO

A N O	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1 9 6 4	T					NO	NO	NO	NO	NO	24,4	25,0
	EP					33,0	45,5	53,0	79,1	132,4	100,2	117,8
	EA					73,50	96,72	120,59	109,50	NO	NO	209,25
1 9 6 5	T	25,7	26,7	26,5	25,7	24,7	22,4	22,6				
	EP	176,7	156,8	164,4	115,5	127,4	105,4	108,5				
	EA	212,35	185,08	209,25	164,62	161,65	174,22	168,33				

ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA DE COCOROBÓ

A N O	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1 9 6 5	T			26,2	25,2	23,9	23,6	23,3	25,3			
	EP			77,7	210,8	171,0	207,7	204,6	255,0			
	EA			124,74	212,66	170,70	204,60	226,61	281,70	206,00	219,00	231,00

NO = não observado

Q U A D R O I I I

TOTAIS ANUAIS DE CHUVAS

ANOS HIDROLÓGICOS: OUTUBRO — SETEMBRO

(VALORES OBSERVADOS, ESTIMADOS E AJUSTADOS)

A n o	Canu- dos	Uauá	Monte Santo	Pata- muté	Barro Verme- lho	Várzea da Ema	Média
1964 — 65	227,9	456,3	485,8	388,7	731,1	410,5	450,1
1963 — 64	568,6	798,7	1223,3	504,5	931,0	755,7	797,0
1962 — 63	377,3	505,2	445,0	327,7	367,1	400,8	403,9
1961 — 62	217,5	279,2	530,2	240,2	328,8	302,4	316,4
1960 — 61	63,6	233,7	361,4	130,4	207,2	213,6	201,7
1959 — 60	933,5	786,2	812,2	715,0	675,3	660,2	763,7
1958 — 59	90,4	283,8	283,2	102,2	180,1	320,1	210,0
1957 — 58	271,7	271,6	460,1	133,5	120,3	140,9	233,0
1956 — 57	659,8	612,9	987,2	442,4	767,3	712,5	697,0
1955 — 56	297,5	267,4	533,7	207,0	242,6	246,3	299,1
1954 — 55	398,5	262,3	503,3	199,1	364,8	316,6	340,8
1953 — 54	309,1	515,8	519,9	242,5	542,1	329,3	409,8
1952 — 53	320,4	340,0	497,5	204,1	423,4	539,1	370,8
1951 — 52	353,3	281,0	422,9	347,8	288,0	315,3	334,7
1950 — 51	319,4	532,4	678,9	350,2	354,9	382,1	436,3
1949 — 50	425,0	676,6	562,1	407,4	420,7	673,1	527,5
1948 — 49	340,5	445,5	1085,8	370,0	420,9	426,0	514,8
1947 — 48	673,8	635,6	826,7	475,5	666,8	675,2	658,9
1946 — 47	501,9	746,6	909,1	561,0	925,6	567,8	702,0
1945 — 46	369,0	359,9	792,0	242,4	378,1	442,3	430,6
1944 — 45	518,0	924,9	955,7	546,3	715,9	721,2	730,3
1943 — 44	461,0	443,6	788,6	388,3	478,2	391,9	491,9
1942 — 43	502,1	470,1	867,0	315,8	500,0	383,2	506,4
1941 — 42	204,7	442,5	481,7	197,8	482,2	390,6	366,6
1940 — 41	441,1	578,9	680,9	291,2	499,9	458,7	491,8
1939 — 40	514,1	720,3	940,3	634,0	772,5	797,8	729,8
1938 — 39	287,3	302,0	509,2	197,3	165,0	251,3	285,4
1937 — 38	242,7	280,3	454,0	121,5	227,0	314,5	273,3
1936 — 37	437,3	609,2	743,6	663,6	592,8	581,3	604,6
1935 — 36	429,2	414,9	693,1	282,0	470,5	397,1	447,8
1934 — 35	590,7	706,5	1046,9	538,4	655,6	—	707,6
1933 — 34	268,7	411,5	527,2	287,0	416,3	—	382,1
1932 — 33	312,4	394,8	660,9	109,8	—	—	369,5
1931 — 32	245,2	507,0	455,2	347,9	—	—	463,8
1930 — 31	164,3	275,9	365,8	306,6	—	—	278,2

QUADRO III (Continuação)

A n o	Canu- dos	Uauá	Monte Santo	Pata- muté	Barro Verme- lho	Várzea da Ema	Média
1929 — 30	628,5	623,0	940,2	395,9	—	—	646,9
1928 — 29	670,6	893,2	1109,8	739,0	—	—	853,2
1927 — 28	317,0	422,7	741,3	304,5	—	—	446,4
1926 — 27	144,9	632,9	621,4	218,5	—	—	404,4
1925 — 26	878,7	1141,3	1215,5	739,8	—	—	993,8
1924 — 25	361,1	637,2	749,5	392,3	—	—	535,0
1923 — 24	1188,4	1741,9	2116,8	977,6	—	—	1506,2
1922 — 23	796,6	861,9	938,7	421,9	—	—	754,9
1921 — 22	408,0	612,6	1045,6	428,9	—	—	623,8
1920 — 21	610,7	397,7	961,3	564,3	—	—	633,5
1919 — 20	322,4	424,7	743,1	410,2	—	—	475,1
1918 — 19	438,4	710,8	785,4	387,0	—	—	580,4
1917 — 18	448,5	249,2	760,0	407,1	—	—	466,2
1916 — 17	304,1	755,4	744,5	265,0	—	—	517,3
1915 — 16	895,2	698,2	1005,2	417,1	—	—	753,9
1914 — 15	154,3	97,4	207,1	101,1	—	—	140,0
1913 — 14	605,3	770,8	1027,7	592,9	—	—	749,2
1912 — 13	265,7	96,0	600,3	168,7	—	—	282,7

Q U A D R O I V
 RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ
 DEFLÚVIOS ANUAIS OBSERVADOS E ESTIMADOS
 PERÍODO: 1912/13 a 1964/65

A N O	DEFLÚVIOS ANUAIS EM 10 ⁶ m ³
1964 — 65	28,8
1963 — 64	80,0 (92,9)
1962 — 63	43,7 (37,5)
1961 — 62	14,8 (13,0)
1960 — 61	2,0 (6,3)
1959 — 60	106,5
1958 — 59	5,6
1957 — 58	18,3
1956 — 57	73,0
1955 — 56	19,9
1954 — 55	27,1
1953 — 54	39,4
1952 — 53	19,6
1951 — 52	25,1
1950 — 51	41,4
1949 — 50	60,1
1948 — 49	36,5
1947 — 48	75,7
1946 — 47	71,1
1945 — 46	32,2
1944 — 45	85,7
1943 — 44	45,3
1942 — 43	50,4
1941 — 42	26,0
1940 — 41	54,0
1939 — 40	70,1
1938 — 39	21,9
1937 — 38	16,7
1936 — 37	56,0
1935 — 36	40,8
1934 — 35	74,8
1933 — 34	28,5
1932 — 33	30,5
1931 — 32	33,9
1930 — 31	10,5
1929 — 30	71,4
1928 — 29	94,8
1927 — 28	33,0
1926 — 27	35,8
1925 — 26	129,0
1924 — 25	52,4
1923 — 24	197,3
1922 — 23	101,9
1921 — 22	54,0
1920 — 21	53,1
1919 — 20	33,5
1918 — 19	63,7
1917 — 18	29,8
1916 — 17	57,0
1915 — 16	97,0
1914 — 15	0,0
1913 — 14	80,7
1912 — 13	4,7

() = Deflúvios observados

Q U A D R O V

RIO VASA BARRIS EM COCOROBÓ

DEFLÚVIOS MÉDIOS MENSAIS EM m.c.s. (OBSERVADOS E ESTIMADOS)

PERÍODO: OUTUBRO DE 1912 A SETEMBRO DE 1965.

Ano	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Anuaí
1912/13	0,0	0,279	0,258	0,409	0,581	0,146	0,109	0,016	0,0	0,0	0,007	0,0	0,0
1913/14	0,0	4,795	4,429	7,020	10,341	2,501	1,868	0,271	0,0	0,0	0,121	0,0	0,0
1914/15	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1915/16	0,0	5,763	5,324	8,438	12,001	3,006	2,245	0,326	0,0	0,0	0,145	0,0	0,0
1916/17	0,0	3,387	3,128	4,959	7,304	1,766	1,319	0,192	0,0	0,0	0,085	0,0	0,0
1917/18	0,0	1,771	1,636	2,382	3,819	0,923	0,690	0,100	0,0	0,0	0,045	0,0	0,0
1918/19	0,0	3,785	3,496	5,541	8,163	1,974	1,475	0,214	0,0	0,0	0,095	0,0	0,0
1919/20	0,0	1,990	1,839	2,914	4,145	1,038	0,775	0,113	0,0	0,0	0,050	0,0	0,0
1920/21	0,0	3,155	2,914	4,619	6,804	1,645	1,229	0,178	0,0	0,0	0,079	0,0	0,0
1921/22	0,0	3,208	2,964	4,698	6,920	1,673	1,250	0,181	0,0	0,0	0,081	0,0	0,0
1922/23	0,0	6,054	5,593	8,865	13,058	3,158	2,359	0,342	0,0	0,0	0,152	0,0	0,0
1923/24	0,0	11,722	10,829	17,164	24,411	6,114	4,567	0,663	0,0	0,0	0,295	0,0	0,0
1924/25	0,0	3,113	2,876	4,558	6,715	1,624	1,213	0,176	0,0	0,0	0,078	0,0	0,0
1925/26	0,0	7,664	7,080	11,222	16,530	3,995	2,986	0,433	0,0	0,0	0,193	0,0	0,0
1926/27	0,0	2,127	1,965	3,114	4,587	1,109	0,829	0,120	0,0	0,0	0,053	0,0	0,0
1927/28	0,0	1,961	1,811	2,871	4,083	1,023	0,764	0,111	0,0	0,0	0,049	0,0	0,0
1928/29	0,0	5,632	5,203	8,247	12,148	2,938	2,194	0,319	0,0	0,0	0,142	0,0	0,0
1929/30	0,0	4,242	3,919	6,211	9,149	2,213	1,653	0,240	0,0	0,0	0,107	0,0	0,0
1930/31	0,0	0,624	0,576	0,913	1,345	0,325	0,245	0,035	0,0	0,0	0,015	0,0	0,0
1931/32	0,0	2,034	1,861	2,949	4,194	1,051	0,785	0,114	0,0	0,0	0,051	0,0	0,0
1932/33	0,0	1,812	1,674	2,653	3,908	0,945	0,706	0,102	0,0	0,0	0,046	0,0	0,0
1933/34	0,0	1,693	1,564	2,479	3,652	0,883	0,660	0,096	0,0	0,0	0,043	0,0	0,0
1934/35	0,0	4,444	4,105	6,507	9,585	2,318	1,731	0,251	0,0	0,0	0,112	0,0	0,0
1935/36	0,0	2,424	2,239	3,549	5,048	1,264	0,944	0,137	0,0	0,0	0,061	0,0	0,0
1936/37	0,0	3,327	3,073	4,872	7,176	1,735	1,296	0,188	0,0	0,0	0,084	0,0	0,0
1937/38	0,0	0,992	0,917	1,453	2,140	0,517	0,387	0,056	0,0	0,0	0,025	0,0	0,0
1938/39	0,0	1,301	1,202	1,905	2,806	0,677	0,507	0,074	0,0	0,0	0,033	0,0	0,0

QUADRO V (Continuação)

Ano	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Anual
1939/40	0,0	4,165	3,847	6,098	8,573	2,177	1,623	0,236	0,0	0,0	0,105	0,0	0,0
1940/41	0,0	3,208	2,964	4,698	6,920	1,873	1,250	0,181	0,0	0,0	0,081	0,0	0,0
1941/42	0,0	1,545	1,427	2,262	3,332	0,806	0,602	0,087	0,0	0,0	0,039	0,0	0,0
1942/43	0,0	2,994	2,766	4,384	6,458	1,562	1,167	0,169	0,0	0,0	0,075	0,0	0,0
1943/44	0,0	2,691	2,486	3,941	5,605	1,404	1,049	0,152	0,0	0,0	0,068	0,0	0,0
1944/45	0,0	5,092	4,704	7,455	10,982	2,656	1,984	0,289	0,0	0,0	0,128	0,0	0,0
1945/46	0,0	1,913	1,767	2,801	4,126	0,998	0,745	0,108	0,0	0,0	0,048	0,0	0,0
1946/47	0,0	4,224	3,902	6,185	9,111	2,203	1,646	0,239	0,0	0,0	0,106	0,0	0,0
1947/48	0,0	4,498	4,155	6,585	9,054	2,346	1,752	0,254	0,0	0,0	0,113	0,0	0,0
1948/49	0,0	2,169	2,003	3,175	4,677	1,131	0,845	0,123	0,0	0,0	0,055	0,0	0,0
1949/50	0,0	3,571	3,298	5,228	7,701	1,862	1,391	0,202	0,0	0,0	0,090	0,0	0,0
1950/51	0,0	2,460	2,272	3,601	5,305	1,283	0,958	0,139	0,0	0,0	0,062	0,0	0,0
1951/52	0,0	1,491	1,378	2,184	3,105	0,778	0,581	0,084	0,0	0,0	0,037	0,0	0,0
1952/53	0,0	1,165	1,076	1,701	2,512	0,607	0,454	0,066	0,0	0,0	0,029	0,0	0,0
1953/54	0,0	2,341	2,162	3,427	5,049	1,221	0,912	0,132	0,0	0,0	0,059	0,0	0,0
1954/55	0,0	1,610	1,487	2,357	3,473	0,840	0,627	0,091	0,0	0,0	0,040	0,0	0,0
1955/56	0,0	1,182	1,092	1,731	2,462	0,617	0,461	0,067	0,0	0,0	0,030	0,0	0,0
1956/57	0,0	4,337	4,006	6,350	9,354	2,262	1,690	0,245	0,0	0,0	0,109	0,0	0,0
1957/58	0,0	1,087	1,004	1,592	2,345	0,567	0,424	0,061	0,0	0,0	0,027	0,0	0,0
1958/59	0,0	0,333	0,307	0,487	0,718	0,174	0,130	0,019	0,0	0,0	0,008	0,0	0,0
1959/60	0,0	6,328	5,845	9,265	13,176	3,300	2,465	0,357	0,0	0,0	0,159	0,0	0,0
1960/61	0,0	* 0,0	* 0,0	* 1,648	* 0,154	* 0,399	* 0,190	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0
1961/62	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 1,792	* 1,454	* 0,945	* 0,812	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0
1962/63	* 0,0	* 4,998	* 1,419	* 0,532	* 7,052	* 0,0	* 0,532	* 0,310	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0	* 0,0
1963/64	* 0,0	* 3,910	* 6,806	* 9,119	* 10,257	3,291	* 1,947	* 0,203	* 0,0	* 0,0	* 0,229	* 0,0	* 0,0
1964/65	0,0	1,711	1,581	2,505	3,690	0,892	0,667	0,097	0,0	0,0	0,043	0,0	0,0

MÉDIA = 1,62 m c s

* Dados observados

BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE "COCOROBÓ"

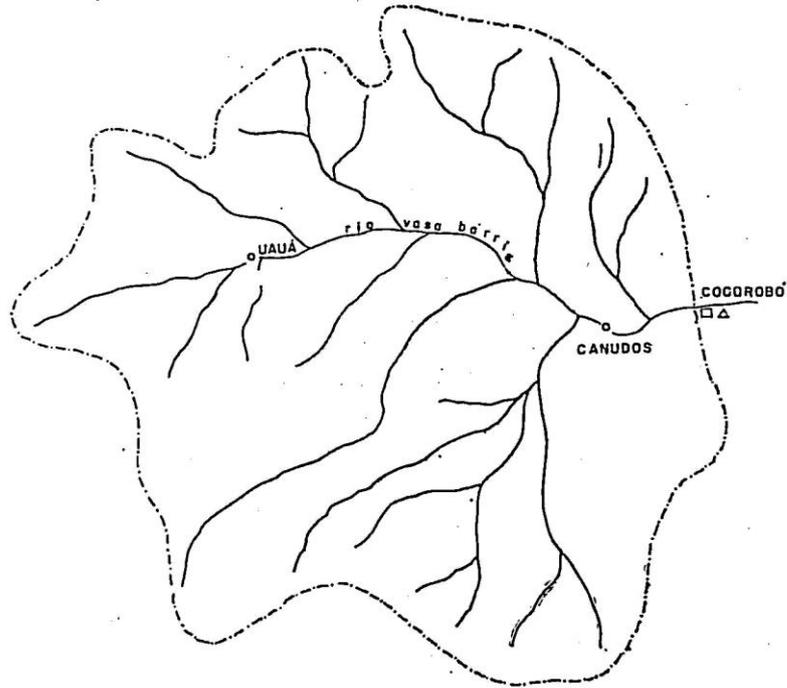
ESCALA 1:500.000

ÁREA: 3892.5 Km²

o PATAMUTÉ

o BARRO VERMELHO

o VÁRZEA DA EMA



CONVENÇÕES

- o POSTO FLUVIOMÉTRICO
- ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA
- △ POSTO FLUVIOMÉTRICO

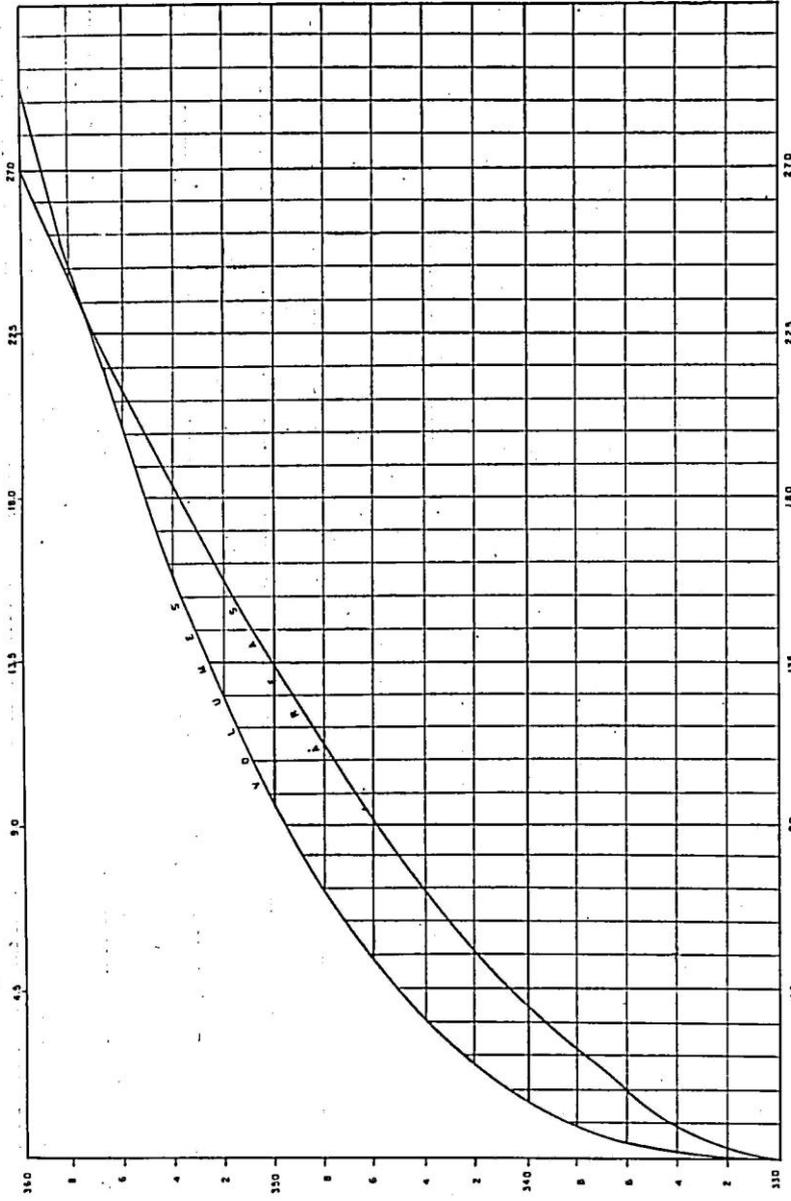
o MONTE SANTO
□

ILUSTRAÇÃO Nº1 LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS, EVAPORIMÉTRICOS E FLUVIOMÉTRICO

M.V.Q.P.
D.N.O.C.S.
D.P.E.P.

D - E - P -
S. HIDROLOGIA
República de São Paulo

ÁREAS INUNDÁVEIS EM 10^6 m^2

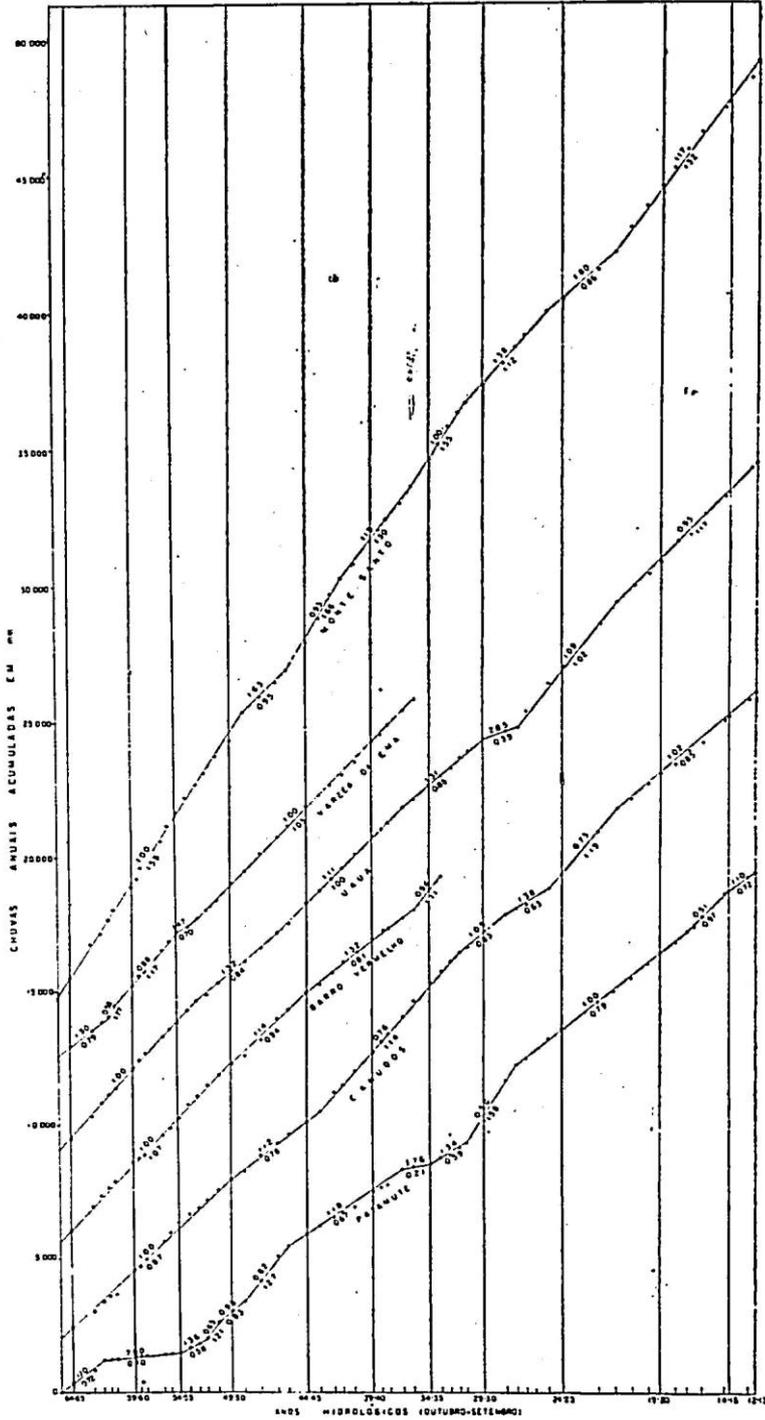


H.V.O.P.
DIRETOR
D.P.E.P.

ILUSTRAÇÃO 2 - DIAGRAMA DE ÁREAS E VOLUMES DO RESERVATÓRIO DE COCOROBÓ NO RIO VASA BARRIS, FORNECIDA PELO SERVIÇO DE ACOIAGEM

D. E. P.
S. - HIDROLOGIA
DESENHO: *[Signature]*

MÉDIAS DAS CHUVAS ANUAIS ACUMULADAS EM MM



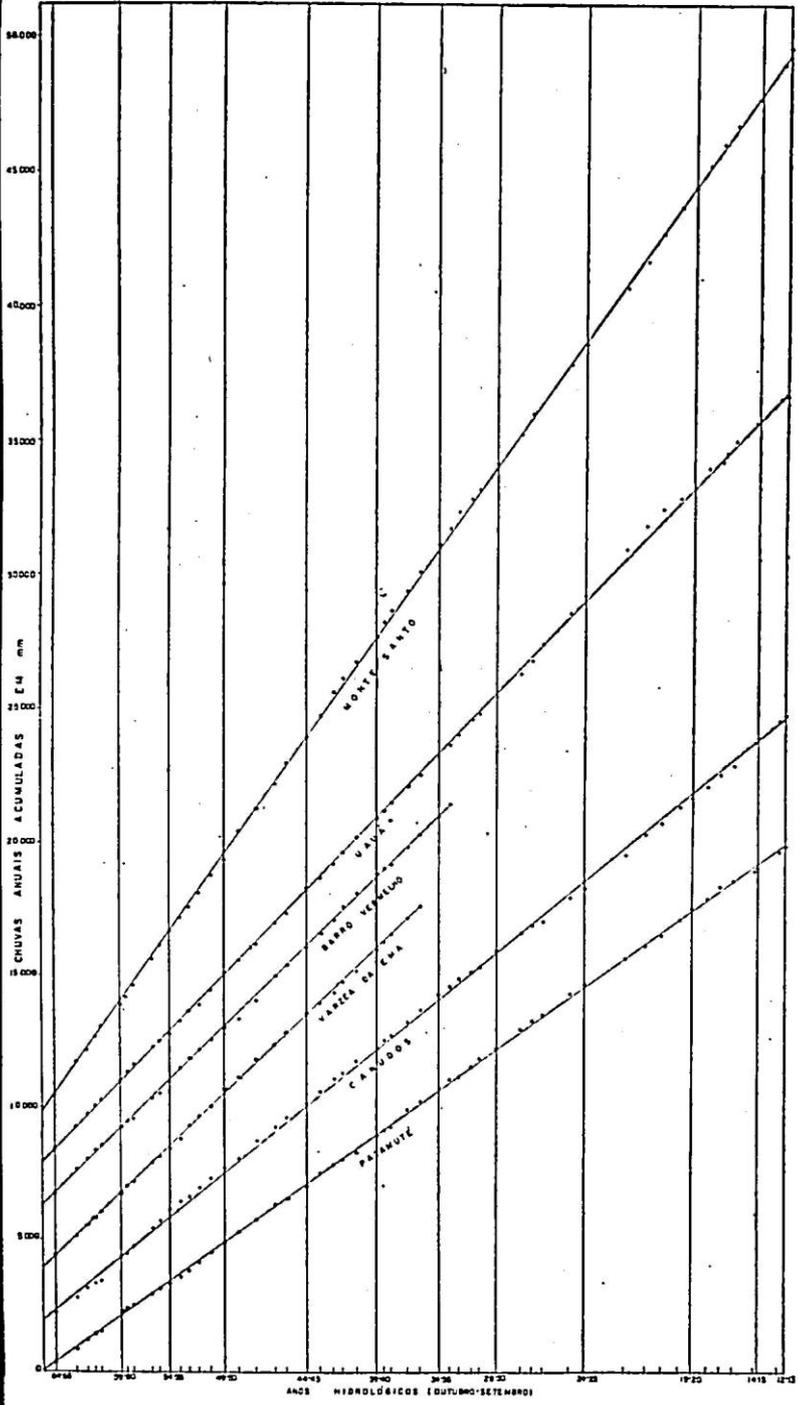
AÇUDE COCOROBÓ - BAHIA

ILUSTRAÇÃO Nº 2 VERIFICAÇÃO DOS DADOS DAS CHUVAS ANUAIS DOS 5 POSTOS BASE PERÍODO DE OUTUBRO DE 1952 A SETEMBRO DE 1953

MVOP
DNOCs.
DPEP

D. E. P.
S. HIDROLOGIA
DESENHO: *Alcides*

MÉDIAS DAS CHUVAS ANUAIS ACUMULADAS EM mm



ACUDE COCOROBÓ - BAHIA

ILUSTRAÇÃO Nº 4 - VERIFICAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DOS DADOS DE CHUVAS ANUAIS OBSERVADOS, ESTIMADOS E AJUSTADOS DE 5 POSTOS BASE, PERÍODO DE OUTUBRO DE 1913 A SETEMBRO DE 1963

MNDP
BRDEL
BRER

D. E. P.
S. HIDROLOGIA
DESENHO *de Souza*

M.V.O.P.
D.N.O.C.S.
D.P.E.P.

BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE "COCOROBÓ"
ÁREA: 3892,5 Km²

⊙
PATANUTÉ

Escala 1:500-00

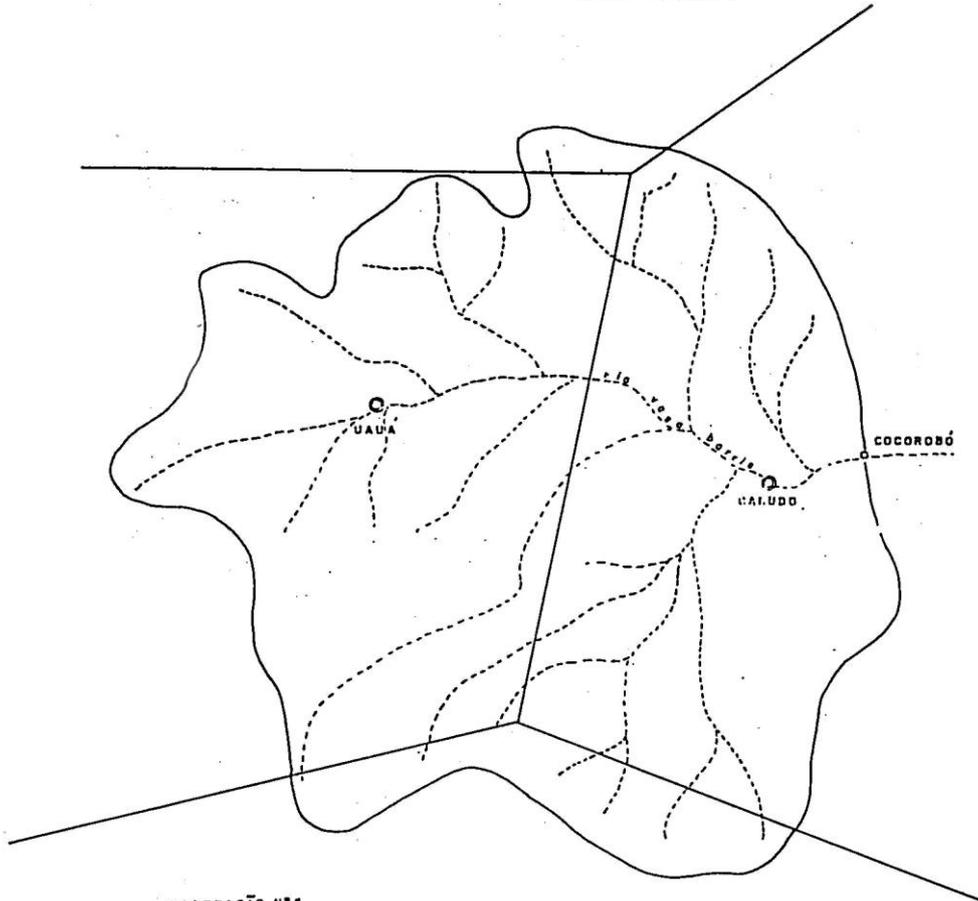
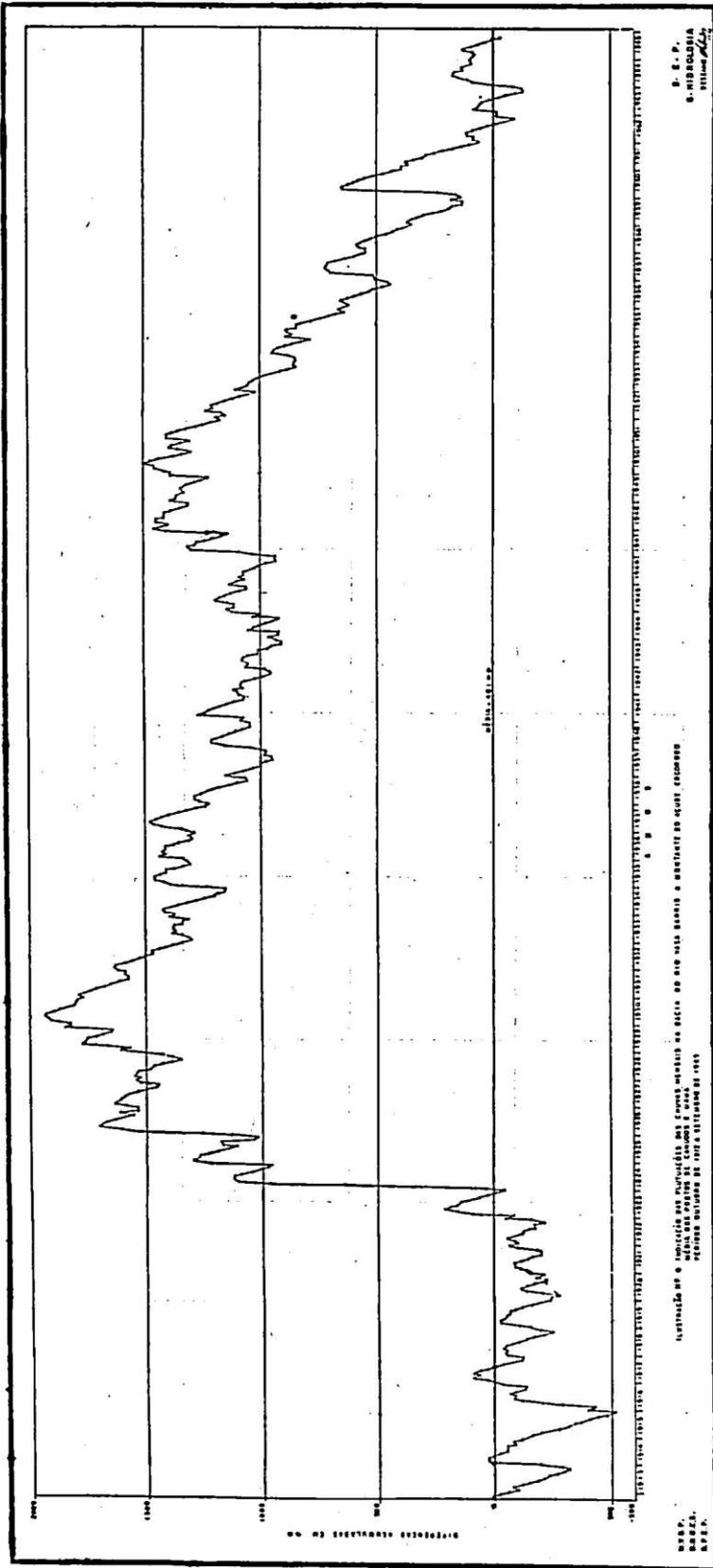


ILUSTRAÇÃO N.º 5
LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS PARA
ESTIMATIVA DA CHUVA MÉDIA NA BACIA DO VASA BARRIS
A, MONTANTE DE COCOROBÓ COM INDICAÇÃO DAS ÁREAS DE
INFLUÊNCIA.

⊙
MONTE SANTO

D. E. P.
S. HIDROLOGIA
COPIA *Silva Netto*



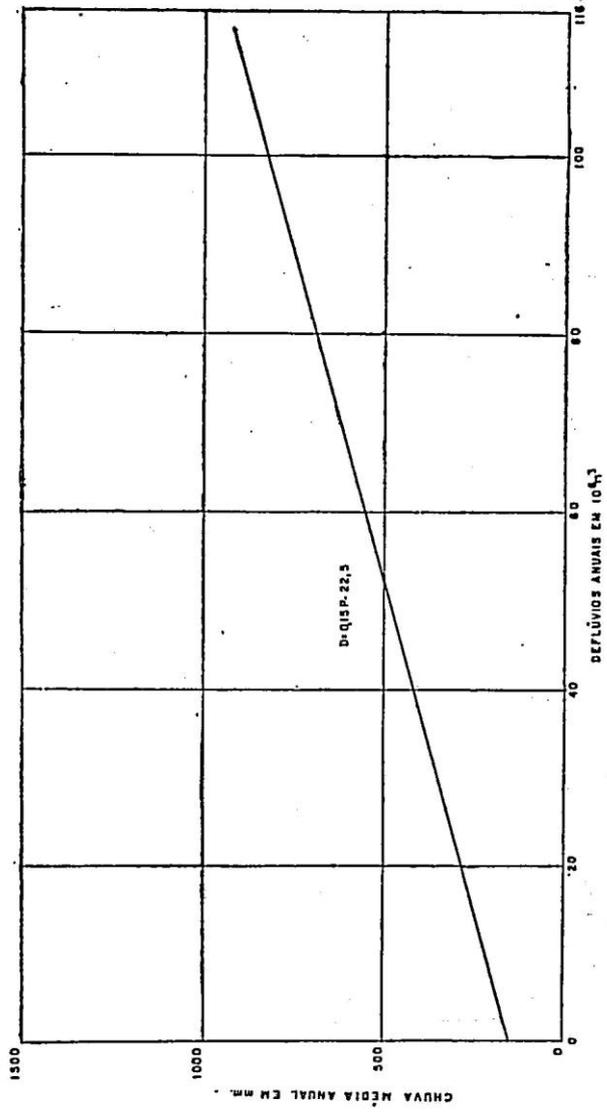
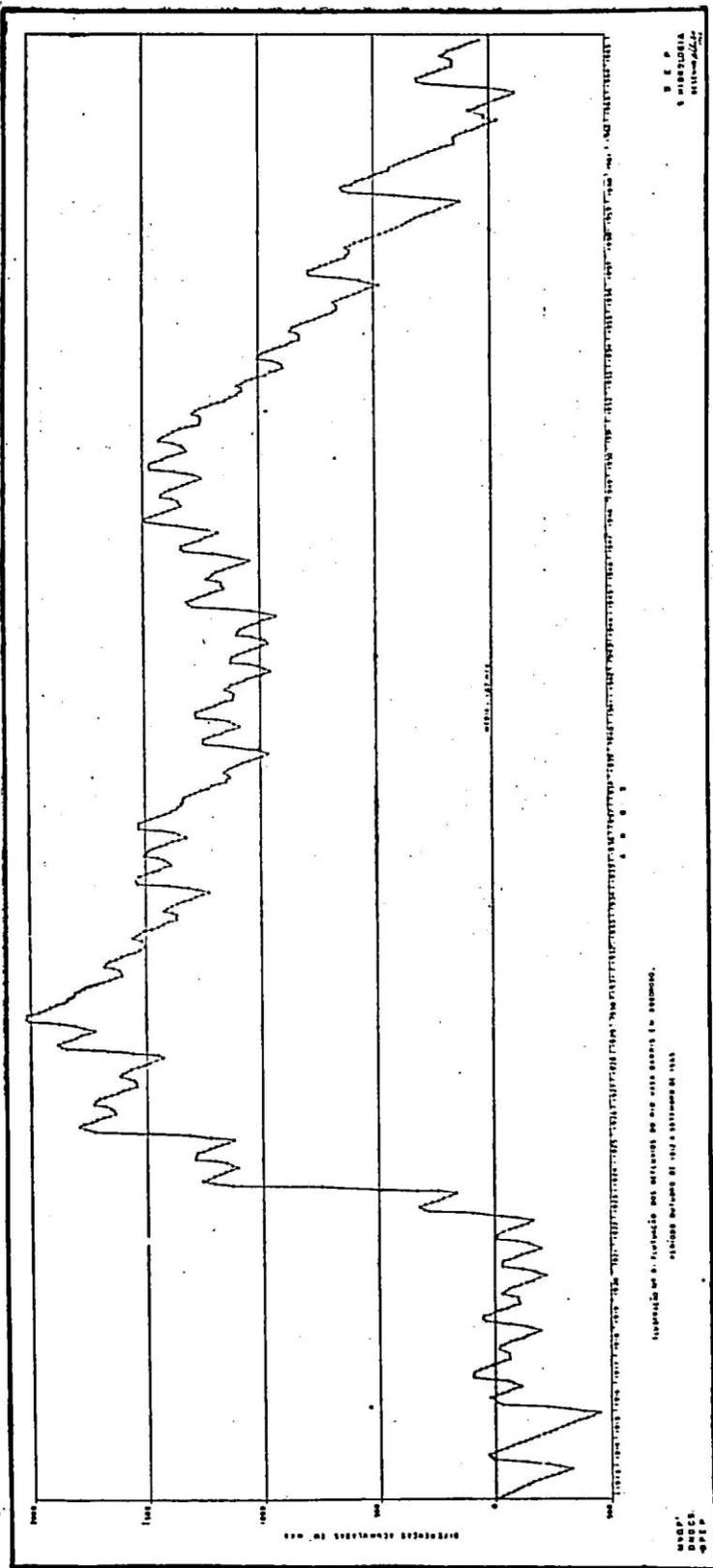


ILUSTRAÇÃO Nº1 - RELAÇÃO ENTRE CHUVAS E DEFLÚVIOS DO RIO VASA BARRIS EM COCOROBO
 ANO HIDROLÓGICO OUTUBRO-SETEMBRO
 PERÍODO 1960/61 a 1963/64

M.V.P.
 D.M.O.C.S.
 D.P.E.R.

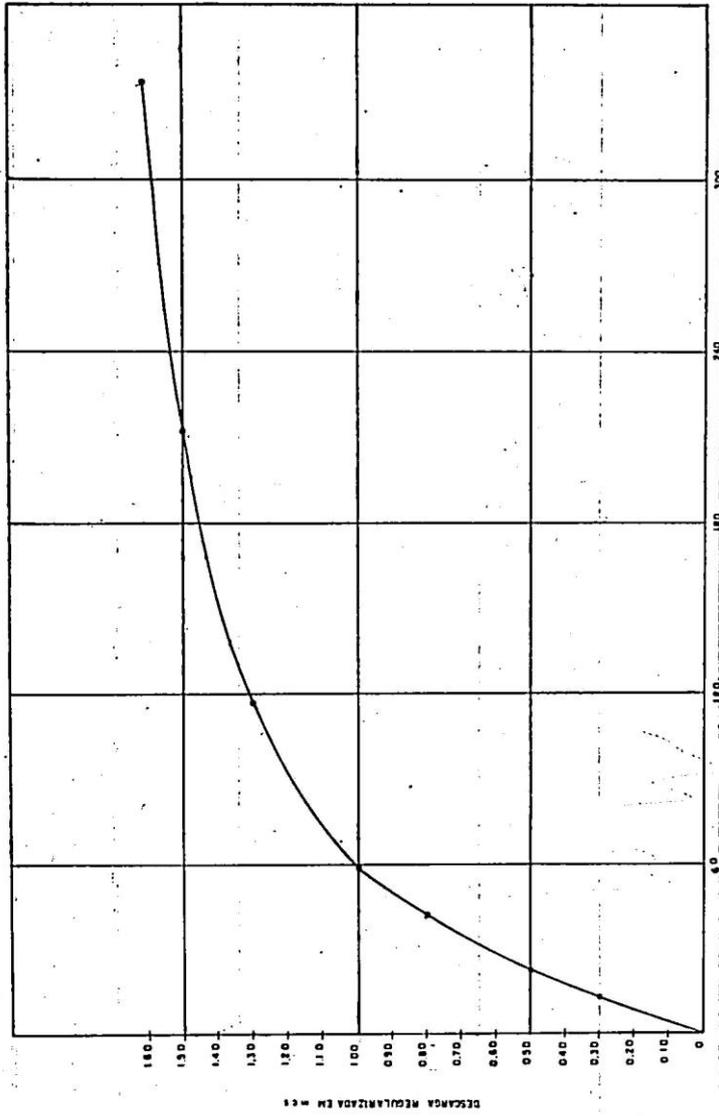
D. E. R.
 S. HIDROLOGIA
 1963 11-09-64



THE
 SIGNAL
 AMPLITUDE
 VS
 TIME

THIS IS A REPRESENTATIVE EXAMPLE OF A SIGNAL WITH A SHARP DROP IN AMPLITUDE AT TIME 60.

1000
 2000
 3000
 4000

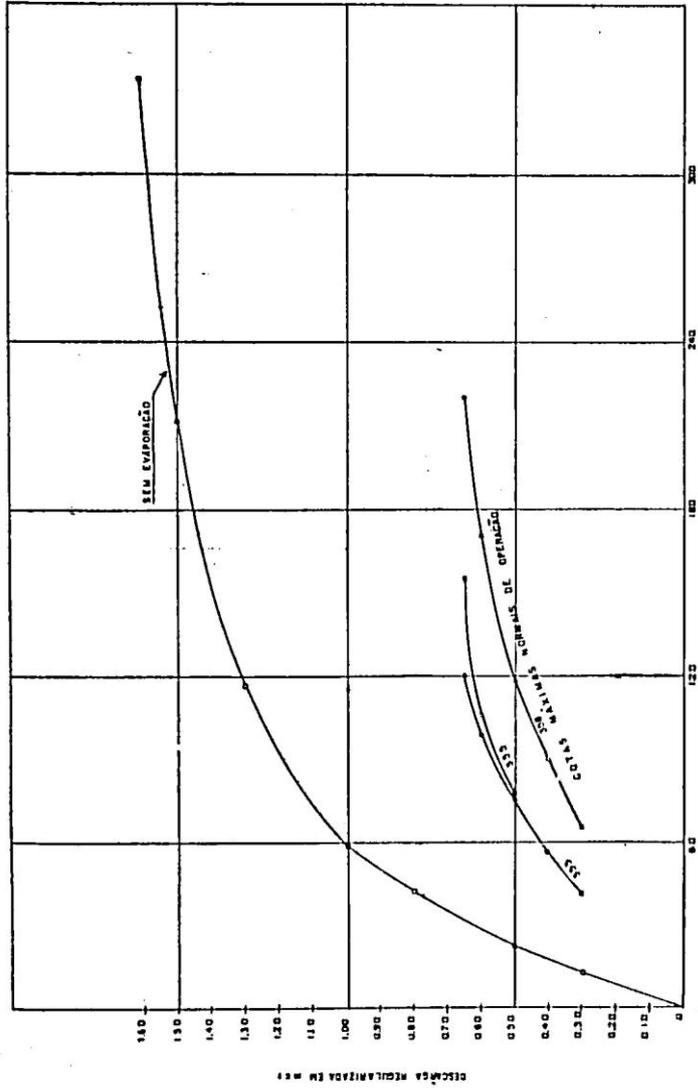


ARMAZENAMENTO ÚTIL NECESSÁRIO EM 10³m³

ILUSTRAÇÃO 9 - RELAÇÃO ENTRE DESCARGA CONTÍNUA REGULARIZADA E ARMAZENAMENTO ÚTIL NECESSÁRIO PARA MANTÊ-LAS NO NÍVEL VÁRIA BARRIS, EM CONDIÇÕES SEM CONSIDERAR AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO.

MYOP.
D. H. DECS.
D. I. P. P.

D. E. P.
S. H. H. M. O. L. O. B. I. A.
D. I. P. P.

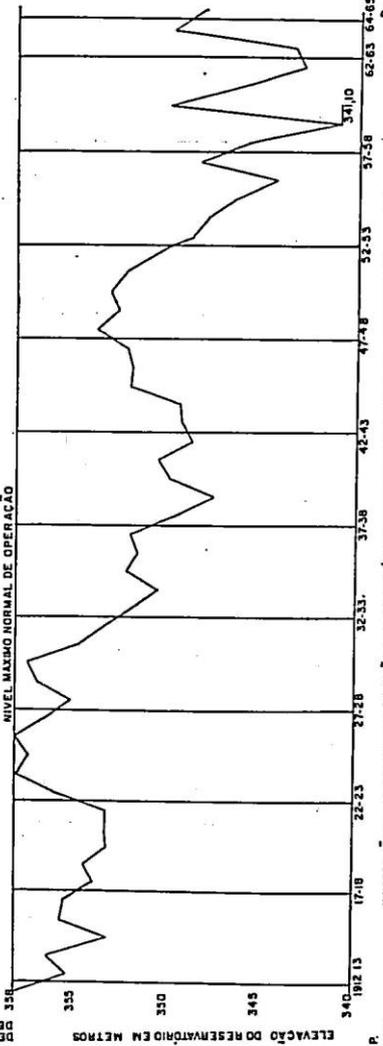
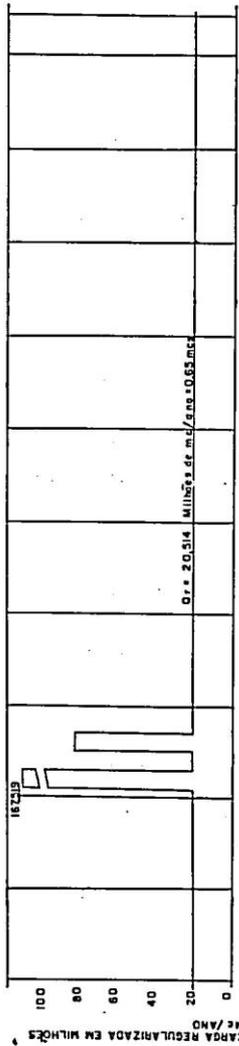
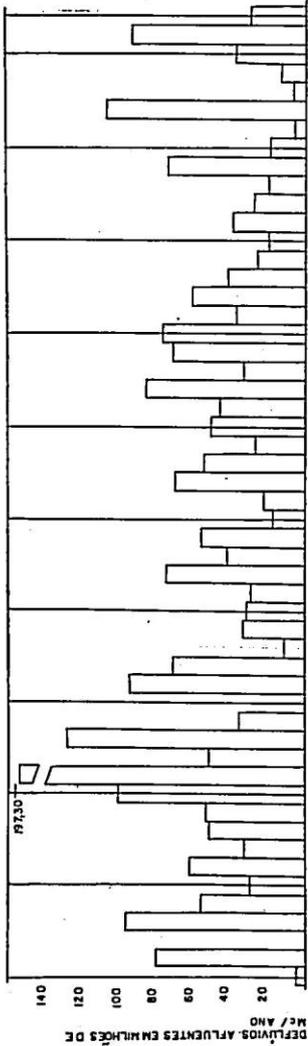


ANALISANDO O ÚTIL NECESSÁRIO EM 10⁶ M³.

ILUSTRAÇÃO 10 - RELAÇÃO ENTRE RESERVATÓRIOS CONSTANTES REGULARES E VOLUMES ÚTIS DE ARMAZENAMENTO NECESSÁRIOS PARA MANTER-LAS NO RESERVATÓRIO DE EQUILÍBRIO, CONSIDERANDO-SE AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO E DIVERSAS ALTERNATIVAS DE OPERAÇÃO PERÍODO 1912 a 1983

ALTA
 PAULO
 D. S. P.

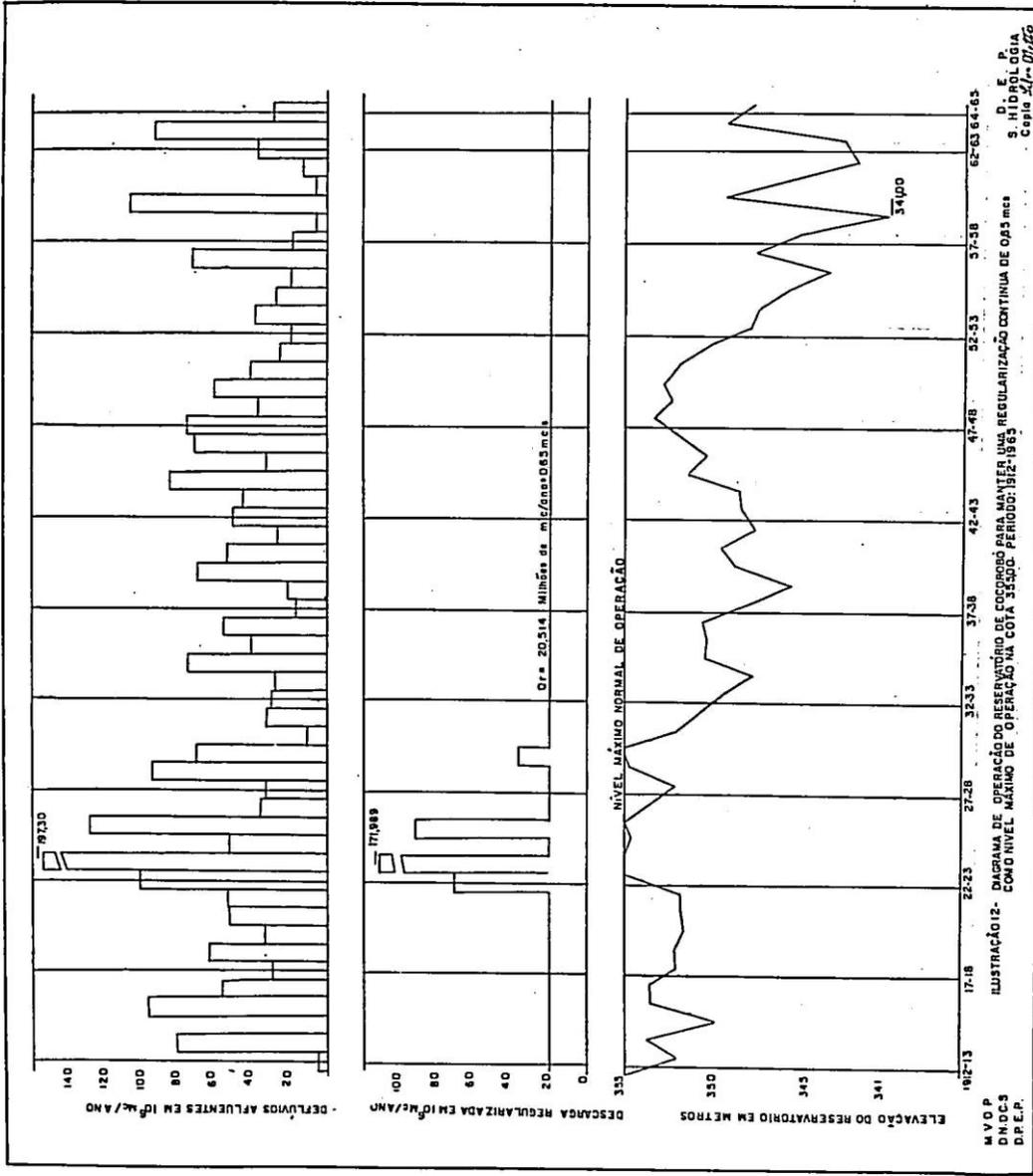
D. L. A.
 S. M. S. S. S.
 S. M. S. S. S.



M.V.O.P.
 D.N.O.C.S.
 D.P.E.P.

ILUSTRAÇÃO II - DIAGRAMA DE OPERAÇÃO DO RESERVAÇÃO DE COCOROBO PARA MANTER REGULARIZAÇÃO CONTÍNUA DE 0.65 m³/s COMO NÍVEL MÁXIMO DE OPERAÇÃO NA COTA 348.00 PERÍODO 1973-1983

D. E. P.
 S. HIDROLOGIA
 Caixa 34 - Q. II

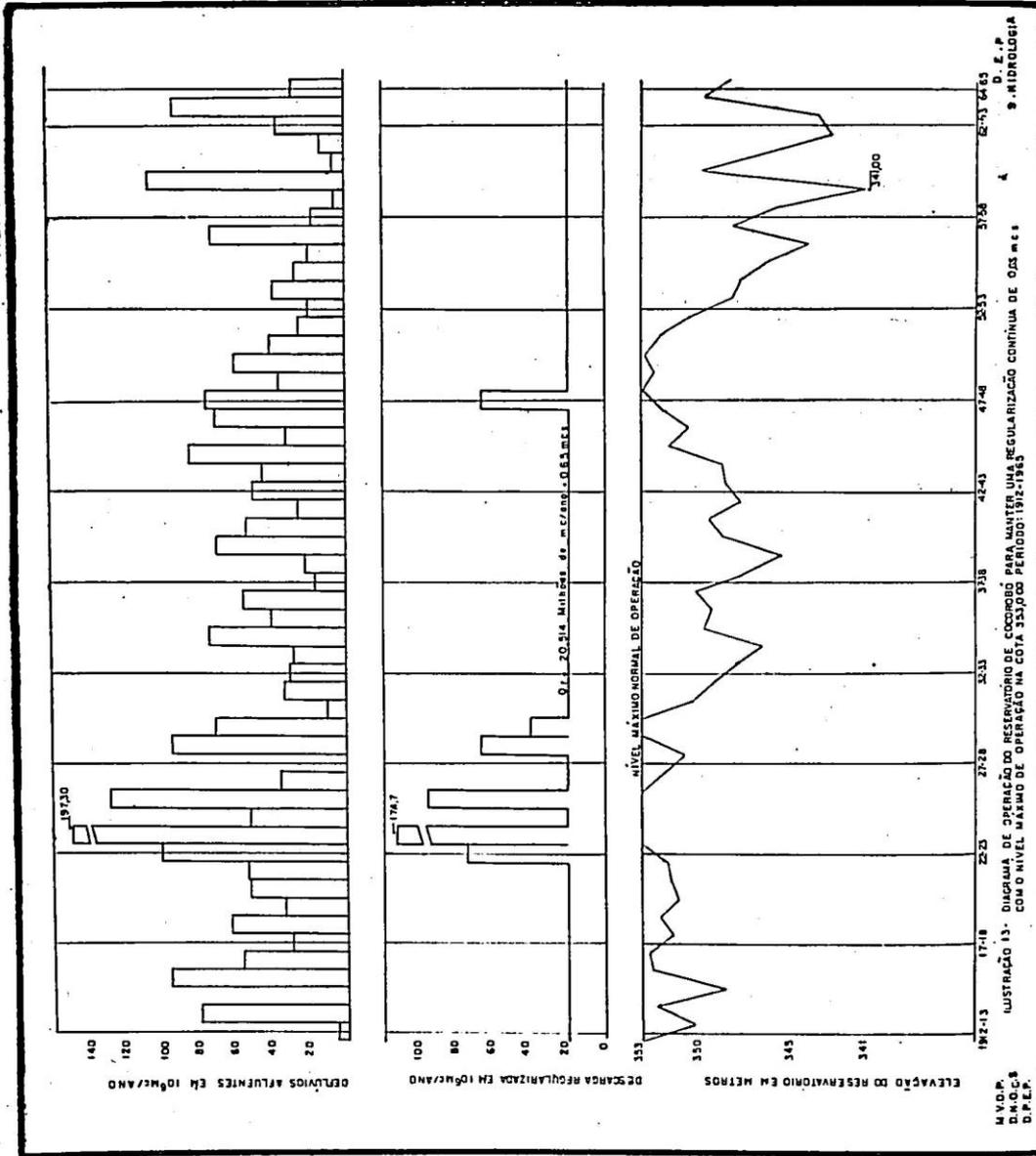


M.V.O.P. D.N.O.C.S. D.P.E.P.

ILUSTRAÇÃO 012 - PROGRAMA DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE COCOROBÓ PARA MANTER UMA REGULARIZAÇÃO CONTÍNUA DE 0,63 m³/s COMO NÍVEL MÁXIMO DE OPERAÇÃO NA COTA 330,00. PERÍODO: 1912-1965

D. E. P. S. HIDROLOGIA

Copia 24-07/66



ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA REGULARIZAÇÃO
DO RIO MOXOTÓ

S U M Á R I O

I — GENERALIDADES	421
II —	424
II.1 — PESQUISA E COMPILAÇÃO DOS DADOS EXISTENTES RELATIVOS A TOPOGRAFIA, HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA	424
II.1.1 — Topografia	424
II.1.2 — Climatologia	424
II.1.3 — Hidrologia	424
II.1.3.1 — Pluviometria	425
II.1.3.2 — Medições de descarga	
II.1.3.3 — Evaporação	425
II.1.3.4 — Dados limnimétricos e outros que poderiam servir de base ao cál- culo dos deflúvios ...	425
II.2 — ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS RELATI- VOS A TOPOGRAFIA, HIDROLOGIA E CLI- MATOLOGIA	426
II.2.1 — Topografia	426
II.2.2 — Climatologia	426
II.2.3 — Hidrologia	426
II.2.3.1 — Pluviometria	426
II.2.3.2 — Medições de descarga e dados limnimétricos	426
II.3 — ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS TOPO- GRÁFICAS E GEOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO MOXOTÓ	427
II.3.1 — Morfologia	427
II.3.1.1 — Região Montanhosa .	428
II.3.1.2 — Pediplanos	428
II.3.1.3 — Chapada	430
II.3.2 — Influência da topografia quanto ao regime hidrológico	431
II.3.3 — Conclusão	433
II.4 — ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES SÓBRE A BACIA DO RIO MOXOTÓ	433
II.4.1 — Distribuição e variabilidade das chuvas	434

II.4.2 — Distribuição anual das chuvas ...	434
III — ESTUDO DIRETO DOS VOLUMES DE ÁGUA TRAZI- ZIDOS PELO RIO MOXOTÓ	434
III.1 — PROCESSAMENTO DOS DADOS	435
III.2 — EXTENSÃO DOS DADOS DE DEFLÚVIO POR CORRELAÇÃO CHUVA-DEFLÚVIO ..	438
III.3 — COMPARAÇÃO CHUVA-DEFLÚVIO	438
III.4 — ESTUDO DOS VOLUMES DE ÁGUA ARMA- ZENADA EM POÇO DA CRUZ	439
III.4.1 — Tendências dos deflúvios mensais	439
III.4.2 — Volumes de acumulação necessá- rios calculados em função da ga- rantia de utilidade desejada ...	439
IV — OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO	440
IV.1 — EXPLORAÇÃO PREVISTA PARA A USINA HIDRELÉTRICA, SEM CONDICIONAMEN- TOS DA IRRIGAÇÃO	440
IV.2 — IRRIGAÇÃO	440
V — CONCLUSÕES	441

ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA REGULARIZAÇÃO DO RIO MOXOTÓ (*)

I — GENERALIDADES

Em uma região com relativa pobreza de recursos naturais, torna-se evidente a importância da racionalização desses recursos.

O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) chamou a si a responsabilidade de “aproveitar de forma coordenada os recursos hídricos da região em projetos de múltiplas finalidades”.

Para esse aproveitamento é contudo necessário o conhecimento das disponibilidades e variações desses recursos, que permita, juntamente com outros estudos técnicos, sociais e econômicos, a realização de projetos visando ao desenvolvimento regional.

A bacia do rio Moxotó já possui consideráveis investimentos realizados pelo próprio DNOCS, sobressaindo-se o açude Poço da Cruz, mas a sua utilização não vem sendo realizada de acordo com as necessidades da região. Adquiriram, pois, uma prioridade indiscutível, os estudos hidrológicos que possibilitam um aproveitamento racional da água armazenada nesse reservatório.

Este relatório apresenta uma estimativa da água disponível para irrigação com base nos dados existentes na bacia, uma vez que na região não se possuía melhores dados para uma transposição.

Para um estudo completo de operação do reservatório seria necessário um melhor conhecimento topográfico, de solo e agrônômico da região a jusante que fixasse o perímetro a ser irrigado e os tipos de cultura com suas necessidades hídricas.

A idéia de uma estação piloto para irrigação seria muito útil para esse fim.

(*) Relatório apresentado ao DNOCS, em junho de 1966, pela COBA — Consultores de Obras Públicas, Barragens e Aproveitamentos Hidráulicos, LTDA.

II —

II.1 — PESQUISA E COMPILAÇÃO DOS DADOS EXISTENTES RELATIVOS A TOPOGRAFIA, HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Esta pesquisa e compilação referem-se às zonas da bacia do Moxotó a montante do Açude Poço da Cruz.

II.1.1 — *Topografia*

Os elementos topográficos existentes constam de:

- fôlhas do Conselho Nacional de Geografia, na escala 1/250.000;
- mapa fluviométrico da bacia do rio Moxotó, com localização dos postos pluviométricos e fluviométricos. Seção de Hidrologia do DNOCS, 1964;
- mosaico não controlado. Quadrículas 1.349 — 1.350. Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul. Escala aproximada 1/100.000, 1958;
- fotografias aéreas verticais, escala 1/25.000 anteriores a 1958, Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul.

II.1.2 — *Climatologia*

Não existe, no âmbito das bacias em estudo, nenhuma estação climatológica. As mais próximas são, respectivamente:

Q U A D R O 1

Pôsto	Lat. S	Long. W	Altitude	P Média	
Cabrobó (Pe)	8°31'	39°20'	325.00	440	1928
Garanhuns (Pe)	8°53'	36°31'	848.00	900	1913
Pesqueira (Pe)	8°24'	36°46'	677.00	730	1912
Água Branca (Al)	9°15'	37°56'	560.00	1230	1928

Estas estações são mantidas pelo Serviço Nacional de Meteorologia. As normais climatológicas até 1942 foram publicadas pela SUDENE. Os dados diários, mensais e anuais podem ser encontrados no S.N.M., no Rio de Janeiro.

Quanto às estações unicamente pluviométricas e evaporimétricas, estão elas descritas no item II.1.3, relativos à Hidrologia.

Enfim, existem, a título de documentação geral, os mapas climatológicos do S.N.M.

II.1.3 — *Hidrologia*

Os elementos hidrológicos de valia para o presente estudo se

referem principalmente à precipitação, evaporação e deflúvio superficial. Apresentamos a seguir a lista completa dos mesmos.

II.1.3.1 — *Pluviometria*

Os dados pluviométricos foram compilados dos arquivos do DNOCS e do Grupo Executivo Misto de Hidrologia DNOCS-SUDENE em Recife. A rede pluviométrica aumentou sensivelmente a partir de 1962. Como se pode examinar pela figura 1 a rede atual, incluindo aqueles postos que não estejam distanciados de mais de 5 km da linha, de cumeada, possui uma densidade de 1 pluv./254 km², enquanto a rede que funcionou de 1934 a 1962 possuía uma distribuição de 1 pluv/690 km². Cerca de meia dúzia desses aparelhos foram instalados nos primeiros anos da década de 1910 e funcionam até o momento.

II.1.3.2 — *Medições de descarga*

São as seguintes:

— 9 medições de descargas efetuadas a molinete pelo GEMH no período de 23-2-1964 a 26-5-1966 em Poço Dantas (Lat. 8°55' — Long. 37°49') na ponte da Rodovia BR.11 que passa por Inajá, com uma área de drenagem de aproximadamente 8.480 km², a jusante portanto de Poço da Cruz. Os resultados e condições destas medições são encontrados no GEMH em Recife.

II.1.3.3 — *Evaporação*

Existe apenas uma estação evaporimétrica na bacia do rio Moxotó, a de Poço da Cruz, instalada em 7-4-1965. A seguir apresentamos as 5 estações mais próximas instaladas pelo GEMH (Tanque classe A do US Weather Bureau).

Estação	Data da Instalação
1 — Monteiro (Pb)	1-1-1964
2 — Triunfo (Pe)	1-1-1964
3 — Garanhuns (Pe)	7-7-1964
4 — Cabrobó (Pe)	7-7-1964
5 — Serra Talhada (Pe)	27-2-1965

II.1.3.4 — *Dados limnimétricos e outros que poderiam servir de base ao cálculo dos deflúvios*

— dados limnimétricos, diários, obtidos de maneira sistemática e que podem ser úteis ao presente estudo do açude Poço da Cruz a partir de 4-3-1960.

— Vale do Moxotó — Relatório Preliminar, preparado pela Diretoria de Planejamento, Estudos e Projetos (Divisão de Planejamento — Recife — 1964).

— Geografia do Brasil — Grande Região Meio — Norte e Nordeste IBGE-CNG-1962.

- Enciclopédia dos Municípios IBGE — CNG.
- “Solo e Água no Polígono das Sêcas”, de J. Guimarães Duque. Serviço Agro-Industrial do DNOCS, 1953.
- Significado Geomorfológico da Rêde Hidrográfica do Nordeste Oriental Brasileiro — Aziz Ab'Saber 1956-1957.
- Geologia das Quadrículas de Arcoverde e Patos. Departamento Nacional de Produção Mineral — MME — 1966.

II.2 — ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS RELATIVOS A TOPOGRAFIA, HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA

II.2.1 — *Topografia*

Os dados existentes deixam ainda muito a desejar. Os levantamentos realizados pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército em convênio com o DNOCS serão muito úteis para a programação do projeto de irrigação da bacia a jusante do Açude.

Na parte alta da bacia os elementos de que se dispõe não permitem um estudo aprofundado da topografia da região.

II.2.2 — *Climatologia*

Como pode ser verificado no quadro I a posição dos quatro postos climatológicos em relação à bacia estudada, fazem com que os mesmos possam eventualmente servir de base para correlação ou transposição de dados meteorológicos.

II.2.3 — *Hidrologia*

II.2.3.1 — *Pluviometria*

Dos postos pesquisados na região, cerca de 70% foram instalados entre 1960 e 1963. É evidente que os resultados obtidos neste período não podem trazer, por enquanto, uma contribuição valiosa para o estudo da bacia. Estes postos todavia poderão ser utilizados para o ajustamento das isoietas que serão traçadas a partir dos postos que apresentam uma consistência em que se possa ter confiança. A localização dos postos pode ser visualizada na figura 1.

II.2.3.2 — *Medições de descargas e dados limnimétricos*

As medições de descarga efetivadas através do túnel, antes da instalação das comportas, realizadas com auxílio de boias, fornecem resultados apenas aproximados, em virtude da pouca precisão do método. Porém não deixam de ser úteis uma vez que não se dispõe de outros de maior precisão. Em 1956 foram obtidos por esse método 14 milhões de m³ e em 1957, 310 milhões de m³, para o deflúvio anual.

As medições realizadas a molinete pelo GEMH no ano hidroló-

gico 64/65, em número de 9, são na realidade 5, pois nos dias 27/4, 5/5, 13/5 e 26/5, todos do ano de 1965, realizaram-se duas medições no mesmo dia, sendo uma para confirmação. São pois êstes dados nitidamente insuficientes para o conhecimento direto do regime de deflúvios do rio Moxotó.

Os dados limnimétricos obtidos de uma maneira sistemática a partir de 4 de março de 1960 a julho de 1965, apesar de não dignos de tóda confiança, por dependerem de observadores de capacidade limitada, nem sempre devidamente fiscalizados, serão aquêles em que primordialmente se basearão os nossos estudos.

II.3 — ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E GEOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO MOXOTÓ

A simples análise dos dados topográficos reflete a sua insuficiência para um estudo aprofundado da região. Para tal muito teria contribuído o estudo estereoscópico das fotografias aéreas, possibilitando maior precisão quanto às características de rede de drenagem, formas fisiográficas e limites das sub-bacias; porém, os limites *N* e *S* da bacia ficaram em parte prejudicados por não terem sido cobertos ou estarem distorcidos no mosaico, o que prejudicou a maior aproximação do cálculo da área da mesma.

Tratando de explorar os elementos disponíveis, foram traçados perfis geomorfológicos, classificadas as sub-bacias, delimitadas as unidades fisiográficas e levantadas a planimetria da bacia do rio Moxotó. (Ver figuras 2 e 3).

Pretendeu-se com isto fornecer uma idéia das características da bacia, no que se prende aos fatores topográficos que influenciam o regime.

O estudo quantitativo das sub-bacias poderá localizar, sem rigor de precisão, áreas de maior erosão, transporte, áreas de menor e maior infiltração e áreas de sedimentação.

II.3.1 — *Morfologia*

A geologia da área, de um modo geral, está constituída pelo embasamento cristalino encimado pelo pacote de sedimentos considerados da idade cretácea e conhecidos como Série Jatobá. Esta superfície parece ter sido ondulada por movimentos de grande raio de curvatura e afetada por falhas.

As fases semi-áridas intermontanas destruíram parcialmente o relêvo apalachiano dos bordos da Borborema que foram os divisores da bacia do rio Moxotó, e do interior da depressão periférica já aliviada da cobertura sedimentar. A rede de drenagem antiga foi praticamente apagada pela pediplanação no interior da depressão. (Vide mapa geomorfológico. Figura 4).

Levando em consideração os fatores naturais pode-se dividir a região em três unidades distintas: chapada, pediplano e Serra (cabeciras).

II.3.1.1 — *Região Montanhosa*

Esta área está compreendida entre altitudes variáveis de 650-900 m. Os mais antigos níveis de desnudação ocupam regiões mais elevadas, concordando com as diferenças de ritmos de ascensão epirogenética-isostática desde o mesozóico médio.

As massas de constituição granítica que compõem uma série de serras, descrevem um extenso arco a partir da região onde se localiza a cidade de Arcoverde (SW), a seguir refletem para NW, na direção de Sertânia em cujo trecho passam a formar parte das serras Pau d'Arco e Capitão Mor, para finalmente, em direção das localidades de Sítio do Nunes constituírem parte das serras Xique-Xique, Boqueirão e dos Arrombadores.

Além destas, outras áreas mais ou menos da mesma categoria geológica acham-se mapeadas na parte central do mapa, especialmente ao N das localidades Moderna e Umburana.

Morfologicamente caracteriza-se por apresentar um relêvo ondulado e montanhoso de morros com tôpo quase plano ou agudo, de vertentes conexas formando vales pouco profundos em forma de V fechado. É uma área de maior densidade de drenagem com cursos retos, curtos e controlados. Isto porque se desenvolvem nos planos de fratura, falha ou xistosidade. Geralmente são cursos efêmeros.

Nesta região são, portanto, a tectônica e a litologia que influem nas formas, na superfície das bacias e na densidade de drenagem, assim como no controle e angulosidade dos cursos.

As rochas dominantes nesta região são: granitos e migmatitos, diaclasados segundo a direção N 80° E. Os solos residuais, geralmente são rasos, pelas condições de maior declividade das vertentes dos morros e a vegetação rala. É a região sujeita a maior erosão.

II.3.1.2 — *Pediplanos*

Região inter-montana, situada entre os contrafortes da Serra e da chapada numa altura de 500 a 600 metros, correspondendo a possivelmente três níveis de pediplanação.

Caracteriza-se, por outro lado, por apresentar aparentemente um relêvo plano ou suavemente ondulado (vide perfis) e ocasionalmente interrompido por elevações de morros isolados "inselbergs", que corresponde a outro nível de erosão típica das formas de relêvo de ambiente semi-árido. Este relêvo é ainda interrompido por depressões de

diversos tamanhos que formam lagoas intermitentes, denominadas na região de cacimbas ligadas entre si ou a cursos maiores por rios efêmeros e intermitentes. Esta região apresenta maior densidade de drenagem em relação à anterior, com cursos longos e angulosos, principalmente no pediplano mais antigo de 600 metros. Os vales são pouco profundos, vales chatos em forma de V aberto. Geralmente os cursos dos rios são intermitentes e formam planícies aluviais de pouca extensão.

O controle dos cursos dos rios, com direção predominante NE-SW, estão geralmente relacionados à direção de falha e diaclases.

As rochas que predominam na região são os migmatitos, grani-
tos e quartzitos, cobertos de um manto detrítico correlativo da pedimentação de variada profundidade e geralmente de textura grosseira.

Devido ao relevo aparentemente plano, a espessura e granulometria grosseira dos depósitos de pedimentos, observa-se maior infiltração não permitindo grande desenvolvimento da drenagem superficial. Os lençóis subterrâneos muitas vezes pouco profundos são atingidos pela evaporação. Entretanto os pedimentos inferiores, entre 500 e 550 metros, apresentam-se com uma maior densidade de drenagem, possivelmente em consequência da litologia mais superficial ou seja, menor espessura da cobertura detrítica superficial.

Os principais afluentes do Moxotó que se desenvolvem nesta região são o rio Piutã (correndo nos pediplanos de 600 metros sobretudo), o riacho Feliciano, rio da Barra, riacho Jacu das Várzeas e de Custódia nos pediplanos de 500 metros aproximadamente. Quanto ao rio Curupi acha-se nesta última situação. Deve-se acrescentar ainda, os afluentes da margem direita do riacho do Mel (600 metros).

Os pediplanos foram elaborados durante a segunda metade da era Cenozoica, adquirindo suas feições semi-áridas intermontanas a partir do Plioceno, como tudo leva a crer, e se desenvolveram mais rapidamente no Pleistoceno. A este tempo se formam os depósitos de cacimbas em pequenos pontos de concentração interior de drenagem, a partir do cruzamento de diaclases e fraturas.

Após um período pluvial de organização total de drenagem, houve uma volta à semi-aridez que se fez acompanhar de uma ligeira reorganização da drenagem anterior e por uma modesta fase de rejuvenescimento dos extensos pediplanos. Esta nova fase de degradação semi-árida preside ao regime intermitente atual dos rios. A superfície compreendida na cota de 500 metros, é a resultante deste ambiente. A drenagem é extensivamente exorreica, sendo as cacimbas os únicos casos de endorreísmo local no Nordeste.

Os rios intermitentes são dotados de fraquíssimo poder energético. Isto porque as cabeceiras, em geral, são medíocres (altura média

de 750 metros). Por outro lado os vales em vastos trechos de suas porções superiores e médias são desprotegidos de precipitações anuais suficientes para os alimentar permanentemente (únicas exceções a região de Custódia e as Serras do SE, não contando contudo de mais extensos períodos de chuva). Por outro lado o riacho da Custódia tem suas cabeceiras em vertentes abruptas.

II.3.1.3 — *Chapada*

Localizam-se na periferia da bacia, formando os divisores NW e Sul. Encontra-se ora em cotas de 500-550 metros ao Sul e NW, ora em cotas superiores a 900 metros (Serra dos Três Irmãos e Andorinha).

O relêvo da região é plano, formando verdadeiras mesas, escarpadas nos bordos. Observa-se ausência de drenagem superficial onde os estratos são planos e com certo desenvolvimento de drenagem superficial onde há um ligeiro mergulho para W.

Estas chapadas, ou mesas, se desenvolvem sôbre granitos de período Cretáceo da Série Jatobá. O arenito parece mergulhar para W, o que vem favorecer a alimentação do Moxotó e do riacho do Mel através dos afluentes da margem direita e do próprio leito que se acha encaixado no contacto.

De modo geral são os solos de boa permeabilidade e capacidade de retenção de água subterrânea. Fato êste comprovado por perfurações feitas nesses sedimentos. A cidade de Arcoverde é abastecida de água desta procedência fornecida por poços perfurados no arenito cretáceo do Brejo de São José. Furos feitos no vale do rio Moxotó suprem de água os habitantes e animais dessa região, onde recentemente um poço aberto pela Petrobrás, perto de Ibimirim, atravessou espessas camadas saturadas de água de boa qualidade.

Estruturalmente merece especial menção a direção aproximada de N80°E, verificada nas extensas falhas que delimitam parcialmente o bordo superior da bacia sedimentar de Jatobá com os pediplanos interiores. Estas linhas de falhas ao que parece, devem estender-se, em solução de continuidade, até além da cidade de Arcoverde. As interrupções assinaladas decorrem provavelmente de obstruções provenientes de material coluvial das imediações. Aproveitando esta linha de fraqueza acha-se encaixado o riacho do Mel. Estas fraturas estão em posição concordante com as verificadas no interior da bacia.

Conclui-se que as três bacias dominantes desenvolvem-se em unidades morfológicas distintas: riacho do Mel influenciado pelas chapadas sedimentares; o rio Piutã, nos pediplanos mais altos, e finalmente o rio Feliciano, rio da Barra, riacho Jacu, nos inferiores, sendo que o riacho da Várzea, que estaria topograficamente no último caso, tem suas cabeceiras não no cristalino, como os anteriores, mas em sedimentos Cretáceos.

II.3.2 — *Influência da topografia quanto ao regime hidrológico*

Analisando alguns aspectos físicos da bacia do rio Moxotó, e levando-se em consideração a capacidade de retenção ou armazenamento de água dos terrenos, como também de erosão, transporte e deposição, passa-se a qualificá-los de forma mais objetiva localizando aqueles fenômenos através do estudo das características físicas da bacia hidrográfica.

As características de um sistema de drenagem revelam as condições de solo, sub-solo e tectônica sobre os quais o sistema se desenvolve. Daí fazemos o estudo das sub-bacias considerando sua localização, forma, área, como também extensão dos cursos maiores, densidade de drenagem, proporção de bifurcação dos tributários e largura das bacias. Dados que fornecem o aspecto qualitativo, ou seja, grau de erodibilidade e sedimentação de determinadas áreas, dentro da bacia do rio Moxotó.

Para determinar o grau de erodibilidade procurou-se delimitar as sub-bacias, classificando-as de acordo com a maior ou menor convergência dos tributários, frequência e área. Parte-se de cursos efêmeros que formam bacias de primeira ordem, chega-se na junção de duas bacias formando uma sub-bacia de segunda ordem, e assim por diante; duas bacias de segunda formando uma de terceira, etc.

Dada a dificuldade de delimitar as sub-bacias no mosaico, seus limites foram até onde permitiu uma lente de aumento.

As sub-bacias de primeira e segunda ordem são de erosão, logo após constituírem uma sub-bacia de terceira ordem, haverá predominância de transporte no curso do rio, e, finalmente, na proximidade do curso da sub-bacia de quarta ordem iniciar-se-á a deposição. (Ver figura 5).

Para facilitar o estudo das sub-bacias enumeraram-se os cursos de segunda e terceira ordens. Os rios de quarta ordem, como o Moxotó e riacho do Mel, foram respectivamente designados por A e B. Os tributários de segunda e terceira receberam além da letra que define a bacia em que estão compreendidos, a numeração correspondente.

Organizamos, então, uma tabela, na qual registramos as características de superfície, forma e largura das sub-bacias de segunda ordem, acrescidas do comprovante dos cursos das sub-bacias de terceira ordem.

Passa-se a seguir, à análise da frequência e forma destes valores das sub-bacias de segunda ordem por serem as mais representativas quanto às condições atuais de erosão; das de terceira quanto ao transporte, e quarta e quinta de deposição.

Pode-se concluir nas sub-bacias de segunda ordem:

- 1 — As menores de 40 km² não têm significado para a erosão (B3-1, riacho Mel).
- 2 — As de 40-80 km² compreendem áreas de maior erosão e transporte, bacias de maior densidade de drenagem superficial e pouca infiltração. Suas formas e superfícies são consequência da rocha matriz sobre as quais se desenvolvem. Moxotó: A1-2, A1-3, A3-1, A4-2, A4-4, A5-1, A6-5. Riacho do mel: B2-2 e B3-2.
- 3 — As de 80-100 km² têm a forma e superfície condicionadas à tectônica. São bacias que se desenvolvem ao longo de falhas e apresentam maior grau de infiltração em relação ao escoamento superficial e pouco grau de erodibilidade. A4-1, A6-2, A6-4 e B2-1.
- 4 — As de 100-200 km² apresentam a forma e superfície relacionadas à tectônica e litologia. O escoamento superficial e a infiltração estão na mesma proporção (A2-1, A3-2, A4-3, A5-2, A6-3, A6-6 e B1-1).
- 5 — As maiores de 200 km² ou maiores de 100 km² no caso especial das sub-bacias do riacho do Mel (B). Suas formas e superfícies estão relacionadas às rochas sedimentares ou solos residuais profundos. Têm alto grau de infiltração e apresentam maior drenagem interna. Os rios perdem seu poder de transporte diminuindo praticamente sua capacidade de erosão vertical. Enquanto isto o lençol de escoamento contribui para ampliar consideravelmente seus vales no sentido transversal. São elas as bacias A2-3 e B1-1.

A superfície, forma e frequência das sub-bacias de segunda ordem têm relação com o grau de erodibilidade. Tendo-se assim na bacia do Moxotó, que é constituída pelo rio Moxotó propriamente dito (A) e riacho do Mel (B):

- (A) Moxotó: 5 sub-bacias de terceira ordem com 15 sub-bacias de segunda ordem, sendo 7 de maior grau de erosão.
- (B) Riacho do Mel: 3 sub-bacias de terceira ordem com 6 sub-bacias de segunda ordem, sendo 3 sub-bacias de segunda ordem de maior grau de erosão.

Nesta análise comparativa das sub-bacias A e B com relação ao grau de erodibilidade, nas bacias de quarta ordem A, não se levou em consideração a bacia do riacho Piutã, isto porque esta se bifurca do curso principal (Moxotó) poucos quilômetros antes que o riacho do Mel.

Quanto à disposição inicia-se a partir do leito da bacia de quarta ordem. Comparando estes leitos verificamos que o percurso que desenvolve o riacho do Mel em área de recepção de quarta ordem é superior (58 km) ao do rio Moxotó (33 km). Isto indica uma deposição no vale do Moxotó e maior vasão no riacho do Mel. (Vide perfis longitudinais).

II.3.3 — Conclusão

Verifica-se que as áreas problema encontram-se provavelmente entre as sub-bacias menores (segunda ordem) de 40-80 km² e acima de 200 km².

Seriam recomendadas medidas para controle de erosão nestas sub-bacias de 40-80, localizando-se os trabalhos na junção de duas sub-bacias de segunda ordem, como indica o mapa. Estão situadas:

- Riacho da Custódia — A1-2, A1-3
- Riacho da Barra — A4-2, A4-4
- Riacho Feliciano — A5-1
- Riacho Piutã — A6-5

O controle para vasão, se for necessário, deverá se dar nas sub-bacias > de 200 km² ou 100 (sub-bacia do riacho do Mel).

II.4 — ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES SOBRE A BACIA DO RIO MOXOTÓ

Para sua utilização foram os dados pluviométricos submetidos a uma análise para se verificar a qualidade das observações. Para este fim foram inicialmente calculadas as falhas de observação e marcados em gráficos os totais anuais de postos vizinhos mantendo-se a mesma escala de tempos e alturas. Finalmente foi efetivada análise duplo-acumulativa.

Conforme se pode verificar os dados analisados abrangem um período de 31 anos, ou seja de 1934/35 a 1964/65. Para um melhor traçado da rede de isoietas e pela importância dos postos de Flôres e Poço da Cruz devido à sua localização, o primeiro para amarração das isoietas na parte alta da bacia e o segundo por estar no próprio local da barragem, foi necessário processar a extensão dos valores anuais desses postos. O primeiro teve seu início de observação em 1949 e o segundo iniciou-se efetivamente em janeiro de 1960. Para a extensão dessas séries foi aplicado o método de correlação.

A figura 6 apresenta a marcação de cada posto analisado em função das precipitações acumuladas médias do grupo de 11 postos testados, da bacia que interesse ao estudo. O quadro 6 indica as precipitações ajustadas para os mesmos postos e fornece para cada posto

o coeficiente angular de contrôle. O traçado das retas ajustadas encontra-se na figura 7.

Os postos de Buique, Umbuzeiro e Arcoverde, em virtude de se encontrarem os dois primeiros na vertente oriental da bacia e o último próximo ao divisor, sujeitos a um regime de chuvas diferentes da região centro e sul da bacia, conduzem a uma inclinação diferente dos demais postos e são apresentados na figura 8.

II.4.1 — *Distribuição e variabilidade das chuvas*

Para a determinação da chuva média da bacia foram traçadas isoietas, como melhor método de cálculo.

A figura 1 apresenta o mapa de chuvas da região, sendo os valores das isoietas as estimativas de chuva média mensal anual no período de 31 anos.

Observa-se que as primeiras precipitações médias anuais ocorrem no extremo sudeste e nas vertentes orientais, e novamente caindo abruptamente com a altitude para a região central, sul e ocidental.

O valor médio encontrado na bacia é de 602 mm.

II.4.2 — *Distribuição anual das chuvas*

Ainda na figura 1 apresentamos a distribuição percentual média das chuvas em 5 postos representativos da bacia. Verifica-se então que os padrões médios de distribuição são muito semelhantes na região, havendo dois períodos bastante nítidos, o chuvoso e o seco, sendo que de 70 a 85% das precipitações ocorrem de dezembro a maio.

Na figura 9 apresentamos a tendência das precipitações anuais em Jeritacó. A ilustração nos mostra a extrema variabilidade anual das precipitações. Em particular, nos indica a diferença pluviométrica na década dos 50, o que parece ter sido comum em toda a região semi-árida do Nordeste.

III — ESTUDO DIRETO DOS VOLUMES DE ÁGUA TRAZIDOS PELO RIO MOXOTÓ

A barragem principal de Poço da Cruz, de enrocamento de terra, já concluída há alguns anos, possui uma altura máxima de 40 metros e um comprimento de 440 metros. Existe ainda uma barragem secundária, com cerca de 2 km de comprimento mas cuja altura não ultrapassa a 13 metros. O sangradouro até o momento não possui obra de nenhuma espécie, apenas permitindo uma configuração topográfica que a água extravasou numa largura de 600 metros. Existe uma tomada d'água com torre de comando de comportas que se pro-

longa por um túnel escavado na rocha, que atravessa a ombreira direita da barragem até o local da futura casa de força, onde serão instalados dois grupos de pequena potência (272CV), um deles já adquirido pelo DNOCS e armazenado na obra com toda a aparelhagem de comando.

Infiltrações ocorridas no início de enchimento da barragem foram tratadas pela Ródio S.A. por meio de injeções. Acresce porém que as duas comportas das tomadas d'água estão bloqueadas, não sendo possível abri-las. Existe ainda uma infiltração de 5 a 10 l/seg. que reflui pela saída do túnel e que parece provir ou de fuga através das comportas ou de infiltração pelo contacto concreto-rocha a montante.

Como essas perdas seriam percentualmente ínfimas e inferiores à margem de imprecisão dos cálculos de deflúvio, não foram consideradas.

Em virtude das falhas de observação do nível d'água ocorrerem após junho de 1964, os dados realmente disponíveis no açude Poço da Cruz correspondem ao período abril de 1960-maio de 1964, ou seja 4 anos.

III.1 — PROCESSAMENTO DOS DADOS

A partir dos dados de variação do nível d'água no açude Poço da Cruz, foram efetuados os cálculos indicados a seguir e apresentados no Quadro 7.

Coluna 1 — indicação da cota do nível d'água no reservatório, no início de cada mês, conforme tabela fornecida pelo DNOCS;

Coluna 2 — diferença da cota do nível acima mencionada para o mês correspondente; o sinal (+) indica um enchimento do açude e o sinal (—) um esvaziamento;

Coluna 3 — Média aritmética dos valores sucessivos da coluna 1 representando a cota média do nível de água no açude no mês considerado;

Coluna 4 — área da bacia hidráulica do açude correspondente à cota média constante da coluna 3. Estes valores foram deduzidos a partir da curva cota-área do reservatório, fornecida pelo DNOCS;

Coluna 5 — Variação do volume no reservatório no mês considerado obtida pela multiplicação dos valores constantes das colunas 2 e 4;

Coluna 6 — Refere-se esta coluna aos volumes mensais aduzidos pela precipitação direta caída sobre a bacia de acumulação do açude. Cada valor mensal é obtido multiplicando-se a precipitação do mês correspondente pelos valores da área da bacia hidráulica, constantes da coluna 4. Os valores mensais da chuva utilizados foram as médias aritméticas de Poço da Cruz e Jeritacó, já homogeneizados.

Coluna 7 — da mesma forma que para a coluna 6, foram calculados e indicados nessa coluna os volumes mensais perdidos por evaporação em bacia hidráulica do açude.

— Os dados de evaporação existentes na bacia do rio Moxotó se referem aos meses de junho, julho, agosto e setembro de 1965, a partir de uma estação evaporimétrica instalada pelo GEMH possuindo um tanque evaporimétrico classe A e um evaporímetro Piche.

Ano 1965	Piche	Tanque	0.7 Tanque	Relação $\frac{\text{Tanque}}{\text{Piche}}$
J	84	137	96	1,2
J	124	161	113	1,13
A	161	231	162	1,35
S	189	251	176	1,10

O coeficiente a ser introduzido nos valores obtidos pelo Tanque variam de 0,65 a 0,80, em geral, sendo o valor 0.7 um valor médio, que necessitaria um número muito maior de meses de observação para uma confirmação;

— para o período 1960-1964, em que não houve sangramento, verificamos qual o valor da evaporação, a partir da variação do nível (esvaziamento) no reservatório, acrescida dos valores de precipitação direta no açude. *Nota:* os valores com asterístico se referem a um esvaziamento parcial durante o mês (Em metros).

	1960	1961	1962	1963
J		* 0.09	0.22	0.20
F		0.15	0.18	0.13
M		* 0.06	0.22	0.16
A		—	0.19	0.12
M	0.10	0.16	0.15	0.12
J	0.13	0.15	0.24	0.11
J	0.16	0.14	* 0.07	0.16
A	0.17	0.17	0.15	0.13
S	0.18	0.18	0.18	0.12
O	0.21	0.20	0.24	0.19
N	0.19	0.21	0.18	0.23
D	0.26	0.21	0.20	* 0.10
TOTAL		1,720 m	2,220 m	1,770 m

— O Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura indica para a região do açude Poço da Cruz uma média anual de evaporação de 1.820 mm, com valores extremos de 80 mm para o mês de julho e 200 mm para os meses de novembro e dezembro. Somos de opinião porém, pelas estimativas feitas a partir da variação do nível de água no açude, que esses valores estão aquém da realidade, devendo se aproximar de 2000 mm por ano, uma vez que os erros que se cometem nesse último caso são sempre por deficiência. Assim consideramos para um valor médio de evaporação anual 1950 mm e para a variação mensal, as variações percentuais obtidas a partir das indicações apresentadas pelo Serviço de Meteorologia, médias para a região. Assim tivemos para os valores mensais estimados de evaporação:

J — 210	J — 120
F — 190	A — 130
M — 170	S — 150
A — 130	O — 210
M — 100	N — 230
J — 80	D — 230

Cada valor mensal foi obtido pelo produto da evaporação estimada do respectivo mês pelos valores correspondentes da coluna 4;

Coluna 8 — constam dessa coluna os valores dos deflúvios afluentes ao açude, obtidos pela soma algébrica das colunas 5, 6 e 7 do Quadro 7 a partir da equação de continuidade de um reservatório.

$$V_a + P = E + V_e \pm \Delta V \quad \text{ou} \quad V_a = \pm \Delta V + E + V_e - P$$

onde V_a e V_e são respectivamente os volumes ou deflúvios afluente e efluente;

E — a evaporação (ou perda d'água) na bacia hidráulica;

P — a precipitação caída na bacia hidráulica;

ΔV — a variação do volume no reservatório no período de tempo considerado.

No caso particular de Poço da Cruz, $V_e = 0$.

III.2 — EXTENSÃO DOS DADOS DE DEFLÚVIO POR CORRELAÇÃO CHUVA-DEFLÚVIO

Existindo dados de precipitação desde 1935, poderíamos, por meio de uma correlação chuva-deflúvio, estender os dados de deflúvio a um período de 30 anos, ou seja, de 1935 a 1964.

Através do método dos números quadrados foi efetuada essa correlação. O coeficiente de correlação foi de 85%, com erro padrão de 4,3mm. Os dados de deflúvios correlacionados, em milímetros, são apresentados no Quadro 8.

III.3 — COMPARAÇÃO CHUVA-DEFLÚVIO

A pluviosidade média anual na bacia do rio Moxotó a montante do açude Poço da Cruz é de 602mm. A descarga média anual do rio Moxotó em Poço da Cruz seria de 27,6mm/ano. Portanto o coeficiente de deflúvio (médio) será de:

$$\frac{27,6\text{mm}}{602\text{mm}} = 4,6\%$$

e o deficit de escoamento

$$602 - 27,6 \cong 574\text{mm}$$

Apenas a título indicativo apresentamos o cálculo do deflúvio a partir de dados pluviométricos e de temperatura. Para obtenção da média termométrica anual foram utilizados os dados de temperatura dos postos climatológicos existentes na região da bacia do rio Moxotó. O valor obtido foi de 22,7°.

O método de Langhein é baseado numa relação entre P/E e R/E, no qual P é a precipitação média anual, R é o deflúvio médio anual na mesma unidade de P e E é um fator de temperatura. Se P e R são

expressos em centímetros, $E = 10 (0,027T + 0,886)$, no qual T é a temperatura média anual em graus centígrados.

A relação entre T e E é a apresentada na figura 10.

Sendo P = 60,2 cm e T = 22,7°C

$$E = 32,2$$

$$P/E = 1,87 \quad R/E = 0,07$$

$$\text{Deflúvio: } R/E \times E = 0,07 \times 32,2 = 2,25 \sim 23\text{mm}$$

O segundo método, o de Turc, fornece o deficit de escoamento a partir da fórmula $D = \frac{Ph}{\sqrt{0,9L^2 + P^2}}$ onde $L = 300 + 25t + 0,05t^3$

onde D = deficit de escoamento
P = precipitação média anual

$$D = 582 \text{ mm} = P - Q$$

$$Q = 602 - 582 = 20 \text{ mm}$$

Ambos os métodos fornecem valores dentro da ordem de grandeza dos valores calculados a partir dos dados limnimétricos e podem ser utilizados para uma estimativa inicial para a região, quando se possuem apenas dados pluviométricos e de temperatura.

III.4 — ESTUDO DOS VOLUMES DE ÁGUA ARMAZENADA EM POÇO DA CRUZ

Para verificar a potencialidade hídrica da bacia e das descargas a serem utilizadas para a irrigação, efetuamos um estudo necessário a definir os volumes d'água armazenados no açude Poço da Cruz.

III.4.1 — *Tendências dos deflúvios mensais*

Com o objetivo de localizar os períodos críticos dentro do período observado e correlacionado, traçamos a curva dos deflúvios diferenciais acumulados do rio Moxotó em Poço da Cruz. A partir do período de escassez que se estende de 1960 a 1963 foi efetuado o estudo de volumes a acumular. A curva traçada é apresentada na figura 11. O estudo de frequência dos volumes de acumulação encontra-se no Quadro 9 e figura 12.

III.4.2 — *Volumes de acumulação necessários calculados em função da garantia de utilização desejada*

A média dos deflúvios mensais do rio Moxotó, considerados na altura da barragem de Poço da Cruz e relativos ao período 1935/1964, eleva-se a 2,3mm ou seja, 4,3m³/s, ou ainda 11,09 × 10⁶m³/mês.

A análise da figura 12 indica-nos que o açude Poço da Cruz foi superdimensionado. Assim para uma descarga regularizada de 1,5mm/mês, ou seja de 7 × 10⁶m³/mês, necessitaríamos de um volume de acumulação de 367 × 10⁶m³ enquanto que para uma descarga regularizada de 2,1mm/mês, ou seja de 10 × 10⁶m³/mês, cerca de 91% da descarga média calculada, necessitaríamos de 407 × 10⁶m³ de capacidade de acumulação útil.

Verifica-se ainda que uma retirada mensal de $9 \times 10^6 \text{m}^3$, ou seja 83% da descarga média é efetiva, para uma capacidade de acumulação de $400 \times 10^6 \text{m}^3$ em 98% dos anos, o que corresponderia a uma insuficiência de uma vez cada 50 anos, em longo período.

IV — OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

IV.1 — EXPLORAÇÃO PREVISTA PARA A USINA HIDRELÉTRICA, SEM CONDICIONAMENTOS DA IRRIGAÇÃO

Tendo em vista as características das duas turbinas a instalar, podemos prever que um grupo opere ininterruptamente e o outro cubra os pontos de iluminação. O número exato de horas que o segundo grupo poderá garantir dependerá de um estudo apropriado da frequência de quedas úteis, ou seja, dos níveis existentes em cada época do ano no reservatório.

Podemos, outrossim, desde já afirmar que um aumento de potência da usina, ou seja o aumento da descarga regularizada, só poderá ser conseguido à custa de medidas tendentes a diminuir a taxa da evaporação no reservatório.

IV.2 — IRRIGAÇÃO

Poderíamos estabelecer como norma de exploração, uma vez que pela análise das variações mensais das precipitações e deflúvios verifica-se que se deve irrigar cerca de 2/3 do ano, que no período em que não se irriga deverá a usina funcionar apenas para fins de iluminação, ou seja de 18 a 24 horas, o que equivale a cerca de 25% da descarga média, dado a que o engulimento das turbinas para a queda de maior duração é da mesma ordem de grandeza dessa descarga média.

Por outro lado, não se poderá utilizar em um determinado mês, sem perda de utilização da usina de maior que o dôbro da descarga regularizada, ou seja um valor superior a $20 \times 10^6 \text{m}^3/\text{mês}$. Supondo uma taxa de irrigação da ordem de $1.000 \text{m}^3/\text{ha}/\text{mês}$ não poderíamos ir além de um perímetro irrigável de 20.000 hectares. Seria possível, eventualmente, irrigar uma maior área criando-se a jusante uma bacia de compensação intermensal, o que entretanto, por agora, não ousamos afirmar que seja economicamente viável. Deverá entretanto ser prevista uma bacia de compensação a jusante, cuja viabilidade já verificamos "in loco", visando pelo menos uma regulação semanal, do contrário se perderia considerável volume de água para uma operação racional da usina hidrelétrica.

V — CONCLUSÕES

- 1 — O fato do reservatório ter sido superdimensionado permite a derivação de uma descarga bem próxima à descarga média. Acarreta porém uma perda evaporativa superior à que ocorreria caso o espelho d'água tivesse menor área, o que justifica um estudo visando a diminuição de evaporação no reservatório.
- 2 — Evidentemente, a exploração da usina, sem levar em conta a irrigação, se apresenta com bom aproveitamento do equipamento encomendado. Já na exploração vinculada à irrigação, somente uma bacia de compensação⁽¹⁾ com suficiente capacidade permitiria um bom rendimento de exploração da usina.
- 3 — Para a fixação dos consumos mínimos de água a ser utilizada para irrigação, seria necessário um estudo agrônomo que permitisse o dimensionamento das parcelas com mínimo de perdas; que fixasse o tipo de irrigação em função das culturas previstas e dos tipos de solo; e a redução das perdas por evapotranspiração. Um estudo desse tipo talvez pudesse reduzir a taxa de 1.000m³/mês/ha, estimada pelo DNOCS, acarretando um aumento do perímetro de irrigação.
- 4 — Conforme consta do relato da inspeção ao local, já apresentado ao Departamento, torna-se mister um certo escalonamento dos trabalhos, para pôr sucessivamente em operação os circuitos hidráulicos, a casa de força, os depósitos de distribuição para a irrigação e o vertedouro da barragem.
- 5 — Recomenda-se a instalação de um linígrafo no açude para um registro contínuo das variações do nível d'água e uma operação cuidadosa da estação evaporimétrica instalada naquele local.
- 6 — No que se refere a culturas de vazante somente se poderá fixar idéias após a decisão dos órgãos competentes do DNOCS relativamente à área a irrigar a jusante para uma operação conveniente das comportas, o tipo de assistência técnica disponível na agricultura e a complementação da barragem.
- 7 — Deveriam ser feitos estudos em área representativa da zona a ser irrigada para determinação, em área experimental, das relações solo-água, tipos de cultura, etc., ao mesmo tempo em que se poderia treinar técnicos de vários níveis em prática de irrigação.

(1) A jusante

QUADRO 2

BACIA — A — MOXOTÓ

Sub-bacias 2. ^a ordem	Superfície	Forma das sub-bacias			
		A	B	C	D
A0	242				
A1-1	301,5		B		
A1-2	65	A			
A1-3	42,6		B		
A1-0	30			C	
A2-1	101,5		B		
A2-2	24,9		B		
A2-3	225,9			C	
A2-0	67,2	A			
A3-1	62,8		B		
A3-2	145			C	
A3-0	92,9			C	
A4-1	99,6		B		
A4-2	58,1			C	
A4-3	123,5			C	
A4-4	70,1		B		
A4-0	161		B		
A5-1	75,6		B		
A5-2	160		B		
A5-0	55,7				
A6-1	43,5		B		
A6-2	87				D
A6-3	85,0	A			
A6-4	68,9		B		
A6-6	57,9		B		
A6-7	103,2		B		
A6-5	98		B		
A6-0					

Q U A D R O 3

BACIA — B — RIACHO DO MEL

Sub-bacias 2. ^a ordem	Superfície	Forma das sub-bacias			
		A	B	C	D
B0	389,9				
B0-1	90,3		B		
B0-2	27,1			C	
B0-3	10,1		B		
B0-4	77		B		
B1-1	148,80		B		
B1-2	50,4		B		
B1-0	8,5				
B2-1	91,3	A			
B2-2	69,2		B		
B2-0	45,7				
B3-1	27,8		B		
B3-2	61,5	A			
B3-0	5,6				

Q U A D R O 4

BACIA — A —					BACIA — B —				
Sub-bacias 3. ^a ordem	Km ² Larg	Extensão	Superfície	Forma	Sub-bacias 3. ^a ordem	Largura	Extensão total	Superfície	Forma
A1	15	19	439,1		B1	17 km	5 km	209,2	B
A2	24	35	419,5		B2	56 km	10 km	202,0	B
A3	20	19	330,7		B2	17 km	5 km	97,2	A
A4	23	17	512,3						
A5—	12	37	291,3		Sub-bacias 4. ^a ordem	Largura	Extensão total	Superfície	Forma
A6	15	30	777,3		B	30 km	58 km	1.106	B
Sub-bacias 4. ^a ordem	Largura	Extensão total aparente	Superfície	Forma	Sub-bacias 5. ^a ordem	Largura	Extensão total	Superfície	Forma
A	74 km	33 km	3.158	C	Moxotó	90 km	51 km	4.264	C

SUB-BACIAS DE 2.ª ORDEM — ÍNDICES DE FREQUÊNCIA, ÁREA E FORMA

A	Superfície 40-80 km ²	Forma da sub-bacia			B	Superfície 40-80 km ²	Forma da sub-bacia							
		A	B	C			D	A	B	C	D			
A1-2	65	A												
A1-3	42,6		B		B2-2	69,2				B				
A3-1	62,8		B		B3-2	61,5				B				
A4-2	58,1			C		Superfície maior 100								
A4-4	70,1		B			148,80				B				
A5-1	75,6		B		B1-1									
A6-5	57,9		B											
	Superiores 100 km ²									Divisores situados fora do mosaico				
A2-1	101,5		B		B1-2	Superfície 80-100				B				
A3-2	145			C	B2-1	91,3								
A4-3	123			C		Superfície maior 40								
A5-2	160		B		B3-1	29,8				B				
A6-3	153,9	A				Área de pequena erosão e deposição do rio								
A6-6	103,2		B											
					B0-1	90,30								
					B0-2	27,1								
					B0-3	10,1								
					B0-4	77								
A4-1	99,6		B		B1-0	8,5								
A6-2	87				B2-0	45								
A6-4	98		B		B3-0	5,6								
	Sup. 200				B0	389,9								
A2-3	225,9			C										
	Área de pequena erosão e deposição do rio													
A1-0	30													
A2-0	67													
A3-0	92													
A4-0	161													
A5-0	55													
A6-0	233													

Q U A D R O 6
 PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ANUAIS HOMOGENEIZADAS
 BACIA DO RIO MOXOTÓ — ESTADO DE PERNAMBUCO

Anos Hidrológicos Nov. a Out.	Meriti tqx = 0,695	Aiti tqx = 0,965	Algodões tqx = 1,052	Jeritaco tqx = 1,066	Sertania tqx = 1,074	Pogo da Cruz tqx = 1,105	Betania tqx = 1,111	Alagoa do Monteiro tqx = 1,117	Afogados da Ingazeira tqx = 1,150	Piores tqx = 1,230	Custódia tqx = 1,575
1934 — 35	587,7	701,1	718,8	799,5	741,0	866,5Δ	795,4	1.029,8	888,8	935,5	1.197,2
35 — 36	256,4	353,7	332,6	310,6	370,2	346,6Δ	391,5	400,6	371,0	419,0	553,4
36 — 37	392,2	552,9	723,6	710,9	549,4	651,0Δ	612,4	584,0	708,7	750,5	927,1
37 — 38	117,3	301,3	435,2	354,9	370,8	416,8Δ	327,8	252,6	264,2	279,7	400,5
38 — 39	161,5	294,1	316,6	245,7	472,9	190,7Δ	309,2	510,2	366,5	386,5	485,5
39 — 40	494,2	778,4	726,1	944,2	829,7	893,0Δ	922,7	610,6	1.117,4	1.029,2	1.283,4
1940 — 41	437,9	468,9	511,4	467,4	446,8	583,5Δ	413,2	481,6	299,5	468,7	678,8
41 — 42	235,6	243,1	280,4	263,1	298,5	229,2Δ	316,5	280,3	339,5	397,2	469,5
42 — 43	268,3	429,7	456,0	352,4	300,3	411,6Δ	426,6	511,0	438,5	522,1	564,9
43 — 44	302,7	345,1	374,9	561,5	594,8	526,2Δ	552,9	633,0	544,8	567,5	688,8
44 — 45	495,4	601,0	551,1	471,9	693,0	486,2Δ	535,9	755,4	659,2	732,1	982,1
45 — 46	162,1	364,9	426,3	519,6	338,2	494,4Δ	615,5	381,6	452,3	463,1	582,1
46 — 47	434,4	614,3	918,8	795,6	796,5	810,0Δ	755,2	626,9	746,9	814,9	1.127,1
47 — 48	482,6	600,3	488,0	565,8	601,3	609,6Δ	515,5	812,8	420,0	674,2	981,3
48 — 49	219,7	417,3	365,7	356,2	425,7	366,0Δ	450,1	209,6	378,4	426,0	615,7
49 — 50	352,7	514,2	623,3	616,3	526,3	744,0Δ	764,3	625,6	725,6	698,4	771,3
1950 — 51	202,8	255,9	371,1	351,1	363,7	354,0Δ	332,3	410,3	363,6	518,1	596,7
51 — 52	279,3	385,5	286,6	361,3	558,7	378,0Δ	227,7	331,2	496,6	473,1	406,6

Q U A D R O 6 (Continuação)

Anos Hidrológicos Nov. a Out.	Moxotó tgx = 0,695	Airi tgx = 0,965	Algodões tgx = 1,052	Jeritaco tgx = 1,066	Sertânia tgx = 1,074	Pogo da Cruz tgx = 1,105	Betânia tgx = 1,111	Alagoa do Monteiro tgx = 1,117	Afogados da Ingazeira tgx = 1,150	Flores tgx = 1,230	Custódia tgx = 1,575
52 — 53	254,1	340,5	345,1	273,1	233,6	192,0△	446,1	333,0	254,5	252,7	443,3
53 — 54	289,5	480,4	517,7	671,0	451,9	792,0△	616,8	580,4	604,5	618,9	843,3
54 — 55	260,0	372,8	572,0	473,3	363,0	576,0△	652,7	494,5	461,9	418,7	711,0
55 — 56	146,0	387,5	309,2	303,0	504,5	246,0△	154,8	504,1	473,7	558,2	686,6
56 — 57	584,2	489,1	478,3	626,8	552,1	660,0△	669,0	581,0	728,4	882,7	932,9
57 — 58	273,3	273,4	508,1	293,4	208,0	225,0△	257,9	293,2	249,2	364,7	312,1
58 — 59	213,9	414,0	366,3	500,5	563,9□	547,0△	430,7	497,8	524,4	313,3	703,1
59 — 60	415,3	588,3	632,7	670,7	725,4	684,2	755,6	658,2	707,3	822,2	908,5
1960 — 61	268,0	412,3	436,1	380,7	453,8	346,9	349,1	536,4	362,4	476,9	543,9
61 — 62	241,9	434,1	279,6	398,8	219,3	487,7	517,0	231,6	366,3	408,6□	416,8
62 — 63	357,6	231,3	473,0	335,8	627,2	348,5	359,4□	385,8	450,9	775,1	703,9
63 — 64	544,5	896,8	858,6	881,9	862,1	1.042,9	1.198,7	1.101,4	1.119,7	1.002,6	1.514,7
64 — 65	512,9□	669,6	822,5	860,0	776,7	781,8	616,7	806,8	848,1	660,0	1.157,0

QUADRO 7

ANO	Cota inicial (m)	Dif. Cota (m)	Cota Média (m)	Área (10 ⁶ m ²)	Volume (10 ⁶ m ³)	Chuva (10 ⁶ m ³)	Evapo- ração (10 ⁶ m ³)	Deflúvio (10 ⁶ m ³)	
MÊS									
1960	J	+ 17,30	421,88	13,98	+ 241,85	6,10	2,38	238,13	
	F	+ 1,90	431,48	41,24	+ 78,36	5,91	5,36	77,81	
	M	- 0,06	432,40	44,83	- 2,69	1,78	4,48	0,01	
	A	- 0,13	432,37	44,47	- 5,78	0,09	3,56	-	
	M	- 0,16	432,24	43,86	- 7,02	0,41	5,26	-	
	J	- 0,17	432,08	43,23	- 7,35	0,18	5,62	-	
	J	- 0,18	431,91	42,54	- 7,66	0,01	6,38	-	
	A	- 0,21	431,73	41,81	- 8,78	0,01	8,78	-	
	S	- 0,19	431,52	41,06	- 7,80	0,16	9,44	1,48	
	O	- 0,25	431,33	40,25	- 10,06	0,22	9,26	-	
	N	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	J	- 0,05	431,06	39,70	- 1,99	4,88	8,34	1,47	
	F	- 0,15	430,96	39,33	- 5,90	0,10	7,47	1,47	
	M	+ 0,13	430,95	39,31	+ 5,11	4,78	6,68	7,01	
	A	+ 0,21	431,12	39,91	+ 8,38	2,28	5,19	11,29	
	M	- 0,13	431,16	40,06	- 5,21	0,68	4,01	-	
	J	- 0,12	431,03	39,59	- 4,75	1,06	3,17	-	
	J	- 0,12	430,91	39,15	- 4,70	0,83	4,70	-	
	A	- 0,17	430,77	38,65	- 6,57	0,11	5,02	-	
	S	- 0,18	430,59	38,02	- 6,84	0,01	5,70	-	
	O	- 0,20	430,40	37,40	- 7,48	0,01	7,85	0,36	
	N	- 0,20	430,30	36,72	- 7,34	0,01	8,45	1,10	
	D	- 0,21	430,10	36,04	- 7,57	0,05	8,29	0,67	
1962	J	- 0,18	429,80	35,34	- 6,36	1,55	7,42	-	
	F	- 0,14	429,64	34,79	- 4,87	1,34	6,61	0,40	
	M	- 0,12	429,51	34,35	- 4,12	3,38	5,84	-	

Q U A D R O 7 (Continuação)

ANO	Cota inicial (m)	Dif. Cota (m)	Cota Média (m)	Área (10 ⁶ m ²)	Volume (10 ⁶ m ³)	Chuva (10 ⁶ m ³)	Evapora- ção (10 ⁶ m ³)	Defluvio (10 ⁶ m ³)	
MÊS									
1962	A	429,45	0,14	429,38	33,92	4,75	4,41	—	
	M	429,31	0,12	429,25	33,48	4,02	3,35	—	
	J	429,19	0,08	429,15	33,15	2,65	2,65	—	
	J	429,11	0,05	429,09	32,96	1,65	3,96	0,54	
	A	429,06	0,15	428,99	32,64	4,90	4,24	—	
	S	428,91	0,18	428,82	32,04	5,77	4,81	—	
	O	428,53	0,24	428,61	31,44	7,55	6,60	—	
	N	428,49	0,18	428,40	30,76	5,54	7,07	0,85	
	D	428,31	0,15	428,24	30,37	4,54	6,96	0,88	
	1963	J	428,16	0,15	428,09	39,82	4,47	6,26	0,20
		F	428,01	0,09	427,97	29,46	2,65	5,60	1,52
		M	427,92	0,09	427,88	29,20	2,63	4,96	0,42
A		427,83	0,09	427,79	28,93	2,60	3,76	0,19	
M		427,74	0,09	427,70	28,66	2,58	2,87	—	
J		427,65	0,09	427,61	28,41	2,56	2,27	—	
J		427,56	0,12	427,50	28,10	3,37	0,99	—	
A		427,44	0,12	427,38	27,75	3,33	3,37	—	
S		427,32	0,12	427,26	27,41	3,29	4,11	0,01	
O		427,20	0,19	427,11	27,00	5,13	—	0,82	
N		427,01	0,12	426,95	26,55	3,19	5,67	0,54	
D		426,89	4,01	428,90	32,33	129,64	8,55	7,44	1,89
1964	J	430,90	0,86	431,33	47,68	34,98	8,54	38,02	
	F	431,76	1,71	432,62	45,73	78,20	10,02	74,57	
	M	433,47	0,18	433,56	49,82	8,97	8,47	12,47	
	A	433,65	0,10	433,70	50,44	5,04	4,38	9,23	
	J	433,75	0,16	433,83	50,99	8,16	5,10	8,45	

Q U A D R O 8

DEFLÚVIOS NO AÇUDE POÇO DA CRUZ, OBTIDOS POR CORRELAÇÃO COM AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EM JERITACÓ. — DADOS EM MILÍMETROS. ÁREA DA BACIA 4.824 km²

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1935	7,0	19,0	9,6	9,6	8,8	1,9	—	—	—	—	—	—
1936	2,5	4,2	1,9	0,1	—	1,0	—	—	—	3,6	—	—
1937	—	5,8	16,5	23,7	5,5	—	2,3	—	—	—	—	—
1938	0,6	0,9	6,3	10,1	4,0	—	—	—	—	5,7	—	—
1939	—	4,0	0,2	—	—	—	—	—	0,4	—	—	2,2
1940	18,4	15,7	18,0	17,4	0,8	—	—	—	—	—	3,0	2,5
1941	—	2,6	15,4	3,9	0,6	0,1	—	—	—	—	—	—
1942	2,6	1,4	0,9	3,3	—	—	—	0,9	—	—	—	0,5
1943	—	—	13,7	3,2	—	—	—	—	—	—	1,5	2,6
1944	6,5	—	1,9	10,2	1,0	—	—	—	—	—	1,3	—
1945	0,6	—	1,2	1,7	8,1	—	0,9	—	—	—	2,6	—
1946	—	3,0	2,0	8,7	3,3	1,0	—	—	—	—	1,6	—
1947	6,7	4,3	23,7	8,4	—	—	—	—	—	—	—	4,8
1948	—	—	11,8	2,5	—	2,2	—	—	26,6	—	—	—
1949	2,2	8,4	—	1,2	0,9	—	—	—	—	—	7,3	—
1950	—	—	15,0	13,3	1,0	—	—	—	—	—	—	—
1951	—	1,5	1,4	7,1	—	1,8	—	—	—	—	—	—
1952	—	0,4	10,6	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—
1953	—	—	—	8,2	—	—	—	—	—	—	—	—
1954	—	5,0	3,8	11,4	5,6	4,6	—	—	—	—	—	—
1955	8,9	7,2	4,0	—	1,3	—	—	—	—	—	6,3	—
1956	0,7	4,0	0,4	—	1,3	0,4	—	0,6	—	—	3,4	—
1957	7,7	1,5	21,2	7,6	—	—	—	—	—	—	—	—
1958	—	1,1	10,3	0,5	0,4	—	—	—	—	—	—	—
1959	—	8,0	2,8	—	4,0	11,9	—	—	—	—	—	2,5
1960	—	1,5	49,4	16,1	—	—	—	—	—	—	—	—
1961	0,3	—	1,5	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—
1962	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1963	—	0,3	0,1	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—
1964	7,9	15,5	2,6	1,9	1,8	—	3,3	6,0	0,2	0,1	0,4	26,6
Média	2,4	4,0	8,2	5,8	1,6	0,8	0,2	0,3	0,9	0,3	1,2	1,9

Nos meses de dezembro a maio ocorrem 86,6% dos deflúvios da bacia e de novembro a maio 90,9%.

Média mensal no período 1935/1964 — 2,3 mm ou 4,28 a 4,3 m³/s.

Qm³/s = 1.861 Dmm
Dmm — 0.537 Qm³/s

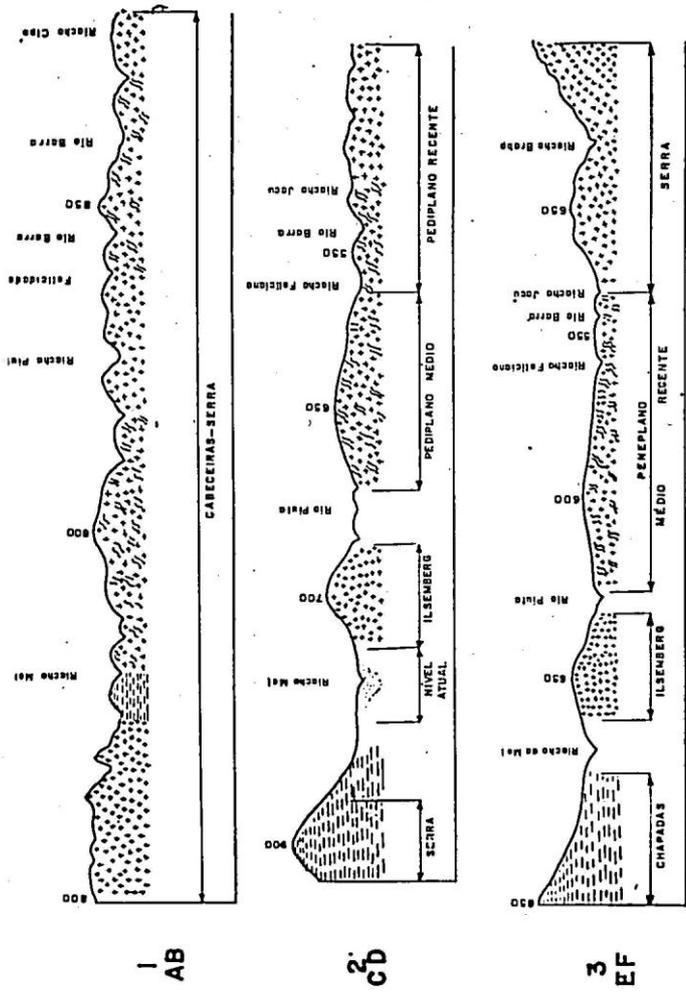
Deflúvio anual médio:
27,6 mm ~ 28 mm.

Coefficiente de deflúvio
 $\frac{Q}{P} = 4,6 \%$

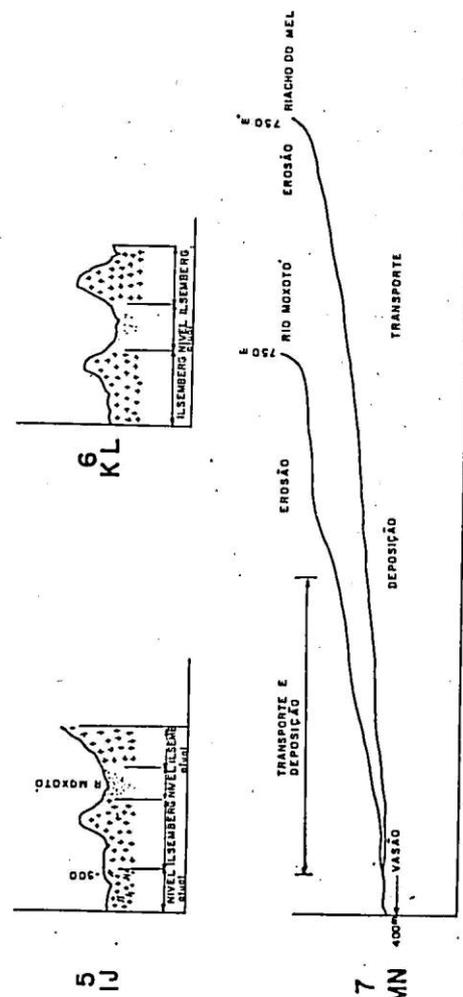
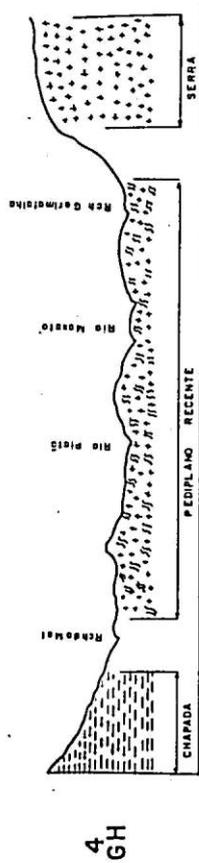
Deficit de escoamento
P — Q = 574 mm.

QUADRO 9
 CALCULO DE FREQUÊNCIAS DE VOLUMES ACUMULADOS
 EM POÇO DA CRUZ NO RIO MOXOTÓ

N.º de Ordem	n $\frac{m-1}{2}$	Probabilidade $(1 - \frac{1}{T})$	Volumes a acumular em 10 ⁶ m ³ para			
			qr = 2,1mm	qr = 1,9mm	qr = 1,7mm	qr = 1,5mm
1	40	98,33	407,6	366,6	328,0	284,6
2	20	95,00	250,8	212,6	139,9	108,5
3	12	91,67	236,4	195,4	130,2	96,5
4	8,58	88,33	221,9	183,0	130,2	86,8
5	6,67	85,00	219,5	176,1	129,8	86,8
6	5,46	81,67	209,8	154,4	123,0	86,4
7	4,62	78,33	209,8	147,1	108,5	77,2
8	4,00	75,00	205,0	130,2	106,1	73,3
9	3,53	71,67	190,5	125,4	106,0	72,4
10	3,16	68,33	171,2	123,0	101,3	77,5
11	2,86	65,00	150,0	123,0	84,4	65,1
12	2,61	61,67	149,8	106,1	84,2	57,9
13	2,40	58,33	120,6	106,0	69,9	50,7
14	2,22	55,00	106,1	96,5	62,7	45,8
15	2,07	51,67	72,4	65,1	63,1	45,6



PERFIS TRANSVERSAIS DA BACIA DO RIO MOXOTO - DE JUSANTE PARA MONTANTE.



- PREDOMINANCIA GRANITO
- PREDOMINANCIA MIGMATITO
- SEDIMENTO SERIE JATOBA
- ALUVIAO
- PLANO DE FRATURA

PERFIS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAL
DOS RIOS MOXOTO E Rch.do Mel.

ESC. 1:250

FIG.3

Carne de Silva Netto

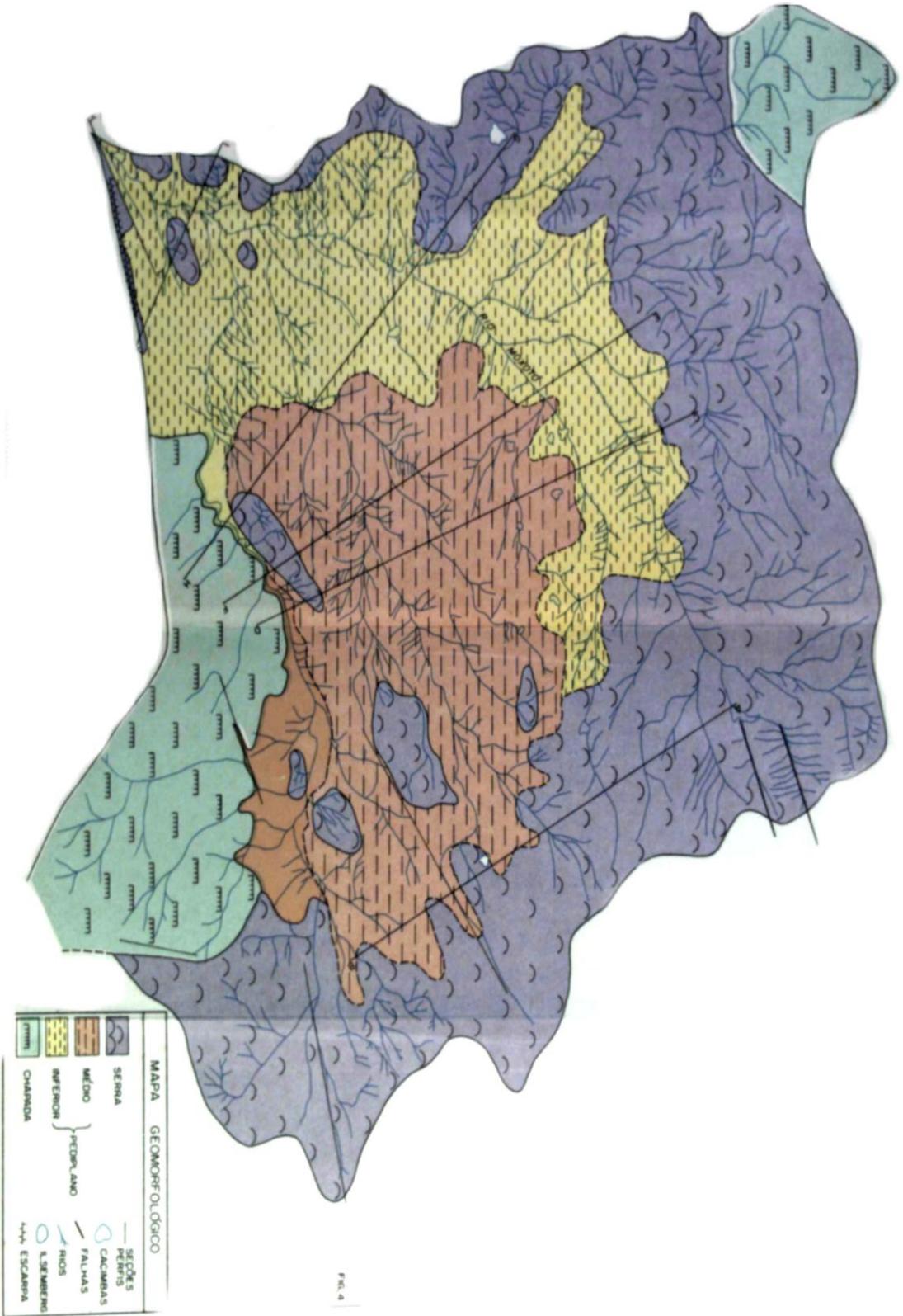


FIG. 4



FIG. 5

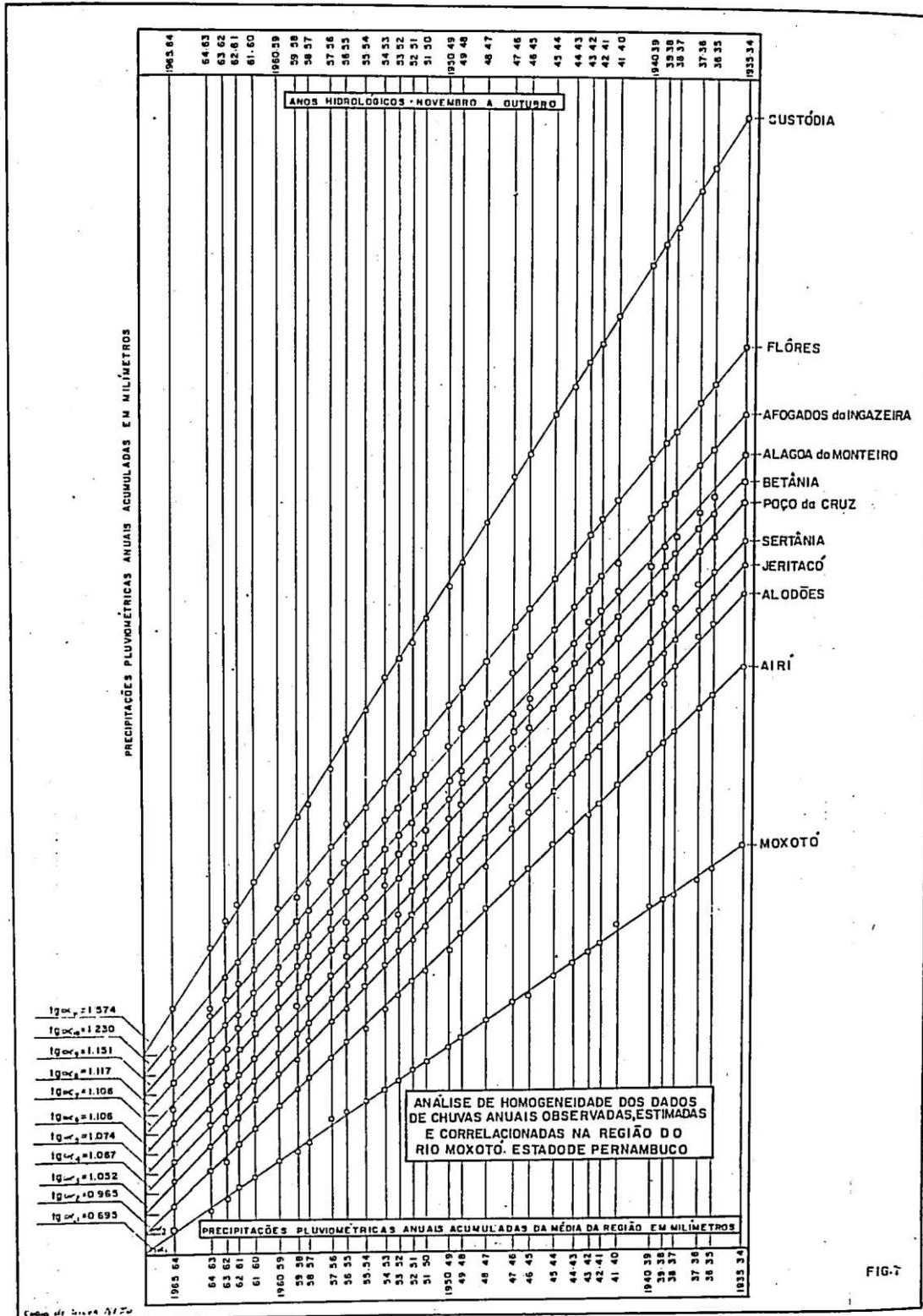


FIG. 7

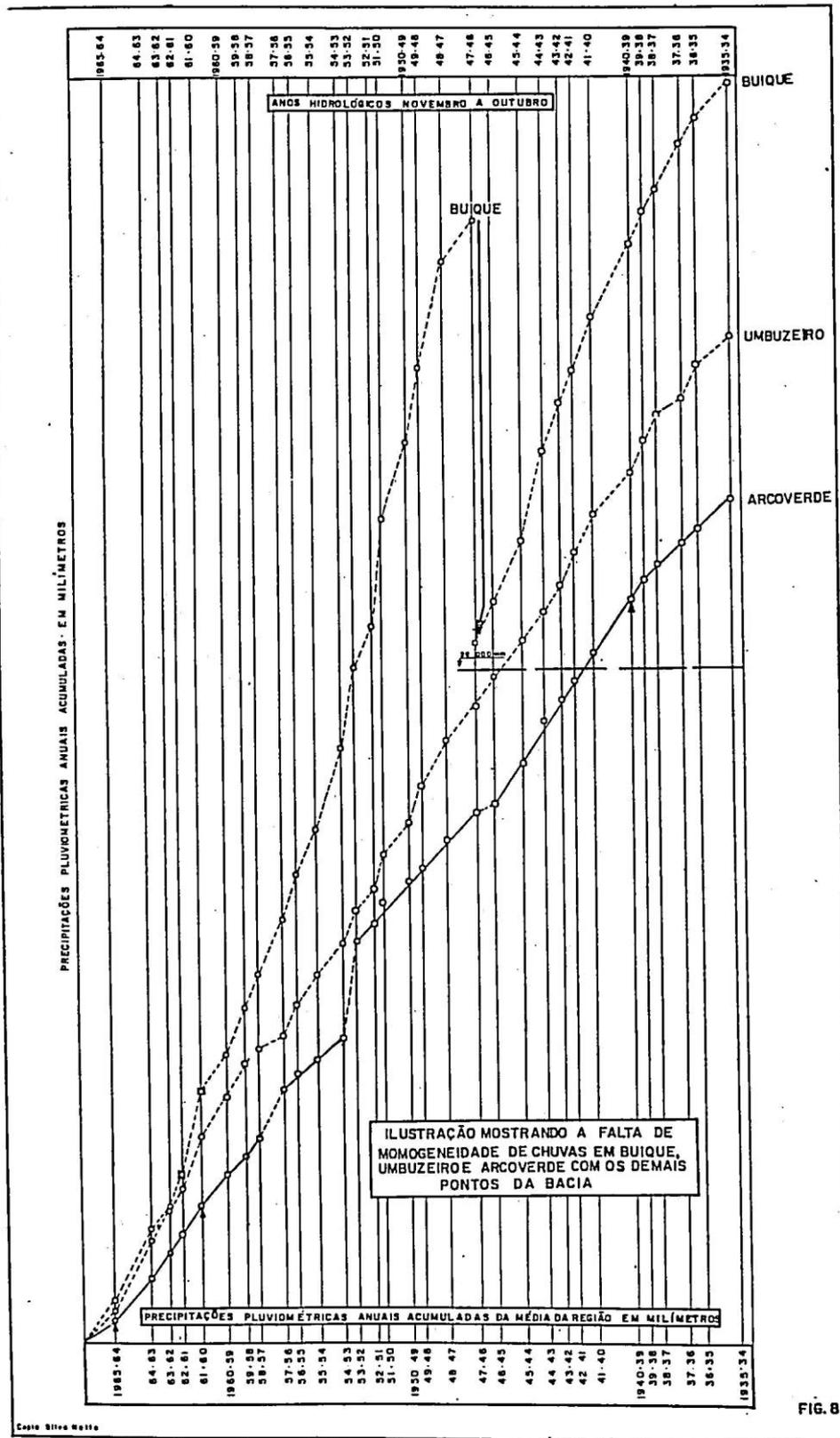


FIG. 8

TENDÊNCIA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS EM JERITACÓ
(ALTURAS DE CHUVAS ANUAIS)
MÉDIA PROGRESSIVA DE 5 ANOS

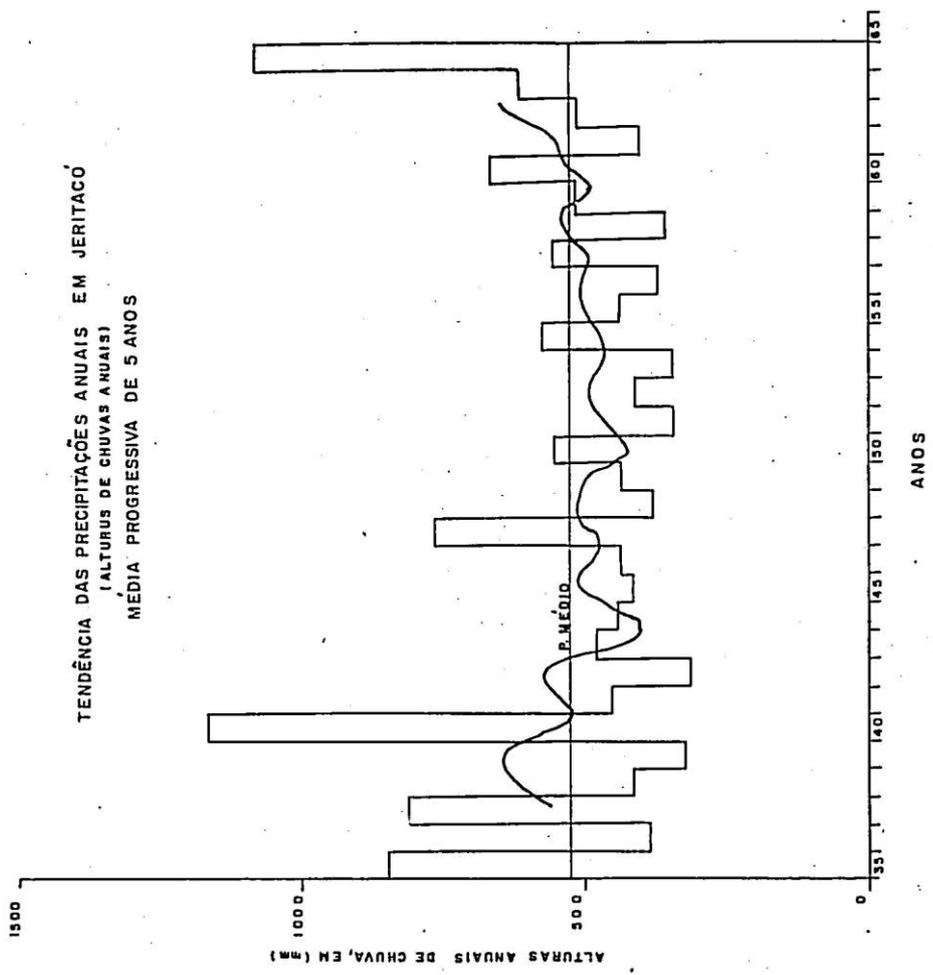
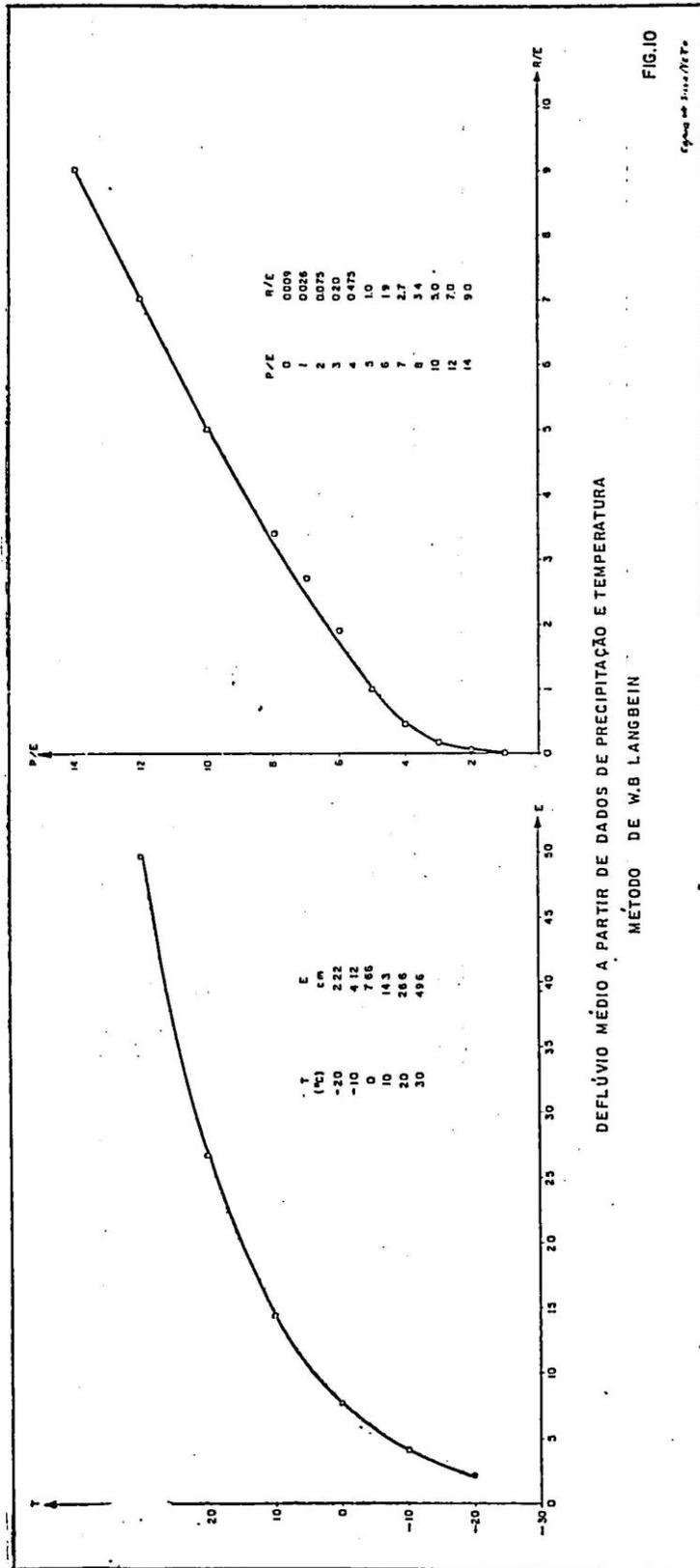


FIG. 9

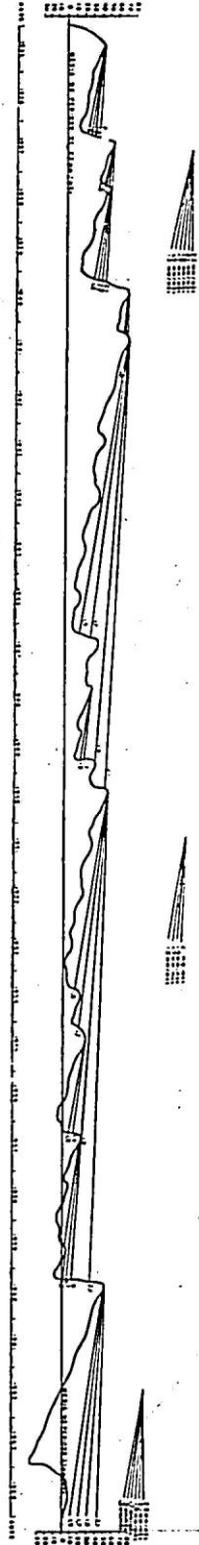
COPIA DE SILVA 71/16



DEFLÚVIO MÉDIO A PARTIR DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA
MÉTODOS DE W.B. LANGBEIN

FIG.10
Espinosa et al. 1977

ESTUROS DE REGULARIZAÇÃO DO RIO MOSQUITO
NO ATORE POÇO DA CRUZ



FREQÜÊNCIA DE VOLUMES ACUMULADOS EM POÇO DA CRUZ
 PARA DIVERSAS DESCARGAS REGULARIZADAS, INCLUINDO EVAPORAÇÃO

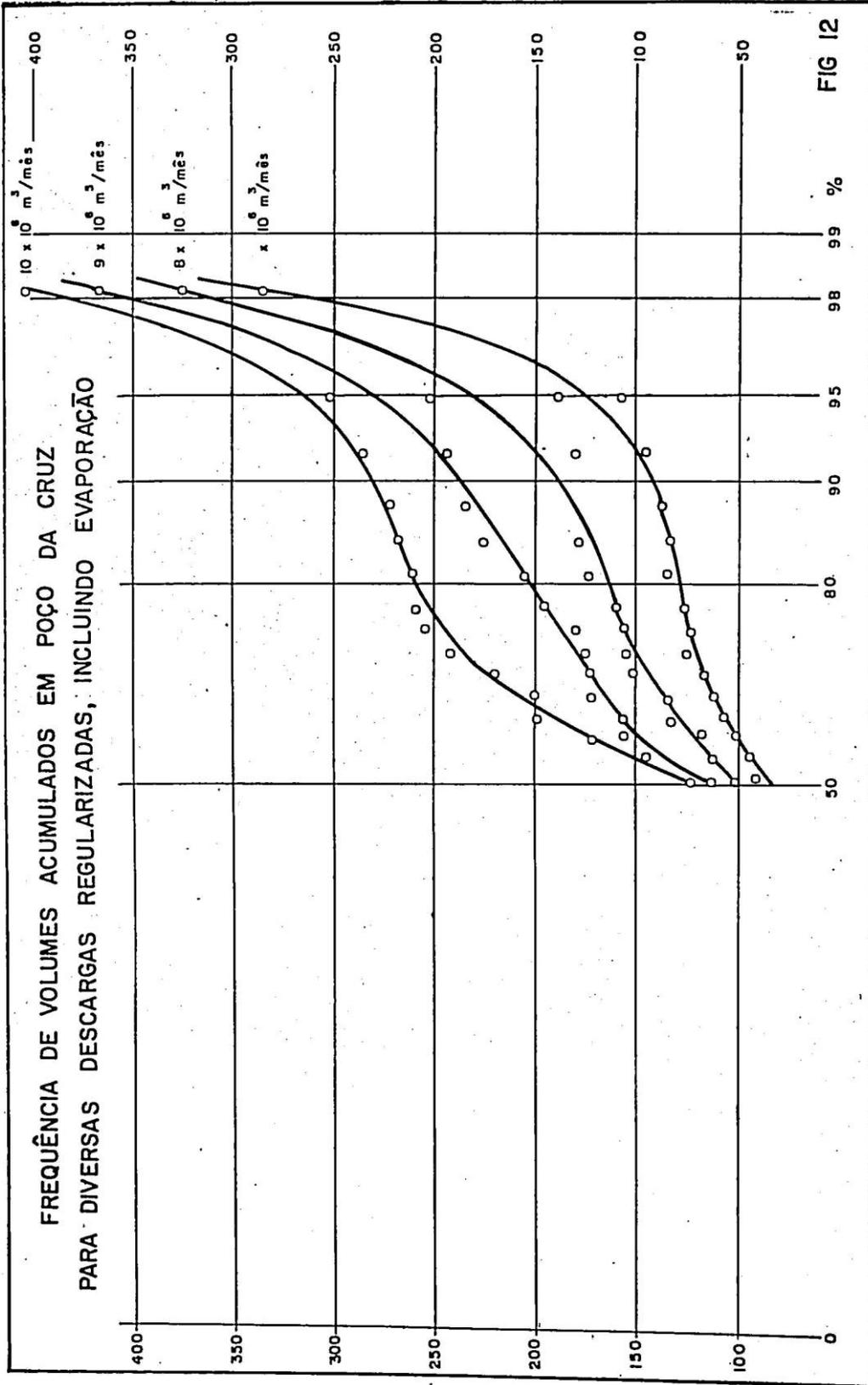


FIG 12

HIDROLOGIA DO RIO GORUTUBA

S U M Á R I O

1 — INTRODUÇÃO	467
2 — POTAMOGRAFIA	467
3 — ELEMENTOS DE ESTUDO	467
3.1 — Fluviometria	468
3.2 — Pluviometria	469
4 — HIDROLOGIA DO RIO GORUTUBA	470
4.1 — Vazão regularizada	471
4.2 — Vazão de projeto para o sangradouro	472
4.3 — Evapotranspiração na bacia hidrográfica	472
5 — AÇUDE DO BICO DA PEDRA	473
5.1 — Esquema operacional do reservatório	473
5.2 — Dimensionamento das tomadas de água	473
5.3 — Dimensionamento do sangradouro	474
6 — Conclusões	474

HIDROLOGIA DO RIO GORUTUBA (Mg) (*)

1. — INTRODUÇÃO

Apresentam-se neste relatório os resultados de estudos e cálculos relativos a certos aspectos da hidrologia do rio Gorutuba.

Os dados ora apresentados referem-se, principalmente, ao Boqueirão da Gameleira, local onde se tenciona construir o açude público do Bico da Pedra.

Os elementos que, em primeira aproximação, se procurou definir neste relatório são os seguintes: a vazão regularizada; a vazão de projeto do sangradouro; a evapotranspiração na bacia hidrográfica; o esquema operacional do reservatório; e finalmente, o dimensionamento das tomadas de água e do sangradouro.

2. — POTAMOGRAFIA

O rio Gorutuba é afluente da margem direita do rio Verde Grande que, por sua vez, é tributário da margem direita do rio São Francisco.

As nascentes do rio Gorutuba situam-se num dos contrafortes ocidentais da serra do Espinhaço em altitude aproximada de 1000m acima do nível do mar. O curso do rio, das nascentes até a foz, tem cerca de 200 km de extensão, e a área total da bacia hidrográfica é de 8000 km².

O boqueirão da Gameleira dista cerca de 60 km das cabeceiras do rio. Nesse local, a área da bacia hidrográfica é de 1.390 km² e a altitude do fundo da secção molhada é de 416m.

3. — ELEMENTOS DE ESTUDO

Foram executados dois pares de medições da descarga líquida do rio Gorutuba num posto situado nas proximidades da sua foz no

(*) Relatório (G-1) apresentado ao DNOCS em outubro de 1966, pela firma GEODETIC.

rio Verde Grande. Este pôsto foi operado durante três meses e, depois, abandonado.

Por outro lado, foram feitas observações da cota fluviométrica em Bico da Pedra, em dezembro de 1953, de janeiro a maio de 1954, e de janeiro de 1964 até a presente data. Neste pôsto, porém, não foram até agora executadas medições de descarga. Essas observações poderão ter alguma utilidade futura após definida a curva de descarga da secção. Entretanto pouco valem no momento para definir as características hidráulicas das obras de aproveitamento do açude.

Do exposto evidencia-se que as observações fluviométricas diretas do rio Gorutuba não são adequadas nem suficientes para a determinação das vazões no Boqueirão da Gameleira, nem tampouco das outras características hidrológicas do alto curso do rio. Por isso, apellou-se para os dados fluviométricos e pluviométricos de outras bacias da região.

3.1 — FLUVIOMETRIA

Foram colhidos e analisados os dados fluviométricos relativos aos 14 postos enumerados no quadro 1, e que se acham indicados no desenho G-3. Esses postos localizam-se nos rios Araçuaí, Jequitinhonha, Jequitai, Sono, Prêto, Paracatu, Urucuia e Verde Grande. De cada pôsto obtiveram-se as áreas das bacias hidrográficas e as coordenadas geográficas, e foram coletados e estudados os elementos que se referem às máximas cheias anuais, às vazões médias e às mínimas diárias.

Verificou-se de início que os dados fluviométricos registados, e colhidos para estudo, não são homogêneos no tempo. Com efeito, em dois dos postos o período de observação é de 32 anos e vai de 1931/32 a 1962/63; em um pôsto o período vai de 1937/38 a 1962/63; noutro de 1949/50 a 1961/62; em três postos o período é de 1952/53 a 1961/62; em cinco outros de 1952/53 a 1962/63; e, nos dois últimos, de 1955/56 a 1962/63, e de 1961/62 a 1962/63. Impunha-se, pois, em primeiro lugar, homogeneizar esses dados. Foi o que se fez, pela maneira indicada no quadro 3, e com os resultados que se resumem no quadro 2.

Uma vez tornados homogêneos no tempo os dados fluviométricos, foram eles submetidos a rigorosa análise estatística para determinar-se a correlação entre as vazões — de cheia, médias e mínimas — e as áreas das bacias hidrográficas, estimando-se os parâmetros das retas de regressão das vazões sobre as áreas pelo método clássico dos mínimos quadrados, procedendo-se à anamorfose logarítmica.

Logo verificou-se que existe certa diversidade hidrológica entre os afluentes e subafluentes da margem esquerda do rio São Francisco,

de um lado, e os rios Jequitai, Araçuaí, e Jequitinhonha, do outro. As principais causas dessa diversidade residem em fatores ligados à distribuição das chuvas. É o que se pode inferir da carta das isoietas normais do desenho G-3, e o que se mencionará adiante com mais pormenores.

Mercê dessa diversidade, hidrológica e estatisticamente significativa, foram os dados disponíveis subdivididos em dois grupos, e cada qual separadamente analisado. Os cálculos relativos à estima dos parâmetros da regressão das vazões médias diárias resumem-se no quadro 4; da regressão das cheias máximas anuais, no quadro 5; e da regressão das mínimas vazões diárias, no quadro 6. Os valores numéricos dos coeficientes de regressão deduzidos diretamente das cheias e das vazões mínimas não podiam, com uma única exceção, ser hidrológicamente justificados; foram, por isso, todos eles desprezados, e as equações das retas de regressão basearam-se nos coeficientes deduzidos das vazões médias, como mostra o quadro 7. Os limites de 95% de confiança das retas de regressão determinaram-se de acordo com os métodos usuais; os cálculos respectivos encerram-se nos quadros 8 e 9.

No desenho G-1 traçaram-se as retas de regressão sobre as áreas das bacias hidrográficas, e marcaram-se os pontos representativos dos valores ajustados das máximas cheias anuais, e das vazões médias e mínimas, dos postos localizados nos rios Araçuaí, Jequitinhonha e Jequitai. Neste desenho foram também traçados os limites de 95% de confiança, e registadas as equações de cada reta de regressão. Semelhantemente, no desenho G-2 marcaram-se os pontos, traçaram-se as retas de regressão com seus limites de confiança, e registaram-se as equações de regressão relativas aos postos situados nos rios Paracatu, Sono, Prêto e Urucuia.

Com base nos dois desenhos acima referidos podem estimar-se as cheias médias anuais, as vazões médias e mínimas diárias, em qualquer local onde se conheça a área da bacia hidrográfica, de qualquer rio que seja hidrológicamente semelhante aos rios que serviram para a estimativa dos respectivos parâmetros.

Antes de poder aplicar-se um ou outro desses desenhos, ou as fórmulas que lhes correspondem, na avaliação das características hidrológicas do alto Gorutuba, faz-se mister determinar a qual das duas famílias esse rio se filia. Para tanto, deve-se estudar a pluviometria da região. É o que se fez, como a seguir se descreve.

3.2 — PLUVIOMETRIA

Para o traçado das isoietas normais, da região delimitada pelos paralelos de 14° a 21° de latitude sul, e pelos meridianos de 41° a 48°

de longitude oeste, colheram-se os dados relativos aos 18 postos pluviométricos enumerados no quadro 14, além de outros indicados no desenho G-3.

Uma vez traçadas as isoietas normais, determinaram-se as alturas de chuva caídas em média, durante um ano hidrológico, sobre cada sub-bacia. Reduziram-se as vazões médias de cada sub-bacia de $m^3 \cdot s^{-1}$ a mm de altura. Subtraíram-se as vazões reduzidas das alturas médias de chuva e, deste modo, obtiveram-se estimativas da evapotranspiração total durante o ano hidrológico normal. Os resultados obtidos acham-se resumidos no quadro 15.

Da análise das isoietas normais, e da maneira como varia a evapotranspiração com a altura média de chuva, chegou-se à conclusão de que o rio Gortuba, no boqueirão da Gameleira, se filia, do ponto de vista hidrológico, aos rios Araçuaí, Jequitai e alto Jequitinhonha. A fim de avaliar-se as características hidrológicas naquele local somente resta determinar a área da bacia hidrográfica que lhe é tributária.

4. — HIDROLOGIA DO RIO GORTUBA

Do anexo 1 à Carta-Convite do DNOCS consta que a área da bacia hidrográfica do rio Gortuba, a montante do boqueirão da Gameleira, é de 1.682,24 km². Supõe-se que esse valor da área de drenagem foi obtido do mapa do Estado de Minas Gerais ao milionésimo. Ver-se-á que é, provavelmente, fictícia a precisão de 1:168.000 do valor acima referido.

O mapa do qual se obteve aquela área não é, por certo, mais exato do que a carta geográfica do Brasil, preparada no CNG e publicada pelo IBGE, na escala de 1:500.000. Com base nas folhas Brasília-SE e Belo Horizonte-NE desta carta preparou-se o desenho G-4 do qual se deduz que a citada área é de 1.390 km². Acontece, porém, que existem divergências gritantes entre essas duas folhas. Assim, por exemplo, Riacho dos Machados situa-se ao sul do paralelo 16° e dentro da bacia na folha Belo Horizonte-NE, ao passo que na folha Brasília-SE a mesma localidade está situada ao norte do paralelo 16° e fora da bacia. Outras discrepâncias existem entre essas duas folhas, particularmente no que diz respeito às curvas de nível e aos cursos de água.

Do exposto evidencia-se que dos mapas existentes não se pode determinar com precisão a área da bacia. Por não terem sido conseguidas as fotografias aéreas da USAF correspondentes a duas faixas da cobertura aerofotográfica da região, não foi ainda possível organizar um mosaico que permitisse fazer a exata determinação dessa área. Por isso, e com a autorização do DNOCS, representado pelo sr. engenheiro José Cândido Castro Pessôa, adotou-se, no prosseguimento deste trabalho, a área de 1.390 km².

4.1 — VAZÃO REGULARIZADA

Com $A = 1.390 \text{ km}^2$ calcula-se, pelas fórmulas dos quadros 4 e 8, e do desenho G-1, que a vazão média normal do rio Gorutuba, afluente ao açude do Bico da Pedra, é de $10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ou $315.000.000 \text{ m}^3$ por ano. Essa descarga tem limites de 95% de confiança de 15, 7 e $6,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, limites êsses que se afastam 57% do valor calculado. Tal afastamento dá a medida da incerteza da extrapolação e da vazão calculada (note-se que com $A = 1.680 \text{ km}^2$ os caudais calculados seriam cerca de 20% maiores).

A vazão média por si só pouco significa. Para ter-se idéia da variabilidade da descarga afluente em função do tempo, calcularam-se as ordenadas da curva de duração das vazões (quadros 10 e 11), que se traçou no desenho G-7. Êsse desenho mostra que as descargas afluentes são inferiores à vazão média durante 65,3% do tempo. Mostra, também, que a descarga mínima é de $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; que a vazão de $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ é igualada ou ultrapassada durante 75% do tempo, e assim por diante.

As curvas de duração, ou de permanência, das vazões não levam em conta a ordem das descargas no tempo. Podem, por isto, dar idéia errônea das disponibilidades hídricas. A fim de eliminar-se no caso do rio Gorutuba esta lacuna, a curva das vazões diferenciais acumuladas, que aparece no desenho G-5, foi elaborada com base nas descargas médias mensais do rio Araçuaí (êsse tipo de curva nada mais é do que modificação aperfeiçoada do diagrama de Rippl). Por meio da curva assim traçada, localizaram-se os períodos críticos e retiraram-se os dados que permitiram preparar o desenho G-8, onde aparece a vazão regularizada em Bico da Pedra em função do volume de armazenamento do reservatório. No desenho G-8 traçou-se, também, uma escala de ordenadas representativas do nível da água no reservatório; essa escala foi deduzida das curvas e equações que constam do desenho G-6. As referidas equações foram, por sua vez, deduzidas pelos processos usuais dos dados de cota e área registados no desenho N.º 55-246, de julho de 1955, do Serviço de Estudos do DNOCS.

Resulta, pois, que com regularização total a vazão assegurada no açude do Bico da Pedra seria de $10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ou $315.000.000 \text{ m}^3$ por ano. O volume de armazenamento necessário para obter-se essa regularização total é de $870.000.000 \text{ m}^3$, o qual corresponde a um nível de 460,6 m no reservatório e a uma barragem de pouco mais de 48 m de altura.

Na maioria dos casos a regularização completa ou total não é econômica. Só a análise comparativa dos custos de barragens de diferentes alturas e de reservatórios de diferentes volumes de acumulação, de um lado, com o valor da produção agrícola e energética, do outro lado, poderá determinar os valores ótimos de altura da barragem e de volume de armazenamento.

Resumem-se no quadro seguinte alguns resultados típicos

Altura da barragem m	Nível da água m	Volume de acumulação m ³	Vazão regularizada m ³ /ano
48	460	835.000.000	312.000.000
44	456	631.000.000	290.000.000
40	452	462.000.000	271.000.000
36	448	324.000.000	256.000.000
32	444	215.000.000	244.000.000

É de notar que no cálculo estimativo da vazão regularizada não se levou a evaporação em linha de conta. É que nessa primeira aproximação não se justifica tal apuramento, pois as vazões estimadas são ainda bastante incertas.

4.2 — VAZÃO DE PROJETO PARA O SANGRADOURO

O caudal a considerar no dimensionamento do sangradouro de uma barragem deve ser a descarga que tenha de 1/1000 a 1/2000 de probabilidade de ocorrência num ano qualquer. A estimativa dessa descarga deverá fazer-se pelos métodos estatísticos mais rigorosos, adotando-se as distribuições logarítmica normal e tipo III de Pearson.

Estimaram-se os parâmetros das distribuições das cheias do rio Gorutuba, em Bico da Pedra, com base nas máximas cheias anuais do rio Araçuaí, em Araçuaí (quadro 12). O cálculo da vazão de projeto para o sangradouro foi então efetuado, como se vê no quadro 13, partindo-se da cheia média anual e avaliando-se os limites de 95% de confiança de cada descarga calculada.

Chega-se, assim, à conclusão de que — sem levar em conta o amortecimento de parte da cheia pela bacia hidráulica — a vazão de projeto para o sangradouro deve ser de 730 m³.s⁻¹. Esse é, segundo a distribuição logarítmica normal, o limite fiducial superior da cheia que tem probabilidade de ocorrência de 1/2000.

4.3 — EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA

Como já se mencionou, obtiveram-se estimativas da evapotranspiração durante o ano hidrológico normal em várias sub-bacias. Dos resultados obtidos e relacionados no quadro 15 deduziu-se a equação da reta de regressão da evapotranspiração sobre as alturas de chuva, aplicável às bacias dos rios Araçuaí, Jequitai e Jequitinhonha, tal como registrado no quadro 16.

A altura média anual de chuva sobre a bacia do Gorutuba é de 1100mm conforme se deduz da carta das isoietas normais (dese-

nho G-3). Com essa altura pluviométrica vem a evapotranspiração de 902 mm e a vazão média de 198 mm por ano hidrológico (fórmulas do quadro 16). Sendo de 1.390 km² a área da bacia hidrográfica, este último valor equivale a 275.000.000 m³ por ano ou 8,7 m³.s⁻¹, vazão esta 13% inferior àquela estimada segundo a fórmula de regressão (quadro 4; desenho G-1). Dadas as circunstâncias pode ser tido como bastante satisfatório esse grau de concordância.

5. — AÇUDE DO BICO DA PEDRA

Sendo, como é, função do volume de acumulação e, por consequência, função da altura da barragem, a vazão regularizada depende de fatores econômicos como antes se referiu. O dimensionamento do sangradouro, por sua vez, dependerá do tipo da barragem e de vários elementos de natureza econômica e geológica. Por outro lado, o esquema operacional do reservatório para fins de irrigação dependerá da vazão regularizada disponível, dos tipos de cultura e de fatores econômicos. Finalmente, o dimensionamento das tomadas de água e das obras auxiliares dependerá do esquema operacional do reservatório e, também, do tipo de barragem.

A simples enumeração desses fatos está a demonstrar que a exata definição desses aspectos escapam ao âmbito de uma primeira apreciação do problema. Não obstante, apresentam-se a seguir algumas considerações de natureza quantitativa sobre estas características das obras de aproveitamento do açude de Bico da Pedra.

5.1 — ESQUEMA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO

Ficou registrado no título 4.1 que a máxima vazão regularizada que se pode obter é de 315.000.000 m³ por ano com uma barragem de pouco mais de 48 m de altura (na suposição de 4,0 m de revanche). A vazão regularizada diminui cerca de 5.000.000 m³ por metro de diminuição na cota do represamento. Assim é que com o nível da água na cota 452 m a vazão regularizada é de 271.000.000 m³ por ano. Da análise econômica dependerá a decisão a respeito da cota ótima. Parece, entretanto, que haverá vantagem em obter-se a máxima vazão possível.

A fim de definir-se em pormenor o esquema operacional do açude, faz-se mister avaliar a área irrigável bem como as suas necessidades hídricas. Esses aspectos do problema estão sendo pesquisados por Comissão Especial que especificará a melhor maneira de aproveitar-se o volume de água disponível.

5.2 — DIMENSIONAMENTO DAS TOMADAS DE ÁGUA

No pré-dimensionamento das tomadas de água, pode-se supor

que a vazão regularizada máxima de 315.000.000 m³ por ano é utilizada toda ela num período de 4 meses. Nesta suposição as tomadas de água deveriam ser dimensionadas para a descarga de 30 m³.s⁻¹.

5.3 — DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Recomenda-se que o sangradouro seja do tipo de superfície, sem comportas. No caso de ser adotada barragem de terra, o sangradouro seria implantado na encosta da margem esquerda; no caso de estrutura de concreto o sangradouro deveria fazer parte da própria barragem. Em ambos os casos o sangradouro deverá ser dimensionado para descarregar 730 m³. s⁻¹.

A fim de definir a vazão por utilizar no dimensionamento das obras auxiliares para o desvio do rio durante a construção da barragem, considerou-se a cheia Q com período de retôrno médio T, ou com probabilidade $p = 1/T$ de ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer. Supondo-se que as máximas cheias anuais são hidrológicamente independentes entre si, é fácil demonstrar que a probabilidade P de que a cheia Q ocorrerá durante um período que não excederá n anos vem de

$$P = 1 - (1 - p)^n$$

Para determinação da descarga de desvio — aceitou-se $P = 50\%$ e $n = 5$ anos; daí vem $p = 0,129$. A essa probabilidade de ocorrência corresponde a cheia de 156m³.s⁻¹ com limite superior de 95% de confiança igual a 250 m³.s⁻¹. Essa, a descarga que se deve utilizar não apenas para dimensionar o órgão de derivação, como também para o dimensionamento das ensecadeiras, etc.

6. — CONCLUSÕES

As estimativas que se apresentaram das vazões do rio Gorutuba, em Bico da Pedra, são as mais precisas que puderam ser feitas dentro do prazo estipulado. Por serem função da área da bacia hidrográfica, que não se conhece com exatidão, e por dependerem da suposta filiação do regime do rio Gorutuba com o dos rios Araçuaí, Jequitai e alto Jequitinhonha, as vazões enumeradas não podem ser tidas como de alta precisão.

Cabe aqui salientar que as vazões do alto Gorutuba não puderam ser avaliadas com base no regime hidrológico do rio Verde Grande, em Bôca da Caatinga. Com efeito, verificou-se existir descontinuidade violenta entre a vazão e a contribuição unitária realmente observadas em Bôca da Caatinga e aquelas que seriam de esperar se, naquele pôsto, o rio Verde Grande seguisse o mesmo regime hidroló-

gico que, com fundadas razões, se supõe seguir o alto Gorutuba. É o que se pode ver do quadro abaixo:

	Observada	Regime des.G-1
Vazão média, m ³ /s	30,7	213.
Contribuição unitária, l/s/k ²	1,03	7,15

Por outro lado, se o regime hidrológico do alto Gorutuba fôsse idêntico ao do rio Verde Grande, em Bôca da Caatinga, a vazão regularizada em Bico da Pedra seria de 45.000.000 m³/ano em vez dos 315.000.000 m³/ano anteriormente estimados.

Salta à vista que existe solução de continuidade no regime hidrológico dêsses dois locais. A explicação dessa descontinuidade talvez resida no fato de que a bacia do alto Gorutuba compõe-se de terrenos de litologia quartzítica da série Itacolomi, ao passo que o rio Verde Grande e o baixo Gorutuba correm na planície de camadas calcáreas, quase horizontais, da série São Francisco. Essas duas formações geológicas, segundo consta do relatório da Geotécnica, fazem contacto discordante poucas centenas de metros a jusante do boqueirão da Gameleira.

A vista das condições fisiográficas e hidrológicas da bacia do alto Gorutuba, a que se fêz alusão, não se pode, no momento, definir com maior precisão as suas características nem aquelas das obras de aproveitamento do açude de Bico da Pedra.

Eng.º PEDRO PAULO DE OLIVEIRA NOBRE

ADOLPHO SANTOS JUNIOR — Engenheiro Civil

São Paulo, 18 de outubro de 1966.

QUADROS

1. — Relação dos postos fluviométricos estudados
2. — Resumo dos dados relativos aos postos fluviométricos
3. — Vazões médias registadas e ajustadas
4. — Regressão das vazões médias
5. — Regressão das cheias máximas anuais
6. — Regressão das mínimas vazões diárias
7. — Equações baseadas no coeficiente de regressão das vazões médias
8. — Limites de 95% de confiança: postos 1 a 4
9. — Limites de 95% de confiança: postos 5 a 12
10. — Estimativa dos parâmetros da distribuição das vazões diárias
11. — Cálculo da curva de duração das vazões diárias
12. — Estimativa dos parâmetros da distribuição das vazões médias e máximas anuais
13. — Cálculo da vazão de projeto para o sangradouro
14. — Relação dos postos pluviométricos utilizados para o traçado das isoietas normais
15. — Alturas médias de chuva e de evapotranspiração
16. — Regressão da evapotranspiração sôbre as alturas de chuva

DESENHOS

- G-1. — Rios Araçuaí, Jequitinhonha e Jequitai: retas de regressão
- G-2. — Rios Paracatu, Sono, Prêto e Uruçua: retas de regressão
- G-3. — Carta das isoietas normais
- G-4. — Rio Gorutuba: bacia hidrográfica do açude do Bico da Pedra
- G-5. — Vazões diferenciais acumuladas: valores relativos
- G-6. — Curvas de áreas e volumes do açude do Bico da Pedra
- G-7. — Rio Gorutuba: curva de duração das vazões em Bico da Pedra
- G-8. — Rio Gorutuba: vazão regularizada em função do volume de armazenamento

Q U A D R O 1
 RELAÇÃO DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS
 CUJOS DADOS FORAM ESTUDADOS

N.º	Rio	Local	Lat. S		Long. W	
			°	'	°	'
1	Araçuaí	Araçuaí	16	— 51	42	— 04
2	Jequitinhonha	Itaobim	16	— 35	41	— 31
3	Jequitinhonha	Itaporé	16	— 38	42	— 12
4	Jequitaí	Jequitaí	17	— 14	44	— 28
5	Sono	Paredão	17	— 06	45	— 27
6	Prêto	Sto. Antônio do Boqueirão	16	— 34	46	— 44
7	Prêto	Pôrto das Porções	16	— 52	46	— 20
8	Paracatu	Pôrto Buriti	17	— 17	46	— 28
9	Paracatu	Pôrto Extrema	17	— 04	46	— 00
10	Paracatu	Faz. Pôrto Alegre	16	— 46	45	— 18
11	Urucuia	Arinos	15	— 55	46	— 03
12	Urucuia	Urucuia	16	— 08	45	— 43
13	Verde Grande	Colônia do Jaíba	15	— 21	43	— 39
14	Verde Grande	Bôca da Caatinga	14	— 46	43	— 34

Q U A D R O 2
 RESUMO DE DADOS RELATIVOS AOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

Pôsto	Área da bacia km ²	Período estudado anos	Vazões médias diárias, m ³ . s ⁻¹					
			Máximas		Médias		Mínimas	
			Reg.	Ajust.	Reg.	Ajust.	Reg.	Ajust.
1	15700	1932/63	1070	1070	106	106	30,3	30,3
2	46100	32/63	3690	3690	319	319	78,6	78,6
3	24400	38/63	1970	1870	199	189	35,1	33,3
4	6860	50/62	459	498	45,5	49,4	4,0	4,3
5	5720	53/62	669	721	72,7	78,4	8,8	9,5
6	6420	53/63	396	445	74,6	83,9	21,0	23,6
7	10100	53/63	505	568	101	114	26,6	29,9
8	13200	53/63	1025	1150	160	180	38,7	43,5
9	31200	53/63	1540	1730	334	376	62,5	70,3
10	43800	53/62	2010	2170	454	489	78,1	84,2
11	12100	53/62	627	676	119	128	19,3	20,3
12	18700	53/63	869	977	189	213	33,2	37,4
13	12300	62/63	?	—	?	—	?	—
14	29800	1956/63	150	153	30,7	31,3	2,2	2,2

Q U A D R O 3
VAZÕES MÉDIAS REGISTRADAS E AJUSTADAS

Pôsto	Período	Fator	\bar{Q}_{reg}	\bar{Q}_{aj}
1	1932/63	1,000	106	106
2	32/63	1,000	319	319
3	38/63	0,950	199	189
4	50/62	1,085	45,5	49,4
5	53/62	1,078	72,7	78,4
6	53/63	1,125	74,6	83,9
7	53/63	1,125	101	114
8	53/63	1,125	160	180
9	53/63	1,125	334	376
10	53/62	1,078	454	489
11	53/62	1,078	119	128
12	1953/63	1,125	189	213

Período	Vazões, m ³ .s ⁻¹			Vazões relativas			Fator adotado
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	
1950/62	99,31	290,2	179,6	1,070	1,100	1,052	1,085
53/62	98,80	295,2	182,9	1,076	1,081	1,033	1,078
53/63	95,82	286,5	176,8	1,109	1,140	1,069	1,125
1932/63	106,3	319,2	189,0	1,000	1,000	1,000	1,000

Q U A D R O 4

REGRESSÃO DAS VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS, \bar{Q}
SOBRE AS ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, A

Pôsto	x=log A	y=log \bar{Q}		1 a 4	5 a 12
1	4,1959	2,0253	$\Sigma x =$	17,0833	33,1801
2	4,6637	2,5038	$\Sigma x^2 =$	73,32215	138,28776
3	4,3874	2,2765	$(\Sigma x)^2/n =$	72,95978	137,61488
4	3,8363	1,6937		0,36237	0,67288
5	3,7574	1,8943	$\Sigma y =$	8,4993	17,8304
6	3,8075	1,9238	$\Sigma y^2 =$	18,42193	40,33232
7	4,0043	2,0569	$(\Sigma y)^2/n =$	18,05953	39,74039
8	4,1206	2,2553		0,36240	0,59193
9	4,4942	2,5752			
10	4,6415	2,6893	$\Sigma xy =$	36,66039	74,57773
11	4,0828	2,1072	$\Sigma x \Sigma y/n =$	36,29902	73,95180
12	4,2718	2,3284		0,36137	0,62593

$b_1 = 36137/36237 = 0,99724$ $b_2 = 62593/67288 = 0,93022$
 $\hat{y}_1 = 2,12483 + 0,99724(x - 4,27083) = 0,99724x - 2,13421$
 $\hat{y}_2 = 2,22880 + 0,93022(x - 4,14751) = 0,93022x - 1,62930$
 $\hat{Q}_1 = 7,342 \times 10^{-3} A^{0,9972}$ $\hat{Q}_2 = 2,348 \times 10^{-2} A^{0,9302}$

Q U A D R O 5
REGRESSÃO DAS CHEIAS MÁXIMAS ANUAIS, Q_M
SÓBRE AS ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, A

Pôsto	$x = \log A$	$y = \log Q_M$		1 a 4	5 a 12
1	4,1958	3,0294	$\Sigma x =$	17,0833	33,1801
2	4,6637	3,5670	$\Sigma x^2 =$	73,32215	138,28776
3	4,3874	3,2718	$(\Sigma x)^2/n =$	72,95978	137,61488
4	3,8363	2,6972		0,36237	0,67288
5	3,7574	2,8579	$\Sigma y =$	12,5654	23,7156
6	3,8075	2,6484	$\Sigma y^2 =$	39,88032	70,70038
7	4,0043	2,7543	$(\Sigma y)^2/n =$	39,47231	70,30371
8	4,1206	3,0607		0,40801	0,39667
9	4,4942	3,2380			
10	4,6415	3,3365	$\Sigma xy =$	54,04844	98,82778
11	4,0828	2,8299	$\Sigma x \Sigma y/n =$	53,66462	98,36074
12	4,2718	2,9899		0,38382	0,46704

$$b_1 = 38382/36237 = 1,0592$$

$$b_2 = 46704/67288 = 0,69409$$

$$\hat{y}_1 = 3,14135 + 1,0592(x - 4,27083) = 1,0592x - 1,38231$$

$$\hat{y}_2 = 2,96445 + 0,69409(x - 4,14751) = 0,69409x + 0,08570$$

Q U A D R O 6
REGRESSÃO DAS MÍNIMAS VAZÕES DIÁRIAS, Q_m
SÓBRE AS ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, A

Pôsto	$x = \log A$	$y = \log Q_m$		1 a 4	5 a 12
1	4,1959	1,4814	$\Sigma x =$	17,0833	33,1801
2	4,6637	1,8954	$\Sigma x^2 =$	73,32215	138,28776
3	4,3874	1,5224	$(\Sigma x)^2/n =$	72,95978	137,61488
4	3,8363	0,6335		0,36237	0,67288
5	3,7574	0,9777	$\Sigma y =$	5,5327	12,1281
6	3,8075	1,3729	$\Sigma y^2 =$	8,50611	19,03272
7	4,0043	1,4757	$(\Sigma y)^2/n =$	7,65269	18,38635
8	4,1206	1,6385		0,85342	0,64637
9	4,4942	1,8470			
10	4,6415	1,9253	$\Sigma xy =$	24,16506	50,89940
11	4,0828	1,3181	$\Sigma x \Sigma y/n =$	23,62919	50,30144
12	4,2718	1,5729		0,53587	0,59796

$$b_1 = 53587/36237 = 1,4787$$

$$b_2 = 59796/67288 = 0,88866$$

$$\hat{y}_1 = 1,38318 + 1,4787(x - 4,27083) = 1,4787x - 4,93210$$

$$\hat{y}_2 = 1,51601 + 0,88866(x - 4,14751) = 0,88866x - 2,16972$$

Q U A D R O 7

EQUAÇÕES BASEADAS NO COEFICIENTE DE REGRESSÃO
DEDUZIDO DAS VAZÕES MÉDIAS

$$\hat{y}_1 = \bar{y}_1 + 0,99724(x - \bar{x}_1)$$

$$\hat{y}_2 = \bar{y}_2 + 0,93022(x - \bar{x}_2)$$

1. — CHEIAS

$$\hat{y}_1 = 3,14135 + 0,99724(x - 4,27083)$$

$$= 0,99724x - 1,11769$$

$$\hat{y}_2 = 2,96445 + 0,93022(x - 4,14751)$$

$$= 0,93022x - 0,89365$$

$$Q_{M1} = 7,626 \times 10^{-2} \text{ A } 0,9972$$

$$Q_{M2} = 1,277 \times 10^{-1} \text{ A } 0,9302$$

2. — MÍNIMAS

$$\hat{y}_1 = 1,38318 + 0,99724(x - 4,27083)$$

$$= 0,99724x - 2,87586$$

$$\hat{y}_2 = 1,51601 + 0,93022(x - 4,14751)$$

$$= 0,93022x - 2,34209$$

$$Q_{m1} = 1,331 \times 10^{-3} \text{ A } 0,9972$$

$$Q_{m2} = 4,549 \times 10^{-3} \text{ A } 0,9302$$

Q U A D R O 8

LIMITES DE 95% DE CONFIANÇA DAS RETAS
DE REGRESSÃO DOS POSTOS 1 a 4

$$r_1^2 = 0,36137^2 / 0,36237 \times 0,36240 = 0,994406$$

$$s^2(\hat{y}) = 0,005594 \times 0,36240 / 2 = 10,14 \times 10^{-4}$$

$$s(\hat{y}) = 3,184 \times 10^{-2} \quad t(0,05,4) = 3,182$$

$$t.s(\hat{y}_1) = 0,1013 \left[0,25 + (4,2708 - x_1)^2 / 0,3624 \right]^{1/2}$$

$$= 0,05065 \left[1 + 11(4,2708 - x_1)^2 \right]^{1/2}$$

x_1	$t.s(\hat{y}_1)$
3,0000	$\pm 0,2194$
3,1430	$\pm 0,1961$
3,2253	$\pm 0,1827$
3,6021	$\pm 0,1232$
4,0000	$\pm 0,0681$
4,2708	$\pm 0,0565$
4,6990	$\pm 0,0880$
5,0000	$\pm 0,1326$

$$\hat{y}_M = 0,99724x - 1,11769$$

$$\hat{y} = 0,99724x - 2,13421$$

$$\hat{y}_m = 0,99724x - 2,87586$$

Q U A D R O 9

LIMITES DE 95% DE CONFIANÇA DAS RETAS
DE REGRESSÃO DOS POSTOS 5 a 12

$$r_2^2 = 0,62593^2 / 0,67288 \times 0,59193 = 0,983655$$

$$s^2(\hat{y}) = 0,016345 \times 0,59193 / 6 = 96,75 \times 10^{-4}$$

$$s(\hat{y}) = 9,836 \times 10^{-2} \quad t(0,05, 8) = 2,365$$

$$t.s(\hat{y}_1) = 0,2326 \left[0,125 + (4,1475 - x_1) / 0,67288 \right]^{1/2}$$

$$= 0,08224 \left[1 + 11,9(4,1475 - x_1)^2 \right]^{1/2}$$

x_1	$t.s(\hat{y}_1)$
3,0000	$\pm 0,3356$
3,1430	$\pm 0,2966$
3,2253	$\pm 0,2743$
3,6021	$\pm 0,1752$
4,0000	$\pm 0,0921$
4,1475	$\pm 0,0822$
4,6990	$\pm 0,1768$
5,0000	$\pm 0,2558$

$$\hat{y}_M = 0,93022x - 0,89365$$

$$\hat{y} = 0,93022x - 1,62930$$

$$\hat{y}_m = 0,93022x - 2,34209$$

Q U A D R O 1 0

ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES
DIÁRIAS DO RIO ARAÇUAÍ, EM ARAÇUAÍ, NO
PERÍODO 1931/32 a 1962/63

x	f	y	
5,5	2	0,7404	
5,3	0	—	
5,1	3	0,7076	
4,9	0	—	
4,7	0	—	
4,5	1	0,6532	
4,3	0	—	
4,1	0	—	$x = Q/\bar{Q}$
3,9	1	0,5911	$y = \log x$
3,7	2	0,5682	
3,5	2	0,5441	$\Sigma x = 384,2$
3,3	3	0,5185	
3,1	7	0,4914	$\Sigma x^2 = 696,96$
2,9	4	0,4624	
2,7	3	0,4314	$s(x) = 0,90337$
2,5	2	0,3979	
2,3	7	0,3617	$\Sigma y = -48,8332$
2,1	3	0,3222	
1,9	8	0,2788	$\Sigma y^2 = 46,0538$
1,7	9	0,2304	
1,5	16	0,1761	$s(y) = 0,32254$
1,3	24	0,1139	
1,1	29	0,0414	
0,9	40	—0,0458	$\bar{y} = -0,12717$
0,7	50	—0,1549	
0,5	92	—0,3010	$\hat{y} = 0,32254z - 0,12717$
0,3	71	—0,5229	
0,1	5	—1,0000	

Q U A D R O 1 1

CÁLCULO DA CURVA DE DURAÇÃO DAS VAZÕES DIÁRIAS
DO RIO GORUTUBA, EM BICO DA PEDRA

$$\hat{y} = 0,32254z - 0,12717$$

$$\bar{Q} = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

p	z	\hat{y}	x	Q
0,1	+ 3,090	0,86948	7,404	74,0
0,2	2,878	0,80110	6,326	63,3
0,5	2,576	0,70369	5,055	50,6
1,0	2,326	0,62306	4,198	42,0
2,0	2,054	0,53533	3,430	34,3
5,0	1,645	0,40341	2,532	25,3
10,0	1,282	0,28633	1,933	19,3
20,0	0,8416	0,14428	1,394	13,9
40,0	+ 0,2533	— 0,04547	0,906	9,1
50,0	0,0000	— 0,12717	0,746	7,5
60,0	— 0,2533	— 0,20887	0,618	6,2
80,0	— 0,8416	— 0,39862	0,399	4,0
90,0	— 1,282	— 0,54067	0,288	2,9
95,0	— 1,645	— 0,65775	0,220	2,2
98,0	— 2,054	— 0,78967	0,162	1,6
99,0	— 2,326	— 0,87740	0,133	1,3
99,5	— 2,576	— 0,95803	0,110	1,1
99,8	— 2,878	— 1,05544	0,088	0,9
99,9	— 3,090	— 1,12382	0,075	0,8

Q U A D R O 1 2

ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES MÉDIAS E MÁXIMAS ANUAIS DO RIO ARAÇUAÍ EM ARAÇUAÍ

Ano	Vazões médias		Cheias máximas anuais		
	$m^3.s^{-1}$	Q/\bar{Q}	$m^3.s^{-1}$	Q/\bar{Q}	$\log(Q/\bar{Q})$
1931/32	45	0,423	564	0,527	- 0,2782
32/33	83	0,780	978	0,914	- 0,0391
33/34	110	1,034	1690	1,579	+ 0,1984
34/35	80	0,752	795	0,743	- 0,1290
35/36	73	0,686	602	0,563	- 0,2495
36/37	82	0,771	623	0,582	- 0,2351
37/38	81	0,762	958	0,895	- 0,0482
38/39	50	0,470	567	0,530	- 0,2757
39/40	69	0,649	837	0,782	- 0,1068
1940/41	104	0,978	1570	1,467	+ 0,1664
41/42	110	1,034	1530	1,430	+ 0,1553
42/43	175	1,646	2520	2,355	+ 0,3720
43/44	157	1,476	2260	2,112	+ 0,3247
44/45	222	2,087	1470	1,374	+ 0,1380
45/46	200	1,882	1550	1,449	+ 0,1611
46/47	93	0,874	405	0,379	- 0,4214
47/48	112	1,053	688	0,643	- 0,1918
48/49	200	1,882	1610	1,505	+ 0,1775
49/50	112	1,053	1220	1,140	+ 0,0569
1950/51	86	0,810	620	0,579	- 0,2373
51/52	105	0,987	750	0,701	- 0,1543
52/53	97	0,912	856	0,800	- 0,0969
53/54	76	0,715	725	0,678	- 0,1688
54/55	59	0,555	1020	0,953	- 0,0209
55/56	83	0,780	1420	1,327	+ 0,1229
56/57	164	1,542	1290	1,206	+ 0,0813
57/58	96	0,903	692	0,647	- 0,1891
58/59	66	0,621	574	0,536	- 0,2708
59/60	137	1,288	1340	1,252	+ 0,0976
1960/61	122	1,147	1050	0,981	- 0,0083
61/62	79	0,743	702	0,656	- 0,1831
62/63	75	0,705	718	0,671	- 0,1733
Média	106,3	1,000	1069	1,000	- 0,04455
Desvio padrão	44,9	0,4226	511	0,4777	0,1960

Q U A D R O 1 3

CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PARA O SANGRADOURO

1. — Cheia média anual e seus limites de 95% de confiança

$$\bar{Q} = 104; \quad LS(\bar{Q}) = 163; \quad LI(\bar{Q}) = 66 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{des. G.1})$$

2. — Distribuição logarítmica-normal

(quad. 12)

$$\hat{y} = 0,1960z - 0,4455$$

$$t.s(\hat{y}) = 2,042 \times 0,1960 (32)^{-1/2} (1 + 0,5z^2)^{1/2}$$

$$= 0,07074 (1 + 0,5z^2)^{1/2}$$

p	z	\hat{y}	t.s(\hat{y})	x	LS(x)	LI(x)
1/1000	3,090	0,5611	0,1700	3,64	5,38	2,46
1/2000	3,291	0,6005	0,1792	3,99	6,02	2,64

3. — Distribuição tipo III de Pearson

$$n^{-1} \sum \ln x = -0,1026 \quad k = 5,03$$

$$\Psi'(k) = 0,2200$$

$$\text{var}(k) = 1,47 \quad \text{var}(a) = 0,00255$$

$$\text{cov}(a, k) = -0,0584$$

p	$\partial Q / \partial a$	$\partial Q / \partial k$	t.s(\hat{x})	x	LS(x)	LI(x)
1/1000	14,9	0,262	0,89	2,95	3,84	2,06
1/2000	15,8	0,298	0,96	3,14	4,10	2,18

4. — Caudal de cheia

p	Log-normal			Tipo III		
	\bar{Q}_x	LS(Q)	LI(Q)	\bar{Q}_x	LS(Q)	LI(Q)
1/1000	379	660	194	307	504	162
1/2000	415	732	209	327	538	171

Q U A D R O 1 4

RELAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E RESUMO DOS
DADOS UTILIZADOS NO TRAÇADO DAS ISOIETAS
NORMAIS DO DESENHO 3

Pôsto	Lat. S o ' ,	Long. W o ' ,	Altitude m	Normal mm
Patos de Minas	18 — 35	46 — 26	855	1534
Diamantina	18 — 15	43 — 46	1263	1548
Catalão	18 — 10	47 — 58	855	1714
Itamarandiba	17 — 51	42 — 51	1097	1173
Pirapora	17 — 21	44 — 57	503	1143
Araçuaí	16 — 54	42 — 03	306	831
Montes Claros	16 — 43	43 — 13	553	1186
Grão Mogol	16 — 30	42 — 47	819	1210
Luziânia	16 — 16	47 — 53	910	1510
Pedra Azul	16 — 06	41 — 19	613	1010
São Francisco	15 — 57	44 — 52	442	1208
Formosa	15 — 32	47 — 18	914	1564
Januária	15 — 29	44 — 22	434	984
Condeúba	14 — 53	41 — 59	550	739
Palmas de Monte Alto	14 — 17	43 — 17	574	787
Carinhanha	14 — 19	43 — 46	452	862
Brumado	14 — 06	41 — 50	414	683
Caetité	14 — 03	42 — 29	869	828

Q U A D R O 1 5

ALTURAS MÉDIAS DE CHUVA, \bar{P} ,
E DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO, ET, SÓBRE AS DIFERENTES BACIAS

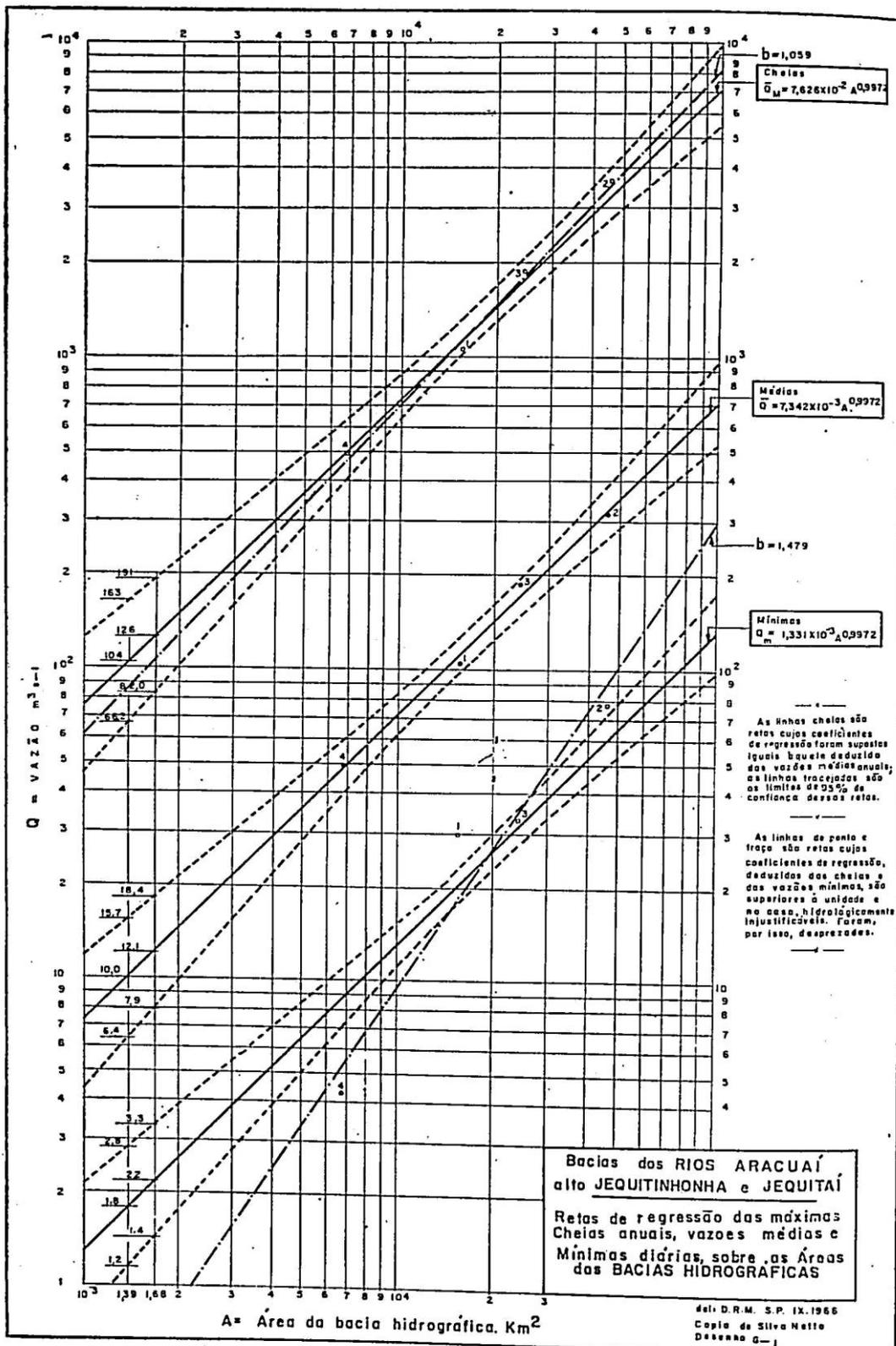
$$ET = \bar{P} - \bar{Q}$$

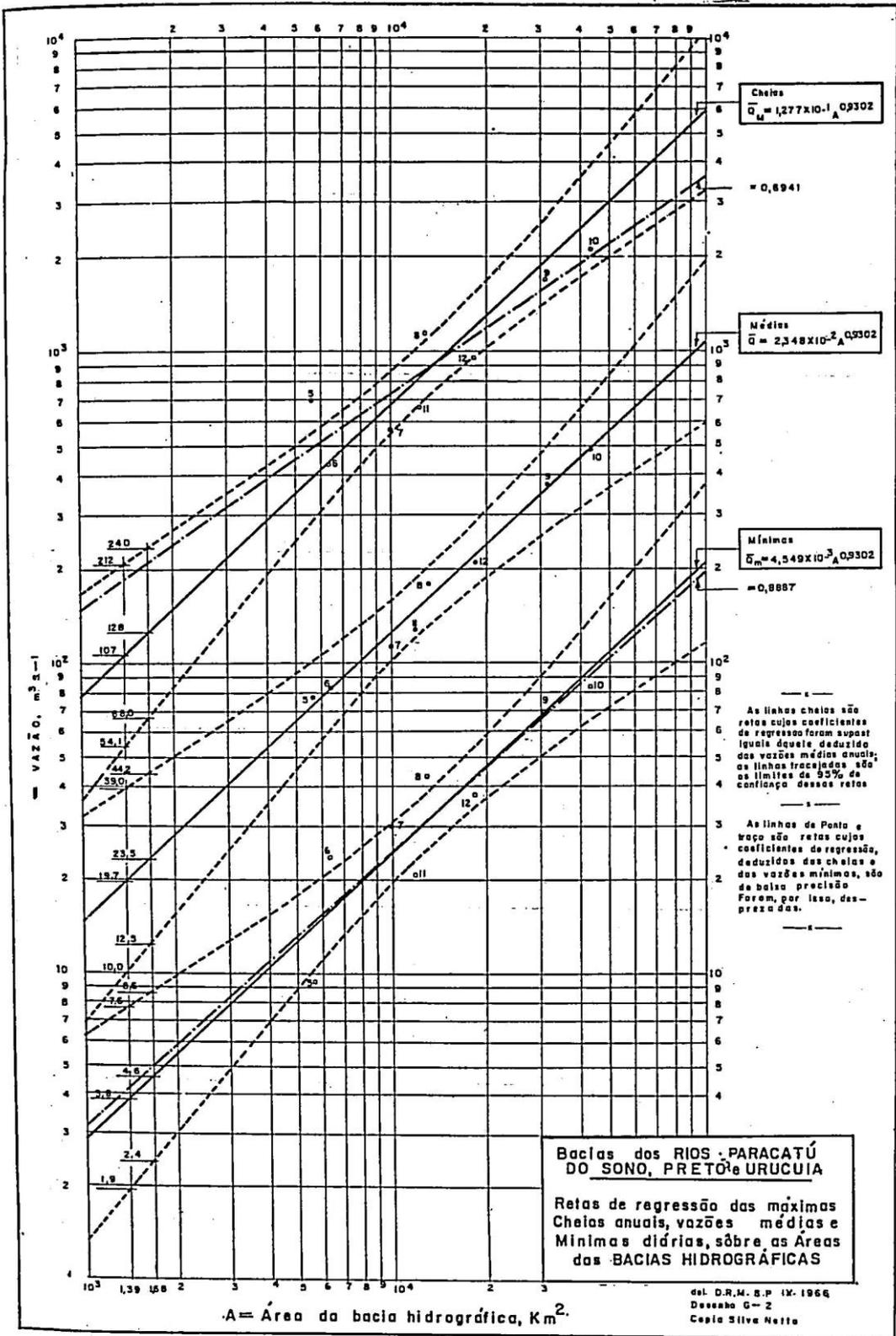
N.º	Bacia	Local	A km ²	\bar{P} mm	\bar{Q} mm	ET mm
1	Araçuaí	Araçuaí	15700	1071	213	858
2	Jequitinhonha	Itaobim	46100	1135	218	917
3	Jequitinhonha	Itaporé	24400	1231	244	987
3a	Jequitinhonha	Itaobim	6000	901	126	775
4	Jequitaí	Jequitaí	6860	1306	227	1079
5	Sono	Paredão	5720	1297	432	865
6	Prêto	Sto. Antônio	6420	1518	412	1106
7	Prêto	Porções	10100	1476	356	1120
7a	Prêto	Porções	3680	1403	258	1145
8	Paracatu	Buriti	13200	1453	430	1023
9	Paracatu	Extrema	31200	1440	379	1064
9a	Paracatu	Extrema	7900	1371	327	1044
10	Paracatu	Pôrto Alegre	43800	1405	352	1053
10a	Paracatu	Pôrto Alegre	6880	1271	160	1111
11	Urucuia	Arinos	12100	1428	333	1095
12	Urucuia	Urucuia	18700	1411	318	1093
12a	Urucuia	Urucuia	6600	1380	334	1046

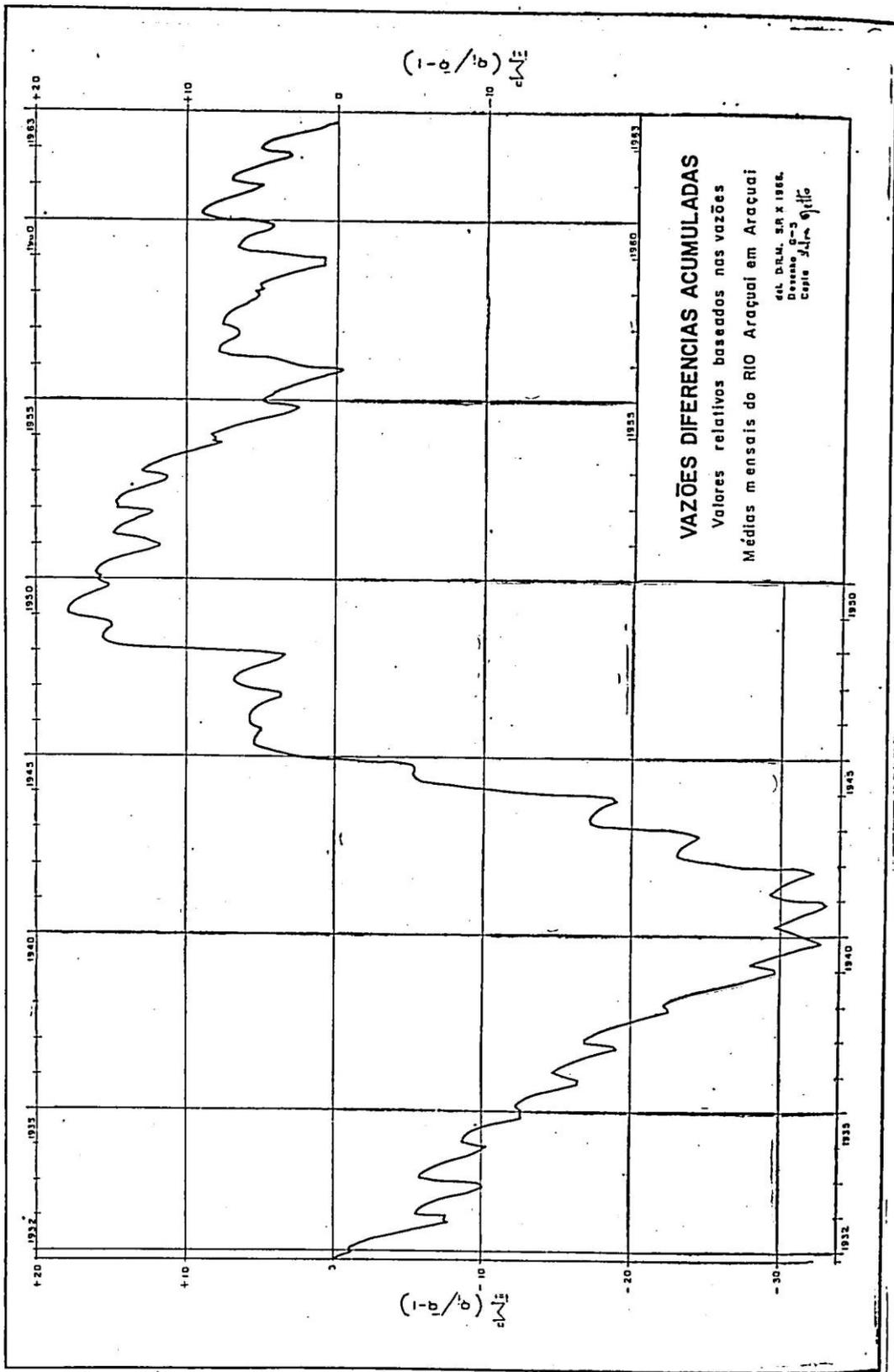
Q U A D R O 1 6

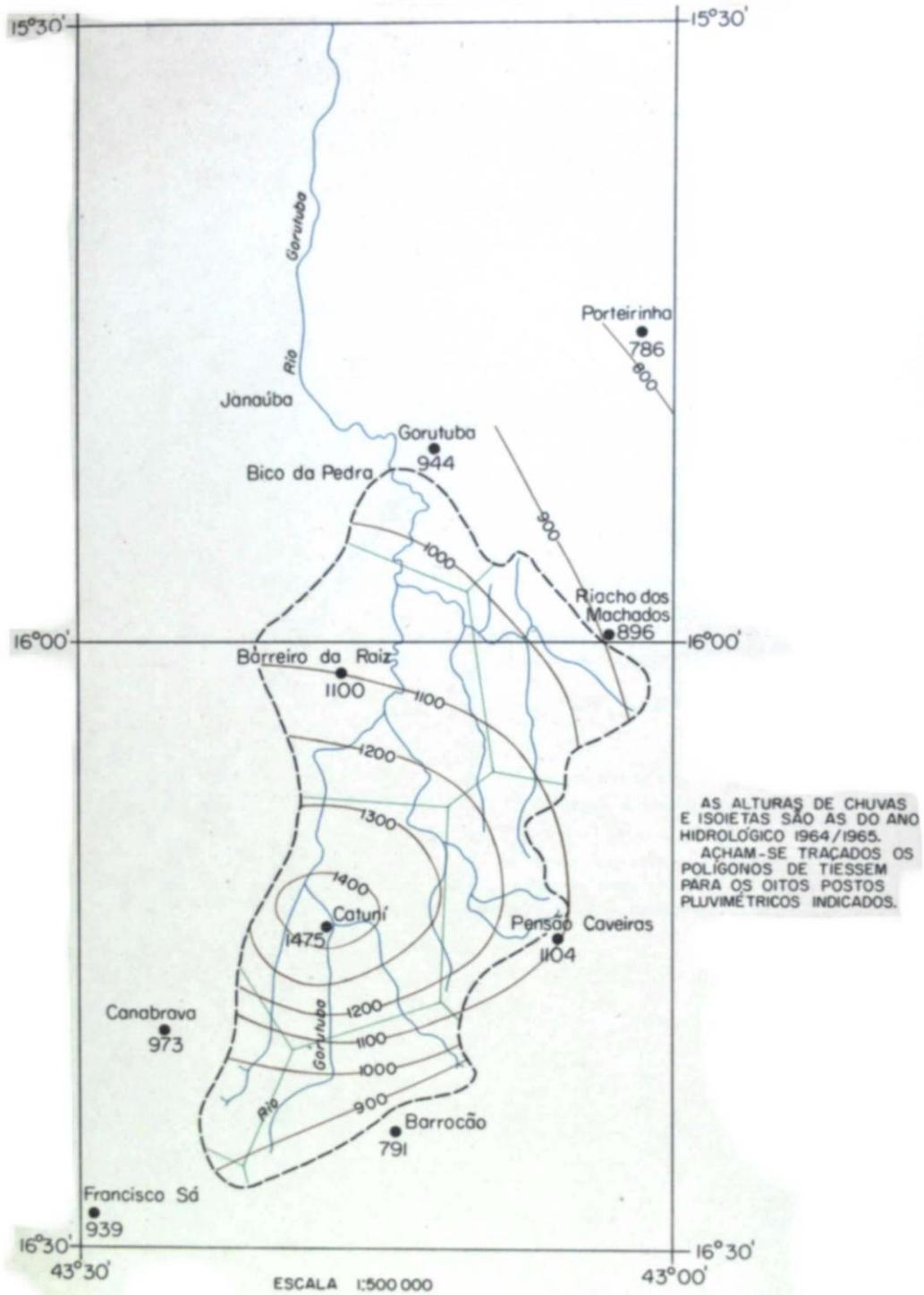
REGRESSÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO
SÓBRE AS ALTURAS MÉDIAS DE CHUVA

x	y
1071	858
1135	917
1231	987
901	775
1306	1079
$\Sigma x = 5\ 644$	$\Sigma y = 4\ 616$
$\Sigma x^2 = 6\ 468\ 064$	$\Sigma y^2 = 4\ 316\ 088$
$(\Sigma x)^2/n = 6\ 370\ 947$	$(\Sigma y)^2/n = 4\ 261\ 491$
97 117	54 597
$\Sigma xy = 5\ 282\ 159$	
$\Sigma x \Sigma y/n = 5\ 210\ 540$	
	71 619
$b = 71619/97117 = 0,73745$	
$\hat{y} = 923 + 0,73745(x - 1128,8) = 0,7375x + 91$	
$ET = 0,7375\bar{P} + 91$	
$\bar{Q} = 0,2625\bar{P} - 91$	

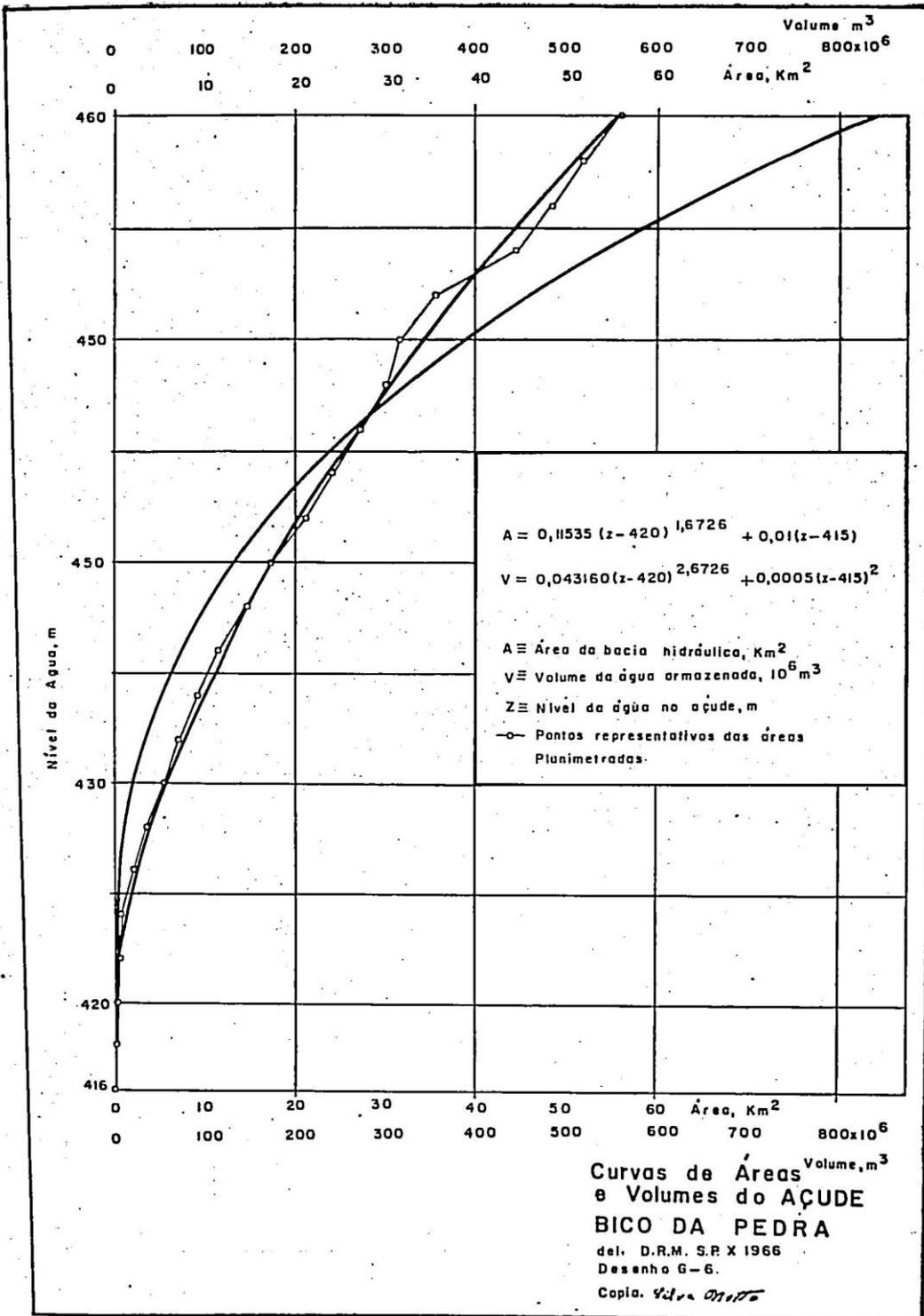








RIO GORUTUBA
 BACIA HIDROGRÁFICA
 DO
 AÇUDE DO BICO DA PEDRA
 del. D.R.M. S.P. IX. 1966
 DESENHO G-4



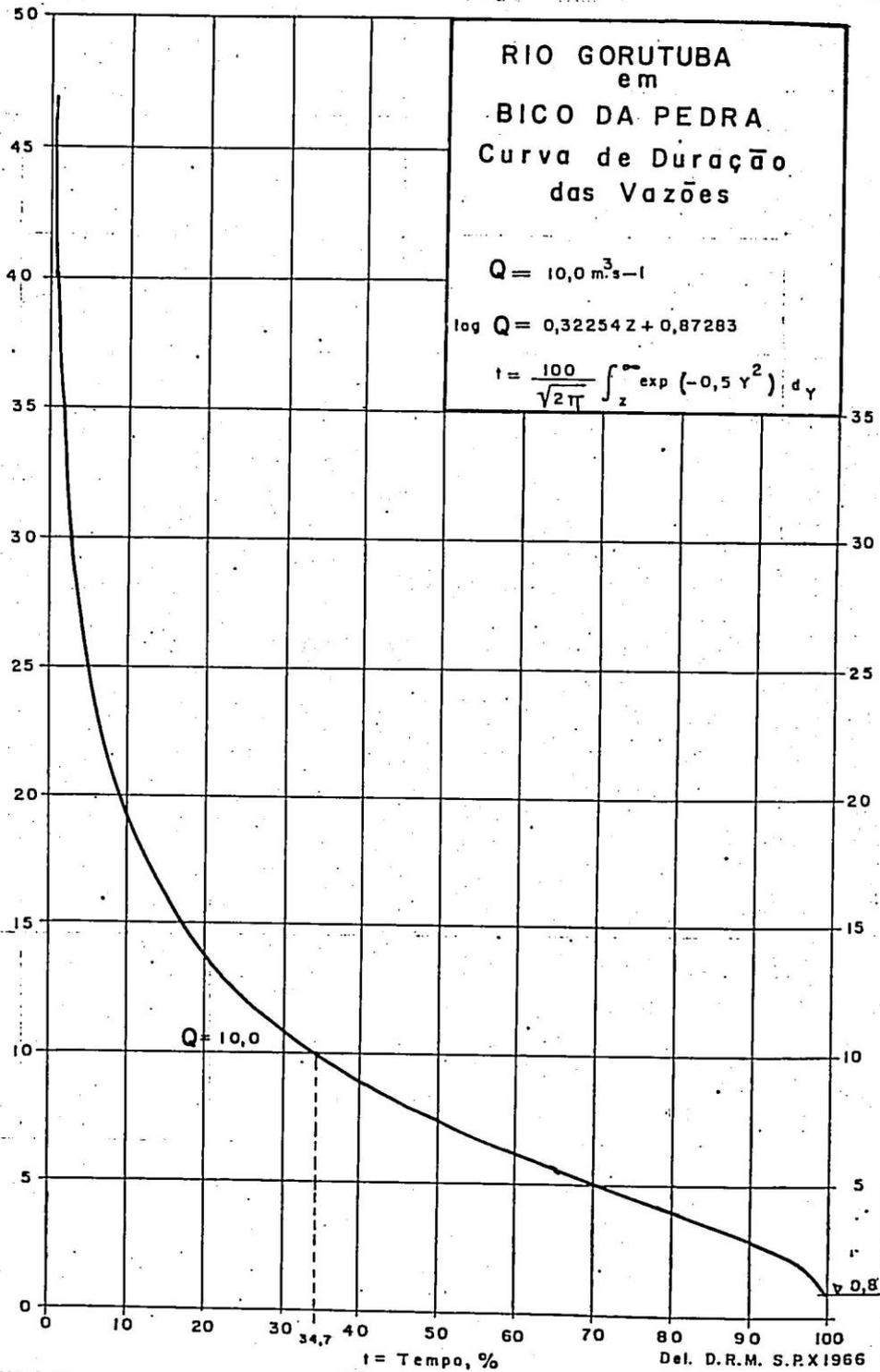
RIO GORUTUBA
em
BICO DA PEDRA
Curva de Duração
das Vazões

$$Q = 10,0 m^3 s^{-1}$$

$$\log Q = 0,32254 Z + 0,87283$$

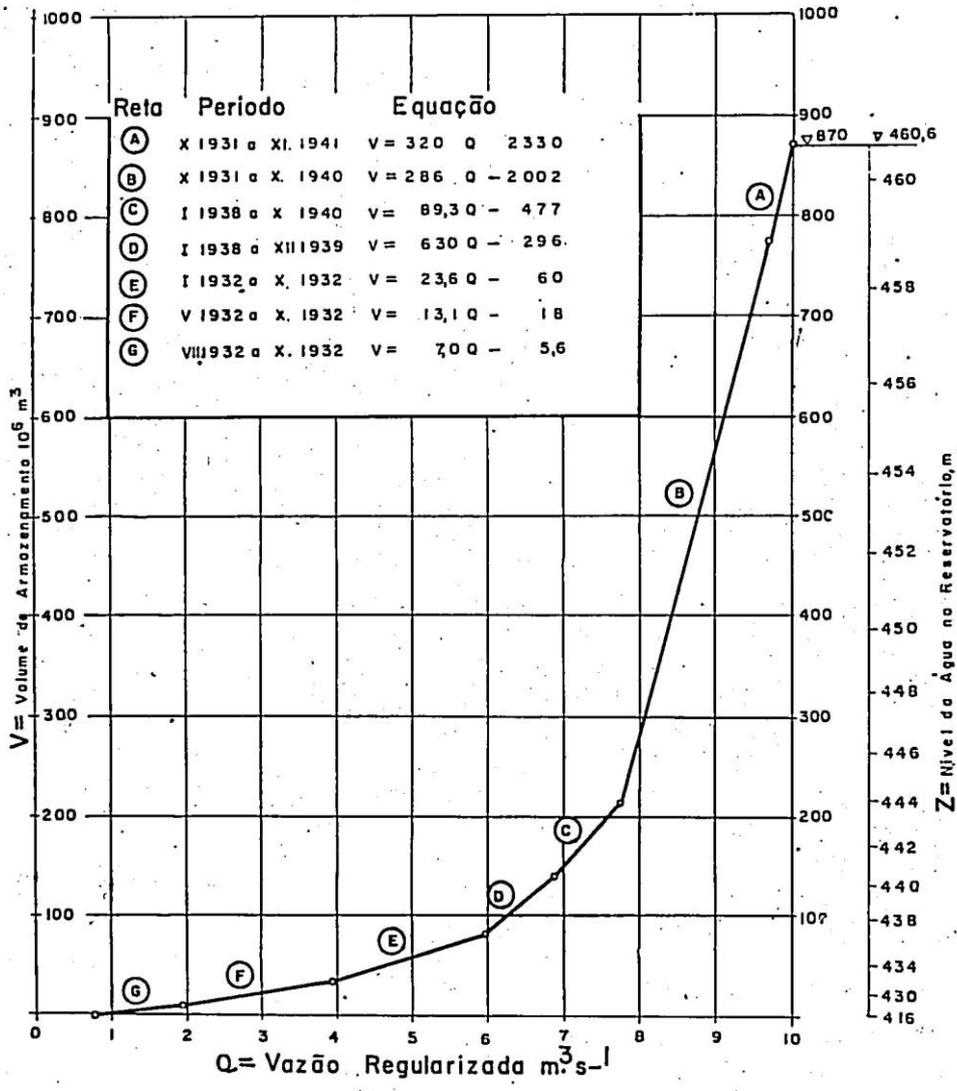
$$t = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} \exp(-0,5 Y^2) dY$$

Q = Vazão Igualada ou Ultrapassada, m³ s⁻¹



Del. D.R.M. S.P.X1966

Desenho G-7
Cópia *for - miff*



RIO GORUTUBA
 Vazão Regularizada em
 BICO DA PEDRA em Função
 do Volume de Armazenamento
 do Reservatório

del. D.R.M. S.P.X. 1966
 Desenho S-B
 Cópia Silva Agello

HIDROLOGIA DO RIO BANABUIU

HIDROLOGIA DO RIO BANABUIU (Ce.) (*)

Relatório resumido do cálculo da vazão máxima regularizável, do volume útil de acumulação na bacia hidráulica do rio Banabuiu, em Boqueirão do Meio, e da altura útil da barragem.

Conforme entendimento havido entre os engenheiros Hilton Silveira, Diretor da Divisão Técnica do DNOCS e Theophilo Benedicto Ottoni Netto, Diretor do Laboratório Hidrotécnico do Escritório Saturnino de Brito, ficou decidido que no estudo do sangrador, a realizar, o Escritório apresentaria em forma desenvolvida, por meio de desenhos, gráficos, tabelas, memórias descritivas dos cálculos hidrológicos e outros elementos de ordem técnica, com o sangrador da barragem, que propusemos estudar em modelo reduzido.

Tal critério é aconselhável, pois reunir-se-ão em um mesmo conjunto todos os estudos de caracterização hidrológica do rio Banabuiu, em Boqueirão do Meio, possibilitando descrição coerente dos cálculos hidrológicos, desde que os elementos que serviram de base aos estudos de dimensionamento do reservatório são os mesmos que irão fundamentar as conclusões relativas ao dimensionamento do sangrador, além de, no curso dos trabalhos de cálculo, muitas vezes se entrelaçarem os caminhos que conduzem aos resultados em um ou outro caso.

Com tais bases, o estudo do sangrador atenderá plenamente às necessidades do Departamento Nacional de Obras Contra as Sécas.

Dentro do conceito acima explanado exporemos as linhas mestras que nortearam o amplo estudo hidrológico que realizamos, procurando, dentro da cronologia das diversas fases, estabelecer o processamento lógico dos elementos obtidos.

1 — *Obtenção dos dados existentes* — Solicitamos ao Serviço de Estudos do DNOCS todos os elementos disponíveis nos seus arqui-

(*) Relatório apresentado ao DNOCS, em dezembro de 1962, pelo Escritório Saturnino de Brito.

vos, no Recife, que pudessem servir de subsídio ao estudo em aprêço.

Obtivemos ampla documentação inclusive diversas pastas originais dos próprios arquivos, já que o volume de dados que continham tornava impraticável copiá-los.

Deve-se ressaltar a significação de tal volume de documentação, cuja cronologia se reporta à segunda década dêste século, constituindo acervo raro dentro das organizações que, no Brasil, se dedicam a êsse tipo de trabalho. Mesmo quando seja menor o grau de precisão das medições ou maior a incerteza dos registros de observações locais por observadores leigos e mais afastados dos centros de contrôlo do DNOCS, mesmo assim dizíamos, os dados obtidos representam a realidade das condições locais, quando sabemos que muitas vezes o técnico é obrigado a lançar mão do empirismo, das correlações com outros problemas e outros processos quase sempre ocorridos em meio ambiente muito diverso do nosso, pressionado pela completa ausência de dados básicos em que possa fundamentar seus estudos hidrológicos. Trabalhando com elementos hidrométricos colhidos desde 1912 até 1960 dos quais em nossos cálculos foram considerados aqueles a partir de 1921, colocamo-nos em situação privilegiada, ressalvadas as restrições já citadas.

2 — *Programação dos trabalhos* — Para consecução dos fins colimados foi organizado um programa de trabalhos no escritório, com base nos dados referidos no item 1. Inicialmente tornava-se necessário definir o regime de vazões no rio Banabuiu, em Boqueirão do Meio, no maior período de tempo possível.

Sendo disponíveis os registros diários de nível d'água na escala fluviométrica a jusante da barragem, de fevereiro de 1934 a dezembro de 1958, com interrupção de junho de 1934 a dezembro de 1936, tornava-se necessário estabelecer, através das ferramentas matemáticas usuais empregadas em hidrologia, o regime do rio em período mais dilatado, principalmente se levarmos em consideração que os anos de 1927 a 1934 são considerados como dos períodos mais desfavoráveis quanto à pluviometria e interrupção do escoamento fluvial, como também era imprescindível o conhecimento do regime logo após a grande sêca de 1958. Para ser possível a complementação requerida, fazia-se necessário o conhecimento do regime do rio Banabuiu em outros locais de seu curso e também de alguns de seus principais afluentes, como o rio Quixeramobim, a fim de que fôsse possível estabelecer correlações representativas, e às vezes complementares, com o regime, ainda desconhecido, do rio Banabuiu em Boqueirão do Meio.

Depois de estar recomposto o registro de vazões do rio Banabuiu no local da barragem, de janeiro de 1921 a dezembro de 1960, num total de quarenta (40) anos, foi construída e analisada a curva dos deflúvios acumulados em todo o período, a qual, juntamente com a

curva dos deflúvios anuais diferenciais, pela aplicação do diagrama de Rippl, possibilitou a determinação do período mais desfavorável, que foi o compreendido entre os anos de 1950 e 1957, num ciclo sêco, de cerca de 7 anos. Para êsse período sêco foram então realizados os cálculos necessários, determinando-se a vazão máxima regularizável chegando-se a definir as várias vazões de aproveitamento.

Para todo o período de 40 anos foi feita a previsão da operação do reservatório do Banabuiu, através do que pudemos calcular a curva de permanência das potências médias mensais e a energia anual média produzida no ciclo considerado.

De acôrdo com o que foi acima delineado consideraremos de per si as seguintes fases de nossos trabalhos:

- a — Determinação das curvas-chaves dos rios Quixeramobim e Banabuiu.
 - b — Determinação das equações de correlação de vazões.
 - c — Traçado da hidrógrafa do rio Banabuiu em Boqueirão do Meio. Traçado da curva de deflúvios acumulados. Influência da evaporação.
 - d — Diagrama de Rippl. Análise. Vazão máxima regularizável. Cálculo das vazões de aproveitamento para diversas alternativas diferentes.
 - e — Cálculo das potências mínimas disponíveis para diversas alternativas diferentes. Previsão da operação do reservatório durante quarenta anos. Curva de permanência das potências médias. Energia média anual e potência média disponível.
- 3 — *Determinação das curvas-chaves dos rios Quixeramobim e Banabuiu*

Foram realizadas nas seções do rio Quixeramobim, em Quixeramobim, e do rio Banabuiu, em Senador Pompeu, medições diretas da vazão, a molinete Price, pelo método de velocidades tomadas a 6/10 de profundidade, calculados em fôlhas cujas cópias se encontram nos arquivos que nos foram entregues. Esclarecemos que a verificação que fizemos nessas fôlhas de cálculo demonstraram muitas vêzes discrepâncias com os resultados calculados pelo DNOCS sendo-nos todavia lícito supor que seria mais improvável um êrro de cópia no resultado final das fôlhas do que na transcrição datilográfica dos números tabelados. O bom senso nos levou a considerar como certos os resultados finais das fôlhas de cálculo do DNOCS, resultados êsses que serviram de base aos nossos estudos.

O critério adotado na escolha dos grupos de valores de Q e h que serviram ao ajustamento de cada uma das curvas, foi baseado na maior concentração dos pontos plotados em um par de eixos ortogonais em escala decimal. Em razão de as medições diretas às vezes se distanciarem de vários anos, e nesses casos, quando os pontos a elas correspondentes se dispersavam, eram consideradas duas curvas chaves diferentes sendo os valores das vazões para as mesmas leituras de régua interpolados trienalmente no intervalo entre as medições diretas. Ficaram assim definidas, através de medições diretas quando os pontos assim o permitiam, curvas chaves para um ou mais anos; em caso contrário foram determinadas curvas chaves trienais interpoladas entre duas correspondentes a medições diretas.

Esse critério, em vista da inexistência de medições diretas mais frequentes, veio atender à contingência de se definir a variação das curvas chaves para períodos mais reduzidos em rios que, como os estudados, são essencialmente instáveis em sua calha e perfil, acarretando com isso, como é natural, uma consequente instabilidade das relações níveis d'água e vazões.

Em cada curva procuramos atender a melhor disposição do tracado com relação aos pontos de medição plotados, obrigando-nos com isso, em quase todos os casos, à determinação de várias curvas com equações diferentes, válidas entre estágios escalonados de leituras de régua. As curvas, depois de transformadas por anamorfose logarítmica foram ajustadas matematicamente pelo método dos mínimos quadrados. Estabelecidas equações chaves para tôdas as seções dos rios citados, pudemos transformar em vazões as leituras diárias de níveis d'água desde 1921 até 1960.

Com relação à seção de projeto, isto é, a seção do rio Banabuiu em Boqueirão do Meio, os dados disponíveis eram mais exíguos. Em primeiro lugar temos a considerar o fato de que as leituras de régua nesse local iniciaram-se em 22 de fevereiro de 1934 e, interrompidas em 26 de junho do mesmo ano, somente vieram a ser retomadas em janeiro de 1937 continuando até dezembro de 1958.

Dessa forma, de tôdas as seções estudadas a menos conhecida era justamente a que mais interessava a solução do problema em pauta. Com relação às medições diretas de vazão constatamos quase absoluta carência de dados. As únicas medições com molinete, em número de trinta e seis (36), foram realizadas em abril e maio de 1962, cobrindo uma amplitude de 25 a 350 m³/s. Com êsses dados construímos uma curva chave com dois estágios diferentes, curva essa que foi suposta válida para todo o período. A fim de podermos comprovar a validade dessa suposição, construímos um gráfico de verificação de homogeneidade de níveis d'água na seção da escala em Boqueirão do Meio, de 1937 a 1958. Tal gráfico nos forneceu uma comprovação perfeita da variação do nível d'água ao longo desses 20 anos

em torno de um mesmo valor médio, o que está de acordo com informações de técnicos do DNOCS ambientados na região, que dizem ser a calha nesse estirão, bastante rochosa e estável. Aceita essa curva chave como representativa para o período de 1934 a 1958 cumpríamos complementar os anos restantes.

4 — *Determinação das equações de correlação de vazões*

A fim de suprir a falta de elementos de leitura de régua fluviométrica durante os anos de 1921 a 1934 e daí até 1937, assim como de 1958 a 1960, estabelecemos a equação de correlação entre as vazões do rio Banabuiu, em Boqueirão do Meio e da soma das vazões do rio Banabuiu, em Senador Pompeu e do rio Quixeramobim, em Quixeramobim, sendo estas últimas as principais contribuições geradoras dos deflúvios na seção da barragem.

Através desse artifício de cálculo hidrológico foi-nos possível reproduzir a hidrógrafa do rio Banabuiu em Boqueirão do Meio durante quarenta anos, intercalados de anos secos e trens de anos secos bastante desfavoráveis quanto à finalidade de nosso projeto.

Convém dizer que foi necessário o estabelecimento de outra equação de correlação entre as vazões do rio Banabuiu, em Senador Pompeu, e do rio Quixeramobim, em Quixeramobim, a fim de complementar a falta de registros de vazões do primeiro durante o ano de 1933.

5 — *Traçado da hidrógrafa do rio Banabuiu em Boqueirão do Meio. Traçado da curva de deflúvios acumulados. Influência da evaporação.*

Conhecida para todo o período de quarenta anos a tabela de vazões diárias do rio Banabuiu, em Boqueirão do Meio, foi construída a curva dos deflúvios acumulados para esse intervalo.

Era necessário entretanto considerar a influência ponderável do fenômeno de evaporação na superfície líquida do lago a ser criado com a construção da barragem.

Esse fator pode ser determinante na capacidade de regularização dos cursos d'água do Nordeste, onde, se de um lado o acude possibilita sua perenização, de outro reduz suas vazões médias, visto que acelera, com a criação de uma vasta superfície líquida, as perdas devidas à evaporação.

Também neste aspecto são bastante razoáveis os elementos colhidos pelo DNOCS e que foram por nós utilizados. Com base nos registros de evaporação diária nos açudes de CEDRO, CHORÓ, JOAQUIM TÁVORA, LIMA CAMPOS E FORQUILHA durante períodos descontínuos de 1934 a 1951, calculamos as evaporações médias men-

sais, que perfazem um total anual de 2110 mm, valor êsse que nos coloca do lado da segurança, visto que os dois últimos açudes citados, que são os mais afastados do local da barragem do Banabuiu, e conseqüentemente os que apresentarão resultados mais discrepantes com relação ao lago projetado, correspondem a alturas de evaporação maiores relativamente aos açudes mais próximos, de Cedro, Choró e Joaquim Távora. Além dêsse aspecto, esclarecemos que utilizamos no cálculo as alturas de evaporação observadas, sem considerar quaisquer correções, que sempre atuam no sentido de reduzir os índices de evaporação medidos. A partir das alturas mensais médias calculamos os volumes mensais de evaporação admitindo como permanente no lago a cota do espelho d'água correspondente a 140 metros. É fácil sentir que também aqui nos colocamos de lado da segurança, pois durante cerca de 50% do ano o espelho d'água estará em cota inferior à considerada no cálculo (V. gráficos de permanência de níveis d'água no reservatório), além de que se deve levar em conta que os períodos de estiagem, quando a evaporação é mais intensa, são justamente aquêles que correspondem aos menores espelhos d'água no reservatório.

A partir das hipóteses desfavoráveis adotadas quanto à evaporação, podemos considerar incluídas nessa parcela as perdas por infiltração na barragem e na bacia hidráulica, assim como as perdas d'água nos aparelhos de manobra.

Há várias formas de se considerar o efeito da evaporação no dimensionamento de reservatórios de acumulação sendo a mais precisa aquela que deduz paulatinamente as evaporações dos deflúvios acumulados, resultando em uma nova curva que representa o saldo dos deflúvios depois de deduzida a evaporação. Foi êsse o critério por nós adotado no estudo do Banabuiu onde deduzimos, ao longo dos quarenta anos, as evaporações mensais médias acima referidas. Com isso obtivemos uma curva crescente ou até decrescente nos períodos de estiagens mais rigorosas, a curva dos deflúvios acumulados reduzidos que nos serviu de base para os cálculos posteriores.

Como números característicos resultantes da construção das curvas dos deflúvios acumulados e dos deflúvios acumulados reduzidos, podemos apresentar o quadro abaixo:

	Curva dos deflúvios acumulados	Curva dos deflúvios acumulados reduzidos
	Sem deduzir a evaporação	deduzindo a evaporação
Deflúvio total em 40 anos	$62 \times 10^{15} \text{ m}^3$	$54 \times 10^{15} \text{ m}^3$
Deflúvio anual médio	$1,55 \times 10^{15} \text{ m}^3$	$1,35 \times 10^{15} \text{ m}^3$
Vazão média em 40 anos	$49 \text{ m}^3/\text{s}$	$43 \text{ m}^3/\text{s}$

6 — *Diagrama de Rippl. Análise. Vazão máxima regularizável. Cálculo das vazões de aproveitamento para diversas alternativas diferentes.*

Para determinar o trem de anos secos mais desfavorável construímos a curva dos deflúvios anuais diferenciais, onde ficaram definidas em relação ao ano médio, as várias sequências de anos que se mantiveram abaixo da média.

Dentre êles dois períodos, o de 1927-1934 e o de 1950-1957, se destacavam, não só pela duração de cerca de sete anos em ambos, como também pela mesma ordem de grandeza dos deflúvios anuais mínimos atingidos.

Analisados êsses dois períodos pelo Diagrama de Rippl chegamos a conclusão que realmente o trem de anos secos mais desfavorável foi aquêle que corresponde ao intervalo de tempo entre maio de 1950 a maio de 1957.

Admitindo-se então como hipótese definitiva de cálculo o período 1950-1957, verificamos que a vazão máxima regularizável seria de $11,9 \text{ m}^3/\text{s}$, o que obrigaria a uma acumulação no reservatório de um volume útil igual a $1.987.200.000 \text{ m}^3$ que somado ao volume inerte correspondente ao nível d'água na cota 115 m resultará no volume total acumulado de $2.210.590.625 \text{ m}^3$ com a crista do sangrador de soleira fixa na cota 146 m. Acrescendo-se a essa situação as alturas relativas à onda (2,50 m) e considerando-se uma lâmina vertente de 2 metros chegaremos à cota 150,50 m no coroamento da barragem. Admitindo-se a construção de um parapeito de concreto com um metro de altura, tal solução consistiria em se elevar o coroamento da barragem de terra para a cota 149,50 m, três metros e cinquenta acima da situação do projeto atual.

Prevendo-se a utilização de comportas móveis no sangrador e também a construção do parapeito de concreto ao longo da crista, com a regularização da mesma vazão de $11,9 \text{ m}^3/\text{s}$, poder-se-á baixar a cota do coroamento da barragem de terra para 147,50m, correspondendo a 146,00 m a cota do nível d'água máximo.

Parece-nos que a possibilidade de regularização total justificaria economicamente a utilização de comportas móveis, o que além de reduzir a altura total da barragem do valor correspondente à lâmina vertente (2,00 m) concorreria para o melhor rendimento hidráulico do sangrador.

Definida a situação de regularização máxima passamos a considerar a hipótese de cálculo correspondente ao projeto existente, em execução, e verificamos para alturas diferentes de lâmina vertente e para condições várias de níveis d'água mínimos no reservatório, isto

é, para volumes inertes diversos, qual a vazão regularizada, levando em conta, para fins de comparação, o critério de aproveitamento energético, o que não impede que se considere a finalidade básica de utilização da barragem para irrigação.

Admitida a cota do coroamento da barragem insubmersível igual a 146,00 m, descontamos inicialmente as alturas correspondentes à onda em arrebenção sobre o paramento (fórmulas de Stevenson e Knappen) que, para um "fetch" de 14 quilômetros na bacia hidráulica nos fornece uma folga de 2,35 m, valor esse que, por segurança, aproximamos para 2,50 m.

Deduzida essa altura da cota do coroamento da barragem insubmersível, obtivemos a cota de nível d'água máximo no reservatório (143,50 m).

A contar desta última cota foram lançadas as várias hipóteses de valores da lâmina vertente a fim de definir as cotas da crista do sangrador e, conseqüentemente, os vários volumes úteis correspondentes. Com esses volumes úteis, no diagrama de Rippl, pudemos calcular as vazões regularizadas.

O resumo dos cálculos efetuados encontra-se no quadro a seguir:

Altura da Lâmina vertente (m)	Vazões Regularizadas — m ³ /s			
	Cota do nível d'água mínimo (lastro) — m			
	110,00	115,00	120,00	125,00
2,00	8,917	8,428	7,947	6,924
3,00	8,183	7,812	7,214	6,147
4,00	7,750	7,212	6,531	5,600

Cota do coroamento da barragem
insubmersível 146,00 m
Cota do nível d'água máximo .. 143,50 m

Constatamos que a cota do lastro correspondente a 115,00 m é aquela que representa a situação mais favorável quanto à acumulação, conforme bem o demonstra a curva de variação dos volumes

acumulados diferenciais, cuja tangente se inclina sempre mais a partir dessa situação.

O cálculo das vazões regularizadas admitindo-se o lastro na cota 110,00 m veio confirmar o raciocínio acima, visto que o acréscimo percentual de vazão varia de 5 a 7 % em relação aos valores análogos com o lastro na cota de 115,00 m, enquanto que a diminuição da potência mínima disponível é da ordem de 14 a 17 %, como veremos mais adiante.

Verificado o melhor aproveitamento do conjunto de obras hidráulicas com o lastro na cota 115,00 m realizamos para essa situação novos cálculos supondo, conforme havíamos feito para o caso da vazão máxima regularizável:

- a — O acréscimo da altura da barragem em um metro pela construção de um parapeito de concreto com soleira na cota 147,00 m;
- b — a utilização de comportas móveis no sangrador.

A partir dessas premissas foi organizado o quadro seguinte:

VAZÕES REGULARIZADAS (m ³ /s)	
Sangrador com soleira fixa	Sangrador com comportas móveis
$h_v = 2 \text{ m} - 9,202$	
$h_v = 3 \text{ m} - 8,428$	10,709
$h_v = 4 \text{ m} - 7,812$	

cota da soleira do parapeito 147,00 m
 cota do nível d'água máximo 144,50 m
 cota do nível d'água mínimo (lastro) 115,00 m

- 7 — *Cálculo das potências mínimas disponíveis para diversas alternativas diferentes. Previsão da operação do reservatório durante quarenta anos. Curva de permanência das potências. Energia média anual e potência média disponível.*

Calculadas as vazões de aproveitamento para as alternativas da

cota do lastro e altura da lâmina vertente vistas no item anterior, pode-se determinar as potências mínimas disponíveis supondo o fator de carga igual a um, desde que admitidas certas simplificações de cálculo.

Consideramos igual a 75 % o rendimento total do sistema hidráulico-mecânico do aproveitamento.

Isso nos possibilitará o cálculo das potências mínimas, desde que conhecemos as vazões regularizadas e as alturas brutas firmes com as quais se pode contar durante todo o tempo. Essas alturas brutas são as diferenças entre a cota do nível d'água do lastro no reservatório e do nível d'água na restituição das turbinas, que consideramos corresponder à cota obtida através da curva chave sendo conhecida a cota do zero da régua a jusante do aproveitamento.

H_b — cota n.a. mínimo no reservatório — cota n.a jusante (m)

Q = vazão regularizada (m^3/s)

P = Potência mínima

$P = 7,35 Q H_b$ (kw) ou $10 Q H_b$ (cv)

Com os dados já obtidos podemos construir o quadro a seguir:

Altura da lâmina vertente (m)	POTÊNCIAS MÍNIMAS DISPONÍVEIS — Kw			
	Cota do nível d'água mínimo (lastro) . m			
	110,00	115,00	120,00	125,00
2,00	1480	1700	1900	1910
3,00	1350	1580	1730	1700
4,00	1280	1460	1550	1550

Cota do coroamento da barragem
 insubmersível 146,00 m
 cota do nível d'água máximo 143,50 m
 Fator de carga 1

Para as duas hipóteses supondo o acréscimo da altura útil devido a construção do parapeito de concreto, teremos:

POTÊNCIAS MÍNIMAS DISPONÍVEIS — Kw	
Sangrador com soleira fixa	Sangrador c/comportas
$h_v = 2 \text{ m} \text{ — } 1860$	
$h_v = 3 \text{ m} \text{ — } 1710$	2.160
$h_v = 4 \text{ m} \text{ — } 1580$	

Cota de soleira do parapeito	147,00 m
Cota do nível d'água máximo	144,50 m
Cota do nível d'água mínimo no reservatório (lastro)	115,00 m
Fator de carga	1

Consideraremos ainda o caso de regularização total da vazão de 11,9 m³/s, com o lastro na cota 115,00 m, que corresponderá a uma potência mínima disponível igual a 2400 Kw, admitido o fator de carga igual a 1.

Dentre as várias alternativas estudadas julgamos conveniente tratar com mais detalhe as duas que, aproveitando o projeto existente, pela simples construção de um muro de concreto com altura normal de um parapeito, permitem aumento de 8 a 10 % nas vazões e potências de aproveitamento.

É preciso também ver o problema sob ponto de vista prático, pelo qual, desde que o coroamento da barragem será utilizado como estrada, se fará necessária uma proteção aos que circulam por ela, inclusive rebanhos, o que já justificaria em parte a construção do parapeito previsto.

Quanto ao emprêgo de comportas a escolha foge ao escôpo deste trabalho, tendo-nos todavia, preocupado em apresentar essa alternativa em aspecto mais economicamente realizável.

Esclarecemos que sômente será possível a definição mais precisa das características principais do sangrador a ser projetado quando da segunda fase de nossos trabalhos, já propostos ao DNOCS, em que será calculada a vazão de máxima enchente, seu amortecimento

no reservatório do Banabuiu e estudado o sangrador mais econômico em modelos reduzidos. Até então o DNOCS, utilizando meios e dados de que dispõe, como sejam, custos de amortização e manutenção de estruturas de contrôle, custo de kw-h, rentabilidade da produção de energia, rentabilidade direta ou indireta das águas de irrigação, poderá nos fornecer informações ou mesmo definir situações que interessam à objetividade dos estudos posteriores, de escritório e de laboratório.

Para as duas alternativas referidas calculamos, no diagrama de Rippl, os períodos de operação do reservatório ao longo dos 40 anos, o que nos permitiu, através de laborioso cálculo gráfico, definir as cotas médias mensais dos espelhos d'água no lago. Com êsses dados tabelados construímos a curva de permanência dos níveis d'água médios mensais e através da correlação dêsses planos d'água com as alturas brutas de aproveitamento pudemos calcular a curva de permanência das potências médias mensais, considerando-se no cálculo as vazões regularizadas e o fator de carga igual a 1.

Apresentamos os gráficos I e II que ilustram suficientemente o que foi acima exposto.

Deles retiramos as potências médias de aproveitamento que são, respectivamente:

sangrador com soleira fixa — 3350 K_w

sangrador com comportas móveis . 4050 K_w

A partir dêsses dados e admitindo o fator de carga variando de 0,2 a 1,0 construímos o quadro abaixo:

TIPO DE SANGRADOR	POTÊNCIAS — Kw					
	Fator de carga — f.c.					
Com soleira fixa	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
		16750	8380	6700	5580	4190
Com comportas móveis	20250	10125	8100	6750	5060	4050

Com relação ao cálculo das potências médias, baseado na curva de permanência dos níveis d'água no reservatório, queremos frisar

que essa permanência foi considerada de forma conservativa no caso do sangrador com soleira fixa, desde que admitimos como nível d'água máximo aquele correspondente à cota do sangrador quando, na realidade, por ocasião das maiores enchentes, com o reservatório sangrando, o nível d'água oscilará entre 102,50 e 144,50 m. Ai então poderiam ser aproveitadas potências superiores às calculadas.

8 — Conclusões

Os cálculos hidrológicos aqui relatados não levaram em consideração o efeito de regularização dos açudes a montante do Banabuiu em Boqueirão do Meio, o que representa um fator de segurança quanto ao dimensionamento do reservatório. Propomo-nos, todavia, a considerar este aspecto quando da apresentação do estudo do sangrador.

Quanto às várias hipóteses de regularização previstas recomendamos como mais interessantes as seguintes:

1 — Aproveitamento do projeto existente, mantendo-se suas características e sendo construído um parapeito de concreto com soleira na cota 147,00 m :

1.a — Sangrador com soleira fixa na cota 142,50 m.

Vazão regularizada	9,202 m ³ /s
Potência disponível ($f_c = 1$)	3.350 Kw
Potência disponível ($f_c = 0,5$)	6.700 Kw

1.b — Sangrador com comportas móveis.

Vazão regularizada	10,709 m ³ /s
Potência disponível ($f_c = 1$)	4.050 Kw
Potência disponível ($f_c = 0,5$)	8.100 Kw

2 — Elevação da cota do coroamento da barragem de terra para 147,50 m, com a soleira do parapeito na cota 148,50 m, utilizando-se comportas móveis na crista do sangrador.

Vazão regularizada	11,900m ³ /s
Potência mínima disponível	2.400 Kw

Conforme já dissemos anteriormente, apesar das dificuldades que são acarretadas pela operação e manutenção de dispositivos mecânicos de controle do sangrador, acreditamos ser mais compensador

econômicamente utilizar-se neste caso comportas móveis porque o ganho em dois metros de altura útil representa parcela ponderável e significa um acréscimo de apenas 1,50 m na altura total da barragem de terra projetada, em execução, com significativo aumento de vazão regularizada e potência disponível, esgotando as possibilidades naturais do rio.

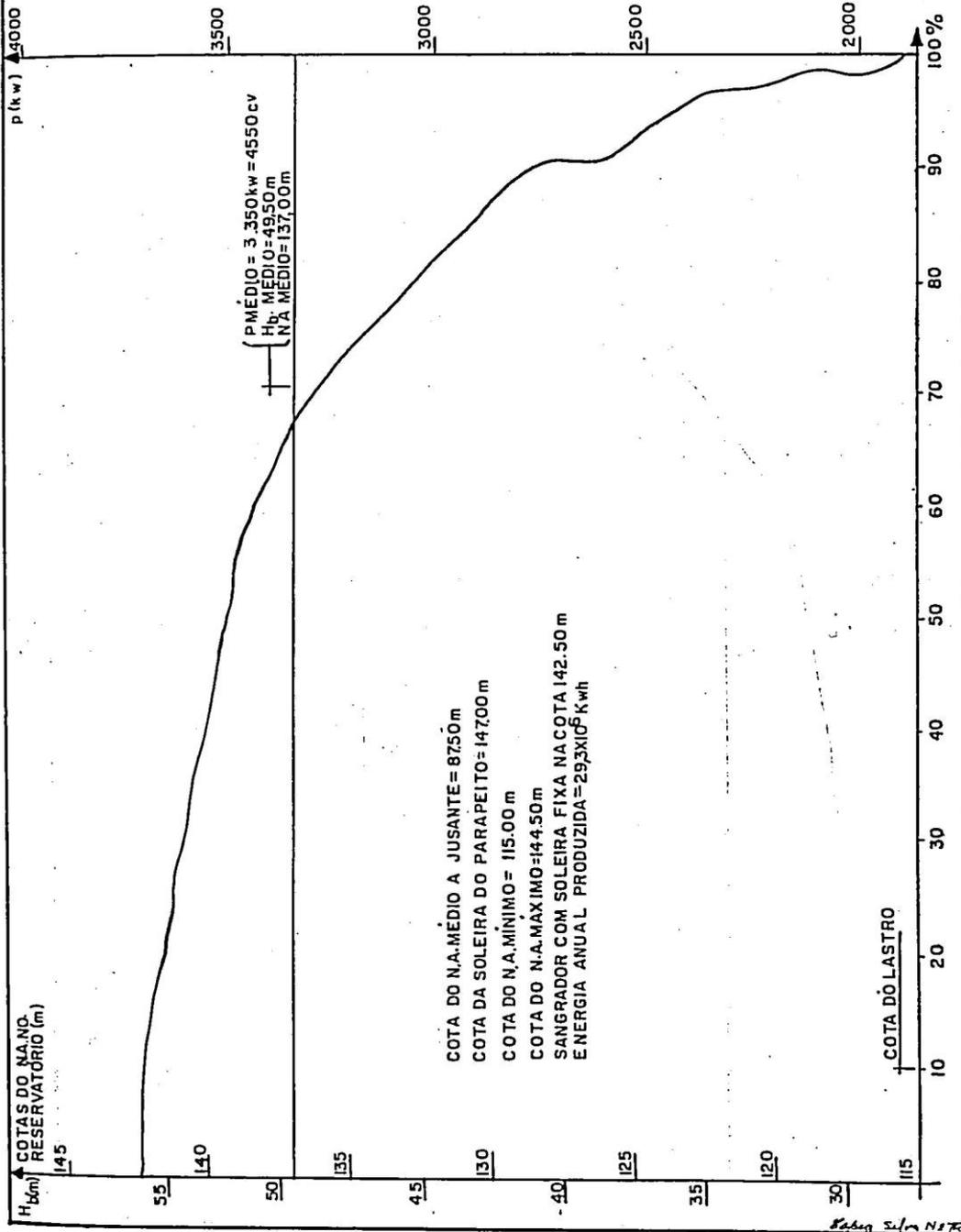
No estudo do sangrador explanaremos de maneira ampla todos os cálculos e trabalhos ora equacionados em seus aspectos fundamentais necessários à caracterização do problema hidrológico de regularização do rio Banabuiu no local Boqueirão do Meio.

ESTUDO HIDROLÓGICO DO RIO BANABUIÚ
EM BOQUEIRÃO DO MEIO

GRÁFICO I

CURVA DE PERMANÊNCIA DAS POTÊNCIAS MÉDIAS DISPONÍVEIS.
ALTURAS BRUTAS E NÍVEIS D'ÁGUA NO RESERVATÓRIO - PERÍODO
DE 1921 A 1960

$Q_{reg} = 9,202 \text{ m}^3/\text{s}$



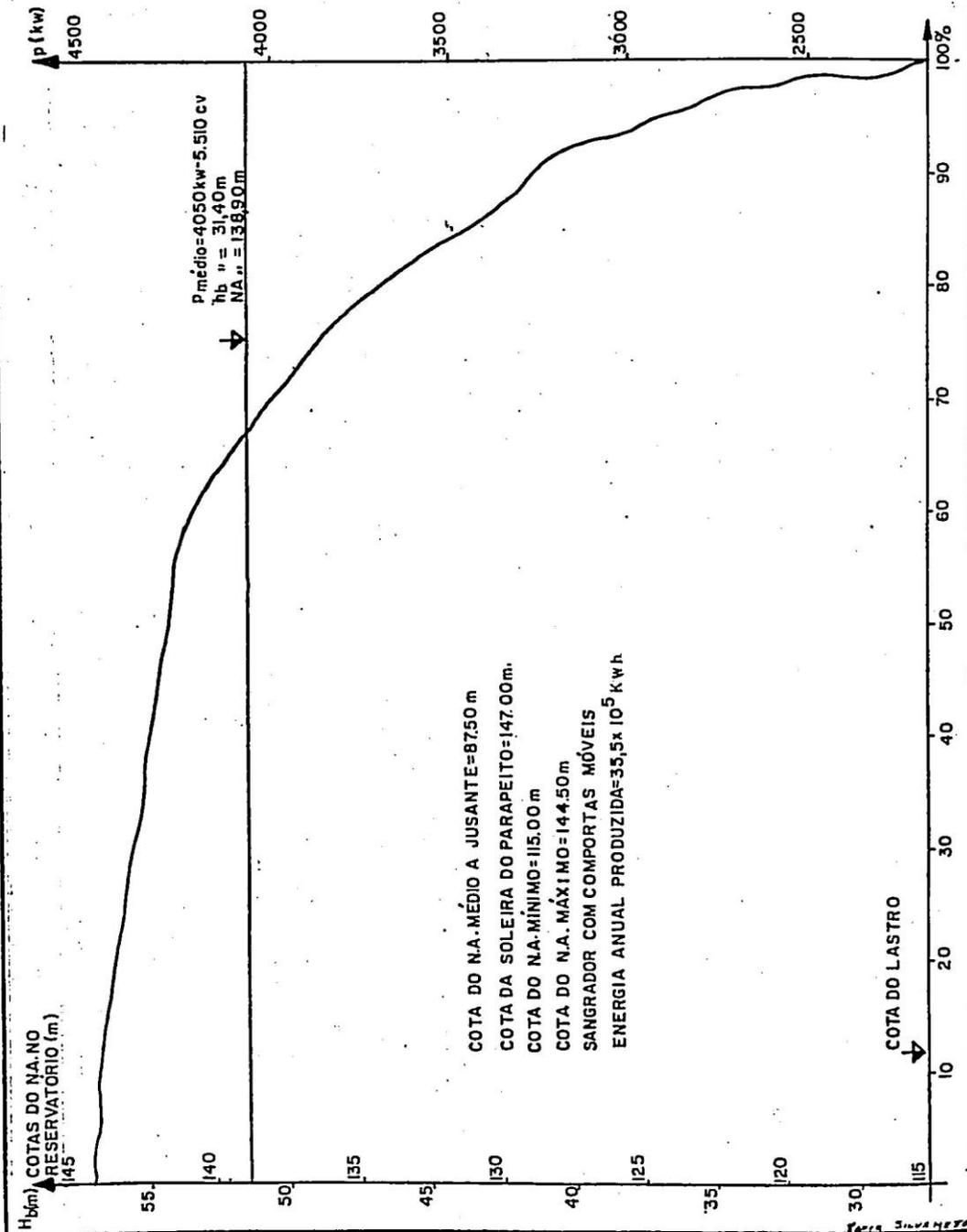
Eng. Silva Neto

ESTUDO HIDROLÓGICO DO RIO BANABUIÚ EM BOQUEIRÃO DO MEIO

GRÁFICO II

CURVA DE PERMANÊNCIA DAS POTÊNCIAS MÉDIAS DISPONÍVEIS,
ALTURAS BRUTAS E NÍVEIS D'ÁGUA NO RESERVATÓRIO—PERÍODO
DE 1921 A 1960

$Q_{reg} = 10,709 m^3/s$



RECONHECIMENTO AGROLÓGICO DA
BACIA DE IRRIGAÇÃO DO AÇUDE
PÚBLICO "POÇO DA CRUZ"

RECONHECIMENTO AGROLÓGICO DA BACIA DE IRRIGAÇÃO DO AÇUDE PÚBLICO "POÇO DA CRUZ" (Pe.) (*)

Antônio Sérgio Ferreira (**)

Introdução

Promovendo um trabalho pioneiro neste Departamento, é com prazer que a DPEP dá divulgação ao primeiro levantamento agrológico executado com fundamento no estudo da fotointerpretação para pedologia.

Sentindo a deficiência dos antigos métodos empregados em serviços desta natureza, os quais dificultavam sua elaboração e execução, procurou esta Diretoria introduzir a técnica da aerofotogrametria, de maneira a permitir, em curto prazo, a execução dos planos necessários ao aproveitamento das bacias de irrigação inscritas no Polígono das Sêcas.

Nesta primeira fase de estudos deste gênero, a equipe encarregada do levantamento agrológico foi constituída pelo Eng.^o Agrônomo Antônio Sérgio Ferreira, Geólogo Maurício Cardoso do Rêgo e o Aerofotogrametrista Eraldo Nunes, os quais procuraram elaborar o presente trabalho com o máximo de dedicação e eficiência.

As falhas ou omissões porventura ainda existentes, devem-se ao fato de ter sido esta a primeira vez que se procura dar nova orientação a serviços já consagrados por métodos convencionais.

O importante, entretanto, é que foi vencida a primeira etapa e esperamos contar com a preciosa colaboração dos demais setores do DNOCS, nos futuros empreendimentos no campo da agrologia.

1 — Aspectos Gerais da Área

1.1 — ÁREA LEVANTADA

O presente estudo do levantamento agrológico da bacia de irri-

(*) Trabalho executado durante o ano de 1965.

(**) Eng.^o Agrônomo. Chefe do Serviço de Agrologia da Diretoria de Pesquisas, Estudos e Projetos do DNOCS.

gação do Açude Público "PÔÇO DA CRUZ", abrangeu uma área de 4.531 Ha, numa extensão aproximada de 40 Km, desde a jusante da barragem até a localidade denominada "Pôço Verde".

1.2 — SISTEMA

O referido açude está integrado no Sistema do Moxotó, represando as águas do rio Moxotó, tendo uma capacidade de 505 milhões de m³ d'água.

1.3 — SITUAÇÃO E LIMITES

A área a que se refere êste trabalho situa-se, aproximadamente, entre os paralelos de 8°30' a 8°50' de latitude sul e os meridianos de 37°35' e 37°45' de longitude a oeste de Greenwich.

O açude está localizado a 4 Km da cidade de Ibimirim, Estado de Pernambuco. Esta cidade comunica-se com outras mais importantes, conforme mostra a figura I.

1.4 — CLIMA

Pelos dados tirados do mapa "Tentativa de Classificação das Regiões Naturais do Nordeste" — organizado pelo Eng.^o Agrônomo José Guimarães Duque — a região está classificada como "Caatinga", com chuvas de inverno na estação chuvosa e estação sêca no verão.

Segundo dados anotados na Seção de Hidrologia-DPEP, a região estudada apresentou, no período de 1935-1962, as seguintes características climatológicas:

Precipitação média anual	560 mm
Precipitação máxima anual (1940)		956 mm
Precipitação mínima anual (1942)		310 mm
Estação chuvosa	dezembro a maio
Estação sêca	junho a novembro

1.5 — VIAS DE COMUNICAÇÃO

A cidade de Ibimirim está diretamente ligada a outras cidades por Rodovias Federais, tais como BR-12, BR-25, Rodovia Estadual PE-81 e estradas carroçáveis, influenciando dêste modo na comercialização de seus produtos com outros mercados (Vide figura I).

1.6 — VEGETAÇÃO

Constatou-se na cobertura vegetal uma predominância da vegetação nativa, constituída dos tipos: herbácea, arbustiva e arbórea. Algumas espécies encontradas são citadas no capítulo 4.

Também foram observadas algumas culturas temporárias,

abrangendo uma menor área em relação à vegetação nativa e entre elas mencionamos: algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita Pepo* L.), melancia (*Citrillus vulgaris* Scharad).

Entre as culturas permanentes citam-se a palma forrageira (*Cactus Ficus-indicus* L.), que aparece em maior escala, e a bananeira (não identificada).

1.7 — QUADRO GERAL DA ÁREA LEVANTADA

Na realização dos trabalhos procurou-se enquadrar os tipos de solos em classes, obedecendo a um critério de classificação, com a finalidade de se fornecer subsídios para a irrigação, relacionados com o aproveitamento dos solos da bacia de irrigação.

Apresentamos na figura II, um quadro geral da área que foi estudada e levantada.

2 — Métodos de Trabalho

2.1 — TRABALHO DE ESCRITÓRIO

A primeira fase de trabalho foi realizada na Seção de Aerofotogrametria da DPEP. Iniciou-se com o estudo interpretativo das fotografias aéreas, procedendo-se, concomitantemente, a organização de uma legenda preliminar, visando à identificação das manchas de solos.

Esta legenda permitiu separar as manchas de solos, observando-se os fatores padrões auxiliares usados para interpretação das fotografias aéreas, destacando-se entre eles: tonalidade, textura, drenagem, morfologia, distribuição da vegetação e topografia.

Com estas observações, conseguimos agrupar as manchas de solos, que apresentavam os mesmos padrões, reconhecendo-se de uma maneira geral toda a área a ser levantada.

2.2 — TRABALHO DE CAMPO

Esta etapa consistiu no emprego de três métodos diferentes:

a) MÉTODO DE TRABALHO DE CAMPO: — Este teve como principal objetivo constatar a coerência entre os resultados obtidos, através dos estudos realizados, preliminarmente, no escritório, com o estudo procedido "in locu", relativo às características morfológicas dos perfis de solos.

As manchas demarcadas nas fotografias sofreram algumas mo-

dificações, que foram introduzidas através de um reconhecimento exploratório ao longo de percursos de prospecção com trados e estudos das sondagens.

No desenvolver destes percursos procuramos registrar os elementos referentes às características morfológicas dos perfis de solos e observações relativas à vegetação, topografia, drenagem, etc.

Fizemos esta prospecção, acompanhando, progressivamente, todas as manchas de solos demarcadas nas fotografias aéreas.

Depois de comprovar os dados fornecidos pela fotointerpretação, com os dados apanhados em campo, conseguimos uma classificação individualizada para os diversos tipos de solos, estabelecendo-se assim, o conceito das unidades de mapeamento, tomando-se por base o esquema de classificação adotado ao nível de campo, complementado pelas análises de laboratório.

No trabalho de campo tivemos também a parte de estudos dos perfis, que será citado noutro capítulo.

b) MÉTODO DE TRABALHO DE ESCRITÓRIO (campo): O serviço de escritório de campo compreendeu a catalogação das descrições dos perfis estudados, a interpretação, a compreensão de dados tirados da fotografia e a confecção do mapa final na escala de 1:25.000.

Cada descrição de perfil, depois de ser estudada, era submetida a apreciações que tinham como finalidade observar os detalhes morfológicos de cada tipo de solo.

A interpretação e compreensão da fotografia permitiu confrontar os dados observados em campo, com o estudo da fotointerpretação. Tornou-se norma para nós o estudo da fotografia, sempre que íamos e voltávamos do campo, com o fito de enquadrar nas unidades de mapeamento os tipos de solos encontrados.

Na conclusão final do trabalho de escritório elaboramos o mapa do levantamento realizado.

c) MÉTODO DE LABORATÓRIO DE CAMPO: — Este método de trabalho consistiu em determinarmos no campo a análise quantitativa dos sais solúveis no complexo do solo.

As determinações por processo de campo foram feitas com reagentes químicos, entre eles:

1 — Nitrato de Prata (AgNO_3), reagente químico para a determinação de cloretos.

2 — Ácido Clorídrico (HCl), caracterizava a presença de carbonatos.

Foram realizados testes de salinidade para todos os horizontes de cada perfil, ficando bem determinada a presença de sais solúveis nas sondagens estudadas. Também, no estudo com o trado, verificou-se até à profundidade de 0,70 metro, os mesmos testes citados.

3 — Descrição dos Perfis

3.1 — CONSIDERAÇÕES GERAIS

No estudo pedológico devemos distinguir claramente as características morfológicas de um perfil de solo, que permitam a identificação e o conceito do mesmo.

Na descrição detalhada de um perfil anotamos as características observadas, como: côr, textura, estrutura, etc. e de uma maneira geral seguimos as normas e definições do "Soil Survey Manual", que especificamos a seguir:

a) CÔR: — A designação da côr foi dada em português ao nível de campo e comparada com as côres do "Munsell Soil Color Charts", indicando-se os símbolos do matiz (hue), valor (value) e cromia (chroma).

b) TEXTURA — A análise mecânica fornece-nos as Classes Texturais, definindo as diferentes combinações de areia, silte e argila. No estudo de campo, as texturas foram determinadas de um modo estimativo, de maneira que pudéssemos observar as diferentes Classes Texturais, sendo reconhecidas pelo tato, pressionando-se o solo umedecido com os dedos.

c) ESTRUTURA: — Foi adotada a classificação do "Soil Survey Manual" destacando-se quanto ao grau de desenvolvimento, tamanho e tipo

1 — Grau de desenvolvimento: Fraca (weak), moderada (moderate), forte (strong), maciça (massive).

2 — Tamanho: Pequena (fine), média (medium), grande (coarse).

3 — Tipo: Granular (granular), subangular (subangular), angular (angular), colunar (columnar), prismática (prismatic), laminar (platy).

d) CONSISTÊNCIA: — Foi determinada no estado sêco, úmi-

do e molhado, sempre referindo-se a uma amostra de solo tirada do perfil.

1 — Estado sêco: sôlto (loose), macio (soft), ligeiramente duro (slightly hard), duro (hard) e muito duro (very hard).

2 — Estado úmido: sôlto (loose), muito friável (very friable), friável (friable), firme (firm) e muito firme (very firm).

3 — Estado molhado: quanto à pegajosidade: não pegajoso (nonsticky), ligeiramente pegajoso (slightly sticky), pegajoso (sticky) e muito pegajoso (very sticky).

Quanto à plasticidade: não plástico (non-plastic), ligeiramente plástico (slightly plastic), plástico (plastic) e muito plástico (very plastic).

e) TRANSIÇÃO: — Para distinguir os horizontes foram usados os termos: difusa (diffuse), gradual (gradual), clara (clear) e abrupta (abrupt).

3.2 — ESTUDO DOS PERFIS

Perfil n.º 1:

Data 6-5-65

Origem — Aluvial

Tipo de solo — Aluvião médio salgado (argiloso)

Classe para irrigação — 2.^a ou 3.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Nativa, espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Até 1 metro, raras no perfil

Salinidade — Teor de sal em todos horizontes.

- 1.^a Camada 0 — 15 cm. Amarelo claro (10YR 7/6), franco arenoso, moderada, pequena, subangular, macio e ligeiramente duro, friável ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 2.^a Camada 15 — 40 cm. Brumo amarelado (10YR 5/6), franco arenoso, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 3.^a Camada 40 — 100 cm. Brumo acinzentado (10YR 5/4), franco arenoso, moderada, média, subangular, duro, friável, pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.

4.^a Camada 100 — 200 cm. Brumo amarelado (10YR 5/6), franco arenoso, fraca, pequena, granular, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico.

Perfil n.º 2:

Data — 10-5-65
Origem — Aluvial
Tipo de solo — Aluvião leve
Classe para irrigação — 1.^a ou 2.^a classe
Topografia — Irregular com depressões
Vegetação — Nativa, espécies arbóreas
Uso agrícola — Plantio de milho e palma
Raízes — Até 1,25 metro
Salinidade — Nihil

1.^a Camada 0 — 25 cm. Amarelada (10YR 5/4), franco arenoso, maciça, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição difusa.

2.^a Camada 25 — 55 cm. Amarelo laranja (10YR 5/6), areia, maciça, macio, muito friável, não pegajoso, não plástico, transição clara.

3.^a Camada 55 — 105 cm. Pardo (10YR 4/3), arenoso, maciça, macio, friável, pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.

4.^a Camada 105 — 125 cm. Brumo cinza (10YR 5/3), franco argilo-arenoso, maciça, macio, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.

5.^a Camada 125 — 165 cm. Brumo amarelo (10YR 5/6), franco argilo arenoso, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, pegajoso, plástico, transição clara.

6.^a Camada 165 — 190 cm. Areia lavada.

Perfil n.º 3:

Data 11-5-65
Origem — Aluvial
Tipo de solo — Aluvião leve
Classe para irrigação — 1.^a ou 2.^a classe
Topografia — Irregular com depressões
Vegetação — Nativa, espécies arbóreas, arbustivas
Uso agrícola — Plantio de milho e feijão
Raízes — Até 1,10 metro
Salinidade — Nihil

- 1.^a Camada 0 — 10 cm. Brumo amarelado (10YR 5/3), arenoso franco, fraca, pequena, subangular, macio, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 2.^a Camada 10 — 40 cm. Brumo amarelado (10YR 5/3), arenoso franco, maciça, macio, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.
- 3.^a Camada 40 — 90 cm. Amarelo laranja (10YR 6/4), arenoso, maciça, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição clara.
- 4.^a Camada 90 — 180 cm. Brumo amarelado (10YR 5/4), arenoso franco, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, plástico.

Perfil n.º 4:

Data 13-5-65

Origem — Aluvial

Tipo de solo — Aluvião médio (argiloso)

Classe para irrigação — 1.^a ou 2.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Nativa, espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Até 1,20 metro

Salinidade — Nihil

- 1.^a Camada 0 — 10 cm. Amarela (10YR 6/4), franco arenoso, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição difusa.
- 2.^a Camada 10 — 65 cm. Brumo amarelado (7,5 YR 4/4), franco arenoso, moderada, média, subangular, duro, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 3.^a Camada 65 — 120 cm. Brumo cinza (10YR 4/3), franco argilo-arenoso, fraca, pequena, subangular, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição clara.
- 4.^a Camada 120 — 180 cm. Brumo amarelado (10YR 5/6) franco arenoso, maciça, macio, friável, ligeiramente pegajoso, não plástico.

Perfil n.º 5:

Data 14-5-65

Origem — Aluvial

Tipo de solo — Aluvião médio salgado (argiloso)

Classe para irrigação — 2.^a ou 3.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Nativa, espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Até 1,20 metro

Salinidade — Salgado em todos os horizontes

- 1.^a Camada 0 — 10 cm. Amarelada (10YR 5/4), franco argiloso-arenoso, moderada, média, subangular, macio, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.
- 2.^a Camada 10 — 60 cm. Brumo (10YR 4/2), franco argiloso, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, pegajoso, plástico, transição difusa.
- 3.^a Camada 60 — 110 cm. Brumo (10 YR 4/2), franco argiloso, moderada, média, subangular, ligeiramente duro, friável, pegajoso, plástico, transição difusa.
- 4.^a Camada 110 — 165 cm. Brumo amarelado (10YR 5/4), maciça, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, plástico.

Perfil n.º 6:

Data 18-5-65

Origem — Aluvial

Tipo de solo — Aluvião médio salgado (argiloso)

Classe para irrigação — 2.^a ou 3.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Nativa, espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Raras no 1.^o horizonte e muito raras nos demais

Salinidade — Salgado em todos os horizontes.

- 1.^a Camada 0 — 15 cm. Brumo escuro (7,5 YR 3/2), franco argiloso, fraca, pequena, subangular, ligeiramente duro, friável, pegajoso, plástico, transição difusa.
- 2.^a Camada 15 — 50 cm. Escuro (10YR 3/3), franco argiloso, fra-

ca, pequena, subangular, duro, firme, pegajoso, plástico, transição clara.

- 3.^a Camada 50 — 105 cm. Brumo amarelado (10YR 4/4), franco argilo-arenoso, maciça, ligeiramente duro, friável, pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 4.^a Camada 105 — 135 cm. Brumo cinza (10YR 5/4), franco arenoso, maciça, ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição difusa.
- 5.^a Camada 135 — 165 cm. Amarela (10YR 5/6), arenoso, franco, maciça, macio, friável, ligeiramente pegajoso, não plástico.

Perfil n.º 7:

Data — 19-5-65

Origem — Aluvial

Tipo de solo — Aluvião pesado salgado (muito argiloso)

Classe para irrigação — 3.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Sem vegetação

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Raras nos primeiros 15 cm.

Salinidade — Salgado em todos os horizontes.

- 1.^a Camada 0 — 40 cm. Brumo (10YR 3/2), argiloso, moderada, média, subangular, duro, firme, pegajoso, plástico, transição clara.
- 2.^a Camada 40 — 100 cm. Escura (10YR 3/1), argilosa, maciça, duro, firme, pegajoso, plástico, transição clara.
- 3.^a Camada 100 — 170 cm. Brumo amarelado (10YR 4/4), franco argilo-arenoso, maciça, ligeiramente duro, friável, pegajoso, plástico.

Perfil n.º 8:

Data — 20-5-65

Origem — Eluvial

Tipo de solo — Tabuleiro arenítico (Umbuzeiro)

Classe para irrigação — 3.^a ou 4.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Pastagem nativa

Uso agrícola — Sem uso

Raízes — Até 1,70 metro, raras no perfil

Salinidade — Nihil

Horizontes :

- 1 — 0 — 30 cm. Amarelo laranja (5 YR 6/6), arenoso franco, maciça, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição difusa.
- 2 — 30 — 70 cm. Vermelho claro (5 YR 6/8), franco arenoso, maciça, macio, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.
- 3 — 70 — 110 cm. Amarelo laranja (7,5 YR 6/6), franco arenoso, maciça, ligeiramente duro, friável, pegajoso, ligeiramente plástico, transição clara.
- 4 — 110 — 180 cm. Amarelada (10YR 7/6), franco arenoso, fraca, pequena, subangular, duro, friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico.

Perfil n.º 9:

Data — 21-5-65

Origem — Eluvial

Tipo de solo — Tabuleiro arenítico (Mirim)

Classe para irrigação — 3.^a ou 4.^a classe

Topografia — Plana

Vegetação — Nativa, tipo arbórea, herbácea e pastagem

Uso agrícola — Plantio de milho

Raízes — Até 1,10 metro

Salinidade — Nihil

Horizontes :

- 1 — 0 — 110 cm. Amarelo (10YR 7/6), arenoso, maciça, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, não plástico, transição difusa.
- 2 — 110 — 170 cm. Amarelo (10YR 8/6), arenoso, maciça, macio, muito friável, ligeiramente pegajoso, não plástico.

4 — Descrição dos Tipos de Solos

4.1 — CONSIDERAÇÕES

No levantamento agrológico, restringimo-nos ao estudo de so-

los provenientes de deposições fluviais, constituídos por sedimentos não consolidados de formação relativamente recente, denominados aluviais.

Os sedimentos aluviais, que dão origem a êstes solos, formam camadas dispostas umas sôbre as outras, sem haver sequência na superposição, apresentando assim heterogeneidade quanto à sua composição e granulometria.

As características morfológicas das diversas camadas podem variar, não só de perfil para perfil, como ao longo de um mesmo perfil, tornando-se bastante difícil fazer uma descrição do que seria um perfil típico, devido às variações encontradas.

Para caracterizar e classificar os solos em tipos, não foram consideradas as normas que estabelecem a definição pedogenética de um tipo, adotamos sômente o critério relacionado às classes textuais e algumas características morfológicas.

4.2 — TIPOS DE SOLOS

a) — ALUVIÃO MUITO LEVE

Ocupa uma área de 262,5 Ha.

É um solo formado pelo material mais grosseiro, havendo predominância de areia.

Quanto às propriedades físicas, são consideradas como excelentes. Sua textura está enquadrada na classe arenosa. As camadas apresentam uma consistência que varia de pouco fôfa a fôfa, a consistência do torrão quando sêco, úmido e molhado é sôlto, muito friável e sem teor de pegajosidade e plasticidade.

Sua topografia é plana, não apresentando grau de erodibilidade.

b) — ALUVIÃO LEVE

Perfis estudados n.ºs 2 e 3.

Ocupa uma área de 787,5 Ha.

Êste tipo de solo é constituído por sedimentos de formação mais recente, sendo que a natureza dos sedimentos não foi caracterizada.

Na apreciação do estudo das sondagens n.ºs 2 e 3, verifica-se boa profundidade das camadas, além de 1,50 m; coloração com matiz 10YR, valor 4 a 5 e croma 3 a 6; textura heterogênea; estrutura predominante maciça; consistência quando sêco, geralmente é macio, quando úmido varia de muito friável a friável e quando molhado o

teor de pegajosidade e plasticidade são variáveis; transição clara e difusa.

Quanto às propriedades físicas, apresenta em sua granulometria frações menores que 2 mm de diâmetro, constituída por areia grossa com valores que variam de baixa a alta.

Nas frações menores que 2 mm de diâmetro, em ordem decrescente temos, areia fina, silte e argila, com composição bastante heterogênea.

A densidade aparente tem um valor médio de 1.40 e a densidade real é 2.62.

O valor médio do equivalente de umidade, representativa dos dois perfis, é da ordem de 14 a 16 gr. de água/100 gr. de solo, considerado de baixo teor.

Quanto às propriedades químicas, este solo apresenta reação ligeiramente ácida a ligeiramente alcalina, pois o pH em água varia em torno de 6.55 a 8.0.

A soma das bases permutáveis (S) varia de 10 a 18 mE/100 gr. de terra fina, destacando-se o cálcio como principal base permutável. A capacidade de permuta de cations (T) varia de 10 a 20 mE/100 gr. de terra fina e a saturação de bases (V) está acima de 90% com percentagem muito elevada.

A relação C/N varia de 4 a 7,8.

A proporção de matéria orgânica é baixa com teores de 0,28 a 1,21 %.

Quanto à sua utilização agrícola, foram observadas culturas de milho, palma e feijão.

Do ponto de vista de potencialidade química, este tipo de solo é considerado de boa fertilidade aparente, apresentando valores médio a alto de bases trocáveis e capacidade de troca com alta percentagem de saturação de bases.

Suas propriedades físicas são excelentes por sua profundidade efetiva, textura, drenagem, porosidade, etc.

Os fatores limitantes ao uso agrícola deste solo é a baixa fertilidade em matéria orgânica e fósforo, sendo recomendado experimentos com adubação orgânica e fosfatados, para ver seu comportamento com relação a diferentes culturas.

Outro fator limitante a considerar é a respeito da topografia

que se apresenta diferenciada em partes planas e onduladas o que exigirá serviço de terraplenagem, onerando em certa parte a economia do projeto.

Quanto à sua utilização para fins de irrigação, classificamos como solo de 1.^a classe, pois os fatores limitantes mencionados podem ser facilmente eliminados se tratarmos de usar as recomendações mencionadas.

Vegetação tipo nativa, dominando as espécies: *Arbóreas*, tais como: Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart), Quixabeira (*Brumelia ser-torum* Mart), Angico (*Piptadenia macrocarpa* Benth), Canafistula (não identificado).

c) — ALUVIÃO MÉDIO

Perfil estudado n.º 4.
Ocupa uma área de 1.527 Ha.

São solos que têm como origem depósitos aluvionais, constituídos por materiais mais finos, em que a deposição dos sedimentos indica ser menos recente que o aluvião leve.

Indicamos este tipo de solo como aluvião médio porque as camadas onde as raízes se desenvolvem apresentam textura fina.

Pelo estudo do perfil observamos boa profundidade das camadas, coloração com matiz 10 YR, valor 4 a 6 e croma 3 a 6; textura predominante franco arenoso; estrutura subangular; consistência quando seco, geralmente é ligeiramente duro a duro, quando úmido é friável e quando molhado o teor de pegajosidade é ligeiro e a plasticidade é ligeiramente plástico a não plástico.

Quanto às propriedades físicas, apresenta em sua granulometria valores pequenos e médios de areia grossa e fina e teores médios de limo e argila.

A densidade aparente apresenta um valor médio de 1.40 e a real é 2.62.

O valor da umidade equivalente até a profundidade de 120 cm. é da ordem de 20 gr. de água/100 gr. de solo o que se pode considerar como médio.

Quanto às propriedades químicas, este solo pode ser considerado de reação neutra, o pH está em torno de 7,0.

A soma das bases permutáveis (S) varia de 15 a 17 m E/100 gr. de terra fina, predominando o cálcio com valores de 9 a 12 m

E/100 gr. de terra fina. A capacidade de permuta de cations (T) tem um valor médio de 17 m E/100 gr. de terra fina. A saturação de bases é elevada, acima de 90%.

A relação C/N tem um valor médio de 6.

A proporção de matéria orgânica varia de 0.28 a 1.26.

A fertilidade aparente pode ser considerada como boa, pois apresenta valores em bases trocáveis, capacidade de troca e saturação de bases, relativamente altos.

Também poderemos considerar suas propriedades físicas como excelentes, apresentando as condições de profundidade efetiva, textura, porosidade, drenagem, bastante favoráveis.

Quanto ao uso agrícola dêste tipo de solo, é o mesmo que se verifica para o aluvião leve, em que deveremos observar as mesmas recomendações anteriormente citadas.

Para fins de irrigação, classificamos êste tipo de solo como de 1.^a classe, uma vez que não se observa nenhum fator limitante que possa influir em sua exploração.

Com relação a vegetação nativa, encontramos as seguintes espécies dominantes: Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart), Quixabeira (*Bru-mélia sertorum* Mart), Angico (*Piptadenia macrocarpa* Benth); Canafistula (não identificada).

d) — ALUVIÃO MÉDIO SALGADO

Perfis estudados n.ºs 1, 5 e 6.

Ocupa uma área de 1.102,5 Ha.

Os depósitos aluvionais que deram origem a êste solo são constituídos de materiais mais finos que o aluvião médio, o que pode caracterizar a baixa permeabilidade do mesmo. Também a deposição em teores maiores de sais solúveis contribuiu para a salinização do solo.

No estudo do perfil, verificou-se uma certa influência dos fatores de intemperismo. As camadas encontram-se estruturadas, podendo-se considerar que êste solo já está em fase de formação.

A coloração apresenta um matiz 10 YR e o valor e croma são bastantes variáveis; textura quase sempre franco argiloso, estrutura subangular; consistência ligeiramente duro a duro friável, ligeiramente pegajoso a pegajoso e ligeiramente plástico a plástico.

Quanto as propriedades físicas, apresenta em sua granulometria valores pequenos de areia grossa, médio a alto de areia fina, silte e argila.

A densidade aparente tem um valor médio de 1.40 e a real 2.61.

A umidade equivalente varia de 16 a 26 gr. de água/100 gr. de solo, considerado como médio.

Quanto as propriedades químicas, apresenta reação desde ligeiramente ácido a ligeiramente alcalino.

A soma das bases permutáveis (S) varia de 12 a 40 m E/100 gr. de terra fina, predominando o cálcio em proporção. A capacidade de permuta de cations (T) varia de 12,25 a 40,49 m E/100 gr. de terra fina e a saturação de bases está acima de 90%.

A relação C/N varia de 4,5 a 7,7.

A proporção de matéria orgânica varia desde 0,16 a 1.32.

Sua fertilidade aparente, tomando-se em consideração os teores de S, T e V; pode ser considerada alta.

Com relação as propriedades físicas do solo devemos estar atento a sua porosidade e permeabilidade, e existência de raízes que são poucas no perfil.

Este tipo de solo deve ser considerado inadequado para a irrigação, classificando-se na classe 5, devido a influência combinada dos fatores limitantes: de condutividade elétrica e permeabilidade, contribuindo desta forma em não se poder utilizar o solo nas condições que se apresenta.

Na vegetação nativa encontrada neste tipo de solo, observou-se as seguintes espécies dominantes:

Herbáceas: Capim barba de bode (*Andropogou Virginicus* Linn), Malva branca (*Sidia cordifolia* Linn), Cansação (não identificada), Melosa (*Cássia hispídula* Vahl), etc.

Arbustivos: Pinhão (*Jatrgha curcas* Linn), Jitiana (não identificada), Mandacaru (*Cereus Jamacaru* P. DC), etc.

Arbóreas: Braúna, (*Schinopsis brasiliensis* Engl), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), etc.

e — ALUVIÃO PESADO SALGADO

Perfil estudado n.º 7.

Ocupa uma área de 431,5 Ha.

É um solo formado pela sedimentação do material fino com uma composição granulométrica, dada em grande proporção pela argila.

No perfil observou-se a coloração com matiz 10 YR, valor 3 e 4 e croma 1,2 e 4; textura predominantemente argilosa; estrutura subangular e maciça; consistência duro, firme, pegajoso e plástico; capacidade do perfil muito compacto.

Quanto as propriedades físicas, apresenta em sua granulometria teores elevados de argila e lima.

Densidade aparente é de 1,30.

A umidade equivalente é de 25 a 33 gr. de água/100 gr. de solo, considerado como alta.

Quanto as propriedades químicas, apresenta reação ligeiramente ácida.

A soma das bases permutáveis (S), capacidade de permuta de cations e a saturação de bases, apresentam valores elevados, mostrando com isto a potencialidade química do solo.

A relação C/N varia de 5,8 a 7,0.

Matéria orgânica é dado como baixa devido sua proporção de 0,40 a 0,72.

Tomando-se como base a potencialidade química do solo podemos dizer que este solo possui reservas químicas, porém as propriedades físicas são desfavoráveis, por apresentar má permeabilidade e difícil penetração das raízes no perfil.

Para fins de irrigação consideramos este solo impróprio para a irrigação, ficando enquadrado na classe 5 proveniente dos seguintes fatores limitantes: condutividade elétrica, profundidade efetiva e permeabilidade, tornando assim inadequado o uso deste solo.

f — TABULEIRO

Perfil estudado n.º 8.

Dentro da área estudada o tabuleiro ocupa uma área de 261 Ha.

Fizemos também o estudo de um perfil, localizado fora da área limitada e chegamos a constatar com o estudo dos dois perfis uma diferenciação dos solos, devendo-se com isto, partir para um estudo mais particular para que se possa definir as características morfológicas e as delimitações das unidades.

Pelo estudo do perfil e os quadros de análises físicas e químicas, pode-se verificar de uma maneira muito restrita as características dos solos de tabuleiro.

4.3 — CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Na classificação dos tipos de solos procuramos considerar alguns elementos tomados ao nível de campo, complementado pelo resultado das análises de laboratório.

Baseado nos fatores limitantes que são capazes de influenciar o uso dos solos, consideramos 4 elementos fundamentais:

- a) Profundidade efetiva
- b) Permeabilidade
- c) Grau de sodificação
- d) Condutividade elétrica.

Secundariamente, foram observados outros elementos como: erodibilidade, drenagem, fertilidade aparente e topografia.

Os solos, segundo estes fatores limitantes podem ser classificados em 5 classes distintas:

- Classe 1 — muito bom
- Classe 2 — bom
- Classe 3 — regular
- Classe 4 — pouco adequado
- Classe 5 — inadequado.

Tendo-se em vista a interpretação dos resultados obtidos, enquadrámos os solos nas classes 1 e 5, assim distribuídos:

TIPOS DE SOLO	ÁREA (Ha)	CLASSE
Aluvião leve	787,5	1. ^a
Aluvião médio	1.527,0	1. ^a
Aluvião médio salgado	1.102,5	5. ^a
Aluvião pesado salgado	431,5	5. ^a

A área irrigável considerada é de 2.314 Ha, representando 51% da área total estudada, podendo ser ampliada, dependendo dos resultados dos estudos das unidades: aluvião muito leve e tabuleiro.

5 — Conclusão

A finalidade deste levantamento é fornecer um reconhecimento dos solos formados na bacia de irrigação do Açude "POÇO DA CRUZ".

Embora nos envolvessemos com algumas questões práticas, o objetivo fundamental deste estudo não é apresentar soluções imediatas para os problemas de utilização do solo e sim indicar, através de um levantamento preliminar, os elementos para os trabalhos de mapeamento mais detalhado, servindo de subsídios para planejamento do projeto de irrigação, contribuindo desta forma com informações generalizadas aos programas de aproveitamento agrícola do vale.

O critério de classificação adotado para os tipos de solos ficou relacionado ao estudo morfológico dos perfis de solos, complementado pelos resultados de análises de maneira que, observando-se suas características principais, obteremos uma apreciação sobre as possibilidades de um futuro aproveitamento do vale, com a irrigação.

Baseado nestes resultados, conseguimos elaborar uma distribuição para os tipos de solos, em classes.

Os solos considerados na 1.^a classe, enquadram os tipos: aluvião leve e aluvião médio. São os mais indicados para a irrigação por apresentarem boas propriedades físicas, drenagem natural e com todas as características de fertilidade para um bom rendimento por hectare.

A área destes tipos de solos corresponde a 2.314,0 Ha, equivalente, aproximadamente a 51% da área total.

Quanto aos solos classificados na 5.^a classe, foram incluídos os tipos: aluvião médio salgado e o aluvião pesado salgado. São considerados como menos indicados na irrigação, devido ao teor de sais solúveis, que poderá prejudicar a fertilidade do solo.

A correção feita com uma drenagem eficiente ou aplicação de gesso, para o aluvião médio salgado, poderá torná-lo um tipo de solo cultivável, com vantagem econômica. Sua área corresponde a 1.102,5 Ha, com a percentagem de 24,33% da área total.

O aluvião pesado salgado, com uma área de 431,5 Ha, correspondente a 9,52% da área total demonstra pela sua própria cobertura vegetal, que é um solo inaproveitado. Além de apresentar um certo teor de salinidade, a drenagem natural das camadas não se realiza regularmente.

Dentro deste levantamento também foram limitadas áreas impréstáveis para a irrigação. Temos uma área de 22,5 Ha com pedregulho e outra de 136,5 Ha correspondente a lagoas.

Resumo

No presente trabalho, procedemos a um estudo de levantamen-

to agrológico da bacia de irrigação do Açude Público "POÇO DA CRUZ", tendó como finalidade a identificação e estudo dos diferentes solos existentes no vale.

O objetivo dêste levantamento é definir as unidades de solos, proporcionando maior número possível de elementos básicos para planejamentos, referentes a irrigação, utilização agrícola, correção de solos, etc... fornecendo assim, informações generalizadas sôbre a avaliação dos recursos dos solos, atendendo um futuro aproveitamento dos mesmos.

Neste trabalho relacionamos: aspectos gerais da área, métodos de trabalho, descrição dos perfis e descrição dos tipos de solos.

Inicialmente são abordados alguns aspectos sôbre a área, tais como: área levantada, sistema, situação e limites, clima, vias de comunicação, vegetação, quadro geral da área levantada.

Em seguida é feita uma exposição sôbre os métodos empregados na execução do trabalho.

Os métodos de trabalho adotados foram: trabalho de escritório e trabalho de campo. O primeiro compreendeu o estudo de demarcação das manchas de solos, pelo processo da fotointerpretação; e o segundo restringiu-se em constatar a coerência entre os resultados obtidos no escritório e os estudos procedidos "in locu". Este método consistiu também dos trabalhos de escritório (campo) e de laboratório (campo).

Continuando na exposição dêste trabalho, fizemos uma descrição dos perfis, que compreendeu considerações das características morfológicas de um perfil, observando-se as recomendações do "Soil Survey Manual", e também classificações dadas ao nível de campo. Descrevemos também o estudo detalhado de cada perfil, obedecendo as normas adotadas para êste determinado fim.

Concluimos o trabalho com uma descrição sumária do processo de formação dos tipos de solos e de suas características principais, com a finalidade de apresentar os tipos de solos mais representativos, quanto a sua utilização agrícola na irrigação.

Acompanham o relatório: figuras, anexo, mapa e relação bibliográfica.

Agradecimentos

O autor expressa seu reconhecimento à Seção de Aerofotogrametria, pela cooperação prestada na coordenação dêste trabalho, possibilitando os meios de conduzir um estudo desta natureza.

Desejamos ressaltar a dedicação de trabalho do Geólogo Maurício Cardoso do Rêgo e do Aerofotogrametrista Eraldo Nunes, componentes da equipe de estudo, oferecendo um apoio integral na obtenção de dados relacionados aos estudos de fotointerpretação.

Tivemos também, o prazer de receber a visita no local de trabalho, do Eng.^o Agrônomo Edmundo Souza Melo, contribuindo com suas críticas e sugestões oferecidas ao estudo.

Ao Eng.^o Geógrafo Lauro Pie, devemos a conjunção de seus esforços e sua inestimável contribuição ao aprimoramento dos trabalhos de levantamentos pedológicos, com a utilização da fotografia aérea.

Confessamo-nos também agradecidos aos Srs. Elber Henrique Durant e Heronides Barros da Silva, pelos serviços de desenho e a Senhorita Heloisa Ferreira Mulatinho ligada a parte dos trabalhos de datilografia.

A 1.^a Comissão de Fomento e Produção, através do seu chefe, Eng.^o Agrônomo Ângelo Varela de Albuquerque, deixamos os nossos favores pela dedicação e presteza com que nos serviu.

Consulta Bibliográfica

- BRAGA, Renato — Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará, 2.^a ed. Fortaleza, Imp. Ofic., 1960.
- BRASIL I.B.G.E. Conselho Nacional de Geografia. Divisão de Cartografia. Mapa do Estado de Pernambuco. Recife, CODEPE, 1957.
- CAHIER de Pedologie n.º 3 O.R.S.T.O.M., 1963.
- DUQUE, José Guimarães BNB/ETENE. Mapa. Tentativa de classificação das regiões naturais do Nordeste. I.B.G.E. — Conselho Nacional de Geografia. Divisão de Cartografia. Escala: 1:2.500.000.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Manual. Handbook n.º 18. Washington, U.S. Dept. Agri. 1951.
- LYON. Lyttleton *et alii* Edafologia, naturaleza y propiedades del suelo. Buenos Aires, ACME Agency, 1952.
- MELLO NETTO, Antonio Vieira de *et alii* Levantamento dos solos e planejamento conservacionista da propriedade "Terra-Prêta" — Vitória de Santo Antão. Recife, I.P.A.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA D.N.P.V. — D.F.P.V. A interpretação de fotografias aéreas nas operações de serviços de conservação do solo. Projeto n.º 6 — D.F.P.V. e E.T.A. Centro de Ensaio e Treinamento da Fazenda — Ipanema (CETI) 1958.
- MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell Soil Color Charts. Baltimore, 1954.

SERV. NAC. DE PESQ. AGRON. Bol. n.º 13, 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do Reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, Comissão de Solos do C.N.E.P.A., 1958.

SERV. NAC. DE PESQ. AGRON. Bol. n.º 12, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Comissão de Solos do C.N.E.P.A., 1960.

WEAVER, John E. *et alii* Ecologia vegetal. Buenos Aires, ACME Agency, 1950.

Perfil: (S/ n.º 1)

Município: IBIMIRIM

Classificação: ALUVIÃO MÉDIO SALGADO Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)				Massa Específica		pH	
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Aparente	Real	Água	KCl	
9240	1-I	0- 15	0	0	100	1,50	2,64	6,65	—	
9241	1-II	15- 40	0	0	100	1,40	2,60	6,20	—	
9242	1-III	40-100	0	0	100	1,40	2,59	6,40	—	
9243	1-IV	100-200	0	0	100	1,40	2,67	7,70	—	
C	N	C	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural		Grau de Floculação	
%	%	N	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
0,47	0,07	6,7	1	73	17	9	5	—	—	
0,39	0,07	5,6	1	68	17	14	6	—	—	
0,33	0,06	5,5	1	66	19	14	8	—	—	
0,20	0,04	5,0	2	74	7	17	9	—	—	
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)										
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	Ki	K r	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (Truog) mg/100g	P ₂ O ₅ Total	P ₂ O ₅ Truog
9,56	5,45	3,44	—	0,06	2,98	2,13	—	—	—	—
11,46	7,63	4,11	—	0,05	2,55	1,91	—	—	—	—
10,64	5,98	4,07	—	0,05	3,02	2,12	—	—	—	—
10,42	5,63	3,68	—	0,07	3,15	2,23	—	—	—	—

PERFIL: (S/ n.º 1) — (Continuação)

COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)										V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	Al +++	T				
8,00	3,20	1,09	0,50	12,79	0,41	0,20	13,40			92,46	2,50
14,40	7,20	0,59	1,36	23,55	0,56	0,21	24,32			96,83	> 10
13,20	4,40	0,46	2,32	20,38	0,56	0,51	21,25			95,91	> 10
8,80	3,20	0,44	5,40	17,84	—	0,21	18,05			98,84	7,0

Perfil: (S/ n.º 2)

Classificação: ALUVIÃO LEVE

Município: IBIMIRIM

Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)				Massa Específica	pH		
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Água		Real	KCI	
9250	2-I	0-25	0	1	99	1,40	2,63	6,55	—	
9251	2-II	25-55	0	2	98	1,50	2,67	7,10	—	
9252	2-III	55-105	0	0	100	1,30	2,59	6,75	—	
9253	2-IV	105-125	0	0	100	1,30	2,58	6,80	—	
9254	2-V	125-165	0	1	99	1,40	2,57	6,95	—	
C %	N %	C N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)					Argila Natural	Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila			
0,61	0,08	7,6	46	33	10	11	7	—	13	
0,16	0,04	4,0	60	35	2	3	3	—	5	
0,09	0,09	7,7	11	53	16	20	11	—	22	
0,56	0,08	7,0	4	57	18	21	11	—	24	
0,43	0,06	7,2	9	59	13	19	10	—	20	

PERFIL: (S/ n.º 3) — (Continuação)

C %	N %	C / N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)			Argila Natural	Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte			
0,70	0,09	7,8	8	70	13	9	—	21
0,46	0,07	6,6	10	70	12	8	—	19
0,17	0,03	5,7	18	75	4	3	—	7
0,23	0,04	5,8	2	78	11	9	—	15
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)								
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	K I		P ₂ O ₅ (Truog) mg/100g	P ₂ O ₅ Total Truog
					K	I		
9,57	6,23	2,74	—	0,05	2,61	2,04	—	—
8,55	4,41	3,03	—	0,04	3,29	2,30	—	—
6,48	3,34	1,31	—	0,03	3,30	2,65	—	—
8,80	4,79	3,14	—	0,03	3,12	2,21	—	—
COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)								
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	Al +++	T	V %
8,80	4,00	1,16	0,08	14,04	—	0,10	14,14	99,29
9,60	2,40	0,90	0,08	12,98	—	0,10	13,08	99,24
4,40	0,40	0,38	0,08	5,26	—	0,10	5,36	98,13
8,00	2,80	0,50	0,12	11,42	—	0,20	11,62	98,28
								CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
								0,60
								0,33
								0,24
								0,26

Perfil: (S/ n.º 4)

Município: IBIMIRIM

Classificação: ALUVIÃO MÉDIO

Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)				Massa Específica		pH		
	Simbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Aparente	Real	Água	KCI		
9259	4-I	0- 10	0	0	100	1,40	2,58	7,05	—		
9260	4-II	10- 65	0	1	99	1,30	2,63	6,10	—		
9261	4-III	65-120	0	1	99	1,40	2,66	7,00	—		
9262	4-IV	120-180	0	1	99	1,50	2,61	7,10	—		
C %	N %	C / N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural		Grau de Floculação		Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila					
0,73	0,11	6,6	15	42	30	13	8	—	20		
0,39	0,07	5,6	19	45	17	19	11	—	20		
0,33	0,06	5,5	13	49	17	21	7	—	21		
0,16	0,04	4,0	23	57	9	11	7	—	13		
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)											
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	Ki	K r	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (Truog)	P ₂ O ₅ Total	P ₂ O ₅ Truog	
11,89	6,64	4,18	—	0,02	3,04	2,18	—	—	—	—	
13,76	7,86	4,13	—	0,04	2,98	2,24	—	—	—	—	
12,51	6,97	3,95	—	0,05	3,05	2,38	—	—	—	—	

PERFIL: (S/ n.º 4) — (Continuação)

COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)								V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	AI +++	T		
9,20	5,20	1,10	0,22	15,72	—	0,20	15,92	98,74	0,75
11,20	4,40	0,75	0,20	16,55	1,07	0,40	18,02	91,84	2,20
12,00	4,40	0,60	0,32	17,32	—	0,21	17,53	98,80	0,68
6,80	4,40	0,41	0,28	11,89	—	0,20	12,09	98,35	0,68
									0,36

Perfil: (S/ n.º 5)
 Classificação: ALUVIÃO MÉDIO SALGADO
 Município: IBIMIRIM
 Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a			Na Amostra Sêca ao Ar (%)			Massa Específica		pH	
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Aparente	Real	Água		KCI
9263	5-I	0-10	0	0	100	1,40	2,53	5,90	—	
9264	5-II	10-60	0	0	100	1,30	2,60	7,95	—	
9265	5-III	60-110	0	0	100	1,40	2,61	8,25	—	
C %	N %	C N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural		Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
0,80	0,11	7,3	5	44	27	24	12	—	23	
0,57	0,08	7,1	5	32	24	39	14	—	—	
0,36	0,06	6,0	9	33	21	37	36	—	—	

PERFIL: (S/ n.º 5) — (Continuação)

ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)							K ₂ O _r Total	P ₂ O ₅ (Truog) mg/100g
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O _r	Al ₂ O ₃		
14,36	7,93	5,07	—	0,07	2,19	—	—	
19,75	10,31	6,59	—	0,06	2,31	—	—	
16,71	9,42	6,03	—	0,08	2,15	—	—	
COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)							V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	T		
11,60	6,00	0,87	6,88	25,35	1,82	27,38		
16,00	6,40	0,60	17,38	40,38	—	49,49		
10,40	4,80	0,52	17,82	33,54	—	33,75	92,59	
							99,73	
							99,38	

Perfil: (S/ n.º 6)

Município: IBIMIRIM

Classificação: ALUVIÃO MÉDIO SALGADO Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a			Na Amostra Sêca ao Ar (%)		Massa Específica		pH
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Real	Água	
9266	6-I	0-15	0	0	100	1,30	7,25	
9267	6-II	15-50	0	0	100	1,30	7,50	
9268	6-III	50-105	0	0	100	1,40	7,47	
9269	6-IV	105-135	0	0	100	1,40	7,85	
9270	6-V	135-165	0	0	100	1,40	8,05	

PERFIL: (S/ n.º 6) — (Continuação)

C %	N %	C N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural	Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
0,54	0,07	7,7	5	38	19	38	—	26	
0,36	0,05	7,2	6	41	19	34	—	26	
0,24	0,04	6,0	6	52	16	26	—	—	
0,09	0,02	4,5	9	69	7	15	—	20	
0,09	0,02	4,5	14	71	5	10	—	16	
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)									
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	K i	K r	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (Truog) mg/100g	P ₂ O ₅ Total
18,33	9,45	5,70	—	0,04	3,30	2,39	—	—	—
17,82	9,31	5,81	—	0,03	3,25	2,33	—	—	—
14,52	7,62	5,02	—	0,01	3,24	2,29	—	—	—
10,17	5,24	3,17	—	0,04	3,30	2,38	—	—	—
8,06	3,77	2,34	—	0,03	3,63	2,62	—	—	—
COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)									
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	Al +++	T	V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
15,20	8,80	0,26	8,16	32,42	—	0,11	32,53	99,66	> 10
16,80	8,00	0,18	11,68	36,66	—	0,21	36,87	99,43	> 10
10,40	6,40	0,20	7,62	24,62	—	0,21	24,83	99,15	9,0
6,40	5,20	0,16	4,64	16,40	—	0,21	16,61	98,74	6,0
4,80	3,20	0,15	3,90	12,05	—	0,20	12,25	98,37	6,0

Perfil: (S/ n.º 7)

Município: IBIMIRIM

Classificação: ALUVIÃO PESADO SALGADO Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)			Massa Específica		pH		
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Aparente	Real	Água	KCI	
9271	7-I	0-40	0	0	100	1,30	2,58	6,65	—	
9272	7-II	40-100	0	0	100	1,30	2,66	6,60	—	
9273	7-III	100-170	0	0	100	1,30	2,66	6,85	—	
C %	N	C	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural	Argila	Grau de Floculação	Umidade Equivalente
	%	N	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
0,41	0,36	6,8	0	16	26	58	19	—	33	
0,42	0,06	7,0	1	16	26	57	43	—	—	
0,23	0,04	5,8	6	41	18	35	29	—	25	
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)										
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	K i	K r	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (Truog) mg/100g	P ₂ O ₅ Total	
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅ Truog							
26,33	12,85	8,13	—	0,03	3,51	2,51	—	—	—	
25,44	12,56	7,81	—	0,03	3,44	2,47	—	—	—	
18,80	8,61	5,26	—	0,07	3,71	2,68	—	—	—	

PERFIL: (S/ n.º 7) — (Continuação)

COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)								V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	Al +++	T		
17,60	11,60	0,80	7,44	37,44	1,00	0,21	38,65	96,87	> 10
17,60	9,60	0,55	9,20	36,95	1,00	0,21	38,16	96,83	7,0
11,20	6,40	0,21	6,32	24,13	0,49	0,32	24,94	96,75	7,0

Perfil: (S/ n.º 8)

Município: IBIMIRIM

Classificação: Tabuleiro "UMBUEIRO"

Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)				Massa Específica		pH	
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Aparente	Real	Água	KCI	
9274	8-I	0-30	0	1	99	1,60	2,60	7,55	—	
9275	8-II	30-70	0	1	99	1,40	2,63	7,90	—	
9276	8-III	70-110	0	2	98	1,40	2,65	7,35	—	
9277	8-IV	110-160	0	2	98	1,50	2,66	8,25	—	
C %	N %	C — N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural		Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	Argila Natural		
0,22	0,04	5,5	40	46	6	8	1	—	9	
0,19	0,04	4,8	43	39	5	13	8	—	12	
0,20	0,04	5,0	31	47	6	16	13	—	14	
0,13	0,03	4,3	25	51	17	7	1	—	15	

PERFIL: (S/ n.º 8) — (Continuação)

ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)							P ₂ O ₅ Total
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	K i	K r	
4,48	3,34	1,11	—	0,02	2,28	1,89	P ₂ O ₅ Truog
8,03	4,52	1,83	—	0,01	3,02	2,41	
8,24	5,28	2,42	—	0,01	2,65	1,90	
12,25	6,44	3,19	—	0,01	3,23	2,47	
COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)							V %
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	A1 +++	
3,70	1,80	0,67	0,10	6,17	—	0,10	98,41
5,00	2,00	0,73	0,05	7,18	—	0,10	98,73
7,20	3,20	0,43	0,12	10,95	—	0,10	99,10
16,00	4,80	0,52	0,58	21,90	—	0,10	99,55
							CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm

Perfil: (S/ n.º 9)

Município: IBIMIRIM

Classificação: TABULIEIRO MIRIM

Local: POÇO DA CRUZ — PERNAMBUCO

Amostra de Lab. N.º	C a m a d a		Na Amostra Sêca ao Ar (%)		Massa Específica		pH
	Símbolo	Profund. em	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Real	
9278	9-I	0-110	0	4	96	2,63	5,45
9279	9-II	110-170	0	8	92	2,60	4,00

PERFIL: (S/ n.º 9) — (Continuação)

C %	N %	C / N	Composição Granulométrica (%) (Dispersão com Na OH)				Argila Natural	Grau de Floculação	Umidade Equivalente
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
0,17	0,03	5,7	68	25	3	4	—	4	
0,14	0,03	4,7	67	25	1	7	—	5	
ATAQUE POR H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)									
Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	Ki	K r	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (Truog)	P ₂ O ₅ Total
3,44	2,42	0,60	—	0,01	2,42	2,09	—	—	—
3,98	3,34	0,60	—	0,01	2,02	1,82	—	—	—
COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)									
Ca ++	Mg ++	K +	Na +	S	H +	Al +++	T	V %	CE 25°C EXT./SAT. mmhos/cm
0,70	0,55	0,35	0,10	1,70	1,17	0,20	3,07	55,37	0,32
0,60	0,55	0,48	1,44	3,07	2,12	1,00	6,19	49,60	6,0



Foto 1 — Aspecto geral à jusante da barragem



Foto 2 — Leito do rio Moxotó



Foto 3 — Aluvião pesado salgado
Nota-se a irregularidade da topografia



Foto 4 — Aluvião pesado salgado
Observa-se a falta da vegetação do solo



Foto 5 — Aluvião leve
Cultura de milho e algodão



Foto 6 — Aluvião médio salgado



Foto 7 — Aluvião médio
Aspecto geral da vegetação nativa **Cultura de palma**

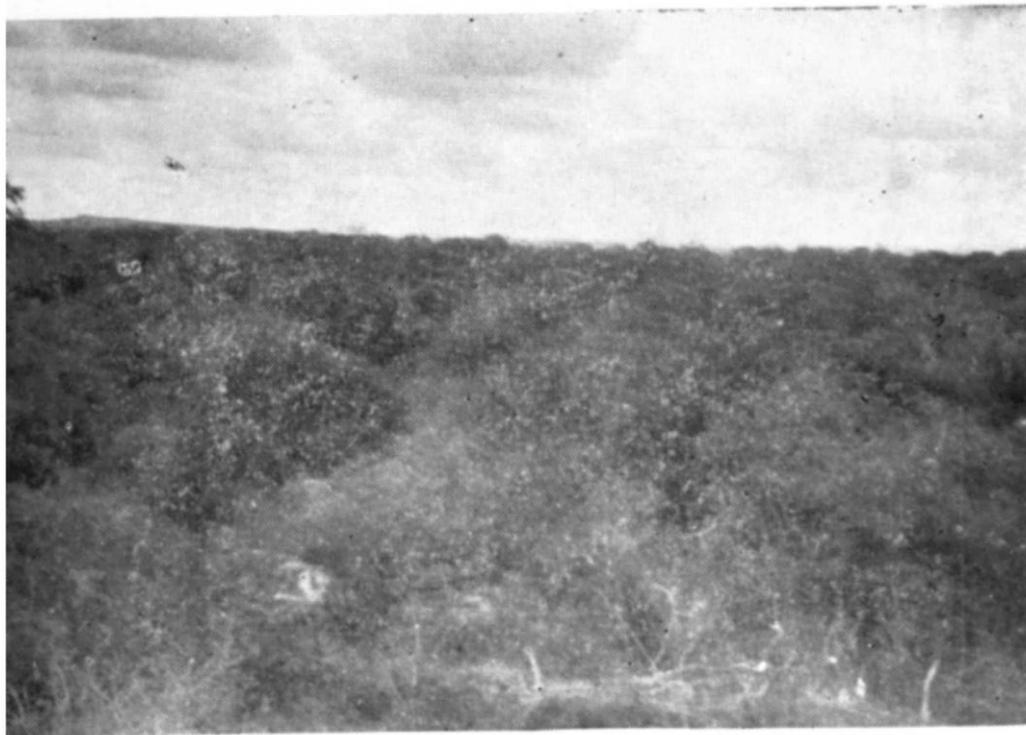
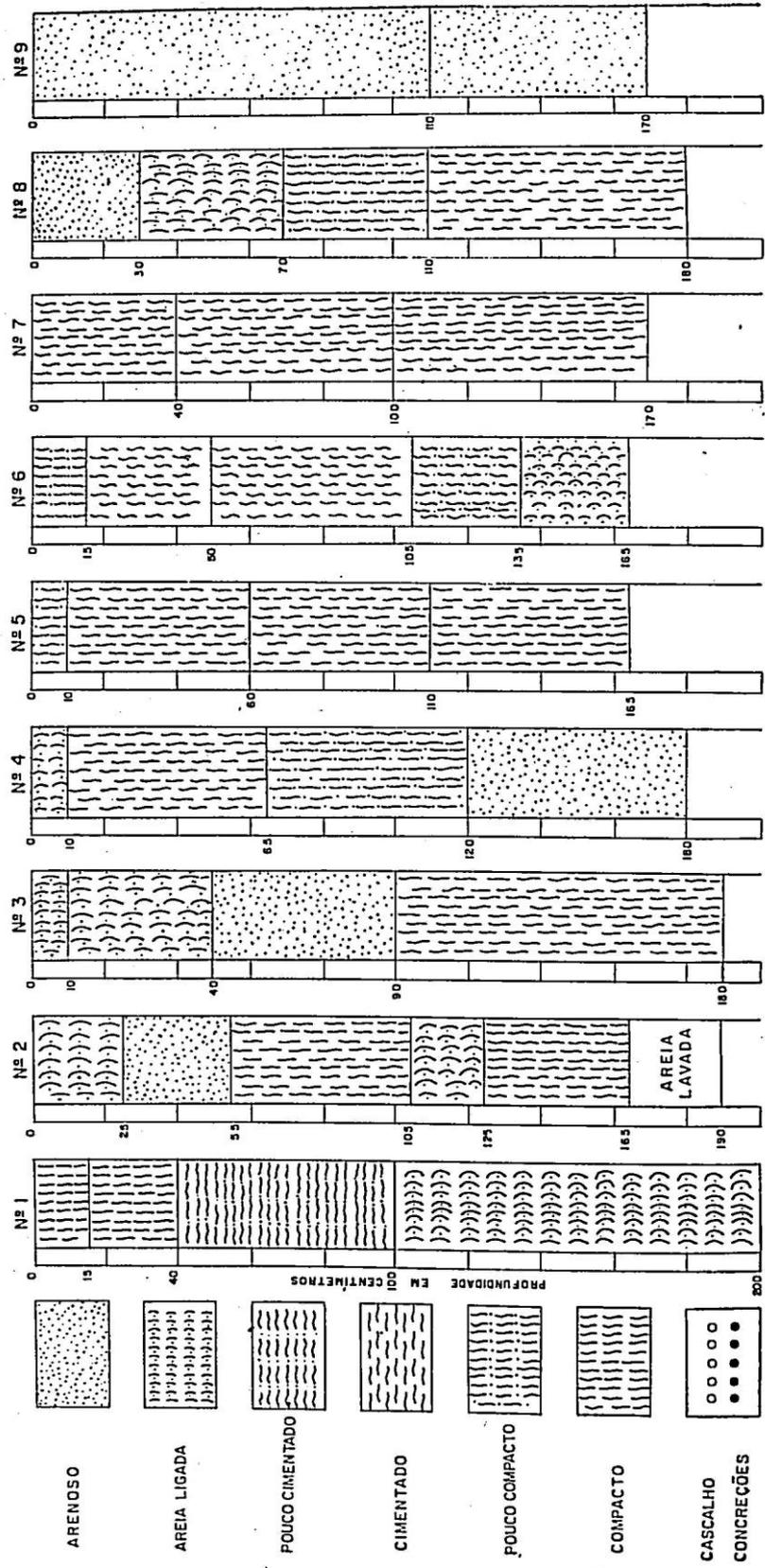


Foto 8 — Aluvião médio
Vista parcial da densidade da vegetação nativa



Foto 9 — Vegetação caracterizando os solos dos aitos

ANEXO — I PERFIS DOS SOLOS DA BACIA DE IRRIGAÇÃO DO "AÇUDE PÚBLICO POÇO DA CRUZ"



ESTUDO GEOLÓGICO DAS FUNDAÇÕES
DO AÇUDE PÚBLICO "CUSTÓDIA"

ESTUDO GEOLÓGICO DAS FUNDAÇÕES DO AÇUDE PÚBLICO "CUSTÓDIA" — (Pe.)

José Caruso Danni (*)

I — INTRODUÇÃO

O trabalho que ora apresentamos constitui o resultado dos estudos geológicos realizados na área e adjacências das fundações do Açude Público Custódia, localizado no Município do mesmo nome, no Estado de Pernambuco.

Realizamos o levantamento geológico à escala 1:500 e apresentamo-lo à escala 1:2000 das unidades litológicas que ocorrem na área, destacando seus aspectos tectônico-estruturais.

Inúmeras sondagens foram realizadas a fim de se estabelecer e definir as condições sub-superficiais do terreno, que até então eram desconhecidas. Determinamos em consequência a posição dos contatos e a espessura dos aluviões.

Com os dados assim obtidos estabelecemos a relocação do eixo da barragem, conciliando simultaneamente as condições geológicas com as obras já realizadas. Fixamos também as diretrizes que orientarão o programa de tratamento das fundações.

II — HISTÓRICO

"Este açude foi iniciado a fim de atender a situação de penúria das vítimas da seca no Município de Custódia, embora seu projeto não estivesse ainda totalmente concluído. Sua finalidade é servir como

(*) Ex-Geólogo do 3.º Distrito de Obras do DNOCS

reservatório destinado ao abastecimento d'água da cidade de Custódia." (Relatório dos Serviços Executados em 1958, 3.º D. O. DNOCS)

As obras de construção dêste açude prolongaram-se em regime lento de trabalho até os fins de 1963. Durante êste período foram realizadas as escavações do sangradouro e fundações segundo a locação pré-determinada da obra.

No decurso das escavações das fundações, exatamente no antigo leito do rio foi constatada a existência de um enorme bolsão com aproximadamente 11 metros de profundidade, preenchido por areia. Dêste fato, que não estava previsto, resultou a mudança do eixo da barragem para a montante, num local tido como o mais favorável.

Em 1964 foram reiniciadas as obras de escavação das fundações no último local escolhido para a construção da barragem. Surgiram então determinados problemas geológicos que impediram o prosseguimento da obra, os quais foram estudados por nós e constituem o conteúdo do presente trabalho.

III — GEOLOGIA DE SUPERFÍCIE

As observações que extraímos dos afloramentos da área de fundações e adjacência são as seguintes:

A — AS UNIDADES MAPEADAS

A área de estudo está incluída regionalmente na sequência migmática basal que constitui o pré-Cambriano do Estado.

Os processos migmáticos não se completaram em tôda sua extensão restando assim enormes manchas de rochas que evidenciam somente metamorfismo dinâmico. Assim é que localmente as rochas que ocorrem na zona da barragem são gneiss biotíticos e quartzo-feldspáticos, os quais estão representados em planta.

a — O GNEISS QUARTZO-FELDSPÁTICO

Mineralogicamente esta rocha é composta por quartzo feldspato (microclínio e albiclásio) com ou sem biotita. Texturalmente ocorrem com algumas variações petrográficas. De modo geral a textura é granoblástica gneissica, com os grãos minerais visíveis a olho desarmado, dispondo-se paralelamente ao seu acamamento. A textura cataclástica é generalizada, principalmente próximo às maiores fendas, aparecendo então os cristais de quartzo e feldspato bastante tencionadas e as plaquetas de biotita com envergamentos.

Em algumas zonas o gneiss torna-se mais homogêneo, quando perde a orientação de seus minerais, passando assim a uma textura granítica.

Disseminadas nesta rocha ocorrem veios de quartzo leitoso de 20 a 50 cm de espessura.

Na ombreira esquerda delimitamos uma faixa de gneiss quartzo-feldspático, muito fraturado e tencionado, apresentando claros indícios de deslocamentos. A rocha pode ser classificada como um cataclasito.

Seccionando esta faixa aparecem alguns veios pegmatíticos, compostos de quartzo e feldspato, possuindo uma espessura média de 5 m. Apresentam ainda um intenso fraturamento e intemperismo.

b — O GNEISS BIOTÍTICO

De coloração escura, devido à abundância de biotita, esta rocha exhibe uma textura lepidoblástica gneissica, onde aparecem as plaquetas de biotita orientadas paralelamente entre si, intercaladas com quartzo e secundariamente com feldspato.

No gneiss biotítico é comum encontrar-se vênulas quartzo feldspáticos (dobras ptigmáticas) que recortam a rocha em tôdas as direções. Possuem pequenas dimensões, da ordem do metro, e não oferecem qualquer efeito desfavorável na rocha.

c — ALUVIÕES

Os aluviões ocorrem no antigo leito do rio (vide planta) e possuem uma espessura máxima de 11 metros, oscilando a média entre 5 a 4 m. São constituídos fundamentalmente por areias quartzosas de granulações que variam de muito grossa a fina e ainda, secundariamente, de cascalhos finos e argilas silticas.

IV — ESTRUTURA E TECTÔNICA

É sob o aspecto tectônico-estrutural que estas rochas oferecem maiores dificuldades à construção da obra no que concerne à estanqueidade e profundidade das fundações.

Regionalmente, do ponto de vista estrutural, o local onde a barragem está sendo construída corresponde à zona axial de um grande arco, cujas abas seguem aproximadamente as direções N 45 E e N 60 W, respectivamente o de oeste e este (veja mapa anexo). Este fato, aparentemente sem importância, tem ao contrário significado

vital na compreensão dos aspectos estruturais encontrados nas fundações desta barragem, desde que lembrarmos que as zonas de maiores tensões se desenvolvem nos eixos dos dobramentos.

Os gneiss mostram-se invariavelmente acamados segundo a direção N70W, sendo que seus mergulhos oscilam entre 80 — 70 NE na ombreira direita e 80 — 70 SW na ombreira esquerda. Este fato evidencia claramente uma anomalia estrutural ao longo do eixo do rio, já que é aí que se notará a inversão dos mergulhos.

As fendas e juntas de distensão constituem no gneiss quartzo feldspático uma notável feição estrutural. Assim é que, caracteristicamente, como se pode observar na planta geológica, as fendas criadas pela tectônica quebrável desenvolvem-se com maior intensidade e amplitude no gneiss quartzo-feldspático, sendo que quando atingem o gneiss biotítico desaparecem gradualmente.

Este fato, geologicamente interessante, é explicado pela competência do gneiss biotítico em se amoldar aos esforços a que foi solicitado devido ao seu maior módulo de elasticidade, governado principalmente pela orientação e abundância das plaquetas de biotita. Por outro lado o gneiss quartzo feldspático sendo uma rocha incompetente (baixo módulo de elasticidade), fendilhou-se intensamente quando solicitado aos esforços.

Identifica-se claramente três sistemas de fraturamentos no gneiss quartzo feldspático. Dois deles — N30E e N80W, que são os principais estão representados em planta. O terceiro sistema é subhorizontal. Veja diagrama de fraturas.

A associação destes três sistemas de fendas, que exibem profundas alterações ao longo de seus planos, determinaram a liberação de blocos de rocha que, embora estejam assentados um sobre o outro, estão praticamente soltos no terreno. É exatamente esta a constituição estrutural da pequena elevação rochosa existente no centro das fundações.

V — GEOLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE

Em vista de na área das fundações a rocha não estar exposta em toda sua extensão (recoberta por aterros e aluviões), realizamos inúmeras sondagens para determinar precipuamente, a linha de contato entre o gneiss feldspático e o biotítico, bem como a profundidade e natureza dos aluviões.

a — O CONTATO

Com base na geologia de superfície orientamos as sondagens a

fim de estabelecer o contato entre os gneiss, o qual está locado em planta.

Observa-se que, contrariamente ao que se pensou em princípio, a inversão de mergulho dos gneiss em ambas as ombreiras deve-se a uma flexão nas suas camadas e não a um falhamento, o que entretanto não exclui a possibilidade da existência de pequenas falhas ao longo do curso do rio.

b — ALUVIÃO E PALEORELÊVO

As características granulométricas e composicionais dos aluviões existentes no antigo leito do rio são genéricamente as seguintes.

As areias de granulação média à grosseira são compostas principalmente por quartzo e secundariamente feldspatos (alterados ou não) e plaquetas de biotita, enquanto que as areias muito grossas e cascalhos finos se compõem de quartzo, feldspatos e fragmentos de gneiss. Como regra geral as frações mais grosseiras de aluvião distribuem-se na sua parte basal, enquanto que as mais finas se encontram nas partes superiores.

Aliado a estas características o aluvião apresenta-se totalmente inconsolidado, o que lhe confere alta porosidade e permeabilidade. A espessura máxima encontrada foi de 10,7 m sendo que a média pode ser considerada em torno de 5 a 4 metros.

Observa-se na planta de paleorelêvo que as maiores profundidades de aluviões se encontram a partir do contato entre os gneiss para a jusante. Este fato resultou da existência de um banco compacto de gneiss quartzo feldspático intercalado no gneiss biotítico próximo ao contato de ambos, constituindo uma zona de erosão diferencial. Como consequência originou-se, no passado, uma queda d'água, o que levou à formação do bolsão à jusante do contato, e uma planície de soleira à montante por onde o rio posteriormente divagou.

Em vista de que a maior espessura do aluvião se encontra a jusante do eixo da barragem, lembramos que esta situação é muito favorável à levitação do maciço pelo processo de areia movediça, o que deverá ser corrigido com o tratamento de impermeabilização da fundação e o projeto da obra.

VI — LOCALIZAÇÃO DO EIXO DA BARRAGEM

Idealmente o eixo da barragem deveria localizar-se sobre o gneiss biotítico, já que é a unidade litológica que apresenta melhores condições de fundação. Entretanto, devido ao volume de trabalhos já

realizados na obra, buscamos uma solução na relocação do eixo, em que se obtenha o máximo aproveitamento dos mesmos.

Assim é que no mínimo o eixo da barragem deverá coincidir com a linha de contato entre os gneiss biotítico e o quartzo feldspático. Por outro lado para que a obra não se torne de difícil construção e esteticamente bizarra, determinamos seu eixo segundo uma linha reta, ao máximo, cuja quebra situe-se numa cota alta.

O novo eixo obedecerá o traçado estabelecido em planta.

VII — O TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Como conclusão do presente trabalho traçamos as diretrizes geológicas que orientarão o tratamento das fundações, que no caso será por injeção de cimento.

Duas são as características estruturais existentes nas fundações possíveis de serem tratadas eficaz e racionalmente e que servirão de guia ao nosso plano.

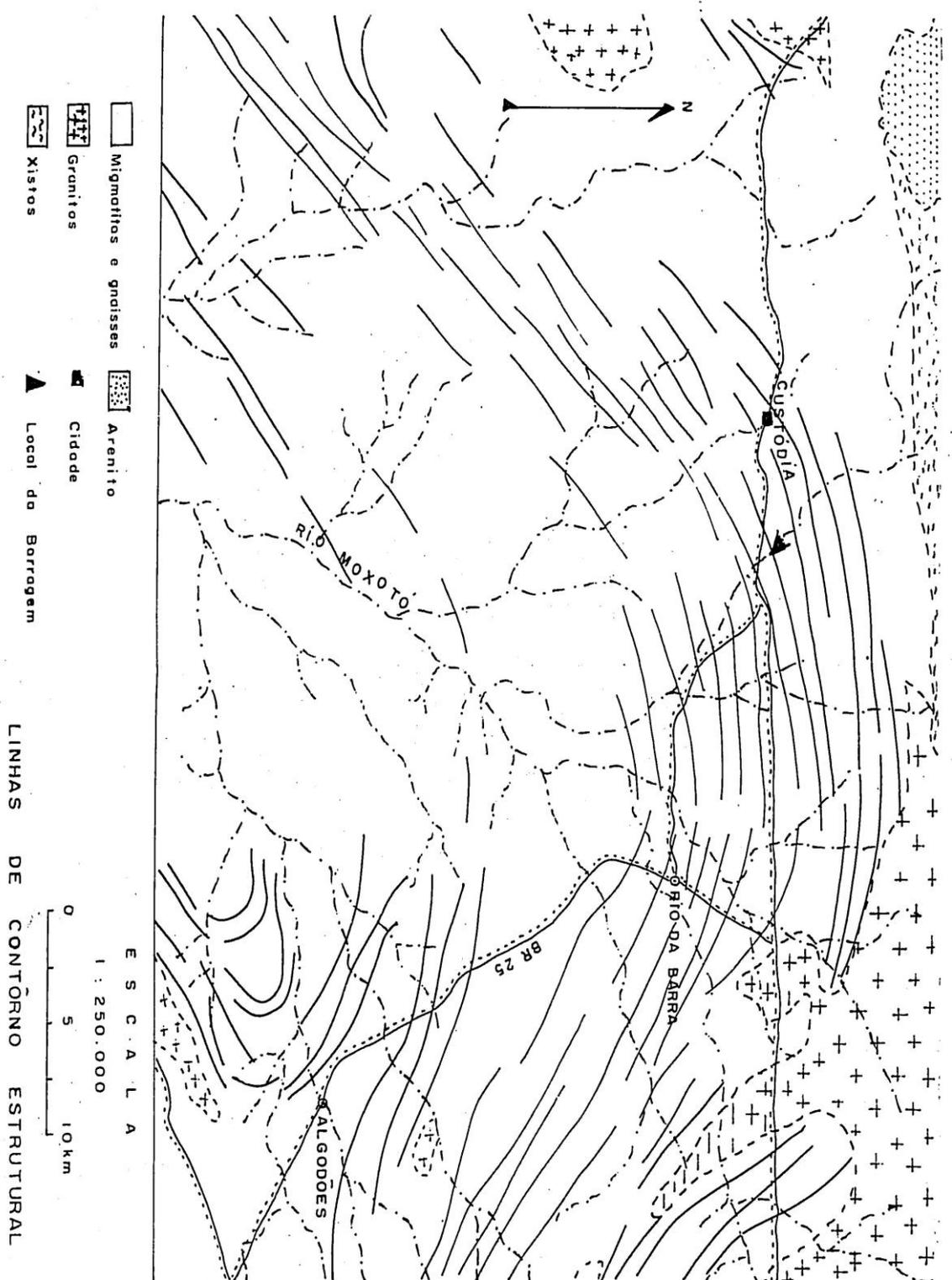
A primeira compreende um leito vertical de gneiss biotítico, com uma espessura média de 30 cm, falhado longitudinal e transversalmente e que se distribui segundo o eixo das fundações. As inúmeras fendas N 30 E seccionam-no em diversos pontos (vide planta geológica).

A outra feição estrutural corresponde ao contato entre ambos gneiss. Em vista da atitude do gneiss biotítico, do seu menor grau de fraturamento, ele funciona quase como uma barreira natural à percolação d'água.

Obter-se-ão com o tratamento de injeções de cimento ao longo destas linhas, duas cortinas de impermeabilização dispostas, aproximadamente, segundo o eixo das fundações e outra segundo o eixo da barragem.

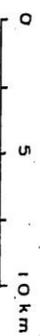
Os trechos a serem tratados estão compreendidos entre as estacas 11 a 22 e 28 a 30.

As características particulares ao plano de tratamento não são discriminadas por fugirem da finalidade do presente trabalho.



LINHAS DE CONTÓRNO ESTRUTURAL

E S C A L A
1 : 250.000



- Migmatitos e gnaiesses
- Granitos
- Arenito
- Xistos
- Cidade
- Local da Barragem

PLANTA DE PALEO-RELÊVO

LEGENDAS



Eixo atual da barragem

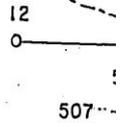
Contacto geológico

Curvas de nível

Gnais biotítico

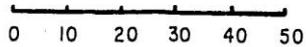
Gnais feldspático

MONTAN



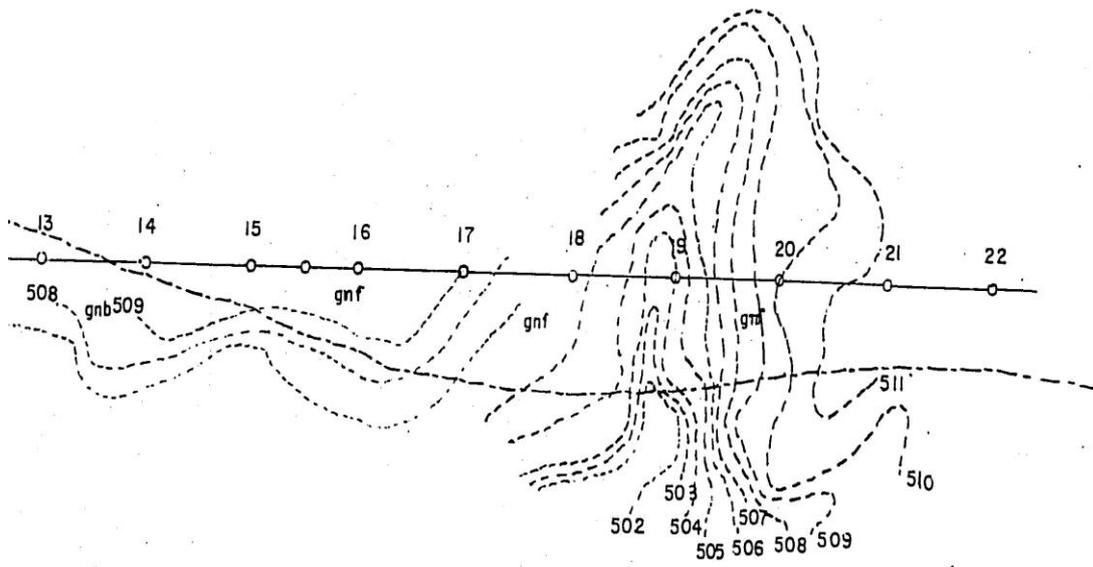
ESCALA: 1:1.000

JUSANTI

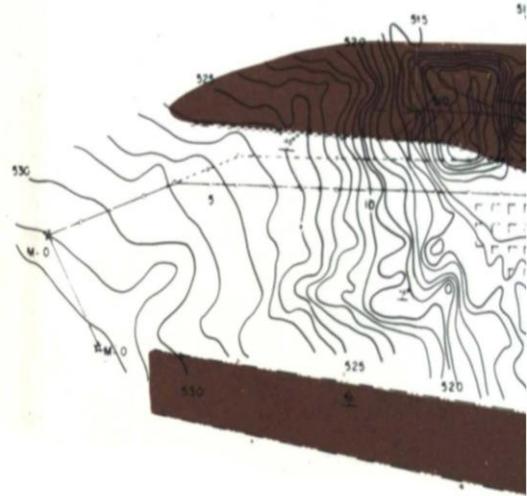
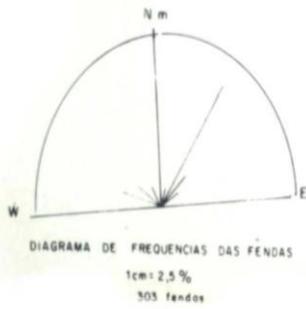


INTE

Nm



TE



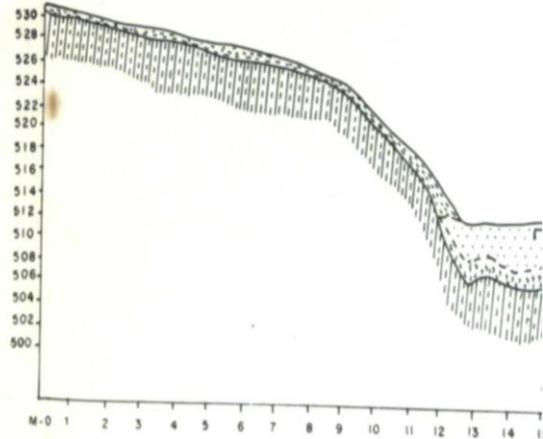
M. V. O. P.
DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÉCAS
3º DISTRITO DE OBRAS

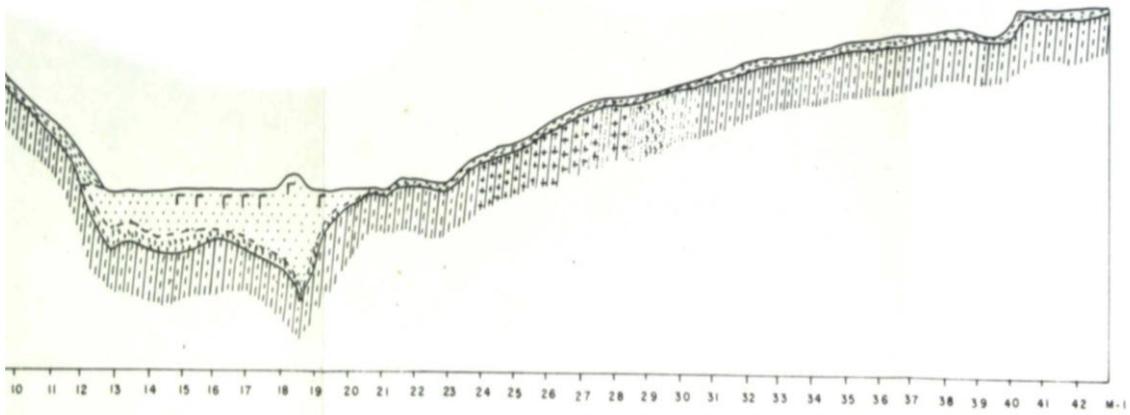
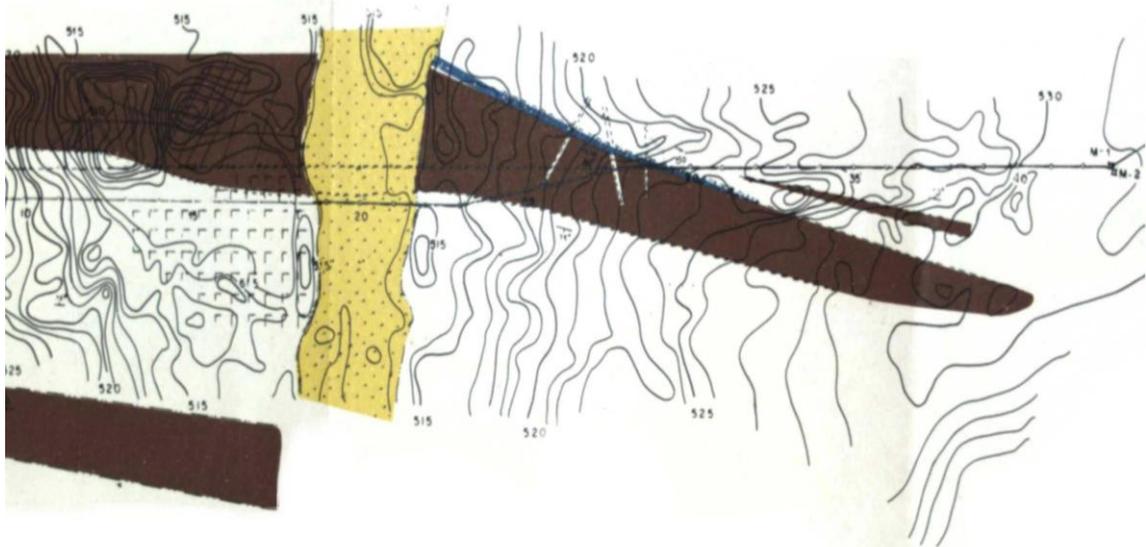
AÇUDE PÚBLICO "CUSTÓDIA"

PLANTA E SECÇÃO GEOLÓGICA —

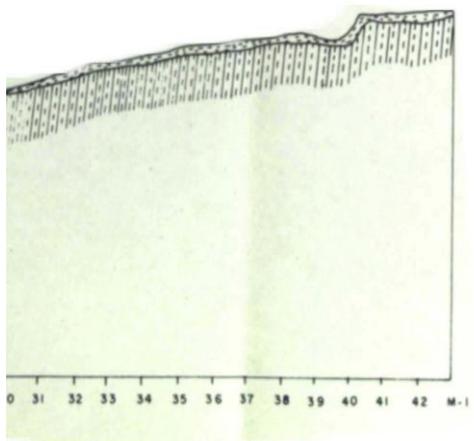
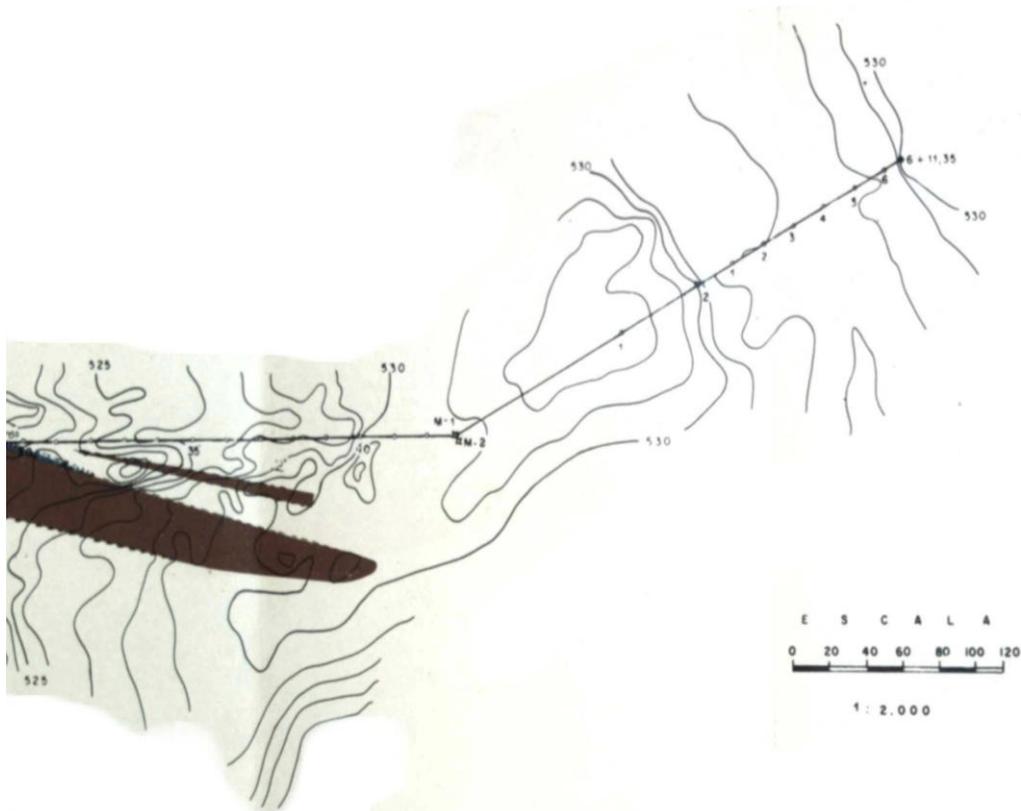
MUNICÍPIO : CUSTÓDIA — ESTADO : PERNAMBUCO

Escala:
1 : 400





ESCALA : 1 : 2.000



LEGENDA

	Gnaiss Quartzo-Feldspático		Contato de Camadas
	Gnaiss Biotítico		Veio Feldspático
	Gnaiss Milonítico		Fraturas
	Aluvião e Solos		Eixo Atual
	Materiais de Aterro		Antidade de Camadas
			Eixo Proposto
			Curvas de Nível

UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE DRENAGEM
BOMBEADA EM IRRIGAÇÃO

UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE DRENAGEM BOMBEADA EM IRRIGAÇÃO

Orlando Rafael Mayer (*)

1 — INTRODUÇÃO

Tem, êste trabalho, a finalidade de apresentar algumas análises de água de drenagem do Sistema de Irrigação do Açude Público de São Gonçalo, na Paraíba, classificando-as segundo o ponto de vista de irrigação, tendo em mira a utilização desta fonte de água no regadio, (1), (2), em decorrência da possível prática de drenagem por bombeamento.

2 — ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Pela sua natureza de agente dissolvente por excelência, as águas contêm em seu estado natural, uma maior ou menor concentração de sais dissolvidos. As águas superficiais, tendo um contato mais ligeiro com a terra, têm em geral, um menor grau de salinidade que as águas infiltradas, sendo por isto mais indicadas para a rega, não fôsse também, a sua maior abundância. As águas infiltradas, freáticas ou subterrâneas, sendo mais salinas, em virtude de um contato mais estreito com as rochas, nem por isso devem ser total ou parcialmente rejeitadas, principalmente onde há carência de águas superficiais, como sóe acontecer no Nordeste Brasileiro, compreendido no Polígono das Sêcas.

2.1 — NATUREZA DOS SAIS PRESENTES

Para o fim em vista, consideramos como presentes na água, sais de cálcio, magnésio, e sódio, sob as formas de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos e clorêtos. Nas águas do Nordeste, o sódio acha-se combinado sob as formas de cloreto, sulfatos e bicarbonatos, algumas vezes como carbonatos, e o cálcio e magnésio como bicarbonatos. (3).

(*) Químico do DNOCS. Ex-chefe do Laboratório do Instituto José Augusto Trindade.

Estes sais encontram-se em diferentes proporções, variando também o seu teor total, havendo, porém, preponderância do ClNa , CO_3HNa e $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$.

2.2 — AÇÃO DOS SAIS DA ÁGUA NO SOLO

A adição de água de irrigação ao solo, pode acarretar-lhe acúmulo temporário ou permanente de sais, trazendo como consequência o aumento da pressão osmótica da dissolução do solo e o perigo da troca de bases, causada, principalmente, pelo sódio que além de certos limites, provoca a dispersão da argila coloidal e consequente diminuição da permeabilidade ou aceleração da impermeabilidade do solo. Por outro lado, o cálcio tem uma ação benéfica, anulando ou equilibrando o efeito do sódio, (4), (5), como veremos adiante. Tão nocivo para o solo, como o sódio, é o magnésio que, em excesso, fortemente hidratado, pode dispersar os colóides argilosos (5). Tal não ocorre, em geral, nas águas do Nordeste.

2.3 — AÇÃO DOS SAIS SÔBRE AS PLANTAS

Os sais, dissolvidos na água, exercem uma ação sumamente importante sôbre o tecido celular das raízes das plantas. Pelas raízes, as plantas absorvem água e os nutrientes minerais do solo, pelo fenômeno de osmose. Essa absorção dá-se pela diferença de pressão osmótica entre o líquido celular das raízes e a da solução da água no solo. Para que haja absorção, isto é, endosmose é preciso que a pressão osmótica das raízes seja maior que a do solo. Havendo equilíbrio de pressão dá-se a plasmólise, chegando ao limite letal. Qualquer aumento na concentração salina da solução do solo provocará a exosmose, vindo a morte da planta pelo esvaziamento do líquido celular que passa à solução do solo, sobrevivendo o rompimento das paredes celulares, (6), (7).

Muitos autores, (4), (6), (7), (8), já estudaram e determinaram a concentração máxima de sais dissolvidos, na solução de solo, que pode suportar a planta. A pressão osmótica das raízes varia de 5 a 35 atm., porém a maioria das plantas cultivadas não pode exercer com eficiência uma sucção além de 15 atm. (7). Puri (4), chegou à conclusão que as raízes das plantas suportam até uma concentração de 1.170p.p.m. de Na Cl.

Dentro dos limites da pressão osmótica, as plantas toleram bem todos os sais, com exceção dos de boro que, além de 0.5 p.p.m (7), é tóxico e o carbonato de sódio que, num pH acima de 8.5, fortemente hidrolizado pode dissolver o tecido vegetal.

2.4 — CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Muitos autores se têm dedicado ao estudo das águas para irri-

gação, em busca de dados que possam classificá-la, em ordem de preferência, segundo o seu grau de salinidade.

Para classificar uma água, é necessário ter em consideração o seu total de sais dissolvidos e a natureza de cada um, bem como a proporção que eles guardam entre si. Todos, porém, concordam que não se pode fazer uma classificação absoluta. O uso da água depende muito do tipo de solo que vai irrigar, das condições de drenagem, tipo de cultura, disponibilidade de água, pluviosidade e um sem número de fatores.

Os sais que mais afetam o solo ou a concentração salina, são aqueles mais solúveis, como o Na Cl e Na₂ SO₄, porque com a saída da água do solo quer por evaporação ou transpiração das plantas, os menos solúveis precipitam e restam aqueles, aumentando a concentração da solução do solo, (8) (9). Por outro lado, o sódio é capaz de deslocar o cálcio do complexo coloidal, estando com uma relação muito alta com respeito ao cálcio da solução.

Admitimos, para fins de classificação de águas para irrigação a tabela (3) abaixo:

Classificação	Resíduo Total em p.p.m.	Resíduo Total em e.p.m.	Na %	Relação Na/Ca	IS (índice de sal de Puri)	Cond. Elétrica EC 25°C x 10 ⁶ micronhos/cm
Muito boa	< 250	< 10	< 40	< 1	-250 a -200	< 600
Boa	250 a 500	10 a 15	40 a 50	1 a 2	-200 a -150	600 a 1000
Regular	500 a 1000	15 a 25	50 a 65	2 a 4	-150 a - 50	1000 a 2000
Ruim	1000 a 1500	25 a 30	65 a 70	4 a 5	- 50 a + 1	2000 a 3000
Imprestável	> 1500	> 30	> 70	> 5	Positivo	> 3000

O resíduo total em p.p.m. e em e.p.m., representa a soma dos ions determinados. O limite superior admissível para uma água de irrigação é de 1500 p.p.m., capaz de dar uma concentração final, na solução do solo, de dez vezes mais.

O Na %, é calculado sobre os cations em e.p.m. Ultrapassando os 70% pode causar dano ao solo, se ele é impermeável ou sem drenagem.

A relação Ca/Na é baseada no experimento de Puri (4) que determinou que a quantidade de sódio que está em equilíbrio com uma

determinada quantidade de cálcio, é de 4,85 vezes maior. A determinação do índice de sal — IS — está baseada na solubilidade de CaCO_3 , e na concentração mínima do ion Na na água que não seja capaz de deslocar o cálcio do complexo argiloso do solo. Ele encontrou que esta concentração é, de 245 p.p.m. Por uma fórmula na qual entra o Na total e Ca do CaCO_3 , estabeleceu os limites permissíveis para uma água de irrigação variando entre — 245 a + 1.

A condutividade elétrica, recíproca da resistência da solução salina, indica muito aproximadamente o teor em sais da água. É dada em mhos ou milimhos/cm.

Esses números e índices, não têm um valor absoluto, para a classificação de uma água, são antes de tudo indicativos e, tomados de per si, não nos asseguram aquilatar o valor de uma água. Um resíduo seco além dos limites acima estabelecidos ainda pode ser admitido em uma água de irrigação, desde que tenha uma pequena quantidade de sais de sódio, principalmente cloretos, em relação aos de cálcio, notadamente CaSO_4 , ou dependendo da natureza do solo a irrigar ou das plantas a cultivar.

Não se consideram prejudiciais os sais de baixa solubilidade, tais como carbonato, bicarbonato e sulfato cálcicos e carbonato de magnésio (8), desde que dentro dos limites permissíveis para o resíduo.

3 — ÁGUA DE DRENAGEM

As águas de drenagem, nas bacias de irrigação, provêm de excesso de água aplicada na rega; quer como meio de provocar uma lixiviação dos sais do solo, quer pelo mau nivelamento do terreno que obriga a um uso excessivo de água, quer pela infiltração em trânsito, nos canais, ou pela água proveniente da chuva que se acumula em depressões e aos poucos se vai infiltrando no solo.

Tôda esta água se acumula no lençol freático, elevando-o em alguns casos até a superfície do solo. Um lençol freático elevado é nefasto ao solo, porque a água pelo movimento de ascensão capilar carrega os sais para a superfície, deixando-os aí depositados, quando evaporada. Também, ocupando todos os poros do solo, impede o seu arejamento e conseqüente desenvolvimento das raízes das plantas, em um maior espaço, em busca dos nutrientes minerais de que carece. A água do lençol freático é sempre mais rica em sais que a água de irrigação que lhe deu origem, porque dissolve em sua passagem no solo os sais solúveis, além de aumentar a concentração por evaporação.

3.1 — ANÁLISE DE ÁGUAS DE ALGUNS DRENOS DA BACIA DE IRRIGAÇÃO DE SÃO GONÇALO

São apresentados nos quadros 1 a 10, algumas análises de águas

colhidas em diversos drenos do sistema de drenagem da bacia de irrigação do açude de São Gonçalo, bem representativas de todo o sistema. Foram colhidas águas nos coletores principais; drenos 7, Socó, 18, Umari (3 pontos), 25 e rio Piranhas, (que serve de coletor geral de todo o sistema), em quatro pontos diferentes, no período junho de 1953 a julho de 1954.

Estudando-se os resultados analíticos das águas dos diversos drenos, dentro do critério de classificação acima exposto, chega-se à conclusão, facilmente, que as águas referidas, estão dentro do padrão de "boa" para irrigação, apesar do seu teor em sais ser pouco mais de duas vezes ao da água do açude de São Gonçalo, (3), usada para irrigação.

— DRENAGEM

A drenagem, num sistema de irrigação, tem a finalidade de retirar o excesso de água do solo, isto é a água gravitativa, ao mesmo tempo fazendo baixar o lençol freático e mantendo-o a um nível mínimo, permitindo nos solos salinos a lixiviação do excesso de sais e evitando, pela quebra do movimento ascensional da água do lençol, o acúmulo de sais nas camadas superiores do solo. Permite, também, um arejamento adequado do solo, decorrente da boa drenagem, possibilitando, assim, um amplo desenvolvimento do sistema radicular das plantas no corpo do solo.

A drenagem só será efetiva, perfeita, eficiente se conseguir manter o lençol freático abaixo de 2 (dois) metros de profundidade. É óbvio que para isso a topografia do solo apresente uma tal declividade que torne fácil e rápido o escoamento das águas e que a própria natureza do solo(2), permita a construção dos drenos sem perigo de desabamento dos taludes e eventual obstrução.

A drenagem pode ser superficial, rasa, a fim de remover o excesso d'água da superfície do solo, mediante valetas de escoamento. A drenagem subterrânea, com a finalidade de remover a água gravitativa do corpo do solo, até a profundidade desejada, é proporcionada por drenos abertos ou valas providas de taludes e drenos cobertos feitos com tubos enterrados à profundidade desejada, por onde se escoará a água para os coletores.

Além desses dois tipos clássicos de drenos, utilizados comumente nas bacias de irrigação, que apresentam topografia própria para um bom escoamento das águas e seu lançamento final em um coletor principal ou rio, há a prática do sistema de irrigação por bombeamento.

Quando uma topografia plana e de pequena declividade não per-

mita uma drenagem eficiente e satisfatória, para manter o lençol a um nível desejado, é recomendável a drenagem por bombeamento (1), (2), (9). Essa drenagem é praticada mediante bombeamento das águas dos drenos que não escoem bem, por falta de declividade, ou de poços de drenagem em pontos determinados do terreno, dependendo a escolha de cada caso particular.

Duque (11) observa que os principais vales irrigáveis do Nordeste, como o Baixo Jaguaribe, Assu e Acaraú, têm uma topografia plana e de pequena declividade, dificultando por isto uma drenagem eficiente, nos moldes clássicos, quando se vier a irrigar êsses vales. Nestes casos a drenagem por bombeamento viria solucionar a dificuldade apontada.

A água bombeada poderá ser lançada em coletores distantes ou será mais conveniente usá-la diretamente na irrigação ou ainda misturada com a água nos canais de irrigação em proporção adequada, de modo a dar um satisfatório balanceamento de sais que não torne a água imprópria para irrigação (2).

A prática dêsse sistema, além de permitir o reuso da água na irrigação, possibilitando o aumento da área irrigada, barateando, assim, esta prática, traria como consequência a dispensa, em parte, do altamente custoso serviço de conservação dos drenos coletores.

5 — CONCLUSÃO

Diante das considerações e conceitos emitidos nos itens anteriores, chega-se à conclusão de que é perfeitamente tolerável e até justificável o uso das águas de drenagem na irrigação. O seu teor em sais nocivos (3) é baixo, mesmo comparado com as melhores águas usadas em irrigação, pelos diversos Postos Agrícolas do Serviço Agro-Industrial. A aplicação criteriosa de águas salgadas, em irrigação, não tem causado dano aos solos ou às culturas, como é comprovado na Tunísia, onde se irriga com água até de 5.000 p.p.m. de sais (5), ou no oeste dos Estados Unidos, onde se usa água contendo de 410 a 4.100 p.p.m. de sais (7).

Naturalmente, o uso de uma água salina, implica numa dosagem maciça e curto espaçamento das regas, para evitar o acúmulo de sais e o aumento da concentração da solução do solo que dê uma pressão osmótica maior que a das plantas cultivadas.

Para se manter o lençol freático, nas bacias de irrigação, a uma altura que não seja nociva ao solo e às culturas, principalmente nos vales de topografia muito plana e de pequena declividade, é aconselhável o bombeamento das águas drenadas e a sua utilização como suplementação na irrigação.

Os dados analisados aqui, referentes a águas do sistema de drenagem da bacia de irrigação de São Gonçalo, são aplicáveis às outras bacias de irrigação do Nordeste, instaladas ou a virem se instalar, pela semelhança que apresentam entre si, comprovada pelos estudos agrológicos dos vales, já feitos e pelas análises de água de muitos rios e açudes do Nordeste (11).

6 — SUMÁRIO

No presente trabalho é feito um estudo ligeiro das águas de drenagem da bacia de Irrigação de São Gonçalo, na Paraíba. São feitas considerações em torno da resistência das plantas aos sais da água, do ponto de vista da pressão osmótica e sobre o comportamento do solo quanto aos sais contidos na água utilizada para irrigação. Para solucionar problemas de drenagem, decorrentes das condições topográficas do solo, é sugerido o bombeamento das águas drenadas e o seu aproveitamento na suplementação da irrigação, normalmente praticada.

Q U A D R O N.º 1

DRENO 7, 1.º DESVIO ACIMA DO RIO PIRANHAS

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	7,62	7,50	8,32	7,90
Dados em p.p.m.				
Resíduo	359,13	347,76	417,43	335,65
Cl	25,03	26,86	24,18	28,51
CO ₃				21,60
CO ₃ H	233,02	224,48	216,55	185,44
SO ₄	6,83	5,60	62,22	6,25
Ca	24,68	29,02	28,45	30,66
Mg	10,69	10,97	9,21	10,75
Na	58,88	50,83	76,82	52,44
Resíduo em e.p.m.	9,34	9,12	11,04	9,38
Na%	54,81	48,46	60,50	48,61
Na/Ca	2,08	1,52	2,35	1,49
I.S.	— 186	— 194	— 168	— 192
EC x 10 ⁶	513	560	419	466

Q U A D R O N.º 2

DRENO SOCÓ, 1.º DESVIO ACIMA DO RIO PIRANHAS

Data	04-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	7,90	7,30	7,80	7,32
Dados em p.p.m.				
Resíduo	272,21	284,55	496,11	257,23
Cl	25,03	25,07	53,73	20,49
CO ₃ H	170,80	180,56	236,68	165,92
SO ₄	6,75	6,75	66,66	4,61
Ca	17,23	25,33	32,79	20,71
Mg	13,07	13,26	13,33	9,85
Na	39,33	33,58	92,92	35,65
Resíduo em e.p.m.	7,28	7,62	13,54	6,78
Na%	46,97	32,32	59,67	45,72
Na/Ca	1,98	1,16	2,46	1,50
I.S.	— 205	— 211	— 152	— 209
EC x 10 ⁶	384	398	573	401

QUADRO N.º 3

DRENO 18, ACIMA DO DRENO UMARI

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	8,00	7,80	8,25	8,00
Dados em p.p.m.				
Resíduo	464,32	411,48	558,28	395,86
Cl	80,45	55,52	66,27	42,76
CO ₃			6,00	16,80
CO ₃ H	239,12	215,94	246,44	212,28
SO ₄	10,20	24,36	63,04	12,18
Ca	23,90	23,76	24,10	24,86
Mg	12,62	11,17	11,91	12,23
Na	98,03	80,73	120,52	74,75
Resíduo em e.p.m.	12,89	11,22	14,84	10,98
Na%	65,63	62,56	70,60	59,19
Na/Ca	3,58	2,97	4,36	2,62
I.S.	— 146	— 164	— 124	— 170
EC x 10 ⁰	673	527	600	511

QUADRO N.º 4

DRENO UMARI, ACIMA DO DRENO 18

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53
pH	8,35	8,30	8,20
Dados em p.p.m.			
Resíduo	372,04	404,47	521,42
Cl	49,16	55,52	59,99
CO ₃		5,40	8,40
CO ₃ H	219,60	218,99	245,22
SO ₄	4,44	7,57	57,12
Ca	26,25	27,08	28,05
Mg	15,55	5,96	11,56
Na	57,04	83,95	111,09
Resíduo em e.p.m.	10,14	10,98	14,36
Na%	48,91	66,48	67,27
Na/Ca	1,89	2,70	3,45
I.S.	— 187	— 161	— 133
EC x 10 ⁰	538	538	613

Q U A D R O N.º 5

DRENO UMARI, ABAIXO DO DRENO 18

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53
pH	8,10	7,95	8,23
Dados em p.p.m.			
Resíduo	373,66	382,71	567,57
Cl	50,06	55,52	59,10
CO ₃			3,60
CO ₃ H	206,18	215,94	285,48
SO ₄	11,19	5,27	58,60
Ca	24,68	25,71	27,85
Mg	12,00	11,50	13,57
Na	69,55	68,77	119,37
Resíduo em e.p.m.	10,26	10,42	15,40
Na%	57,63	57,38	67,49
Na/Ca	2,45	2,33	3,73
I.S.	— 175	— 176	— 125
EC x 10 ⁰	538	554	550

Q U A D R O N.º 6

DRENO UMARI, ACIMA DO RIO PIRANHAS

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	8,15	8,76	8,11	8,40
Dados em p.p.m.				
Resíduo	385,16	403,24	372,50	395,06
Cl	55,42	59,99	30,44	56,13
CO ₃		10,80		19,20
CO ₃ H	202,52	206,18	178,12	195,20
SO ₄	16,21	8,81	59,91	9,79
Ca	27,03	26,10	20,74	22,79
Mg	11,67	8,79	9,69	12,37
Na	72,31	82,57	73,60	79,58
Resíduo em e.p.m.	10,67	11,22	10,06	11,24
Na%	57,61	63,99	63,61	61,56
Na/Ca	2,32	2,76	3,10	3,03
I.S.	— 172	— 162	— 171	— 165
EC x 10 ⁰	538	560	412	565

Q U A D R O N.º 7

DRENO 25

Data	03-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	8,12	8,20	8,10	8,02
Dados em p.p.m.				
Resíduo	271,72	419,08	483,47	382,99
Cl	14,30	50,14	37,61	47,22
CO ₃				16,80
CO ₃ H	179,34	250,10	259,86	204,96
SO ₄	9,30	7,74	55,80	6,75
Ca	30,16	37,01	36,36	28,59
Mg	9,18	15,44	15,49	14,04
Na	29,44	58,65	79,35	64,63
Resíduo em e.p.m.	7,06	11,34	12,96	10,78
Na%	36,26	44,97	53,24	52,13
Na/Ca	0,85	1,37	1,96	1,96
I.S.	— 215	— 186	— 165	— 180
EC x 10 ⁶	384	598	528	493

Q U A D R O N.º 8

RIO PIRANHAS ACIMA DO DRENO UMARI

Data	02-06-53	08-10-53	30-11-52	20-07-54
pH	7,98	7,90	8,00	7,83
Dados em p.p.m.				
Resíduo	387,52	385,11	460,07	341,26
Cl	34,86	34,03	42,98	35,64
CO ₃				38,40
CO ₃ H	234,24	234,24	228,14	156,16
SO ₄	8,06	14,15	61,72	8,23
Ca	29,22	30,20	31,21	32,31
Mg	11,75	11,08	12,76	8,65
Na	69,39	61,41	83,26	61,87
Resíduo em e.p.m.	10,44	10,12	12,42	10,02
Na%	55,41	52,45	58,10	53,69
Na/Ca	2,06	1,77	2,32	1,67
I.S.	— 175	— 183	— 161	— 183
EC x 10 ⁶	538	517	488	516

Q U A D R O N.º 9

DRENO RIO PIRANHAS ABAIXO DO DRENO UMARI

Data	02-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54
pH	8,00	8,48	8,02	7,90
Dados em p.p.m.				
Resíduo	382,69	392,69	506,79	396,66
Cl	38,44	51,94	54,62	40,09
CO ₃		6,00	7,20	7,20
CO ₃ H	233,02	217,77	235,43	233,02
SO ₄	8,89	8,64	65,51	7,90
Ca	28,05	28,44	28,65	26,93
Mg	11,50	13,43	14,41	12,06
Na	62,79	66,47	100,97	69,46
Resíduo em e.p.m.	10,16	10,82	11,02	10,70
Na%	53,74	53,41	62,71	56,44
Na/Ca	1,95	2,03	3,07	2,25
I.S.	— 182	— 178	— 144	— 175
EC x 10 ⁰	538	560	538	513

Q U A D R O N.º 10

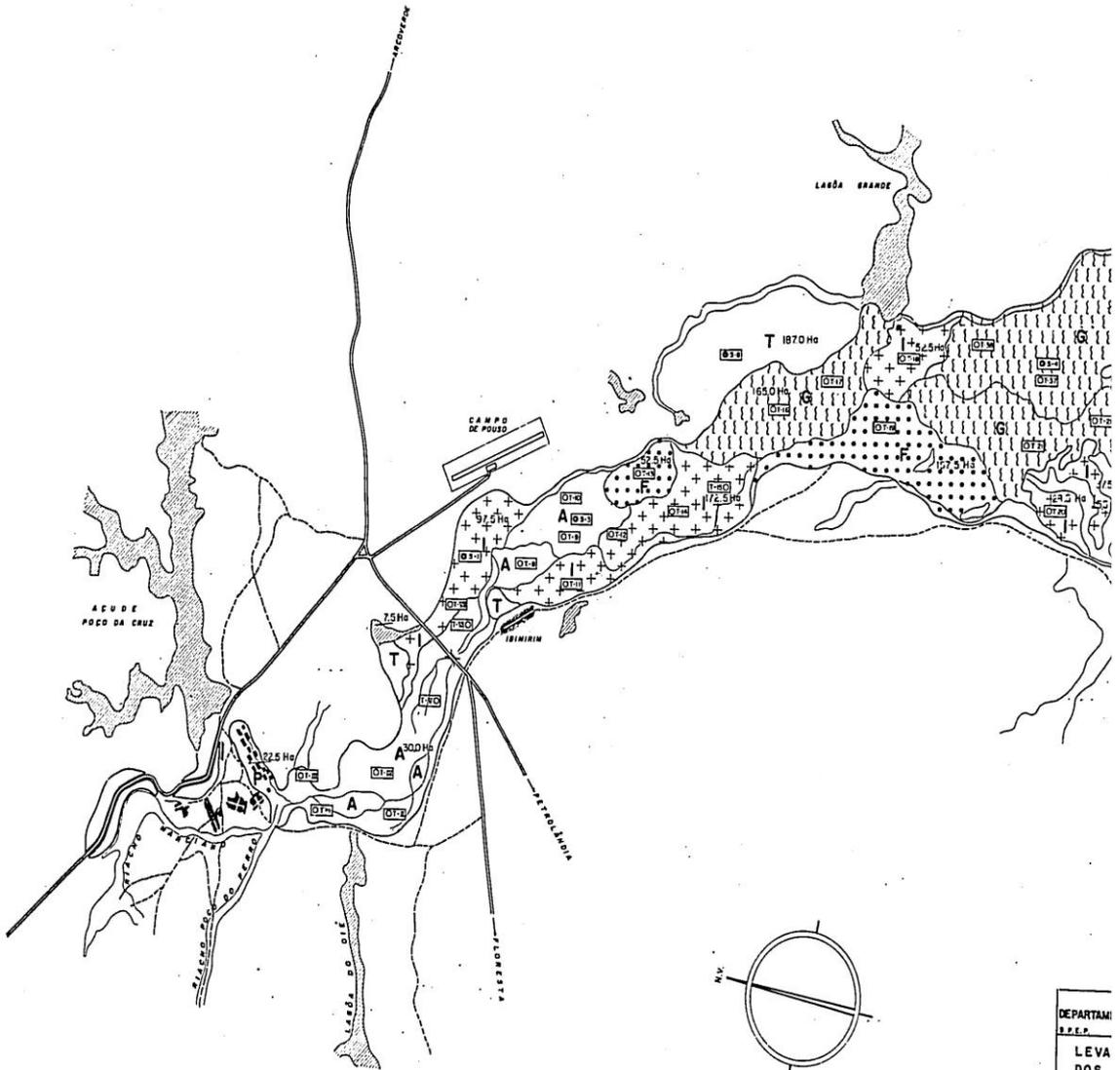
DRENO RIO PIRANHAS ABAIXO DO DRENO 25

Data	02-06-53	08-10-53	30-11-53	20-07-54	15-1-60*
pH	7,95	8,00	7,55	7,80	—
Dados em p.p.m.					
Resíduo	394,40	428,15	513,24	370,49	254,83
Cl	46,48	58,20	46,56	40,98	26,98
CO ₃				27,60	10,80
CO ₃ H	234,24	248,78	265,96	185,44	212,28
SO ₄	6,58	6,09	60,74	8,72	8,02
Ca	27,66	33,12	33,98	26,10	38,61
Mg	11,82	13,88	16,07	11,73	6,26
Na	67,62	68,08	89,93	69,92	49,68
Resíduo em e.p.m.	10,58	11,50	13,86	10,60	9,54
Na%	55,57	51,47	56,56	57,35	45,28
Na/Ca	2,13	1,79	2,32	2,33	1,12
I.S.	— 177	— 176	— 155	— 175	— 196
EC x 10 ⁰	538	598	507	500	280

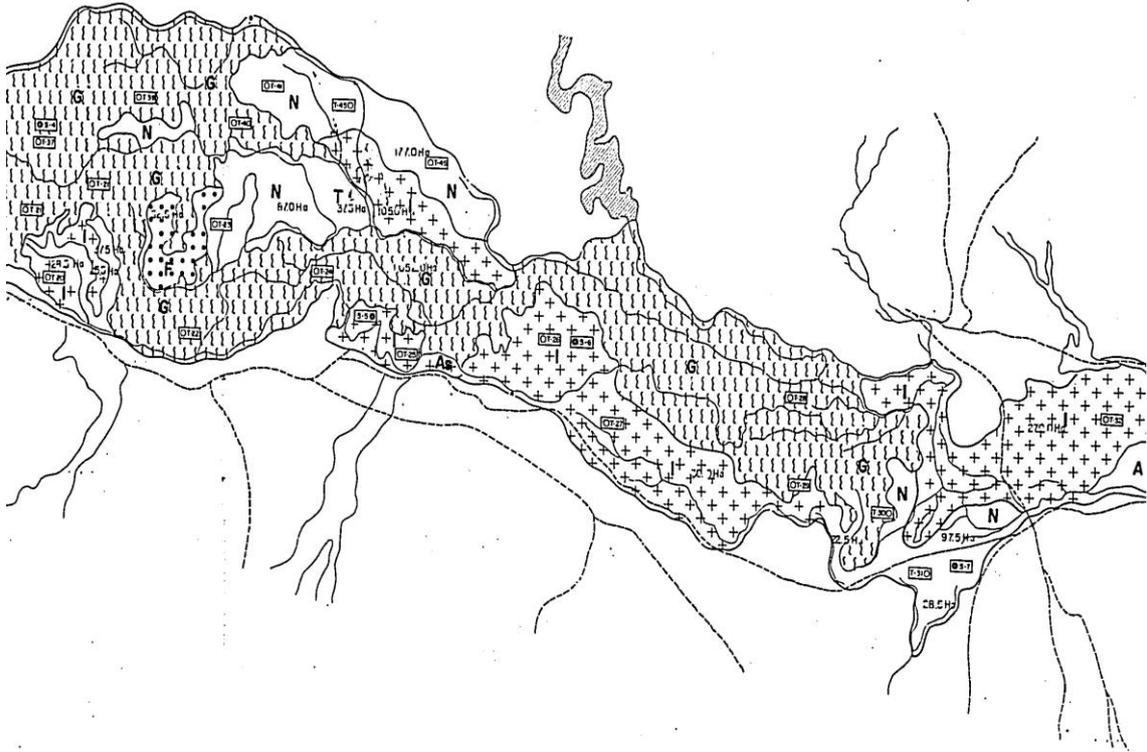
(*) Amostra colhida abaixo, cêrca de 5 km.

BIBLIOGRAFIA

- (1) — King, F.H. — Irrigation and Drainage.
- (2) — Murphy, D. William — Drainage Engineering.
- (3) — Oliveira, Luiz Bezerra — Águas do Nordeste (não publicado).
- (4) — Puri, A.N. — Soils, their Physic and Chemistry.
- (5) — Demolon, A. — Dynamique du Sol.
- (6) — Miller, Edwin C. — Plant Physiology.
- (7) — Tamés, Cayetano — Dos Estudios de Hidráulica-Agrícola.
- (8) — Mela, P. Mela — Edafologia.
- (9) — F.A.O., O.N.U. — Utilization des Terres Salines.
- (10) — Scott's, Wilfred W. — Standard Methods of Chemical Analysis
- (11) — Duque, J.G. — Solo e Águas no Polígono das Sêcas.



DEPARTAM
S.P.P.
LEVA
DOS
DO A
MUNICÍP
ESCALA: 1:1
DESENHO:
DATA: MEVEN
OP. DESAL:
OP. INDIC:
OP. ANUAL: 6

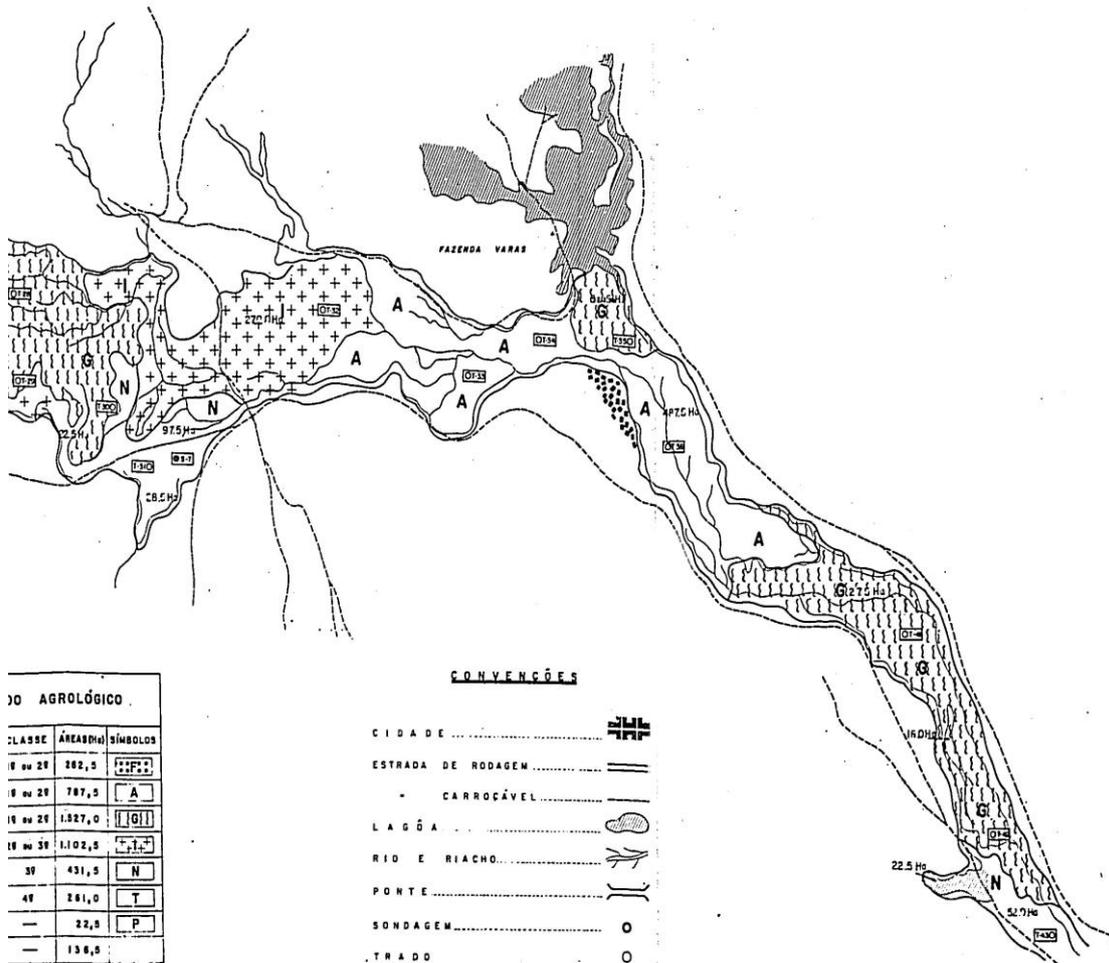


M.V.O.P.
 DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÉCAS
 D.P.E.P. Serviço de Estudos D.P.E.P.

LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DA BACIA DE IRRIGAÇÃO DO AÇUDE PÚBLICO POÇO DA CRUZ
 MUNICÍPIO: ZIMIRIM — ESTADO: PERNAMBUCO

ESCALA: 1:25.000
 DESENHO: [Assinatura]
 DATA: NOVEMBRO-1968
 REVISÃO: [Assinatura]
 PROJETO: [Assinatura]

QUADRO GERAL ESTUDO AGROLÓGICO				
TIPOS DE SOLOS	SÍMBOLOS	CLASSE	ÁREAS(Dha)	SÍMBOLOS
ALUVIÃO MUITO LEVE	F	18 ou 28	282,5	[F]
ALUVIÃO LEVE	A	18 ou 28	787,5	[A]
ALUVIÃO MÉDIO	G	18 ou 28	1.527,0	[G]
ALUVIÃO MÉDIO SALGADO	I	28 ou 38	1.102,5	[I]
ALUVIÃO PESADO SALGADO	N	38	431,5	[N]
TABULEIRO	T	48	281,0	[T]
PEDREGULHO	P	—	22,5	[P]
LAGOA	L	—	138,5	[L]



DO AGROLÓGICO

CLASSE	ÁREA(Ha)	SÍMBOLOS
18 ou 24	282,5	+
18 ou 24	787,5	A
18 ou 24	1.027,0	G
18 ou 24	1.102,5	N
39	431,5	N
48	281,0	T
—	22,0	P
—	138,0	

CONVENÇÕES

- CIDADE [Symbol]
- ESTRADA DE RODAGEM [Symbol]
- CARROCÁVEL [Symbol]
- LAGÔA [Symbol]
- RIO E RIACHO [Symbol]
- PONTE [Symbol]
- SONDAGEM O
- TRADO O

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS

AUTARQUIA FEDERAL

Administração Central

Gabinete do Diretor-Geral, Diretoria de Administração, Assessoria de Planejamento, Inspetoria demais órgãos centralizados.

Brasília

Diretorias de Obras e Equipamentos e de Fomento e Produção.

Fortaleza

Diretoria de Pesquisas, Estudos e Projetos.

Recife

Distritos de Obras

1.º Distrito de Obras
2.º Distrito de Obras
3.º Distrito de Obras
4.º Distrito de Obras
5.º Distrito de Obras
6.º Distrito de Obras
7.º Distrito de Obras
Comissão de Alagôas
Comissão de Sergipe

Fortaleza
João Pessoa
Recife
Salvador
Natal
Teresina
Montes Claros — MG.
Palmeira dos Índios - Al.
Aracaju

Distritos de Fomento e Produção

1.º Distrito de Fomento e Produção
2.º Distrito de Fomento e Produção
1.ª Comissão de Fomento e Produção
2.ª Comissão de Fomento e Produção

Fortaleza
Campina Grande — Pb.
Arcoverde — Pe.
Feira de Santana — Ba.