

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
ITAPEBUSSU - MARANGUAPE CE

VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS

TOMO III- Estudos Hidrológicos

ANB
Água do Nordeste do Brasil LTDA

FORTALEZA- CE
NOVEMBRO DE 1998

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAPEBUSSÚ

TOMO I - ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME III – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Lote 02386 - Prep (X) Scan () Index ()

Projeto Nº 0230/02/03/A

Volume _____

Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____

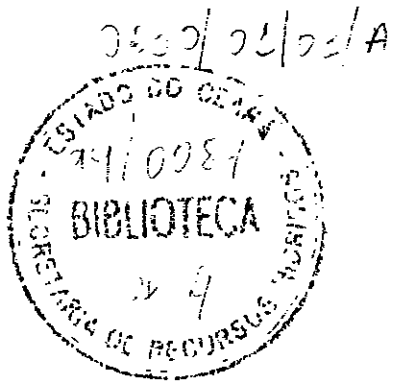
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____

Qtd. A0 _____ Outras _____



Av. Santos Dumont, 1687 - Sala 210, Aldeota
CEP 60 150-160 - Fortaleza - Ceará Fone/Fax (085) 264 3741
CGC(MF) 00 647 338/0001-30 - INSC MUNICIPAL 125 364-6
E-MAIL anb@secrel.com.br

**FORTALEZA
OUTUBRO/98**



ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	6
1 - INTRODUÇÃO	8
2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA	10
2.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS	10
2.1.1 - Temperatura	10
2.1.2 - Umidade Relativa.....	11
2.1.3 - Insolação Média.....	12
2.1.4 - Ventos.....	13
2.1.5 - Evaporação Média.....	14
2.1.6 - Evapotranspiração.....	15
2.2 - BALANÇO HÍDRICO	16
2.3 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA	17
2.3.1 - Classificação segundo Thornthwaite.....	17
2.4 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA	18
3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	20
3.1 - DADOS UTILIZADOS	20
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO	21
3.2.1 - Nível Anual	21
3.2.2 - Nível Mensal.....	21
3.2.3 - Nível Diário	23
3.2.4 - Estudos de Chuvas Intensas.....	23
3.2.4.1 - Método das Isozonas (TORRICO,1975)	24
4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS	30
4.1 - METODOLOGIA.....	30
4.2 - DADOS UTILIZADOS	32
4.2.1 - Pluviometria.....	33
4.2.2 - Evapotranspiração.....	33
4.2.3 - Fluvimetria.....	34
4.3 - AJUSTE DO MODELO	35
4.4 - SIMULAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES	37
5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO	44
5.1 - METODOLOGIA.....	44

5.1.1 - Precipitação.....	45
5.1.2 - Precipitação Efetiva.....	46
5.1.3 - Distribuição dos Grupos de Solos Hidrológicos.....	49
5.1.4 - Hidrograma Unitário.....	49
5.2 - RESULTADOS.....	49
6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	53
6.1 - INTRODUÇÃO	53
6.2 - METODOLOGIA.....	53
6.2.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico.....	53
6.2.2 - ESTUDO DE INTERFERÊNCIA.....	56
6.3 - RESULTADOS.....	57
6.3.1 - Parâmetros utilizados.....	57
6.3.2 - Análise do reservatório Itapebussu isoladamente	57
6.3.3 - Análise do impacto do reservatório Itapebussu na regularização do reservatório Sítios Novos.....	60
7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	65
7.1 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO	65
ANEXOS	72
ANEXO 1 – CURVA COTA X ÁREA X VOLUME	
ANEXO 2 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE MÁXIMAS CHUVAS DIÁRIAS – SÉRIES ANUAIS	
ANEXO 3 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DO MÊS MAIS CHUVOSO	
ANEXO 4 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS	

1 - INTRODUÇÃO

C:\ANB_trab\PROJETOS\Bepetua\Hidrologia\Volume 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUSU.doc

00008 7

1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos do Açude Itapebussu tem a finalidade de fornecer os elementos hidrológicos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas de descarga da obra

Os estudos iniciaram-se com a caracterização climática da área, tendo-se coletado e analisado informações de estações próximas.

Em seguida, nos estudos pluviométricos, coletou-se e analisou-se as informações de estações próximas à região. Foram elaborados três estudos a partir dos dados de chuvas:

- estudo de caracterização do regime pluviométrico;
- estudos de chuvas intensas;
- chuva média diária sobre a bacia hidrográfica.

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, via modelo hidrológico chuva-deflúvio, visto tratar-se de bacia sem dados fluviométricos observados. A estação de Sítios Novos, no rio São Gonçalo, serviu para estimativa dos parâmetros do modelo MODHAC. Foi então realizado um estudo de interferência da barragem projetada, no reservatório Sítios Novos, analisando várias alternativas possíveis de capacidade do açude e sua influência no Sítios Novos.

No capítulo seguinte, são apresentados os estudos de cheias de 1.000 anos e 10.000 anos de período de retorno afluente à barragem. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se modelo hidrológico baseado no método do SCS (Soil Conservation Service), o modelo HEC-1.

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

C:\ANB_trab\PROJETOS\Inpetua\Hidrologia\Volume 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUSU.doc

000010 9

APRESENTAÇÃO

O presente documento, elaborado em decorrência do contrato N.º 14/98-SRH, firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a ANB – Águas do Nordeste do Brasil LTDA, tem como objetivo a apresentação do TOMO I - Estudos Básicos, relativo ao Projeto Executivo da Barragem Itapebussu.

O referido Tomo, foi subdividido em três volumes:

- Volume I – Estudos Topográficos;
- Volume II – Estudos Geológico - geotécnicos;
- Volume III – Estudos Hidrológicos.

Este documento específico se constitui no Volume III – Estudos Hidrológicos da bacia hidráulica do Açude Itapebussu, situado no distrito homônimo no município de Maranguape-Ce.

APRESENTAÇÃO

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia aqui desenvolvida visa dar subsídios as etapas subsequentes dos estudos realizados na bacia do rio São Gonçalo, principalmente àquelas relacionadas ao aproveitamento dos seus recursos hídricos.

A bacia do rio São Gonçalo drena uma área de 76,34 km² no local a ser barrado. A referida bacia não tem localizada em seus domínios nenhuma estação hidroclimatológica, sendo por isso utilizada como estação representativa a de Fortaleza, com denominação homônima de sua localidade (INEMET, 1991)¹.

2.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS

2.1.1 - Temperatura

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12:00; 18:00 e 24:00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas nas estações meteorológicas T_{12} e T_{24} TMG, T_{MAX} e T_{MIN} do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) :

$$T_{comp} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{MAX} + T_{MIN}}{5}$$

onde,

T_{comp} - Temperatura média compensada

T_{12} - Temperatura observada às 12:00 TMG

T_{24} - Temperatura observada às 24:00 TMG

T_{MAX} - Temperatura máxima do dia

T_{MIN} - Temperatura mínima do dia

¹INEMET, 1991 INVENTÁRIO DE ESTAÇÕES HIDROCLIMATOLÓGICAS

A temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 1,6 °C, isso para os meses de julho (25,7 °C), dezembro e janeiro (27,3 °C) As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de novembro e dezembro(30,7 °C) e Julho (21,8°C), conforme se observa no Quadro 2.1 e Figura 2.1.

QUADRO 2.1
TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS E COMPENSADAS (°C) NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Máxima	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7	29,9
Comp	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	25,9	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3	26,6
Mínima	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,8	23,4	24,5	24,4	24,6	23,5

FONTE INEMET (1991)²

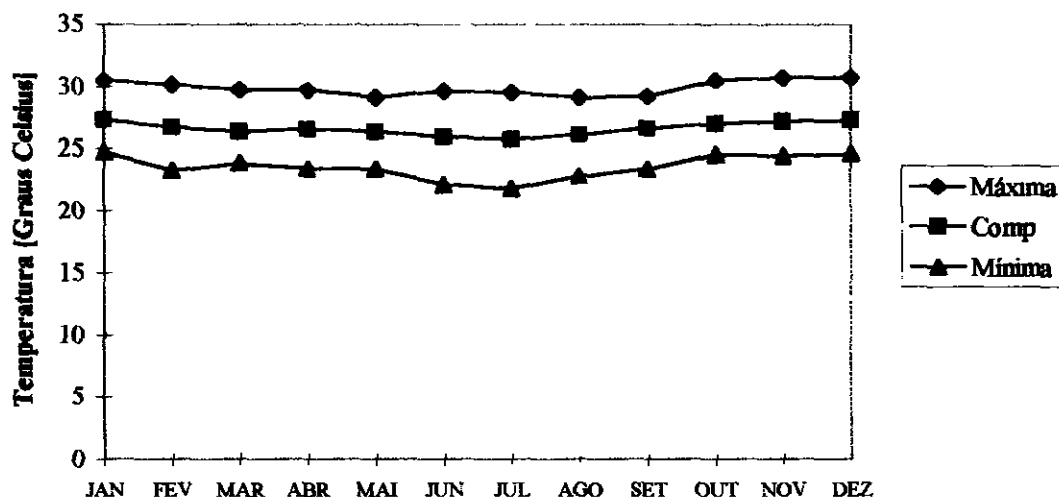


FIGURA 2.1
TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS COMPENSADAS NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

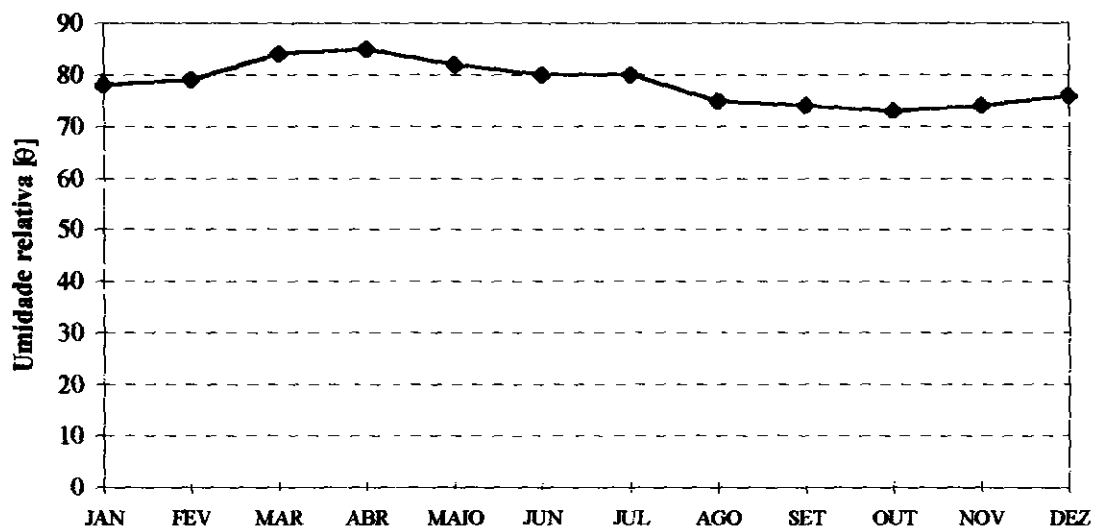
2.1.2 - Umidade Relativa

A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12% referente aos meses de Abril (85%) e Outubro (73%), como pode-se verificar no Quadro 2.2 e Figura 2.2.

² INEMET, 1992, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990), Brasília, Brasil

QUADRO 2.2
UMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
%	78	79	84	85	82	80	80	75	74	73	74	76	78,3

 FONTE INEMET (1991)³

FIGURA 2.2
UMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, considerando-se a inexistência de outras estações hidroclimatológicas nas proximidades da área de estudo, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

2.1.3 - Insolação Média

O Quadro 2.3 e a Figura 2.3 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local da estação de Fortaleza e sua distribuição mensal. Em termos anuais, no mesmo período, tem-se 2792 horas de exposição, podendo-se concluir de maneira aproximada que

³ INEMET, 1992, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990), Brasília, Brasil

cerca de 62% dos dias do ano possuem incidência solar direta. O trimestre fevereiro/março/abril, apresenta os menores valores devido ser o mais chuvoso

QUADRO 2.3
INSOLAÇÃO MÉDIA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Horas	216	175	148	153	209	240	263	269	283	296	283	257	2792

FONTE INEMET (1991) 4

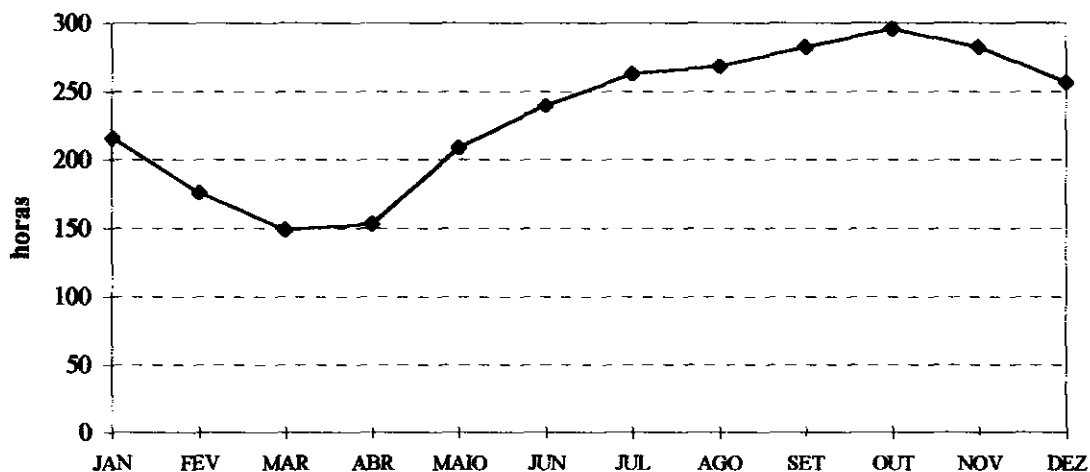


FIGURA 2.3
INSOLAÇÃO MÉDIA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

2.1.4 - Ventos

A intensidade do vento é medida nos horários sinóticos de observação, a uma altitude de 10 m em relação a estação. Da mesma forma, a direção do vento também é medida nos três horários sinóticos, indicando a direção de onde o vento se origina.

A estação de Fortaleza apresenta suas velocidades médias dos ventos descrita no Quadro 2.4 Nesta região a direção reinante dos ventos está dentro do quadrante Sudeste/Leste.

⁴INEMET, 1992, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990), Brasília, Brasil

QUADRO 2.4

VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
M/s	3,6	3,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,5	4,4	4,9	4,6	4,5	4,5	3,6

FONTE PERH(1992)⁵

2.1.5 - Evaporação Média

A evaporação anual observada em tanque-tipo classe "A" é de 1649 mm, distribuída ao longo dos meses segundo o Quadro 2.5 e Figura 2.4

QUADRO 2.5

EVAPORAÇÃO MÉDIA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
mm	149	109	85	74	85	95	123	173	193	197	185	181	1 649

FONTE PERH - ESTUDOS DE BASE

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (197 mm). Deve-se ressaltar, entretanto, que para adotar estes valores como representativos da evaporação em açudes, principalmente pequenos e médios, deve-se multiplicar estes valores por um coeficiente entre a evaporação do açude e a evaporação no Tanque Classe A (K_a). Molle (1989) aconselha os valores mostrados no Quadro 2.6 para K_a em função da superfície do espelho.

QUADRO 2.6

K_a EM FUNÇÃO DA SUPERFÍCIE DO ESPELHO D'ÁGUA

Superfície (ha)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 30	Média
K_a	0,95	0,87	0,82	0,75	0,84

⁵SRH, 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos, Fortaleza, Ceará

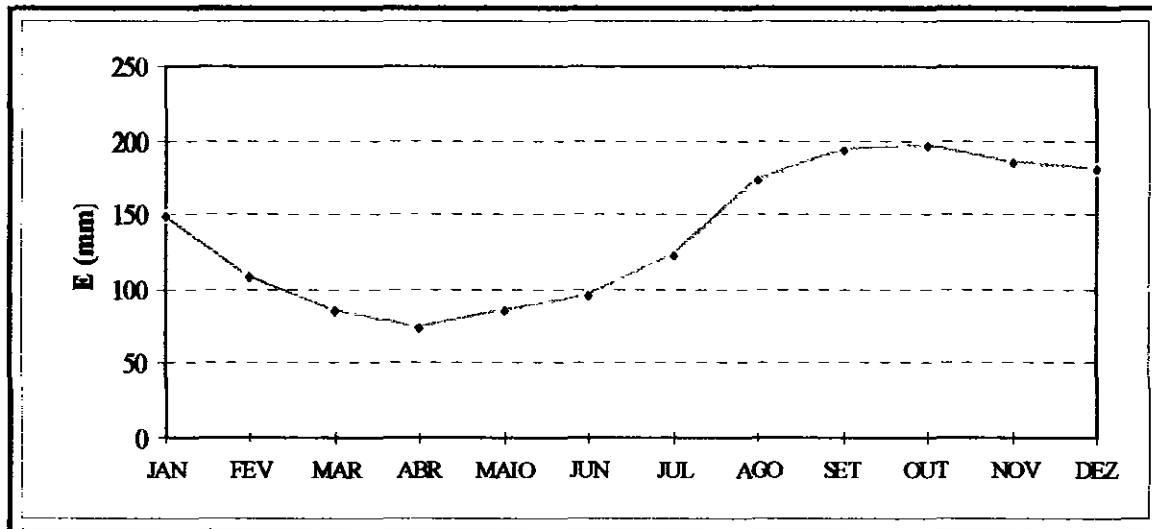


FIGURA 2.4
EVAPORAÇÃO MÉDIA NA ESTAÇÃO DE FORTALEZA

2.1.6 - Evapotranspiração

O Quadro 2.7 apresenta a evapotranspiração potencial mensal obtida segundo Thornthwaite e Mather, totalizando 1647.4 mm. A Figura 2.5 confronta os valores do Quadro 2.7 com os valores da precipitação média.

Percebe-se, como característica, o déficit hídrico em mais da metade do ano, com exceção dos meses de fevereiro a maio. Este fato demonstra, como é conhecido qualitativamente para as regiões semi-áridas, a necessidade da aplicação artificial de água

Quadro 2.7

Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite & Mather) na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Mm	154,5	129,9	134,4	132,9	131,8	120,8	120,9	129,3	134,8	149,7	150,9	157,5	1647,4

FONTE PERH (1990)

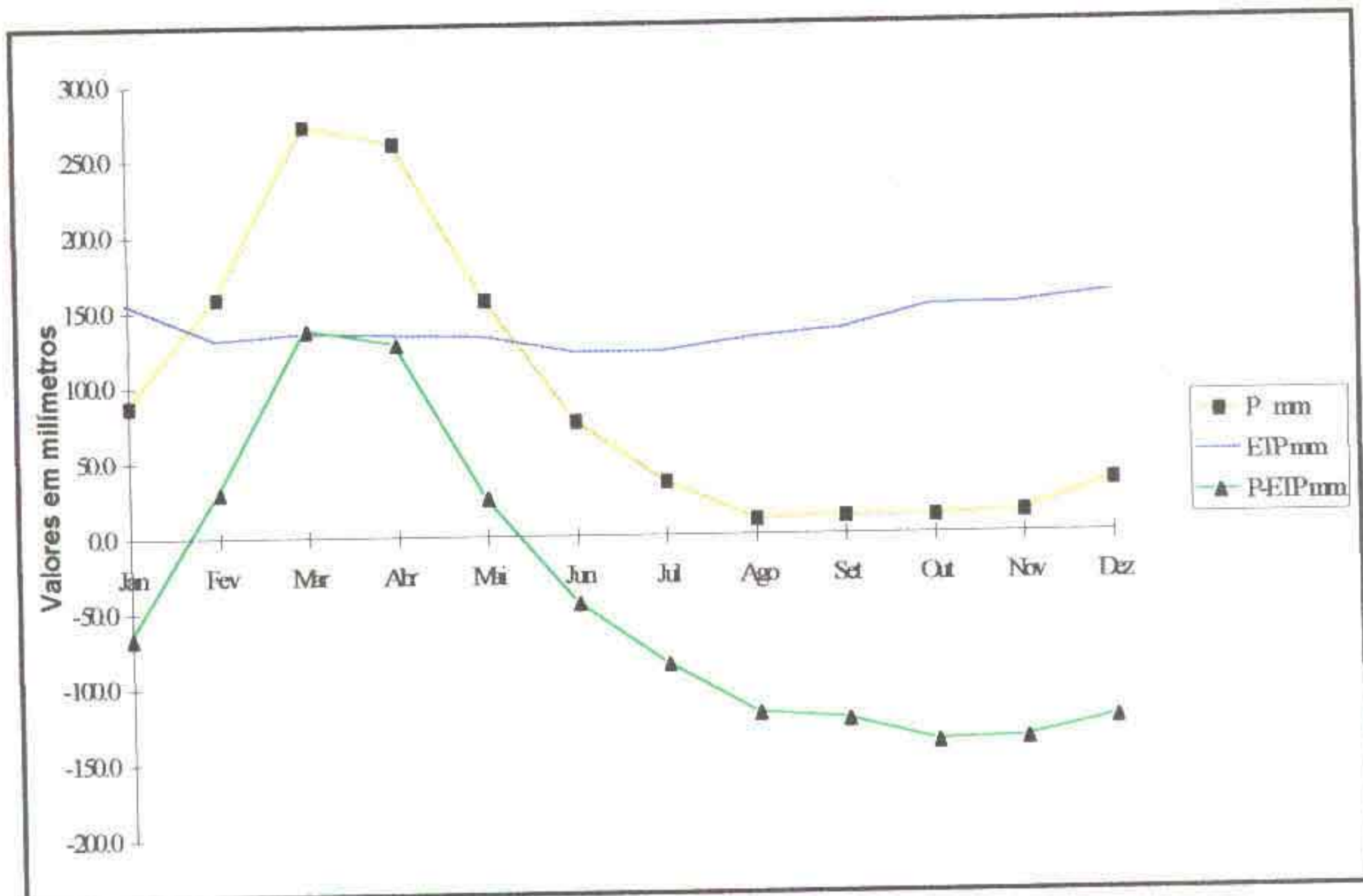


FIGURA 2.5
BALANÇO HÍDRICO

2.2 - BALANÇO HÍDRICO

O princípio da conservação da massa à água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração). Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm (PERH, 1990)⁶, obtém-se o Quadro 2.8.

⁶PERH, 1990. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ.

QUADRO 2.8
BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAIT E MATHER

MÊS	P (MM)	ETP (MM)	P-ETP (MM)	NEG (MM)	ARM (MM)	ALT (MM)	ETR (MM)	DEF (MM)	EXC (MM)
Jan	87.0	154.5	-67.48	0.00	0.00	0.00	87.02	67.48	0.00
Fev	158.4	129.9	28.49	123.00	28.49	28.49	129.90	0.00	0.00
Mar	271.4	134.4	136.99	0.00	100.00	71.51	134.40	0.00	65.48
Abr	259.6	132.9	126.73	0.00	100.00	0.00	132.90	0.00	126.73
Mai	156.0	131.8	24.17	0.00	100.00	0.00	131.80	0.00	24.17
Jun	75.3	120.8	-45.54	45.54	63.00	-37.00	112.26	8.54	0.00
Jul	34.6	120.9	-86.33	131.87	26.00	-37.00	71.57	49.33	0.00
Ago	9.8	129.3	-119.51	251.38	8.00	-18.00	27.79	101.51	0.00
Set	11.1	134.8	-123.71	375.09	2.00	-6.00	17.09	117.71	0.00
Out	10.9	149.7	-138.78	513.87	0.00	-2.00	12.92	136.78	0.00
Nov	13.6	150.9	-137.33	651.21	0.00	0.00	13.57	137.33	0.00
Dez	33.7	157.5	-123.78	774.99	0.00	0.00	33.72	123.78	0.00
ANO	1121.40	1647.40	-526.08	2866.95	427.49	0.00	904.94	742.46	216.38

2.3 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA

2.3.1 - Classificação segundo Thornthwaite

Segundo esta classificação, além da característica pluviométrica e térmica, a evapotranspiração potencial é também considerada como elemento determinante do clima. Como forma de auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos, três parâmetros foram introduzidos por Thornthwaite, a saber:

- Índice de aridez:

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial. Este índice apresentou o valor 45 (Quadro 2.9).

- Índice de umidade:

O índice de umidade é o excesso de água (Exc) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), este índice apresentou um valor de 13 (Quadro 2.9).

- Índice efetivo de umidade

Este índice reflete o excesso ou déficit de água ao longo do ano, apresentando um valor igual a -14 (Quadro 2.9).

QUADRO 2.9
ÍNDICES HÍDRICOS

ÍNDICE DE UMIDADE (Iu)	13	(100*EXC/ETP)
ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)	45	(100*DEF/ETP)
ÍNDICE DE EFETIVIDADE (Im)	-14	(Iu-0,6*Ia)

Com base nestes índices, os dados para a área de estudo, mostram um clima seco e subúmido; tipo C1, com índice efetivo de umidade variando entre -20% e 0%; clima seco, sub-tipo S, tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (CISA'a').

2.4 - SINOPSE CLIMATOLÓGICA

- Pluviometria Média Anual (sobre a bacia) 1121.4 mm;
- Evaporação Média Anual 1649 mm;
- Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite & Mather) 1647,4 mm;
- Insolação Média Anual.. .. 2792 h;
- Umidade Relativa Média Anual. 78,3 %;
- Temperatura Média Anual: Média das Máximas29,9 °C;
- Temperatura Média Anual: Média das Médias26,6 °C;
- Temperatura Média Anual: Média das Mínimas.. 23,5 °C;
- Classificação Climática CISA'a'.

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

A pluviometria do Estado foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 1990), sendo esta análise iniciada com a coleta dos registros inventariados e atualizados até 1988 pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste). Esta etapa foi seguida por várias outras, entre as quais destacam-se, para os fins deste trabalho: a caracterização do regime pluviométrico em vários intervalos de tempo e o estabelecimento de série pluviométrica média para as bacias hidrográficas dos açudes de médio e grande porte.

3.1 - DADOS UTILIZADOS

O PERH contemplou a consistência e a homogeneização das séries pluviométricas pelo método do Vetor Regional.

Foram utilizados 7 postos neste estudo, todos próximos à área de interesse, (bacia do rio São Gonçalo na seção Itapebussu com um área de 76,34 km²), pertencentes ao grupo regional São Gonçalo.

O Quadro 3.1 mostra os postos pluviométricos utilizados que fazem parte do grupo regional de São Gonçalo, ou seja, aqueles utilizados na formação do Vetor Regional.

QUADRO 3.1

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS PERTENCENTES AO GRUPO HOMOGÊNEO SÃO GONÇALO.

POSTO	CÓDIGO DNAEE	CÓDIGO SUDENE	COORDENADAS		ALTITUDE (M)	MÉDIA ANUAL (MM)
			LAT	LONG		
Columinjuba	00438020	2882035	4 01	38 50	350.00	997.9
Gado	00438027	2882321	4 09	38 54	390.00	1248.5
Itapebussu	00438031	2882018	4 01	38 55	230.00	959.7
Palmácia	00438038	2882331	4 09	38 51	380.00	1365.3
Tanques	00438047	2882146	4 05	38 47	100.00	966.2
Açude Alto Alegre	00439016	2881196	4 05	39 02	200.00	720.6
Formosa	00439017	2881099	4 02	39 01	150.00	866.2

Fonte: DNAEE (1983)

3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

3.2.1 - Nível Anual

A área de estudo apresenta, segundo análise destas Figuras, média pluviométrica igual 1121 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,38

Uma análise freqüencial foi realizada para os postos listados anteriormente, sendo testadas várias distribuições, e escolhida a Pearson III como a de melhor ajuste, sendo seus parâmetros estimados pelo método dos momentos. O Quadro 3.2 resume esta análise de freqüência.

QUADRO 3.2
ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS. DISTRIBUIÇÃO PEARSON III.

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)				
		10	100	200	500	1000
00438020	42	1578 37	2201 31	2359 76	2558 13	2701 92
00438027	26	1858 84	2636 50	2866.35	3174.96	3414.15
00438031	8					
00438038	35	1945 58	2607 94	2796 67	3045 25	3234 24
00438047	25	1660 78	2520 23	2771 73	3108 18	3368 11
00439016	30	1242 84	1910 19	2108 50	2374 88	2581 19
00439017	31	1420 00	2210 10	2454 83	2789 26	3052 29

3.2.2 - Nível Mensal

A análise da distribuição temporal mostra a concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a cerca de 95% do total anual.

A nível trimestral nota-se mais ainda a gravidade da concentração temporal, onde constata-se que cerca de 68% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre Março/Abril/Maio Neste trimestre e no trimestre Fevereiro/Março/Abril os meses de março e abril correspondem mais freqüentemente ao mais chuvoso, com cerca de 26% do total anual.

No Quadro 3.3 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), enquanto que no Quadro 3.4 apresenta-se um resumo da análise de frequência utilizando a série de totais mensais para os meses do trimestre mais chuvoso nos postos considerados. Os períodos de retorno utilizados variam de 5 a 1000 anos, com totais pluviométricos obtidos por ajustamento da distribuição Pearson III.

QUADRO 3.3

ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO FLUVIOMÉTRICA. SÉRIE DE VALORES MÉDIOS MENSAIS.

CÓDIGO	MÊS MAIS CHUVOSO			TRIMESTRE MAIS CHUVOSO			SEMESTRE MAIS CHUVOSO		
	MÊS	mm	%	TRI	mm	%	S	mm	%
00438020	ABRIL	259.8	26.0	FMA	673.4	67.5	1	935.0	93.7
00438027	ABRIL	272.6	21.8	MAM	708.2	56.7	1	1069.6	85.7
00438031	ABRIL	263.6	27.5	MAM	638.6	66.5	1	913.9	95.2
00438038	MARÇO	299.8	22.0	MAM	779.0	57.1	1	1182.6	86.6
00438047	MARÇO	206.9	21.4	FMA	521.9	54.0	1	827.7	85.7
00439016	ABRIL	208.2	28.9	MAM	497.7	69.1	1	675.0	93.7
00439017	ABRIL	232.9	26.9	MAM	567.5	65.5	1	805.3	93.0

QUADRO 3.4

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA A NÍVEL MENSAL. MÊS MAIS CHUVOSO. DISTRIBUIÇÃO PEARSON III.

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)					MÊS
		10	100	200	500	1000	
00438020	42	459.47	676.56	736.48	814.21	872.44	ABRIL
00438027	27	479.76	832.60	948.51	1111.02	1241.88	ABRIL
00438031	10						
00438038	36	453.26	581.63	613.59	653.24	681.74	MARÇO
00438047	25	415.33	700.24	784.60	895.88	979.99	MARÇO
00439016	31	377.79	557.66	607.42	672.21	720.98	ABRIL
00439017	32	417.92	670.62	747.14	850.65	931.29	ABRIL

3.2.3 - Nível Diário

Os principais tipos de precipitações da região são em decorrência da elevação brusca das massas de ar por efeito térmico ou lenta, neste caso quando a massa de ar encontra obstáculos topográficos.

A probabilidade de ocorrência de dias chuvosos no período úmido é considerável. Em regiões de influência orográfica a ocorrência de até vinte dias chuvosos no mês não são incomuns.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários.

Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Pearson III, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no Quadro 3.5.

QUADRO 3.5

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE MÁXIMOS DIÁRIOS DE CHUVA. DISTRIBUIÇÃO PEARSON III.

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)				
		10	100	200	500	1000
00438020	42	118 96	186 62	207 94	237 15	260.11
00438027	27	119 29	158 68	169 86	184 61	195 86
00438031	10					
00438038	36	107 50	139 07	147 65	158 72	166 97
00438047	27	100 84	144 59	157 79	175 66	189 61
00439016	31	106 66	143 36	153 77	167 47	177.88
00439017	32	116 95	174 73	192.29	216 08	234 63

3.2.4 - Estudos de Chuvas Intensas

Os principais tipos de precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica da barragem Itapebussu são em decorrência da elevação brusca ou lenta das massas de ar. A elevação brusca é provocada por efeitos térmicos, porém a elevação lenta é consequência do encontro da massa de ar com obstáculos topográficos.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários escolhidos entre os "n" maiores valores disponíveis na série histórica de cada posto.

Para projetos de obras hidráulicas, em geral, é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo, de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, está vinculada a determinação da relação precipitação-duração-freqüência.

Foi utilizado o Método das Isozonas para estimar as relações intensidade-duração-freqüência a partir de registros de pluviometria diária

3.2.4.1 - Método das Isozonas (TORRICO, 1975)⁷.

Seguiu-se a metodologia descrita por TORRICO, 1975 que consiste nos seguintes passos.

- Compilação dos dados das máximas chuvas diárias, para cada ano, dos postos pluviométricos da região do projeto;
- Cálculo, para cada posto, da chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto;
- Determina-se, no mapa do projeto, com o método de Thiessen, a média ponderada das máximas chuvas diárias para o tempo de recorrência previsto.

A partir da chuva de 1 dia esta é convertida em chuva de 24 horas e, depois, em durações menores.

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de intervalos de tempo de menor duração consiste nas seguintes etapas de cálculo:

- 1 multiplicar a chuva de um dia de duração por 1.10 para obter-se a chuva de 24 horas;
2. determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - a barragem de Itapebussu está localizada dentro da isozona C (Figura 3.1);

⁷TORRICO, J.T., 1975 PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2ª. Ed., TRANSCOM, RIO DE JANEIRO

3. estimar para os diferentes períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R_{1h} .
4. plotar os valores P_{24h} e P_{1h} em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

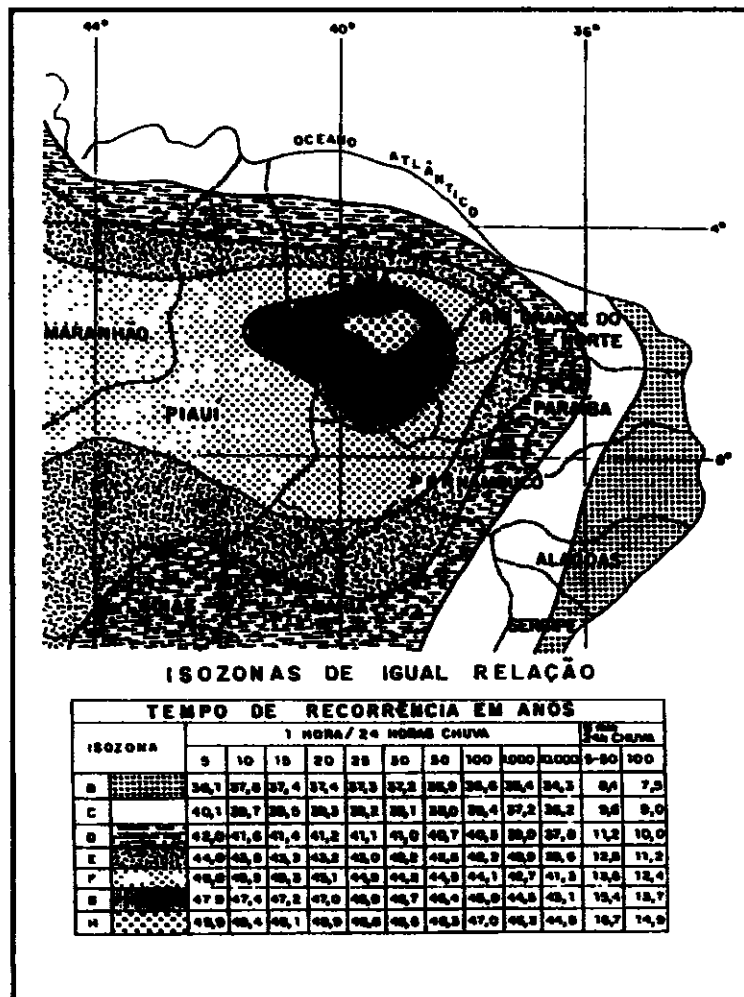


FIGURA 3.1
MÉTODO DAS ISOZONAS DE TABORGA.

Aplicou-se a metodologia acima descrita para os postos pluviométricos de código 00438027, 00438038 e 00438047. os quais, pela sua disposição geográfica, são considerados representativos da área de interesse. Os resultados são apresentados nos Quadros 3.6 e 3.7. A Figura 3.2 mostra o divisor de água da bacia com os polígonos de Thiessen. Já na Figura 3.3 estão apresentados os valores das precipitações para diferentes tempos de retorno.

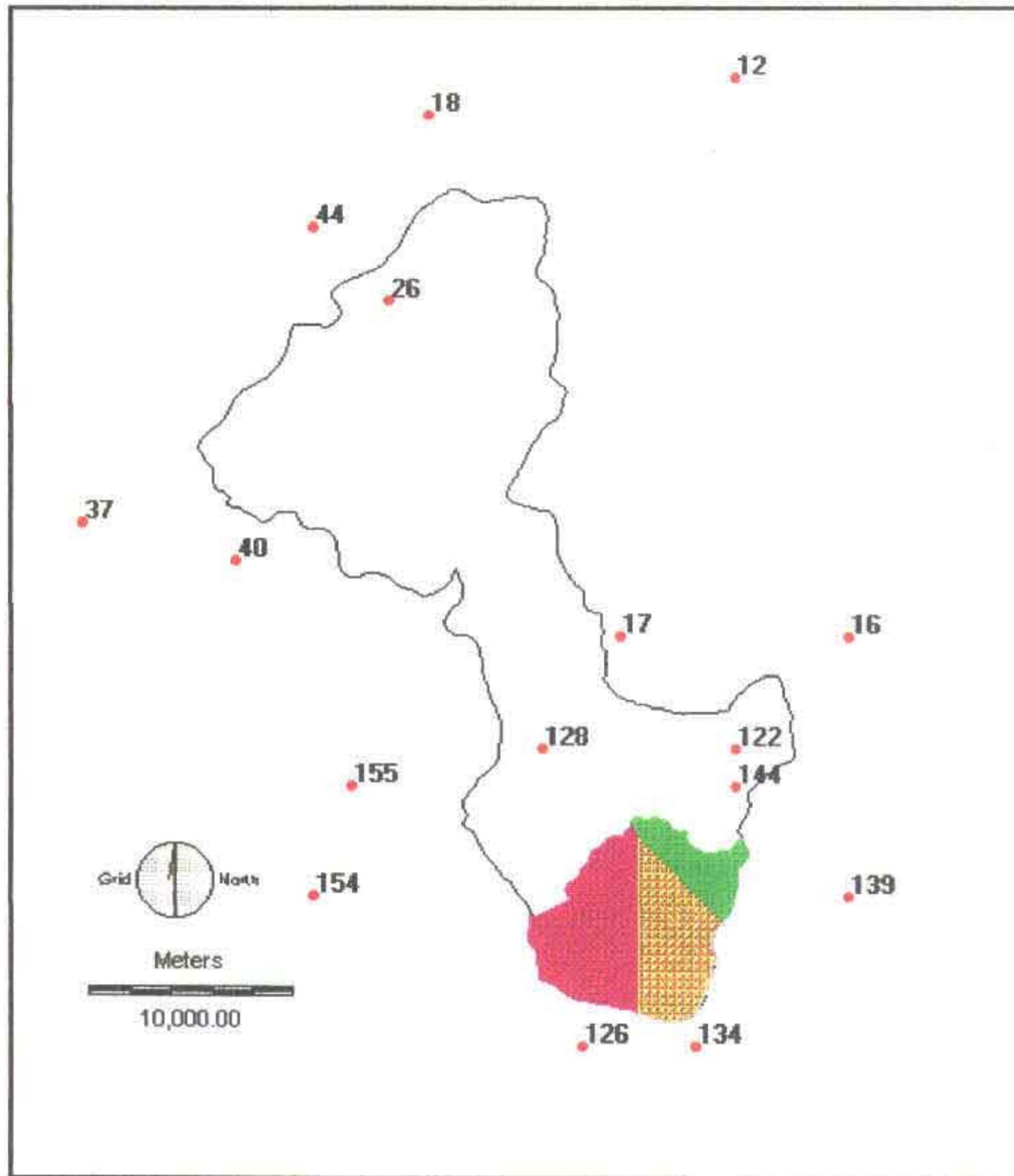


FIGURA 3.2
POLÍGONOS DE THIESSEN NA BACIA DO RIO SÃO GONÇALO NA SEÇÃO DA BARRAGEM
ITAPEBUSSU

QUADRO 3.6

COEFICIENTES DE THIESSEN PARA O ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

ORDEM	CÓDIGO	COEFICIENTE DE THIESSEN	ÁREA (KM ²)
126	00438027	0.47598	33.367
134	00438038	0.35712	25.035
139	00438047	0.16690	11.700

QUADRO 3.7

BACIA DO RIO SÃO GONÇALO EM ITAPEBUSSU - CHUVAS INTENSAS

DURAÇÃO (h)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	1000	10000
0.1	10.4	11.8	14.6	14.8	12.7	20.4
1	43.6	48.9	59.2	64.7	75.5	90.4
24	108.7	123.2	152.5	164.2	203.0	249.8
DIÁRIA	98.8	112.0	138.6	149.3	184.5	227.1

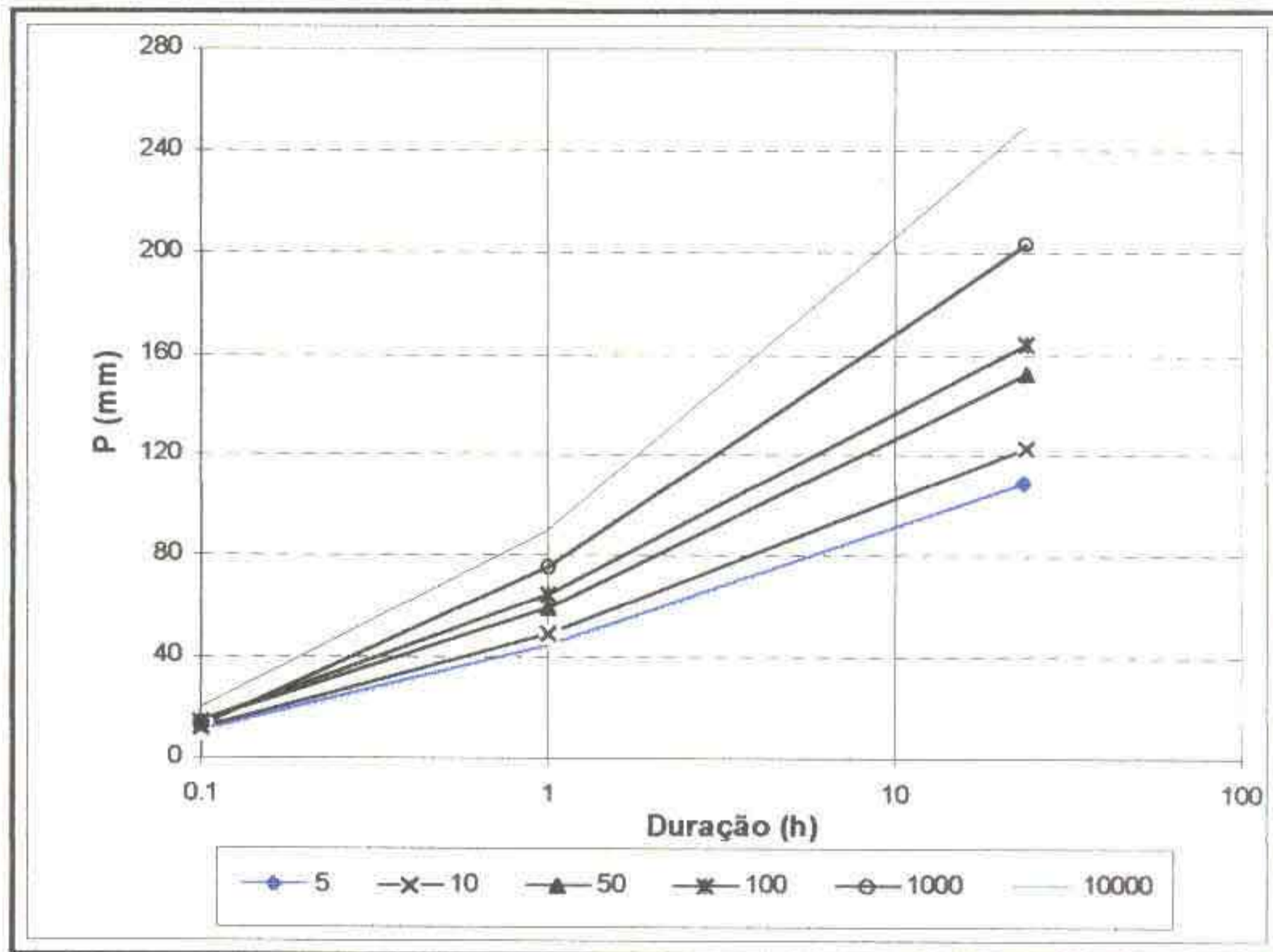


FIGURA 3.3

CURVAS PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA - MÉTODO DAS ISOZONAS.

030029

4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS

C:\ANB_trab\PROJETOS\Itapebus\Hidrologia\Volume 3 Estudos Hidrológicos\ITAPEBUSU.doc

0.0000

29

4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS

O presente capítulo visa obter uma avaliação qualitativa e quantitativa da disponibilidade natural de água decorrente do escoamento superficial sobre a bacia do rio São Gonçalo até a seção da barragem de Itapebussu.

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude Itapebussu foi realizada objetivando fornecer elementos para a caracterização do regime fluviométrico e para a simulação de sua operação, visando o dimensionamento do reservatório.

O modelo escolhido foi o MODHAC⁸, cujos resultados no PERH-CE demonstraram uma boa adequação às bacias hidrográficas estaduais.

Na região de estudo existe a estação fluviométrica Sítios Novos localizada no rio São Gonçalo. Devido à disponibilidade de novos dados fluviométricos, decidiu-se realizar uma nova calibração e geração de vazões.

4.1 - METODOLOGIA

O estudo das vazões medidas em estações fluviométricas é indispensável para o conhecimento do regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. Mantidas ao longo de décadas por órgãos ligados ao setor de recursos hídricos, as estações fluviométricas têm uma densidade muito inferior a dos pluviômetros.

Especificamente na região de estudo, existe um posto fluviométrico na bacia hidrográfica, sendo, portanto, possível a utilização de um modelo chuva-vazão do tipo concentrado com o intuito de se obter uma série de vazões sintéticas a partir da série de precipitações médias sobre a referida bacia. Foi utilizado o modelo chuva-vazão MODHAC, baseado na simulação de três reservatórios que representam os níveis de armazenamento de água superficial, subsuperficial e subterrâneo. O balanço hídrico é executado a nível diário (intervalo de computação) e os resultados e as vazões geradas são apresentadas mês a mês (intervalo de simulação).

Estes reservatórios, dispostos em série, possuem parâmetros que têm que ser ajustados a partir do confronto de dados observados de vazão mensais concomitantes com dados de

⁸ MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - A E L Lanna & M Schwarzbach - 1989 Publicação de Recursos Hídricos 21 - Instituto de Pesquisas Hidráulicas I P H - U F R G S

precipitação diária. Os três reservatórios fictícios que compõem o MODHAC, esquematicamente representado na Figura 4.1, são descritos a seguir

1. **RESERVATÓRIO SUPERFICIAL:** permite simular os processos de interceptação da água pela vegetação, o armazenamento nas depressões impermeáveis e semi-permeáveis do solo. Seus parâmetros são

RSPX: capacidade máxima do reservatório superficial,

ASP: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à permeabilidade do reservatório.

2. **RESERVATÓRIO SUB-SUPERFICIAL:** permite representar a água armazenada dentro do solo, desde a superfície do terreno até a profundidade radicular das plantas. A recarga deste reservatório é a infiltração e as descargas são o escoamento hipodérmico, evaporação do solo e a evapotranspiração das plantas. São seus parâmetros:

RSSX: capacidade máxima do reservatório sub-superficial;

ASS: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional a permeabilidade das camadas mais superficiais do solo.

3. **RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO:** representa o armazenamento da água nas camadas mais profundas do solo onde não existe nem evapotranspiração das plantas, nem evaporação do solo. A recarga deste reservatório é a percolação profunda do reservatório sub-superficial e a descarga é o escoamento de base. Seus parâmetros são:

RSSB: capacidade máxima do reservatório subterrâneo;

ASB: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à transmissividade das camadas mais profundas do solo

Além destes coeficientes próprios de cada reservatório fictício, existem outros que permitem representar as características do solo e da evaporação. São eles:

IMIN: infiltração mínima observada;

IMAX: representa a capacidade de percolação de todo o horizonte do solo,

IDEC: parâmetro que permite representar uma gama de valores compreendida entre o ponto onde não existe infiltração e o ponto que representa toda a água infiltrada;

CEVA: parâmetro da lei de evapotranspiração do solo

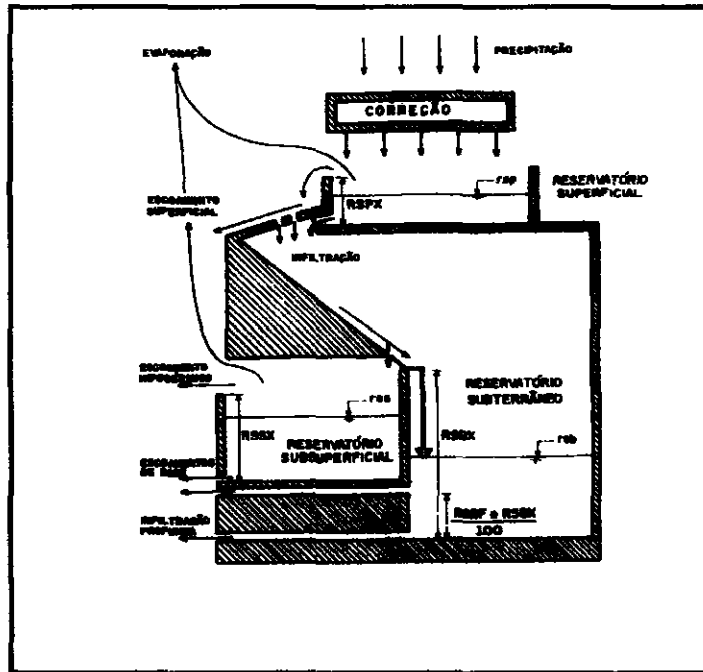


FIGURA 4.1
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODHAC

4.2 - DADOS UTILIZADOS

Os dados necessários para a calibração do MODHAC são: pluviometria diária, séries fluviométricas mensais/diárias e evapotranspiração potencial.

Em resumo, procedeu-se da seguinte maneira para a utilização dos dados disponíveis:

- calibração do MODHAC para a bacia que contribui para a estação Sítios Novos;
- verificação e análise dos parâmetros obtidos;

- com os parâmetros obtidos, fez-se a simulação das séries de vazões na bacia do Sítios Novos em um período correspondente a duração da série de precipitação média

Partiu-se da hipótese de que os parâmetros utilizados, obtidos na calibração, são representativos para simular os processos de transformação chuva-vazão que ocorrem na bacia do rio São Gonçalo na seção de Itapebussu.

4.2.1 - Pluviometria

As estações utilizadas neste estudo com suas respectivas localizações encontram-se no Quadro 4.1.

QUADRO 4.1
LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NESTE ESTUDO.

CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE
00438020	38°51'	4°01'
00438027	38°55'	4°09'
00438031	38°56'	4°01'
00438038	38°52'	4°09'
00438047	38°48'	4°05'
00439016	39°02'	4°05'
00439017	39°01'	4°02'

4.2.2 - Evapotranspiração

A série de evapotranspirações mensais, apresentada no Quadro 4.2, foi obtida a partir do método de Hargreaves, utilizando-se para tanto os dados da estação climatológica de Fortaleza (código 82397 do INEMET), considerada como representativa da região em estudo.

QUADRO 4.2
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL SEGUNDO HARGREAVES

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
82397	143.9	126.4	119.1	105.7	110	105.9	111.2	135.2	145.1	159.5	151.7	149.4

4.2.3 - Fluviometria

A série fluviométrica a nível mensal para a estação Sítios Novos está apresentada abaixo no Quadro 4.3. As características da série observada são:

- Coeficiente de Escoamento aproximado: 21%
- Lâmina Escocada Média: 204.8 mm
- Coeficiente de Variação dos deflúvios: 1,3

QUADRO 4.3
VAZÃO OBSERVADA MENSAL (M³/S) DA ESTAÇÃO SÍTIOS NOVOS

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
1968	0.00	0.00	2.45	8.39	8.11	0.79	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1969	0.00	0.00	1.07	15.03	5.97	0.47	1.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
1970	0.46	0.00	0.92	6.80	0.92	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1971	0.00	0.00	0.77	5.22	3.37	2.85	0.92	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-
1973	0.00	0.65	11.02	19.62	7.96	4.59	0.92	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
1974	5.97	5.24	35.06	48.89	31.54	4.11	1.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.15	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	0.00	0.00	1.58	7.00	11.60	1.31	0.22	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
1985	0.77	28.90	34.00	39.70	15.00	3.00	3.50	0.70	0.20	0.00	0.00	0.07
1986	0.00	3.00	38.30	39.50	11.00	8.00	1.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
1987	0.00	0.00	3.01	1.40	0.51	1.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.00	0.00	2.06	15.20	16.70	2.27	1.24	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	0.0	0.0	11.0	138.4	83.6	27.8	14.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.00
1990	0.0	1.6	1.9	0.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1991	0.0	0.0	33.1	26.9	15.6	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1992	0.0	0.0	1.3	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1994	0.0	0.0	3.9	23.6	29.5	24.2	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
MÉDIA	2.5	12.2	47.5	79.1	45.7	12.3	4.6	0.8	0.1	0.0	0.0	0.00

4.3 - AJUSTE DO MODELO

Na tentativa de garantir que o mínimo obtido pelo método de Rosembrook seja um mínimo global, o processo de calibração foi repetido várias vezes com diferentes condições iniciais para estes parâmetros, sendo empregada a função objetivo do tipo mínimos quadrados. O período de vazões observadas 1989-1994 não foi utilizado devido à não disponibilidade de dados pluviométricos

Obteve-se, para a estação Sítios Novos, na fase de calibração, uma lâmina média escoada de 213 mm, coeficiente de deflúvio de 21,0% e um coeficiente de variação de 1,15 para os períodos 1968-1974 e 1982-1988.

O Quadro 4.4 mostra os parâmetros obtidos na calibração automática pelo método de Rosembrook.

QUADRO 4.4
PARÂMETROS UTILIZADOS PELO MODELO MODHAC - CALIBRAÇÃO

RSPX mm	RSSX mm	RSBX	RSBF	IMAX mm/dia	IMIN Mm/dia	IDEC	ASP	ASS	ASB	PRED	CEVA
Período: 1968-1974/1982-1988				Coef. Deflúvio = 21,0%			Lâmina Média Escoada = 213 mm				
89 10	131.50	00	00	13 08	6 43	0.9912	0.0532	0 0009	00	999 0	1 0000

Os Quadros 4.5 e 4.6 apresentam respectivamente os deflúvios observados e calculados pelo MODHAC (em mm) no processo de calibração para o posto Sítios Novos.

QUADRO 4.5
VAZÕES OBSERVADAS (MM) NO POSTO SÍTIOS NOVOS

ANO	JAN.	FEV	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
1968	00	00	16.0	53.0	53.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	00	00	7.0	95.0	39.0	3.0	7.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	3.0	0.0	6.0	43.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	5.0	33.0	22.0	18.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	0.0	4.0	72.0	124.0	52.0	29.0	6.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	39.0	32.0	229.0	309.0	206.0	26.0	7.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
1982	00	00	00	09	05	01	00	00	00	00	00	00
1983	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1984	00	00	10.3	44.2	75.8	83	14	0.1	0.2	00	00	00
1985	50	176.6	222.1	250.9	98.0	19.0	22.9	4.6	1.3	00	00	0.5
1986	00	18.3	250.2	249.7	71.8	50.6	6.5	0.3	0.0	0.0	00	0.0
1987	0.0	00	19.7	8.8	3.3	6.3	1.2	00	0.0	00	0.0	00
1988	00	00	13.5	96.1	109.1	14.3	8.1	20	00	00	00	00

QUADRO 4.6

VAZÕES CALCULADAS (MM) PELO MODHAC NO POSTO SÍTIOS NOVOS

ANO	JAN	FEV	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
1968	0.0	0.1	5.6	18.3	56.2	17.3	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.1	0.0	3.2	167.9	41.5	13.6	10.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	12.2	2.9	3.4	46.0	23.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.3	0.4	5.3	19.2	47.7	28.0	14.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	00	0.1	0.8	1.0	7.1	4.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	0.1	1.3	99.6	159.9	65.2	114.6	20.2	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	22.5	37.3	237.8	346.4	219.5	25.8	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1982	0.2	0.1	3.4	7.1	7.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	00	2.3	2.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.1	0.3	2.7	35.9	70.4	24.1	8.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	0.8	25.4	169.4	220.0	57.0	18.1	16.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.1
1986	0.3	6.7	142.4	141.9	36.1	28.6	17.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1987	0.3	0.2	8.3	18.1	14.7	3.3	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.1	0.3	20.5	140.3	108.5	16.9	8.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
MÉDIA	2.6	5.5	50.4	94.5	53.9	21.7	8.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0

A Figura 4.2, apresentada a seguir, mostra os fluviogramas com as vazões calculadas e observadas para os períodos de calibração 1968-1974 e 1982-1988, sendo que ocorrem alguns meses de falha no ano de 1972.

4.4 - SIMULAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES

Utilizando os parâmetros obtidos na fase de calibração (Quadro 4.4) para a estação Sítios Novos, gerou-se com o MODHAC a série de vazões. Utilizou-se, para este fim, a pluviometria média diária calculada a partir dos polígonos de Thiessen para as diversas configurações de postos conforme a disponibilidade de dados de chuva. As características da série simulada a partir dos parâmetros do MODHAC e da pluviometria supra-citada são as seguintes:

- Coeficiente de Escoamento: 20,0%
- Lâmina Escoada Média: 218,2 mm
- Volume escoado médio: 16,657 hm³/ano
- Coeficiente de Variação: 1,09

O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 20%. O Quadro 4.7 apresenta as lâminas mensais afluentes ao açude Itapebussu, em mm, geradas pela simulação com MODHAC no período 1922-1988, enquanto que a Figura 4.3 apresenta o fluviograma médio mensal simulado. A Figura 4.4 apresenta a série afluente simulada, em mm, para o período entre 1922 e 1988.

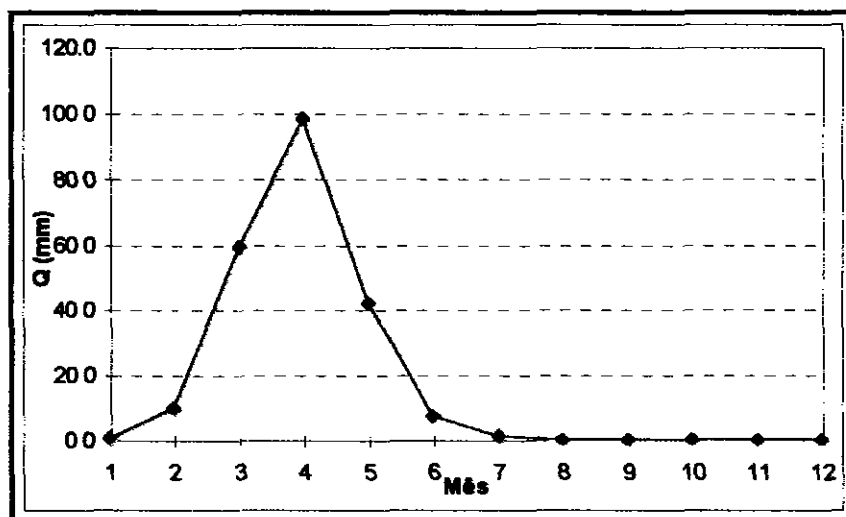


FIGURA 4.3
LÂMINA MÉDIA ESCOADA MENSAL (MM)

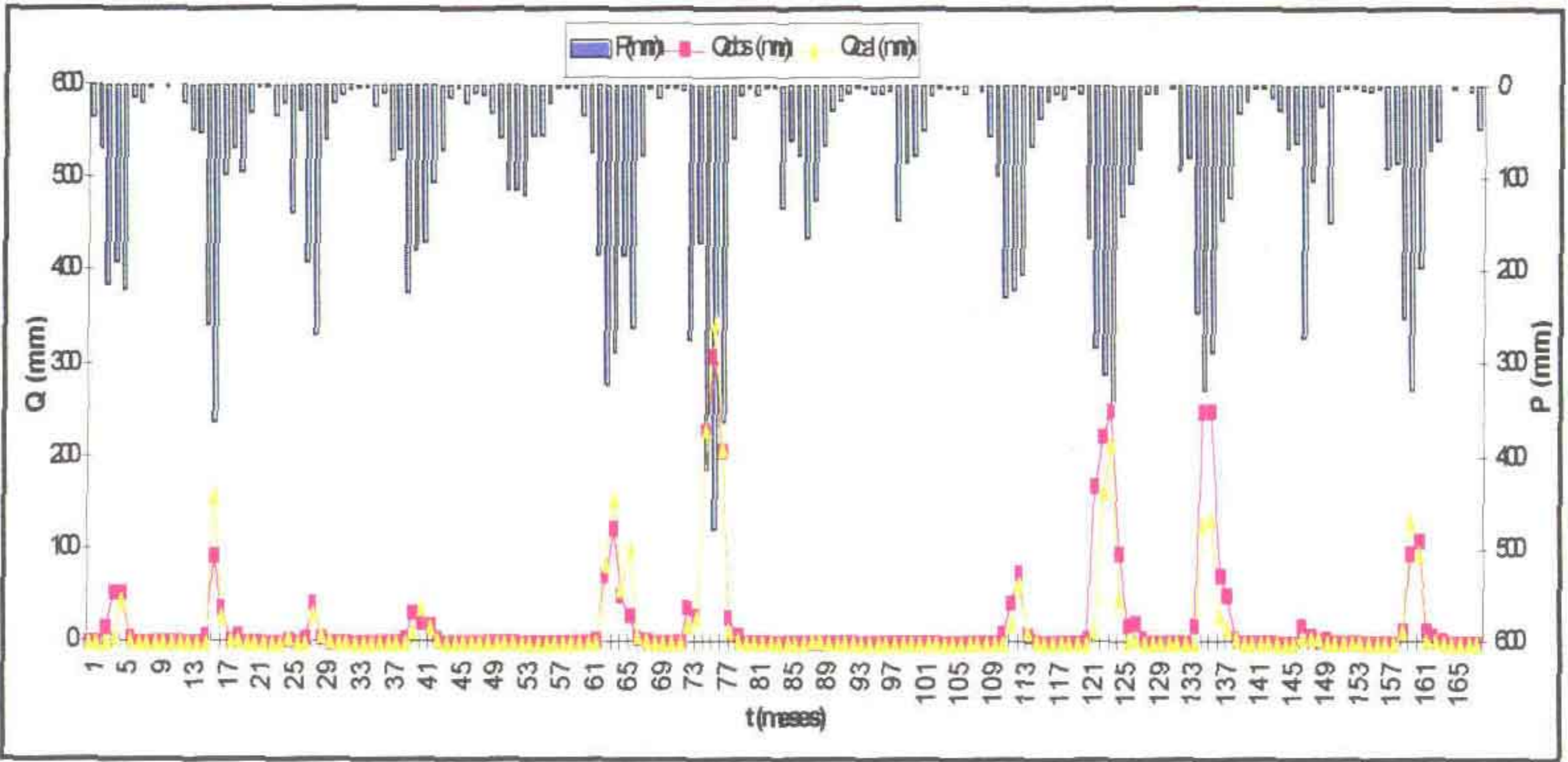


FIGURA 4.2

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO MODELO MODHAC PARA A BACIA DO RIO SÃO GONÇALO EM SÍTIOS NOVOS

QUADRO 4.7
LÂMINA MÉDIA ESCOADA AFLUENTE A BARRAGEM DE ITAPEBUSSU

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANO
1922	0 00	0 31	1 57	2 59	6 20	1 96	0 20	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	12 8
1923	9 27	24 32	179 09	331 65	184 64	45 64	2 94	0 13	0 00	0 00	0 00	0 00	777 7
1924	0 00	0 12	0 20	59 92	94 18	2 02	0 13	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	156 6
1925	0 00	2 69	314 49	540 68	159 50	4 23	0 52	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1022 1
1926	0 07	0 31	1 63	184 82	23 32	6 51	3 00	0 52	0 00	0 00	0 00	0 07	220 2
1927	0 00	0 00	0 78	30 28	12 48	1 33	0 07	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	44 9
1928	0 00	1 10	154 73	162 25	26 52	3 67	1 24	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	349 5
1929	0 00	0 00	0 07	1 01	0 85	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 9
1930	0 00	8 62	52 84	22 82	5 62	1 26	0 07	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	91 2
1931	0 00	0 00	0 46	0 44	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 9
1932	0 20	1 47	2 55	363 63	14 24	2 21	0 26	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	384 6
1933	0 59	44 73	525 26	109 41	84 58	8 91	1 11	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	774 6
1934	0 00	6 11	42 00	195 50	81 71	36 60	7 38	0 72	0 00	0 00	0 00	0 00	370 0
1935	0 00	0 00	0 33	0 00	10 52	1 96	0 52	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	13 3
1936	0 00	0 24	23 06	179 13	128 28	16 88	2 68	0 39	0 00	0 00	0 00	0 00	350 7
1937	0 07	0 06	182 29	236 33	39 12	7 21	1 50	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	466 6
1938	0 00	205 91	244 02	165 48	22 60	3 67	0 91	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	642 6
1939	0 00	0 43	75 57	221 29	33 11	2 91	0 46	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	333 8
1940	0 00	0 00	0 91	1 64	3 27	1 14	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	7 0
1941	0 00	0 43	0 52	0 44	1 24	0 06	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	2 7
1942	0 00	0 06	0 59	144 56	3 46	1 45	0 07	0 00	0 00	0 00	0 00	0 07	150 3
1943	0 00	0 00	0 07	1 52	37 49	9 80	1 24	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	50 1

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANO
1944	0.00	68.25	107.38	248.91	163.48	16.50	7.64	0.46	0.00	0.00	0.00	0.07	612.7
1945	0.65	0.18	123.71	185.52	34.55	12.45	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	358.6
1946	0.07	0.86	62.83	65.04	73.54	2.84	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	206.0
1947	0.00	0.06	58.52	44.25	123.12	16.50	2.22	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	245.2
1948	0.00	0.06	79.62	177.17	336.70	11.31	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	606.9
1949	0.00	0.24	24.10	121.36	20.97	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	168.5
1950	0.00	0.00	0.00	0.76	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.5
1951	0.00	0.00	204.30	170.41	3.27	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	379.0
1952	0.00	0.06	1.63	2.40	2.94	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.9
1953	0.00	0.31	30.44	4.23	3.59	2.28	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	41.5
1954	0.13	21.81	0.46	3.86	2.74	2.53	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.1
1955	0.00	0.61	63.22	101.32	19.46	2.21	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	187.1
1956	0.13	0.06	63.81	253.02	69.69	3.22	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	391.3
1957	0.00	0.00	0.00	0.32	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4
1958	0.85	1.04	92.94	29.52	10.58	17.51	1.96	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	154.5
1959	0.00	0.00	84.97	2.28	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.7
1960	0.13	147.07	64.73	29.90	5.94	1.90	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	249.8
1961	0.00	0.00	18.61	33.69	13.06	2.34	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.0
1962	0.20	0.79	115.67	74.14	10.91	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.2
1963	0.20	25.54	84.71	342.71	63.81	3.48	2.81	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	523.7
1964	0.00	0.00	0.13	37.10	18.35	3.41	3.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	62.4
1965	0.00	0.06	0.13	0.19	0.72	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.5
1966	0.00	1.04	41.15	155.81	85.04	3.16	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	287.3
1967	0.00	0.00	0.91	5.82	45.85	3.22	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.0
1968	0.00	0.00	0.52	158.97	30.76	2.78	2.42	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	196.3
1969	6.40	0.55	0.59	32.87	9.01	1.96	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.5

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANO
1970	0.07	0.06	0.91	9.99	38.34	14.85	2.94	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	67.9
1971	0.00	0.00	0.13	0.19	1.24	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.5
1972	0.00	0.24	86.93	156.38	58.13	102.21	6.99	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	412.4
1973	19.20	27.50	229.39	344.04	209.99	14.03	2.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	846.2
1974	0.00	0.06	1.05	4.17	16.79	3.41	2.74	0.52	0.00	0.00	0.00	0.07	28.8
1975	0.07	0.24	17.37	36.41	3.20	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.6
1976	0.07	1.47	22.27	125.78	33.25	20.80	10.52	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	215.3
1977	0.00	0.37	1.31	27.69	34.81	2.72	1.11	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	68.1
1978	0.00	0.00	0.59	0.38	1.11	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0
1979	0.07	13.93	44.28	2.40	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.2
1980	0.00	0.00	76.42	14.41	2.81	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	94.3
1981	0.00	0.00	0.59	1.33	1.57	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.7
1982	0.00	0.37	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
1983	0.00	0.06	0.46	21.74	63.62	10.68	1.96	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	98.7
1984	0.13	15.03	163.55	216.49	48.86	3.54	5.88	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	454.4
1985	0.07	0.98	128.54	134.19	30.24	14.98	5.03	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	314.7
1986	0.07	0.00	3.98	6.07	3.92	1.14	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.3
1987	0.00	0.06	13.45	131.85	96.86	3.29	2.16	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	248.0
1988	0.58	9.34	58.51	96.68	41.85	7.07	1.48	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	215.7
MÉDIA	0.6	9.5	59.4	98.0	41.9	7.1	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	218.2

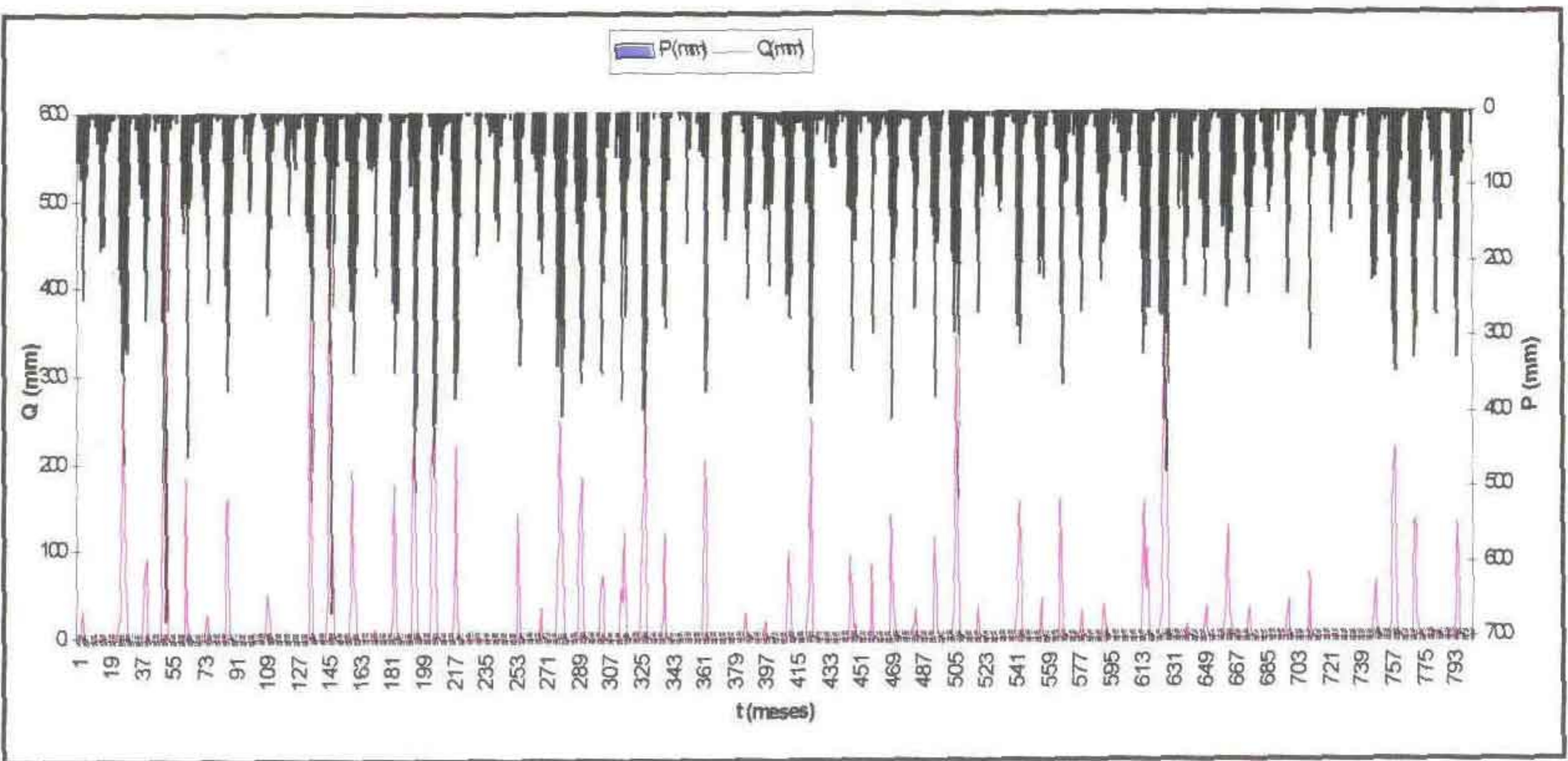


Figura 4.4

Vazões afluentes calculadas em mm (1922-1988) com os parâmetros modificados pela nova calibração do modhac

5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

C:\ANB_trab\PROJETOS\Itapeba\Hidrologia\Volumes 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUSSU.doc

0-0044

43

5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário,
- precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

5.1 - METODOLOGIA

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam de séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, sua inexistência. A inexistência de dados sobre os eventos na bacia a ser estudada indicou a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1⁹

As relações chuva-deflúvio para a bacia do açude Itapebussu foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia, foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondentes a 1.000 anos (T_r = tempo de retorno).

⁹US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 1990 HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USERS MANUAL, 415 p

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia do Itapebussu, diante dos dados disponíveis, foi adotado o seguinte:

1. Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva;
2. Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário sintético - Escoamento Superficial na bacia (*Overland flow*);
3. Método de Puls para propagação do escoamento em reservatórios.

5.1.1 - Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia do Itapebussu foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos.

Utilizou-se o método de Taborga para calcular a chuva de projeto. O Quadro 5.1 apresenta a chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1.000 anos e 10.000 anos.

QUADRO 5.1
CHUVA DE PROJETO ADOTADA (MM)

Duração	5'	15'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
Tr = 1 000 anos								
P (mm)	15.2	33.1	75.5	83.9	92.3	117.5	167.8	203.0
Tr = 10 000 anos								
P (mm)	18.7	36.6	90.4	98.8	107.2	132.4	182.8	249.8

O hidrograma de projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui pela fórmula do Califórnia Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich:

$$T_C = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

0.11046

onde T_c = tempo de concentração em minutos; L = comprimento do maior talvegue em km, ΔH = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório. Logo, para a bacia do Itapebussu tem-se:

Seção Itapebussu. $L = 18,5$ km

$\Delta H = 618,0$ m

o que resulta $T_c = 2,32$ h ; $T_{lag} = 1,40$ h.

Estes dados são necessários para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada).

5.1.2 - Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

O cálculo das perdas de precipitação podem ser usadas nos outros componentes do modelo HEC-1, em especial, hidrograma unitário. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia)

De maneira geral, existem três metodologias utilizadas para determinação da chuva efetiva. equações de infiltração, índices e relações funcionais. Especificamente, o HEC-1 possibilita o uso de 5 métodos. 1) taxa de perda inicial e uniforme; 2) taxa de perda exponencial; 3) Curva-Número; 4) Holtan; 5) Função de Infiltração Green e Ampt. Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método curva número do *Soil Conservation Service*

O método Curva Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: (1) tipo de solo hidrológico; (2) uso do solo e tratamento; (3) condição da superfície subterrânea, e (4) condição de umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

onde Q = escoamento

P = precipitação

S = capacidade máxima de armazenamento do solo

I_a = perdas antes do início do escoamento.

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação, e infiltração. I_a é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias I_a é determinado pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20 S \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) elimina-se I_a, resultando em:

$$Q = \frac{(P - 0,20 S)^2}{P + 0,80 S}$$

onde S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{unidades métricas})$$

onde CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura, sendo estes valores tabelados apresentados para condições de umidade antecedente normal (AMC II). Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CNs equivalentes podem ser calculados pelas seguintes fórmulas

CONDIÇÕES SECAS

$$CN(I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)}$$

CONDIÇÕES ÚMIDAS

$$CN(III) = \frac{2,3 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas¹⁰

¹⁰ PONCE, V.M., 1989 ENGINEERING HYDROLOGY PRINCIPLES AND PRACTICES PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração. Estes quatro grupos são descritos a seguir:

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouco silte e argilla
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundo que o do tipo A e com permeabilidade superior à média.
- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo.
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Desde que o método do SCS dá o excesso total para uma tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior.

A chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1.000 anos foi aquela correspondente a uma duração de 24 horas a fim de considerar a influência do volume da cheia na definição do pico do hidrograma. O HEC-1 utiliza estes dados para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada). Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas das alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através das equações do HYDRO-35 (National Weather Service, 1977). A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método curva número.

$$P_{10min} = 0,41.P_{5min} + 0,59 P_{15min}$$

$$P_{30min} = 0,51 P_{15min} + 0,49 P_{60min}$$

onde P_n é a precipitação para a duração de n minutos.

5.1.3 - Distribuição dos Grupos de Solos Hidrológicos

A bacia hidrográfica do açude Itapebussu é recoberta com as seguintes proporções dos grupos de solos hidrológicos do SCS. Estes valores foram obtidos através da planimetria das áreas das zonas de permeabilidade produzida no Plano Estadual dos Recursos Hídricos e pela estimativa das condições de uso do solo e umidade antecedente (AMC II). A média ponderada do CN sobre toda a bacia hidrográfica ficou igual a 71.

QUADRO 5.2
PROPORÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS HIDROLÓGICOS

TIPO DE SOLO	ÁREA (KM²)	PERCENTAGEM DA ÁREA	CN
B	18,32	24,0%	60
C	35,65	46,7%	73
D	22,36	29,3%	79
MÉDIA PONDERADA DO CN			71

5.1.4 - Hidrograma Unitário

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1000 km², e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro: o TLAG. Este parâmetro, TLAG, é igual à distância (*lag*) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por

$$Q_p = 208 \cdot \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

onde Q_p é a vazão de pico (m³/s), t_p tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km² e Δt = o intervalo de cálculo em horas ($\Delta t = t_c/6$)

5.2 - RESULTADOS

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por sua localização, capacidade e finalidades. Assim, dentro

desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 1.000 anos e verificar posteriormente para o hietograma de 10.000 anos

Os hidrogramas afluentes para os tempos de retorno 1.000 e 10.000 anos encontram-se apresentados nas Figuras 5.1 e 5.2. O pico do hidrograma afluente ao açude Itapebussu associado aos tempos de retorno 1.000 e 10.000 anos foram respectivamente de 461,87 m³/s e 604,96 m³/s.

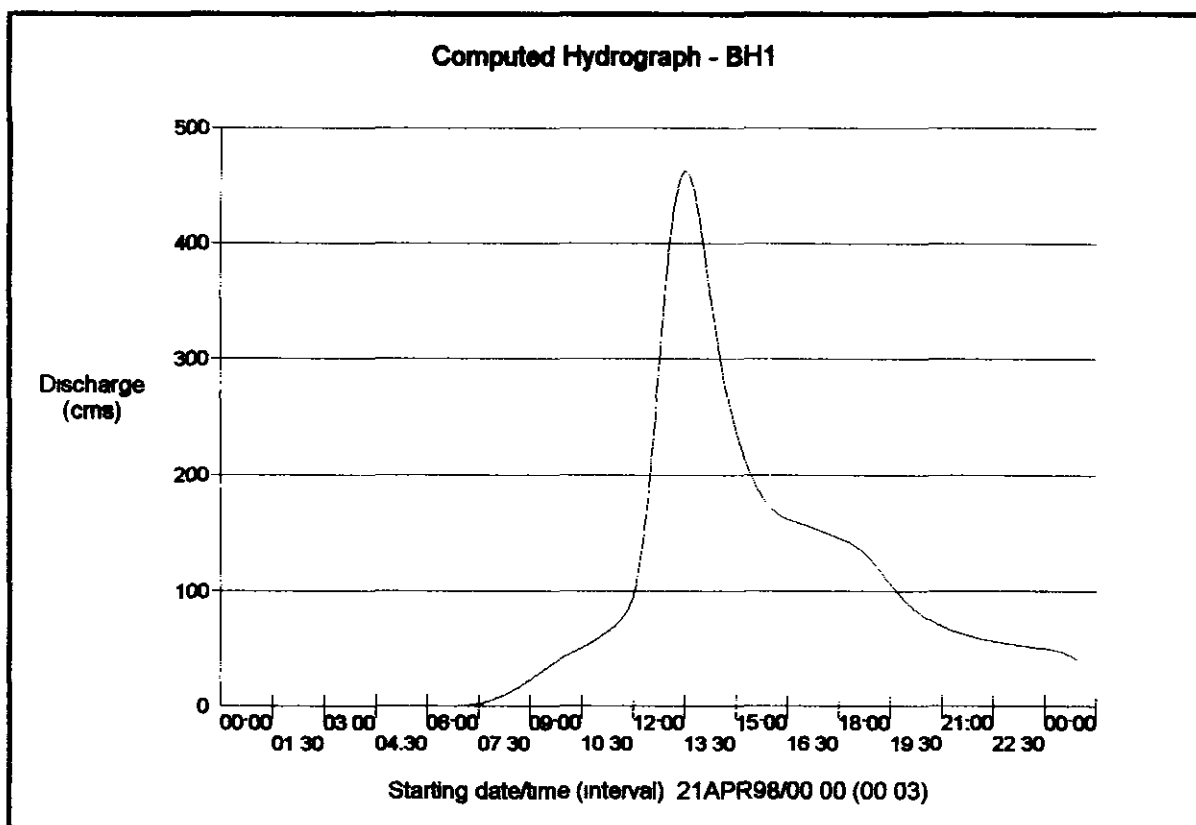


FIGURA 5.1
HIDROGRAMA AFLUENTE ASSOCIADO AO TEMPO DE RETORNO 1.000 ANOS.
AÇUDE ITAPEBUSSU.

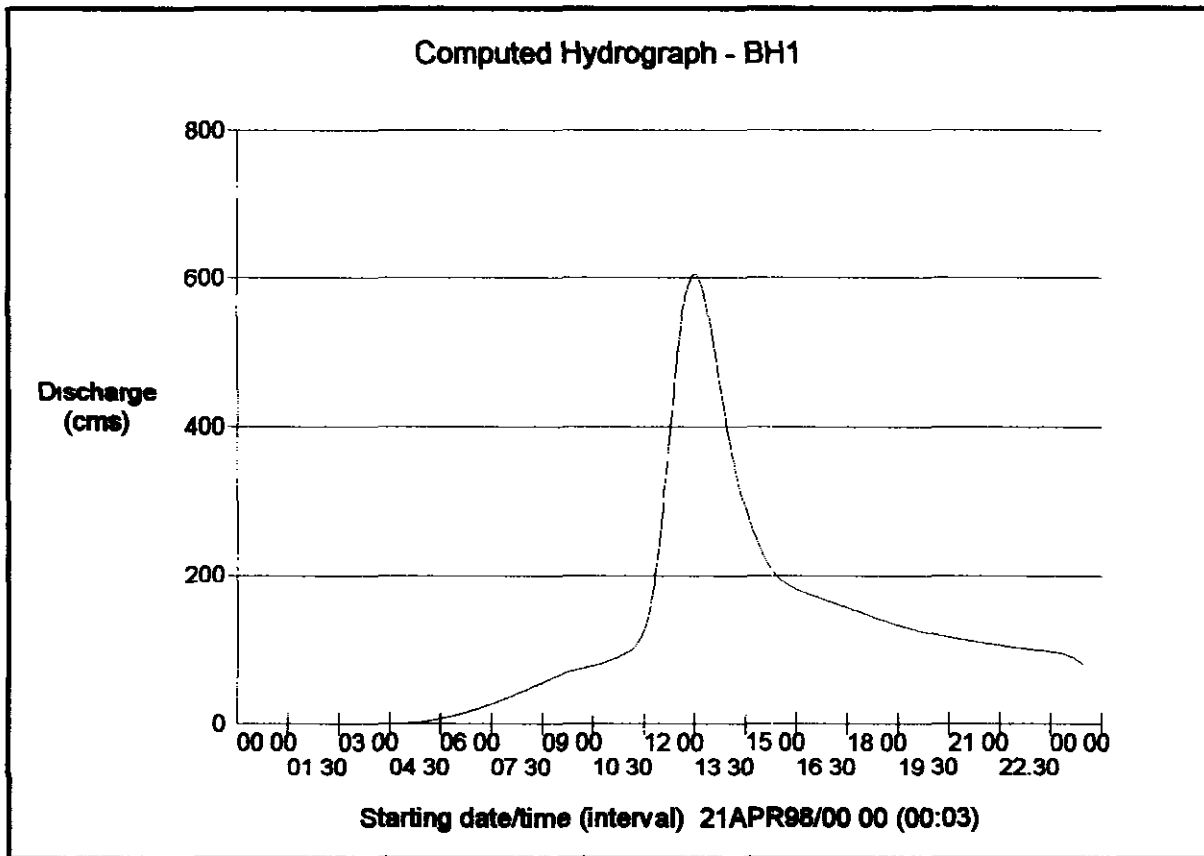


FIGURA 5.2
HIDROGRAMA AFLUENTE ASSOCIADO AO TEMPO DE RETORNO 10.000 ANOS.
AÇUDE ITAPEBUSSU.

6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

6.1 - INTRODUÇÃO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ter a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

Os objetivos centrais deste capítulo são:

1. análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Itapebussu;
2. estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Itapebussu.
3. Análise da interferência do açude Itapebussu na regularização do açude Sítios Novos

O traçado das curvas de regulação, inclui: volumes evaporado (E), liberado (M) e sangrado (S) versus capacidade (K) e dM/dK versus K

6.2 - METODOLOGIA

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o método da solução direta do balanço hídrico.

6.2.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com:

$$S_t = \max(B - K, 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

onde

C:\ANB_trab\PROJETOS\Itapebussu\Hidrologia\Volume 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUSSU.doc

0-00054

53

Z_t = volume armazenado no início do ano t ;

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ;

A_t = área do espelho d'água no início do ano t ;

E = lâmina evaporada durante o ano t , suposta constante ao longo dos anos;

K = capacidade do reservatório;

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t

Representando-se a bacia hidrográfica por

$$Z(h) = \alpha \cdot h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2.$$

h - altura d'água

α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h^3)

supondo um modelo mutuamente exclusivo, com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos, seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990)¹¹, a saber:

1. estabelece-se um valor inicial para a retirada M ;
2. considera-se um volume inicial igual $\text{MIN}(0,5 \cdot K; 0,5 \cdot m)$;
3. Calcula-se

$$ZU = Z_t + I_t \quad p/ \quad Z_t + I_t \leq K$$

$$ZU = K \quad \text{caso contrário}$$

$$DS = \text{MAX}(Z_t + I_t - K; 0)$$

onde ZU é o volume armazenado no final da estação e DS o volume sangrado no ano t .

4. Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por:
 - a) divide-se M e E em L partes (no caso $L=6$);

¹¹ CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES TESE PARA CONCURSO DE PROF TITULAR UFC

b) retirada da reserva, se disponível, de M/L

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_2 = Z_1 - M / L \quad \text{se } Z_1 - M / L > Z_{MIN}$$

$$Z_2 = Z_{MIN} \quad \text{caso contrário (ANO FALHO)}$$

$$Z_{MIN} = MAX(0,05.K,0,20 \mu)$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_M = Z_1 - Z_2$$

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_2 = \left(Z_2 / \alpha \right)^{1/3}$$

c) retirada da reserva, se disponível, de E/L

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_3 = h_2 - E / L \quad \text{se } h_2 - E / L \geq 0$$

$$h_3 = 0 \quad \text{caso contrário}$$

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha . h_3^3$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_E = Z_3 - Z_2$$

d) retorna-se a b) até completar as L fases da integração.

5. Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado:

6. Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1

6.2.2 - ESTUDO DE INTERFERÊNCIA

Seja o sistema composto por dois reservatórios em série, o reservatório Itapebussu e o reservatório Sítios Novos. Considere-se que o reservatório Sítios Novos (R1) representa o único reservatório existente na bacia hidrográfica em análise e que planeja-se contruir um novo reservatório a montante (R2), reservatório Itapebussu. Será feita a análise em dois cenários, cenário 1, somente com o reservatório R1 e cenário 2, após a construção de R2

Cenário 1

Na situação inicial a capacidade de regularização do sistema pode ser representada pela equação: $Q_{1,S} = Q_{1,R1}$, onde $Q_{1,S}$ representa a vazão total regularizada pelo sistema no cenário 1 e $Q_{1,R1}$ representa a vazão regularizada pelo reservatório R1.

Cenário 2

Após a construção do reservatório R2, a capacidade de regularização total do sistema passa a: $Q_{2,S} = Q_{2,R1} + Q_{2,R2}$, sendo $Q_{2,S}$ a vazão regularizada pelo sistema no cenário 2 e $Q_{2,R1}$ a vazão regularizada por R1 e R2 respectivamente.

As transformações ocorridas

A introdução do reservatório a montante de R1 provoca os seguintes efeitos na capacidade de regularização da bacia hidrográfica:

- A vazão regularizada pelo reservatório de jusante decresce de $Q_{1,R1}$ para $Q_{2,R1}$ ($Q_{1,R1} > Q_{2,R1}$)
- Há ganhos de vazões regularizadas no local do novo reservatório R2 ($Q_{2,R2}$), não se podendo afirmar a priori se esse ganho total supera o decréscimo em capacidade de regularização do reservatório R1.

Assim, a introdução dos reservatórios de montante implicam em uma redistribuição das vazões regularizadas na bacia hidrográfica podendo haver ganho na capacidade de regularização do sistema.

6.3 - RESULTADOS

6.3.1 - Parâmetros utilizados

Como mencionado no capítulo 4 deste relatório, foi realizada novamente a calibração do modelo MODHAC utilizando a estação Sítios Novos e a geração da série de vazões afluentes ao reservatório Itapebussu. As características da série gerada são as seguintes:

Barragem Itapebussu

- lâmina média escoada: 218,2 mm
- volume afluente médio escoado (μ): 16,657 hm³/ano
- fator de forma da bacia hidráulica (α): 6861
- coeficiente de variação (CV): 1,1
- evaporação durante a estação seca (E): 0,841 m
- fator de capacidade (fk): variável entre 0,5 e 2,5

Barragem Sítios Novos

- lâmina média escoada: 218,2 mm
- volume afluente médio escoado (μ): 89,478 hm³/ano
- fator de forma da bacia hidráulica: 22493
- coeficiente de variação (CV): 1,1
- evaporação durante a estação seca (E): 0,841 m
- capacidade do reservatório (K): 123,2 hm³

6.3.2 - Análise do reservatório Itapebussu isoladamente

No caso da *Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico*, as características do regime fluviométrico acima foram utilizadas para a geração da série afluente ao reservatório. Para aplicação deste método faz-se necessário a determinação do fator de forma α , lâmina evaporada e fator adimensional de evaporação e capacidade. O fator adimensional de

capacidade é variável, uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 6861$$

$$E = 0,8 \cdot (123 + 173 + 193 + 197 + 185 + 181)$$

$$E = 841 \text{ mm}$$

$$f_E = \frac{3 \alpha^{1/3} E}{\mu^{1/3}}$$

$$f_E = 0,188$$

Com base nestes valores utilizou-se a solução direta da equação do balanço hídrico para o estudo incremental de capacidades do açude Itapebussu. No Quadro 6.1 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_k , assim como a vazão regularizada com 90% de garantia. A Figura 6.1 apresenta as curvas de regulação para o reservatório, que nada mais é que a representação gráfica dos valores apresentados no Quadro 6.1

QUADRO 6.1

ESTUDO INCREMENTAL DE CAPACIDADES DO AÇUDE ITAPEBUSSU 90% DE GARANTIA.

(CAMPOS, 1990)¹²

Cota (m)	K (hm ³)	$f_k = K/m$	%LIB	LIB (hm ³ /ano)	%EV	EV (hm ³ /ano)	%SG	SG (hm ³ /ano)	dM/dK	Q90 (m ³ /s)
115,29	8,329	0,50	18,70	3,015	8,30	1,347	73,00	11,780	—	0,100
118,12	16,657	1,00	30,60	4,932	13,20	2,123	56,30	9,078	0,230	0,165
120,03*	24,986	1,50	38,50	6,211	17,00	2,740	44,50	7,178	0,154	0,209
121,58*	33,315	2,00	44,30	7,149	20,20	3,253	35,50	5,726	0,113	0,241
122,89*	41,643	2,50	48,80	7,864	22,90	3,690	28,30	4,571	0,086	0,266

(*) valores extrapolados utilizando a relação $h = \sqrt[3]{\frac{V}{\alpha}}$

¹² CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMI-TENTES TESE PARA CONCURSO DE PROF TITULAR UFC

LIB - VOLUME LIBERADO
 SG - VOLUME SANGRADO
 EV - VOLUME EVAPORADO

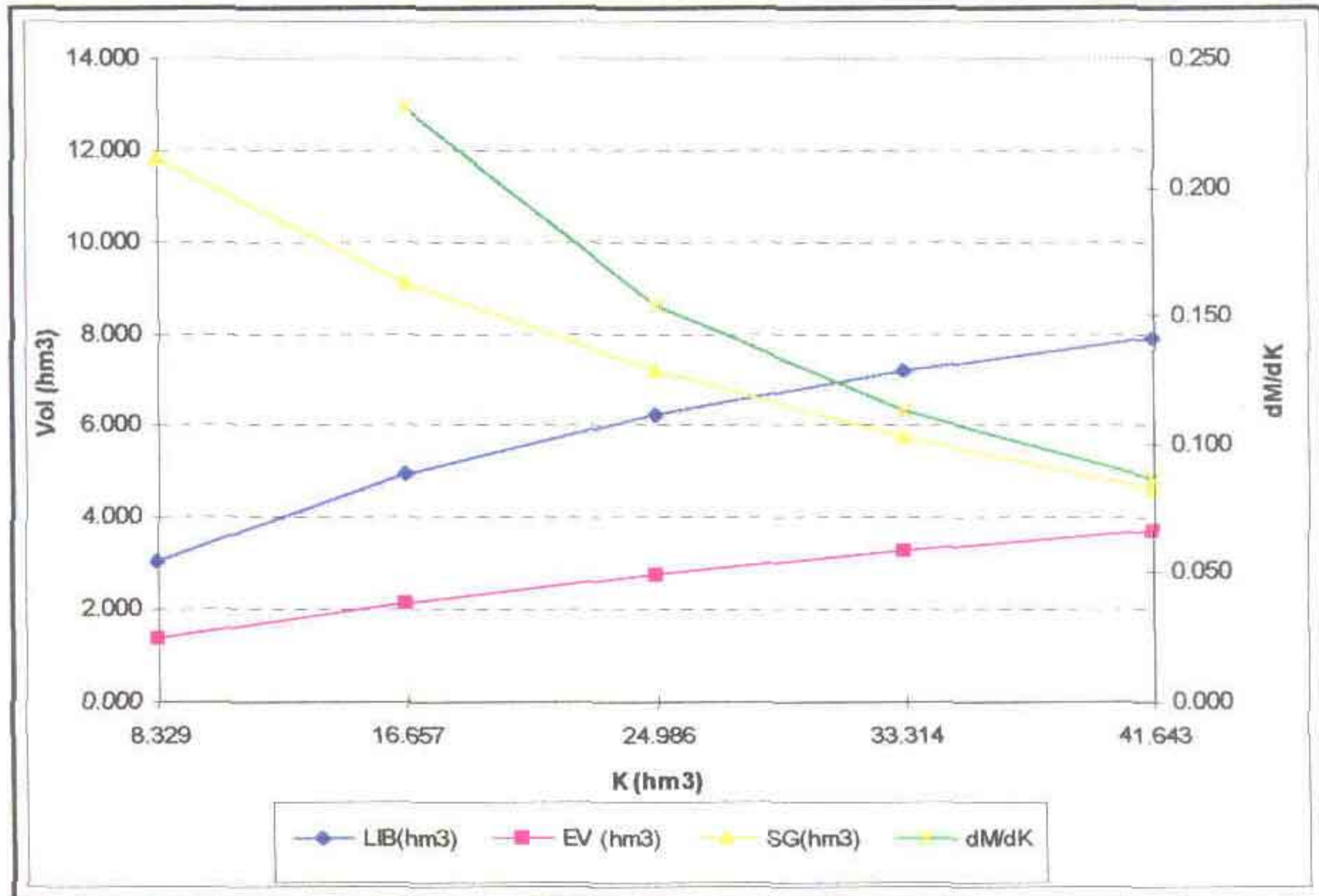


FIGURA 6.1
CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO ITAPEBUSSU

Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização com $f_E = 0,188$, $f_K = 1,0$ e $CV = 1,1$, obtem-se um volume de $4,900 \text{ hm}^3$ regularizado anualmente, ou em termos de vazão, $Q_{90} = 0,164 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico (Quadro 6.1).

A interpretação dos dados sobre a eficiência hidrológica do reservatório mostra que o maior ganho de regularização com relação a variação da capacidade do reservatório Itapebussu (dM/dK) acontece na variação entre 0,5 e 1,0 multiplicado pelo volume afluente, isto é, $dM/dK=0,230$.

6.3.3 - Análise do impacto do reservatório Itapebussu na regularização do reservatório Sítios Novos

Para o estudo das vazões afluentes ao reservatório Sítios Novos foram utilizados os seguintes parâmetros: fator de forma da bacia hidráulica $\alpha=22493$, evaporação durante a estação seca $E=841\text{mm}$ e o volume médio afluente de $89,478\text{hm}^3/\text{ano}$. Este volume foi estimado com base em uma lâmina escoada média de $218,2\text{mm}$ sobre a bacia hidrográfica total da barragem, que é de $410,075\text{km}^2$. Adotou-se o coeficiente de variação dos deflúvios anuais igual a 1,1, de acordo com o capítulo 6 - Estudo dos Deflúvios

A análise de interferência hidrológica é feita através da solução direta da equação do balanço hídrico, comparando-se a distribuição dos volumes regularizados (RG), evaporados (EV) e sangrados (SG) e o total regularizado para cada cenário.

Cenário 1 - Reservatório Sítios Novos: A água proveniente do escoamento superficial da bacia do Sítios Novos têm a seguinte destinação:

- Evaporação (Evap):11,914 hm^3/ano ;
- Sangria (Sang):41,196 hm^3/ano ;
- Liberação (Lib):33,506 hm^3/ano ;
- Total (Evap+Sang+Lib):86,616 hm^3/ano

Observe-se que 47,6% do escoamento da bacia é perdido sob a forma de sangria, 13,8% é perdido por evaporação e o restante, 38,7% é liberado efetivamente, considerando-se uma garantia de 90%.

Cenário 2 - Reservatórios Itapebussu + Sítios Novos: Com a construção do reservatório Itapebussu, a repartição do escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio São Gonçalo é apresentada abaixo (Quadro 6.2). Observe que os valores de liberação correspondem à soma das liberações nos dois reservatórios. Analogamente, a evaporação do sistema corresponde ao total da evaporação nos dois reservatórios.

Para este cenário 2 foram estudadas quatro alternativas de volume máximo para o reservatório Itapebussu, quais sejam 8,329; 16,657; 24,986; 33,314 hm^3/ano ($f_k=0,5; 1,0; 1,5; 2,0$)

QUADRO 6.2
REPARTIÇÃO DOS VOLUMES NO SISTEMA PARA CADA CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO
ITAPEBUSSU

Itapebussu		Sistema Itapebussu + Sítios Novos		
Fk	K	Lib (hm ³ /ano)	Sang (hm ³ /ano)	Evap (hm ³ /ano)
0,5	8,329	34,617	38,936	13,024
1,0	16,657	35,765	37,105	13,695
1,5	24,986	36,908	35,413	14,238
2,0	33,315	37,846	33,976	14,739

O Quadro 6.3 mostra o efeito da construção do reservatório Itapebussu na regularização do reservatório Sítios Novos. Observe que houve uma diminuição do volume liberado anualmente para todas as capacidades estudadas. Por exemplo, para um $f_k=1,0$ do açude Itapebussu a liberação anual do Sítios Novos diminuiu de 33,506 hm³/ano para 30,833hm³/ano. Porém, esta diminuição vem acompanhada de um ganho de regularização no sistema como um todo de 2,259hm³/ano, além de propiciar a distribuição espacial da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

QUADRO 6.3
REPARTIÇÃO DOS VOLUMES NO RESERVATÓRIO SÍTIOS NOVOS PARA CADA CAPACIDADE DO
RESERVATÓRIO ITAPEBUSSU

Itapebussu		Sítios Novos		
Fk	K	Lib (hm ³ /ano)	Sang (hm ³ /ano)	Evap (hm ³ /ano)
0,5	8,329	31,602	38,936	11,677
1,0	16,657	30,833	37,105	11,572
1,5	24,986	30,697	35,413	11,498
2,0	33,315	30,697	33,976	11,486

QUADRO 6.4

REPARTIÇÃO DOS VOLUMES NO RESERVATÓRIO ITAPEBUSSU

ITAPEBUSSU				
Fk	K	Lib (hm ³ /ano)	Sang (hm ³ /ano)	Evap (hm ³ /ano)
0,5	8,329	3,015	11,780	1,347
1,0	16,657	4,932	9,078	2,123
1,5	24,986	6,211	7,178	2,740
2,0	33,315	7,149	5,726	3,253

Analisando este novo cenário, para $f_k=1,0$ por exemplo, a barragem Itapebussu passou a liberar 4,932 hm³/ano e o reservatório Sítios Novos teve sua capacidade de regularização reduzida em 2,673 hm³/ano. No sistema houve um ganho de regularização de 2,259hm³/ano, uma redução da sangria de 4,091hm³/ano e um acréscimo na evaporação de 1,781 hm³/ano. Mesmo com esta nova obra, o sistema continua perdendo por sangria cerca de 46,7% do volume escoado na bacia.

As Figuras 6.2 e 6.3 ilustram, respectivamente, as transformações ocorridas devido a construção do reservatório Itapebussu.

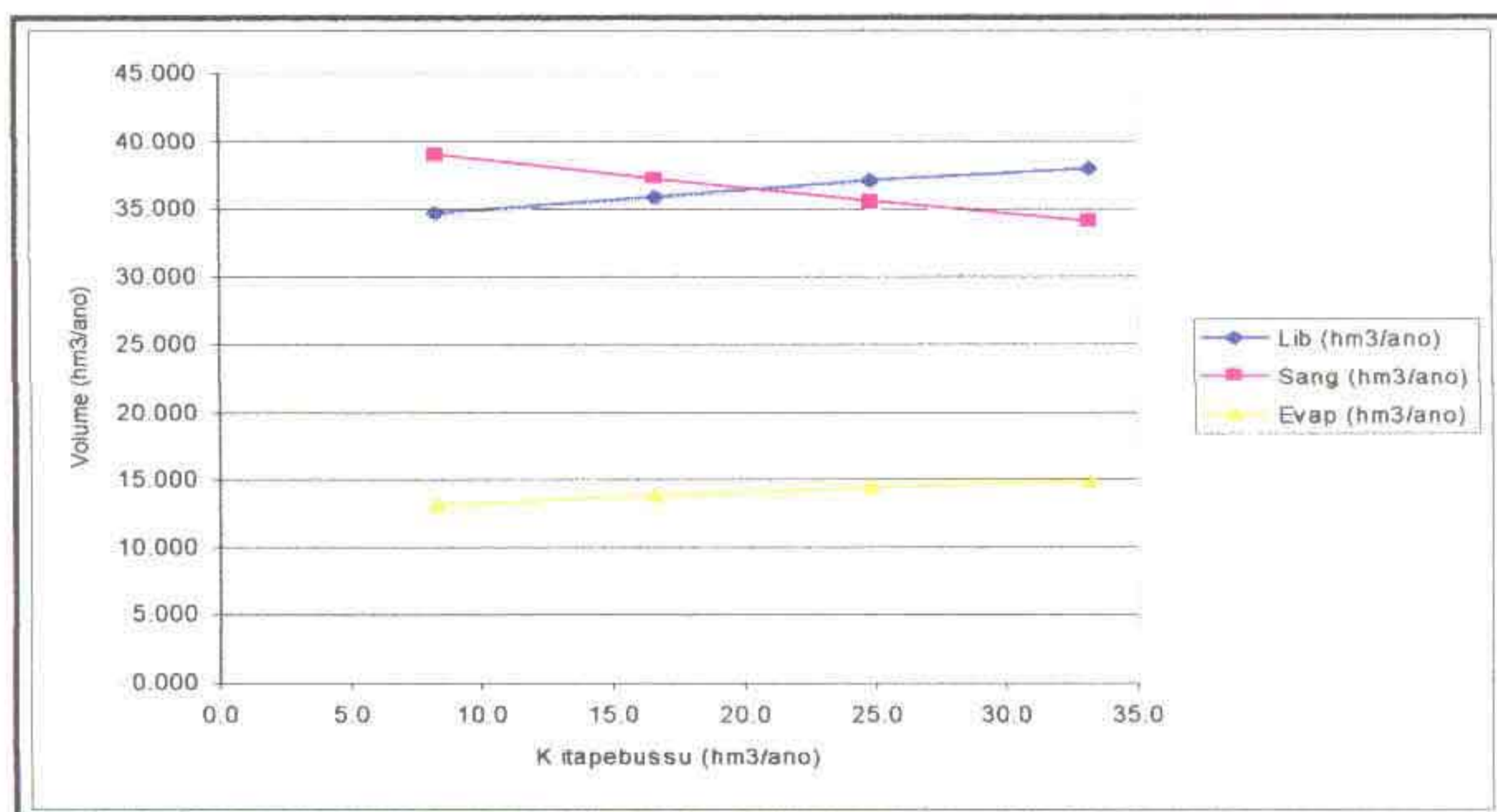


FIGURA 6.2

REPARTIÇÃO DOS VOLUMES NO SISTEMA PARA CADA CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO ITAPEBUSSU

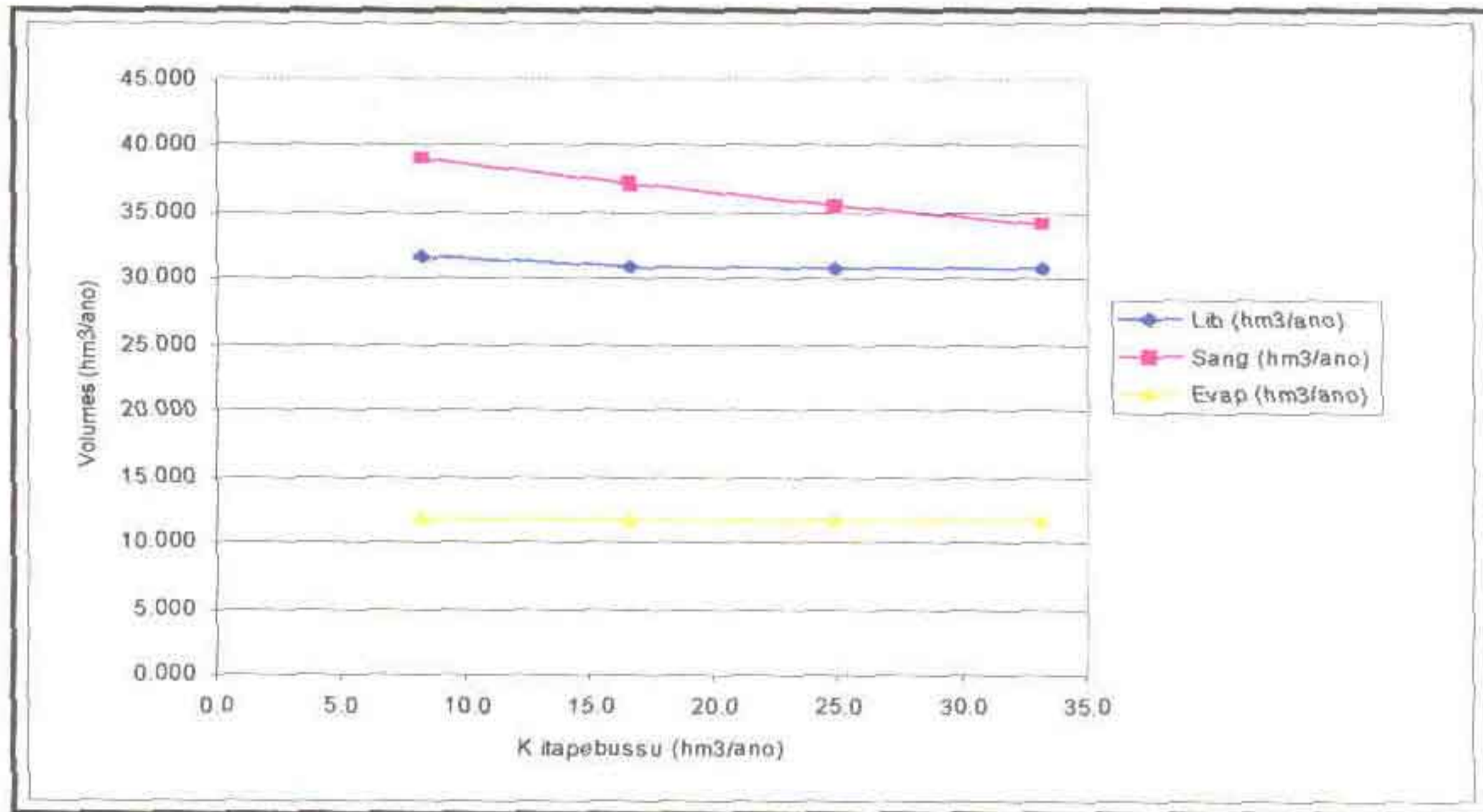


FIGURA 6.3
REPARTIÇÃO DOS VOLUMES NO RESERVATÓRIO SÍTIOS NOVOS
PARA CADA CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO ITAPEBUSSU

7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Nas análises do dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, calculando-se a laminação correspondente para cada alternativa de sangradouro, fornecendo, finalmente, elementos suficientes para a determinação da cota de coroamento da barragem. A cheia decamilenar servirá apenas para verificar a condição de não galgamento da barragem, isto é, não considerando folga para esta freqüência de cheia. A partir destes princípios, apresenta-se neste capítulo o dimensionamento do sangradouro.

7.1 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO

Técnicas de propagação em reservatórios são baseadas no conceito de armazenamento, sendo o método de Puls um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios. Este método consiste em uma expressão discretizada da equação da continuidade concentrada e na relação entre vazão e armazenamento.

A equação discretizada da continuidade é dada por

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2} \quad (1)$$

onde I_t e I_{t+1} = vazões afluentes ao reservatório em t e $t+1$; Q_t e Q_{t+1} = vazões de saída ao reservatório em t e $t+1$; S_t e S_{t+1} = armazenamento em t e $t+1$; Δt = intervalo de tempo. As incógnitas Q_{t+1} e S_{t+1} podem ser colocadas em um mesmo lado, resultando em

$$Q_{t+1} + 2 \frac{S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \frac{S_t}{\Delta t} \quad (2)$$

Conhecendo-se a função $Q=f(S)$, constrói-se uma função $Q=h(Q+2S/\Delta t)$, resultando no seguinte processo de cálculo:

1. determinação do volume inicial S_0 (conforme objetivo do estudo), e a partir deste, determina-se Q_0 ;
2. calcular o termo direito da equação 2, uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário do SCS,
3. com este valor $(Q_{t+1} + 2.S_{t+1}/\Delta t)$ é possível obter Q_{t+1} através de $Q=h(Q+2S/\Delta t)$ e S_{t+1} através de $S_{t+1} = f^{-1}(Q_{t+1})$;
4. repete-se 2 e 3 para todos intervalos de cálculo.

0.00066

Neste estudo foi considerado o dimensionamento de um sangradouro escavado em rocha cuja equação geral é do tipo:

$$Q = C L (Z - Z_w)^{3/2}$$

Onde:

- Z = cota (m);
- S = armazenamento (m³);
- Q = vazão (m³/s);
- C = coeficiente de descarga;
- L = largura do sangradouro (m);
- Z_w = cota da soleira do sangradouro.

Como auxílio na definição da dimensão do reservatório Itapebussu, foi realizado o estudo de laminação para as várias alturas de barragem com tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos

A relação lâmina x vazão de saída do sangradouro escavado em rocha foi determinada pelo "step method", considerando-se o comprimento do canal igual a 250m, declividade 0,00 m/m e um coeficiente de Manning de 0,040 (canais em rocha escavados por explosivos). O coeficiente de descarga C, determinado conforme a metodologia descrita acima foi de 1,264.

Foi estudado um sangradouro escavado em rocha com largura de 90, 100 e 110m e cota da soleira correspondente à cota 115,5m, como é mostrado abaixo:

QUADRO 7.1

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA TRÊS ALTERNATIVAS DE BARRAGEM COM VAZÃO AFLUENTE DE 461,8 M³/S (TR=1000 ANOS) E LARGURA DO SANGRADOURO VARIÁVEL

Alternativa de sangradouro	Volume Máximo(hm³)	Cota da Soleira (m)	Vazão de Pico (m³/s)	Cota de Pico (m)	Lâmina (m)
A (L = 90m)	8,827	115,5	161,76	116,76	1,26
B (L = 100m)	8,827	115,5	170,53	116,72	1,22
C (L = 110m)	8,827	115,5	178,90	116,68	1,18

As Figuras 7.1, 7.2 e 7.3 mostram os hidrogramas afluentes e efluentes com 1.000 anos de tempo de retorno para cada uma das alternativas estudadas, isto é, para três larguras de sangradouro diferentes com cota da soleira sempre igual a 115,5 m.

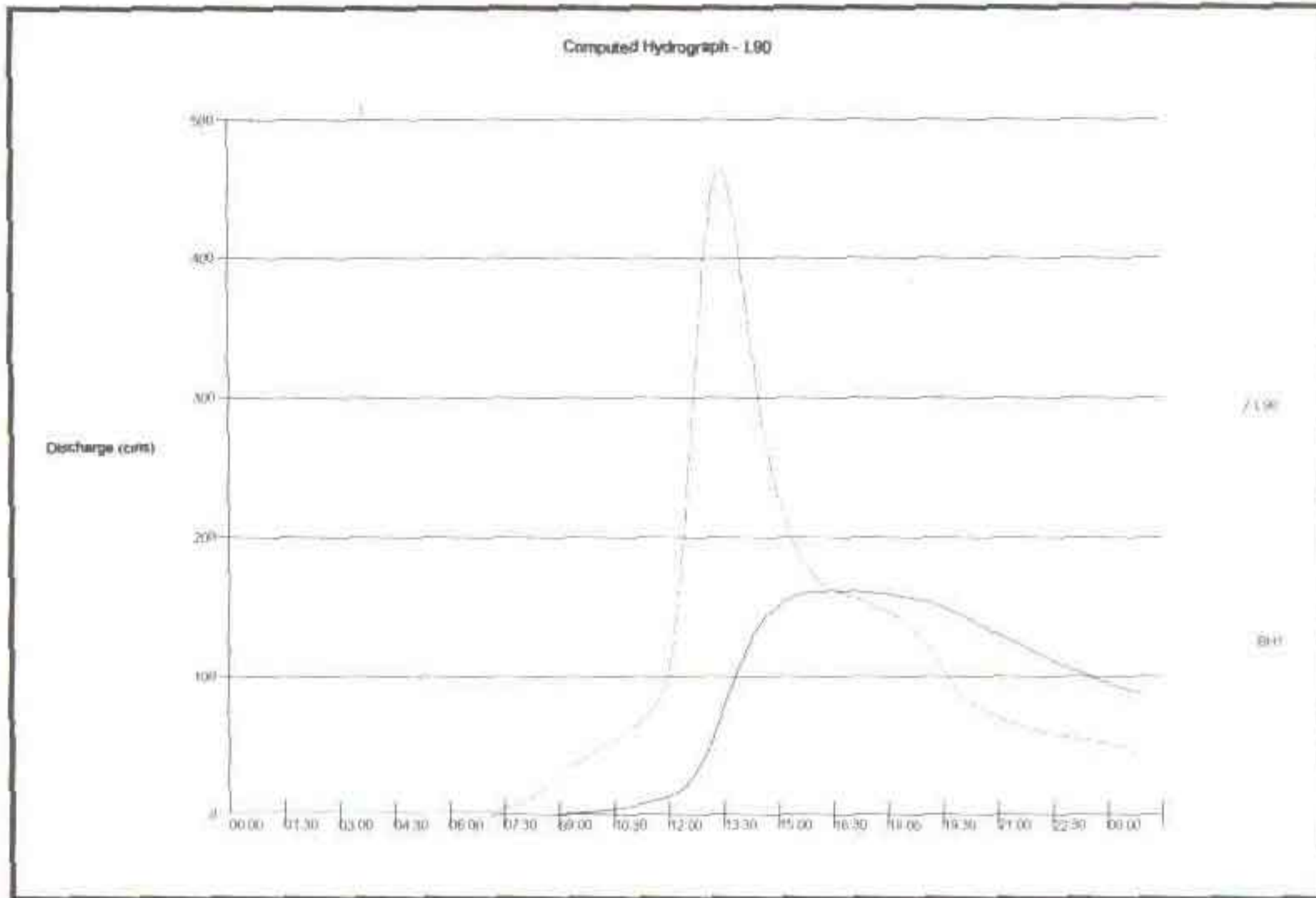


FIGURA 7.1

PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - ALTERNATIVA A

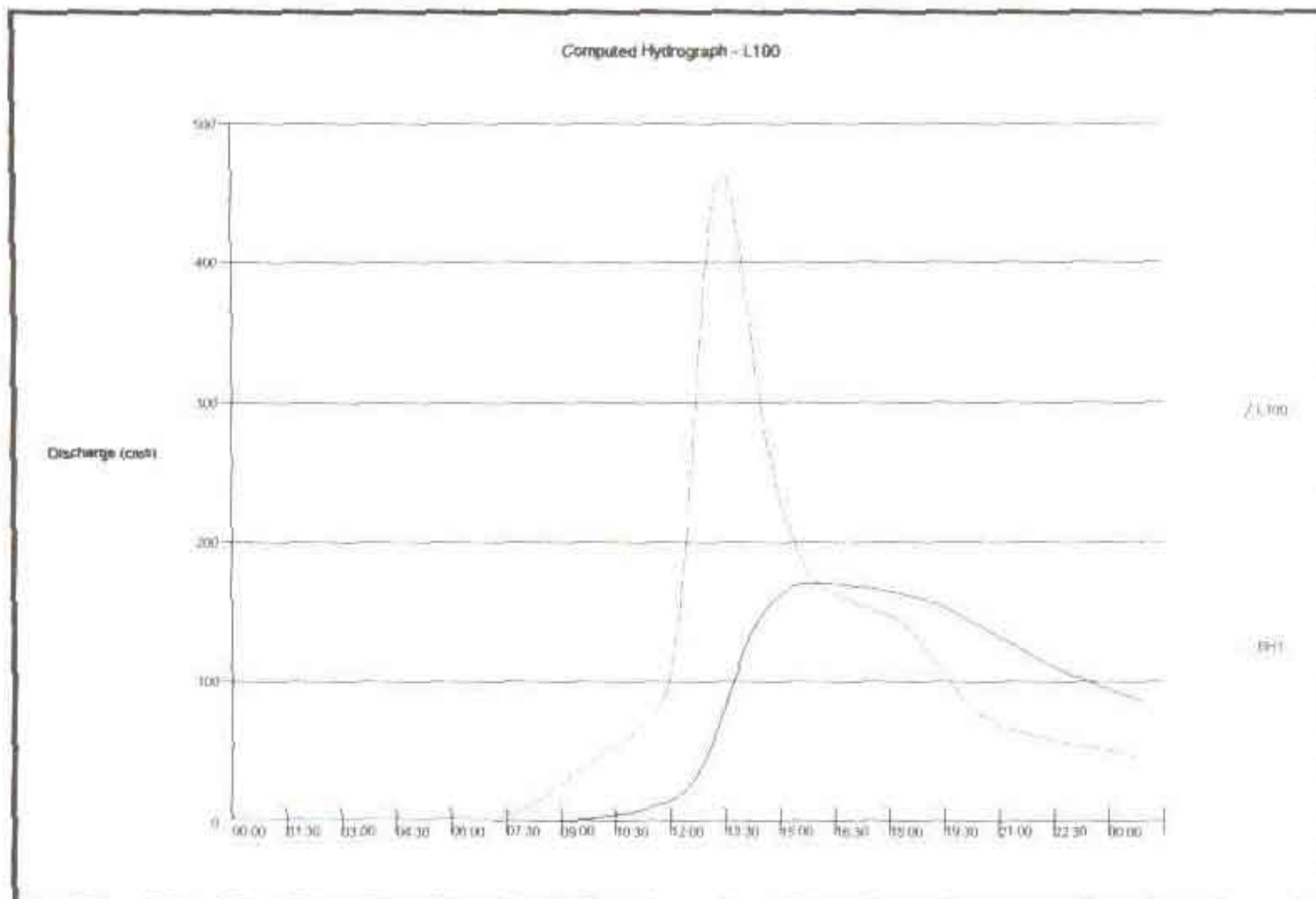


FIGURA 7.2

PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - ALTERNATIVA B

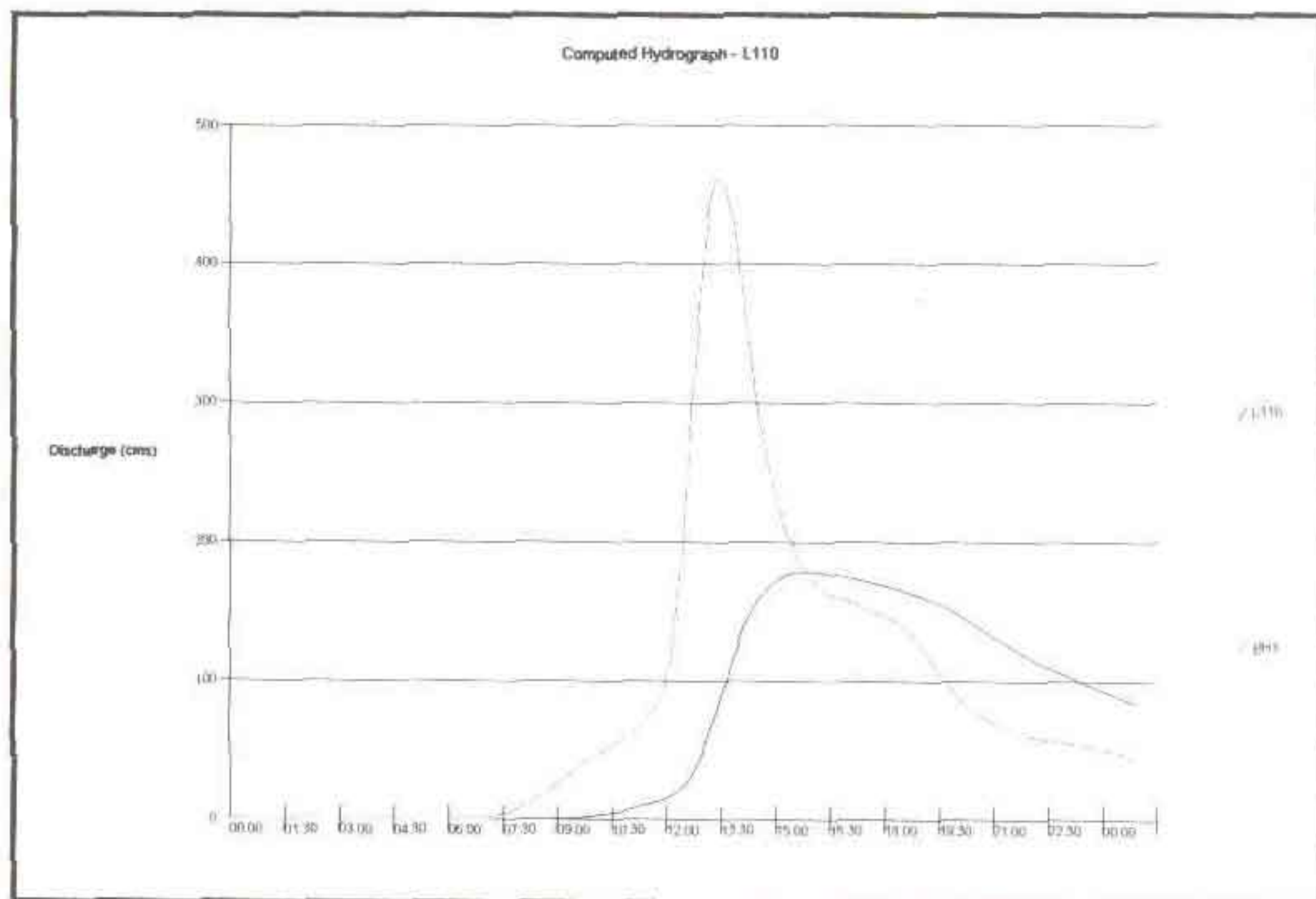


FIGURA 7.3
PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A 1.000 ANOS - ALTERNATIVA C

Foi efetuada, também, a simulação da cheia decamilenar para a alternativa selecionada, com o objetivo de verificar o não galgamento da barragem por esta cheia. O Quadro 7.2 resume os resultados.

QUADRO 7.2
RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA A ALTERNATIVAS SELECIONADA COM VAZÃO
AFLUENTE DE 604,96 M³/S (TR=10.000 ANOS) E LARGURA DO SANGRADOURO L = 90M

Alternativa	Volume Máximo(hm ³)	Cota da Soleira (m)	Vazão de Pico (m ³ /s)	Cota de Pico (m)	Lâmina (m)
A	8,827	115,5	222,41	117,06	1,56

As Figuras 7.4 mostra os hidrogramas afluentes e efluentes com 10.000 anos de tempo de retorno para cada a alternativa selecionada.

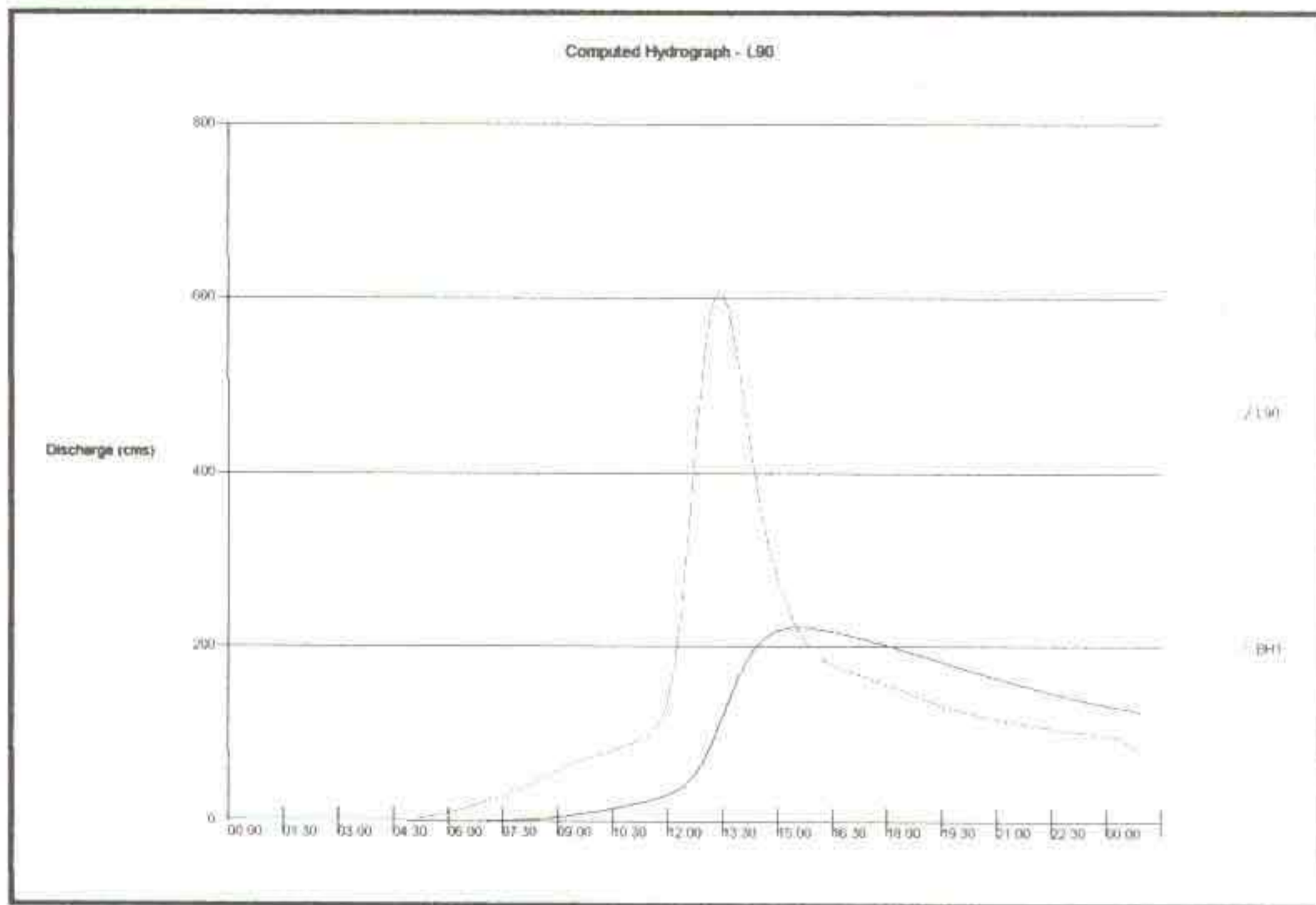


FIGURA 7.4
PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=10000 ANOS - ALTERNATIVA A

"RESUMO"

CLIMATOLOGIA:

- Pluviometria Média Anual (sobre a bacia) 1121 mm;
- Evaporação Média Anual..... 1649 mm;
- Evapotranspiração Potencial (Hargreaves) ... 1563 mm,
- Insolação Média Anual.2792 h,
- Umidade Relativa Média Anual..... 78,3 %;
- Temperatura Média Anual: Média das Máximas.... 29,9 °C;
- Temperatura Média Anual: Média das Médias.. 26,6 °C;
- Temperatura Média Anual: Média das Mínimas . . . 23,5 °C;
- Classificação Climática..... CISA'a'.

REGIME HIDROLÓGICO MÉDIO DA BACIA E CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

- Área da Bacia Hidrográfica ... 76,34 km²;
- Coeficiente de Escoamento. ... 20,0%;
- Volume afluyente médio anual 16,657 hm³
- Lâmina Escocada Média..218 mm;
- Coeficiente de Variação dos deflúvios.. ... 1,1;
- Capacidade total do reservatório8,827 hm³
- Volume regularizável anual com 90% de garantia.....0,100 m³/s;

DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

- Tipo de sangradouro Lateral retangular escavado em rocha;
- Largura do sangradouro..... 90,00 m;
- Cota do sangradouro 115,5 m;
- Vazão de pico afluyente (Tr=1.000anos)..... 461,8 m³/s;
- Vazão de pico amortecida (Tr=1 000 anos) .. 161,76 m³/s;
- Altura da lâmina vertente (Tr=1.000 anos) 1,26 m.
- Vazão de pico afluyente de verificação (Tr=10.000 anos) 604,96 m³/s;
- Vazão de pico amortecida de verificação (Tr=10.000 anos) 222,41 m³/s.
- Altura da lâmina vertente de verificação (Tr=10.000anos) .. 1,56 m.

ANEXOS

C:\ANB_trab\PROJETOS\apetec\Hidrologia\Volume 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUSU.doc

C 11073 72

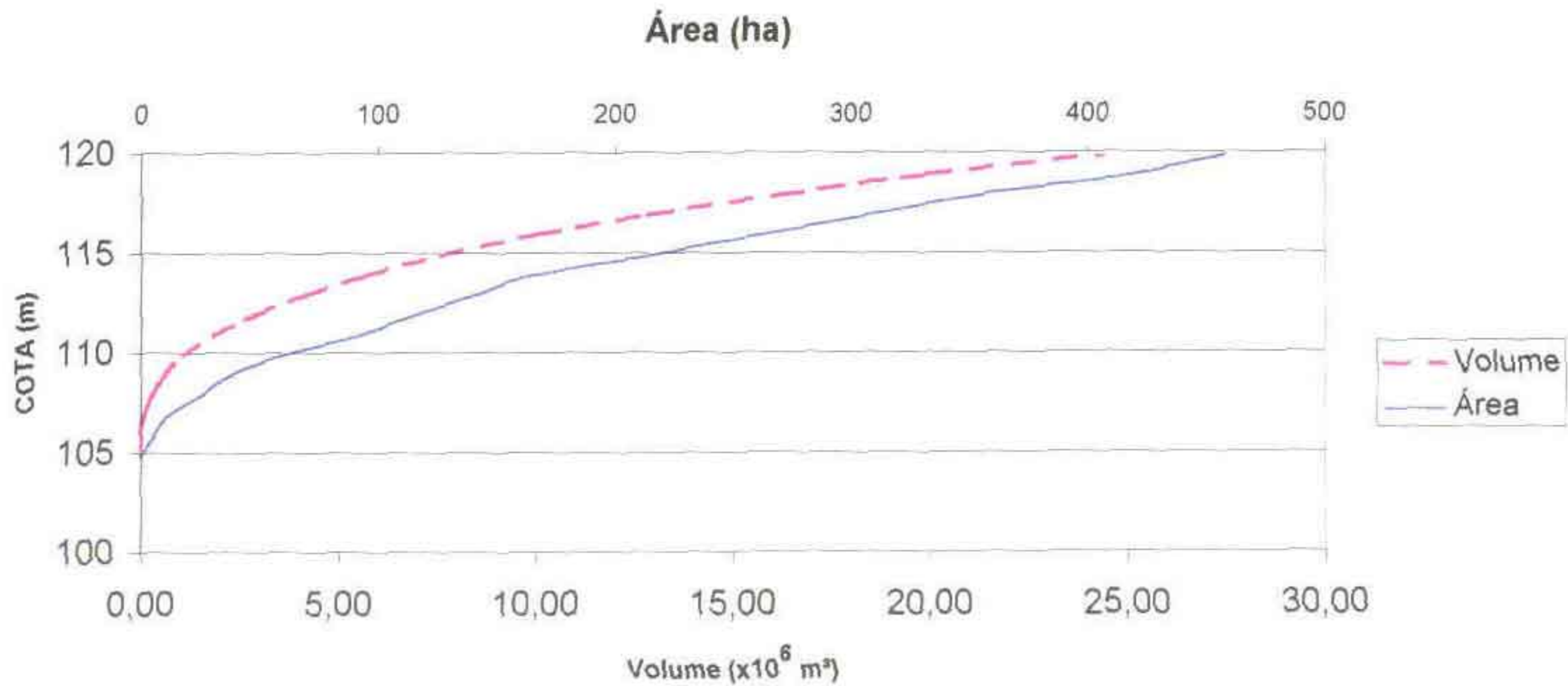
ANEXO 1 – CURVA COTA X ÁREA X VOLUME

C:\ANB_trab\PROJETOS\Itapebus\Hidrologia\Volume 3 Estudos Hidrológicos\ITAPEBUSU.doc

03/0074

Cota (m)	P (km)	Área (ha)	Área (ha) Média	Vol. (10 ⁶ m ³)	Vol. Acum. (10 ⁶ m ³)
104,615	0,00	0,00			
105	0,58	0,42	0,21	0,81	0,81
106	1,81	6,29	3,38	33,57	34,38
107	2,18	11,93	9,11	91,12	125,50
108	3,99	25,18	18,55	185,54	311,03
109	5,78	38,29	31,73	317,33	628,37
110	8,48	59,84	48,97	489,67	1.118,04
111	9,66	92,05	75,85	758,45	1.876,49
112	10,45	118,00	104,02	1.040,23	2.916,72
113	12,48	141,27	128,64	1.286,38	4.203,08
114	13,78	165,34	153,31	1.533,09	5.736,17
115	17,83	214,69	190,02	1.900,17	7.636,33
118	21,78	281,66	238,17	2.381,73	10.018,07
117	22,25	307,62	284,64	2.846,38	12.864,42
118	24,18	354,15	330,68	3.308,63	16.173,25
119	23,89	419,67	388,91	3.889,09	20.042,34
120	24,50	458,95	439,31	4.393,09	24.435,43
TOTAL				24.435,43	24.435,43

BARRAGEM ITAPEBUSSU CURVA COTA x ÁREA x VOLUME



ANEXO 2 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE MÁXIMAS CHUVAS DIÁRIAS – SÉRIES ANUAIS

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE MÁXIMAS CHUVAS DIÁRIAS - SÉRIES ANUAIS

Itanobussu
Estação 00438020

SAMPLE SIZE = 42

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 77.06 STD. DEV. = 30.92 COEF. OF SKEW = 1.4720

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.27235 STD. DEV. = 3.8500 COEF. OF SKEW = -0.306

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.85546 STD. DEV. = 1.6721 COEF. OF SKEW = -0.325

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	77.06	71.69	70.92	72.25	67.52	69.92	71.83
2.33	82.61	76.82	75.92	77.97	72.51	75.06	76.97
5.00	103.36	99.46	98.50	102.84	96.82	98.69	99.52
10.00	117.34	118.37	117.91	123.09	127.16	118.96	118.21
20.00	129.10	137.04	137.48	142.52	161.96	139.03	136.54
50.00	142.65	162.23	164.46	167.66	221.50	165.85	161.11
100.00	151.92	182.06	186.12	186.51	280.07	186.62	180.33
200.00	160.59	202.82	209.11	205.28	353.82	207.94	200.32
500.00	171.37	231.97	241.95	230.05	481.64	237.15	228.22
1000.00	179.14	255.53	268.90	248.77	608.06	260.11	250.62

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	47.14	49.40	49.79	46.62	49.07	51.68	49.46
2	.33333	63.74	60.74	60.41	59.82	57.84	62.11	60.72
3	.50000	77.06	71.69	70.92	72.25	67.52	73.25	71.65
4	.66667	90.38	84.62	83.61	86.72	80.85	87.16	84.60
5	.83333	106.97	104.04	103.16	108.29	105.76	108.68	104.18
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.286	1.714	1.714	2.571	3.714	1.143	1.714

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

000077

Itepebussu
 Estação 0043802?

SAMPLE SIZE = 27

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 83.92 STD DEV = 26.01 COEF. OF SKEW = .4633

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.38164 STD DEV = 3.2282 COEF. OF SKEW. = -.3777

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.90292 STD DEV = 1.4020 COEF. OF SKEW = -.3766

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	83.92	79.97	81.96	79.98	76.15	81.92	81.60
2.33	88.61	84.76	86.63	84.99	81.04	86.62	86.40
5.00	106.17	105.41	105.32	106.77	106.19	105.41	105.78
10.00	118.12	122.26	119.17	124.50	132.34	119.29	120.18
20.00	128.28	138.69	131.75	141.51	163.45	131.82	133.14
50.00	140.15	160.71	147.41	163.53	214.82	147.34	149.01
100.00	148.39	178.00	158.94	180.04	263.65	158.68	160.43
200.00	156.19	196.11	170.39	196.48	323.33	169.86	171.52
500.00	166.05	221.63	185.61	218.17	423.22	184.61	185.82
1000.00	173.26	242.39	197.33	234.56	518.72	195.86	196.46

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	.00000	00	00	00	00	00	00	00
1	.20000	62.03	60.94	61.77	60.07	59.48	60.92	60.57
2	.40000	77.33	73.69	75.61	73.38	70.17	74.74	72.18
3	.60000	90.51	86.78	88.56	87.19	83.29	87.74	84.89
4	.80000	105.81	104.93	104.91	106.77	106.19	104.14	103.85
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		1.704	2.444	2.22	3.185	5.407	2.444	2.444

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000078

Itapebussu

Estação 00433038

SAMPLE SIZE = 36

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 76.85 STD. DEV = 22.87 COEF. OF SKEW = .3449

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.29553 STD. DEV = 3.1819 COEF. OF SKEW = -.6339

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.86552 STD. DEV = 1.3819 COEF. OF SKEW = -.6330

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD YRS.	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	76.85	73.37	75.55	73.32	69.86	75.54	75.85
2.33	80.96	77.69	79.66	77.61	74.15	79.66	80.13
5.00	96.33	96.22	95.82	96.23	96.08	95.86	96.59
10.00	106.72	111.18	107.45	111.40	118.66	107.50	107.89
20.00	115.49	125.60	117.75	125.95	145.29	117.78	117.36
50.00	125.63	144.64	130.25	144.79	188.83	130.21	128.08
100.00	132.60	159.36	139.20	158.90	229.80	139.07	135.21
200.00	139.14	174.55	147.90	172.97	279.47	147.65	141.67
500.00	147.31	195.58	159.27	191.52	361.78	158.72	149.38
1000.00	153.23	212.36	167.63	205.54	439.71	166.97	154.66

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	.00
1	16667	54.72	53.93	54.81	54.12	53.48	54.30	54.30
2	33333	67.00	63.97	66.03	64.01	61.37	65.50	62.68
3	50000	76.85	73.37	75.55	73.32	69.86	75.03	71.28
4	66667	86.70	84.15	85.55	84.16	81.23	85.04	82.07
5	83333	98.97	99.82	98.72	100.32	101.70	98.21	99.61
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.667	5.667	5.000	8.333	9.000	3.667	6.667

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

050079

Itapebussu

Estação 00438047

SAMPLE SIZE = 27

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 67.52 STD DEV = 24.17 COEF OF SKEW = 0.416

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.15265 STD DEV = 35245 COEF OF SKEW = .0565

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.80347 STD DEV = 15307 COEF. OF SKEW = .0565

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	67.52	63.60	64.39	63.86	60.30	64.20	63.39
2.33	71.87	67.77	68.61	68.52	64.53	68.49	67.56
5.00	88.20	85.99	86.41	88.75	86.68	86.60	85.91
10.00	99.30	101.10	100.49	105.23	110.23	100.84	101.34
20.00	108.74	116.02	113.92	121.03	138.81	114.26	116.76
50.00	119.77	136.27	131.49	141.49	187.07	131.54	137.94
100.00	127.42	152.36	145.02	156.82	233.95	144.59	154.98
200.00	134.67	169.36	158.95	172.10	292.33	157.79	173.19
500.00	143.83	193.56	178.22	192.25	392.22	175.66	199.44
1000.00	150.53	213.43	193.62	207.49	489.78	189.61	221.27

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	00	.00	00	00	00	00	00
1	20000	47.18	47.28	47.15	45.36	46.04	45.62	47.18
2	40000	61.40	58.17	58.78	57.73	55.14	57.06	57.92
3	60000	73.64	69.54	70.39	70.56	66.49	68.72	69.25
4	.80000	87.86	85.57	86.00	88.75	86.68	84.50	85.38
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		1.704	1.333	.593	.593	1.333	1.333	1.333

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.491

0311080

Itapebussu

Estação 00439016

SAMPLE SIZE = 31

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 74.23 STD. DEV. = 23.88 COEF. OF SKEW = 5252

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.25309 STD. DEV. = 3.4730 COEF. OF SKEW = -7969

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.94709 STD. DEV. = 1.5083 COEF. OF SKEW = -7962

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	74.23	70.32	72.20	70.57	66.69	72.15	73.58
2.33	78.52	74.86	76.47	75.11	71.24	76.45	78.04
5.00	94.61	94.59	93.68	94.83	94.89	93.78	94.90
10.00	105.52	110.85	106.53	110.89	119.86	106.66	106.10
20.00	114.75	126.79	118.23	126.29	149.95	118.33	115.20
50.00	125.49	148.22	132.85	146.23	200.39	132.80	125.12
100.00	132.90	165.09	143.62	161.17	249.03	143.36	131.45
200.00	139.89	182.76	154.32	176.05	309.23	153.77	136.98
500.00	148.67	207.65	168.55	195.69	411.47	167.47	143.27
1000.00	155.06	227.87	179.48	210.53	510.61	177.88	147.36

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	54.13	52.50	53.90	52.55	51.31	53.75	53.46
2	40000	68.15	64.40	66.41	64.60	61.14	66.29	63.53
3	60000	80.28	76.79	78.25	77.11	73.33	78.23	75.56
4	80000	94.32	94.20	93.35	94.83	94.89	93.45	95.27
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		8.516	4.968	5.613	3.355	7.548	5.613	4.968

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000081

Itapebuss.
Estação 0043901

SAMPLE SIZE = 32

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 75.07 STD DEV = 30.47 COEF OF SKEW = 1.0034

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.24001 STD DEV = 4.0947 COEF OF SKEW = -3.101

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.34141 STD DEV = 1.7783 COEF OF SKEW = -3.097

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	75.07	69.41	70.50	70.40	65.19	70.12	70.89
2.33	80.56	74.72	75.74	76.18	70.45	75.46	76.23
5.00	101.08	98.44	98.19	101.26	98.68	98.47	98.84
10.00	114.97	118.65	116.34	121.69	129.86	116.95	116.64
20.00	126.74	138.97	133.89	141.29	168.98	134.56	133.32
50.00	140.40	166.98	157.12	166.66	237.62	157.41	154.60
100.00	149.82	189.50	175.16	185.66	306.77	174.73	170.46
200.00	158.69	213.50	193.85	204.60	395.67	192.29	186.30
500.00	169.82	247.95	219.86	229.59	553.55	216.08	207.35
1000.00	177.91	276.43	240.73	248.47	713.45	234.63	223.47

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	.00000	00	00	.00	00	00	.00	00
1	.20000	49.43	49.18	49.60	47.47	47.90	49.45	48.69
2	.40000	67.35	62.57	63.62	62.81	58.86	63.43	61.93
3	.60000	82.79	77.00	77.96	78.71	72.89	78.17	75.00
4	.80000	100.72	97.97	97.76	101.26	98.68	98.66	96.61
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.063	1.438	500	2.668	3.900	500	2.375

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

050082

ANEXO 3 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DO MÊS MAIS CHUVOSO

C:\ANB_trab\PROJETOS\Relat\u00f3rios\Estad\u00edsticas\Volume 3 - Estudos Hidrol\u00f3gicos_ETAPESUSU.doc

0-11083

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DO MÊS MAIS CHUVOSO

0458020 - ABRIL

SAMPLE SIZE = 42

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 259.83 STD DEV = 148.28 COEF. OF SKEW = 4.849

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 5.21899 STD DEV = 1.36169 COEF. OF SKEW = -4.3211

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.26658 STD DEV = .59137 COEF. OF SKEW = -4.3211

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	259.83	184.75	248.17	236.76	149.48	247.92	323.42
2.33	286.46	235.92	274.67	264.21	192.33	274.59	337.56
5.00	385.94	588.20	380.67	393.45	574.89	381.20	347.46
10.00	452.97	1088.59	458.76	480.57	1402.53	459.47	368.44
20.00	509.37	1827.20	528.95	573.73	3299.46	529.47	443.66
50.00	574.36	3318.79	615.30	694.31	9985.05	615.01	714.17
100.00	618.79	4990.86	677.89	784.67	22894.10	676.56	1231.79
200.00	660.37	7311.11	739.23	874.70	52333.59	736.48	2506.99
500.00	712.09	11755.81	819.46	993.48	155775.10	814.21	8345.33
1000.00	749.35	16552.52	880.09	1083.25	355231.90	872.44	25491.74

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	00	00	00	00	00	00	00
1	.16667	116.38	49.48	117.73	113.85	48.35	116.70	104.98
2	.33333	195.96	102.77	187.61	177.16	86.47	186.57	129.25
3	.50000	259.83	184.75	248.17	236.76	149.48	247.52	192.07
4	.66667	323.70	332.12	313.03	306.16	282.71	312.88	389.89
5	.83333	403.28	689.74	400.34	409.60	730.92	400.72	1640.79
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		3.714	22.286	3.143	5.714	42.286	3.143	32.857

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

000084

SAMPLE SIZE = 27

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 272.62 STD. DEV = 150.86 COEF. OF SKEW = 1.5146

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 5.43281 STD. DEV = 6.9843 COEF. OF SKEW = -1.8534

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.35944 STD. DEV. = 3.0332 COEF. OF SKEW = -1.8530

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	272.62	228.79	242.12	249.77	205.83	236.91	278.28
2.33	299.81	259.88	266.47	278.84	235.48	261.92	306.56
5.00	401.71	415.90	377.37	405.14	422.56	378.18	398.89
10.00	471.00	573.20	474.36	508.01	680.34	479.76	442.84
20.00	529.94	753.01	574.05	606.69	1074.29	582.11	466.79
50.00	598.79	1035.72	714.87	734.41	1940.54	721.91	481.31
100.00	646.56	1292.04	830.87	830.13	3022.46	832.60	485.16
200.00	691.83	1593.30	957.06	925.49	4699.98	948.51	486.11
500.00	749.00	2076.15	1142.64	1051.30	8415.06	1111.32	486.27
1000.00	790.84	2519.81	1299.78	1146.39	13068.87	1241.88	487.55

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	145.65	127.10	151.10	134.29	120.59	130.88	124.41
2	40000	234.40	191.69	211.04	211.51	172.42	180.24	149.87
3	60000	310.84	273.08	276.93	291.61	249.82	241.78	194.84
4	80000	399.59	411.84	374.71	405.14	422.56	338.67	305.14
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CPI-SQUARE VALUE		2.444	7.259	3.926	3.185	14.296	7.630	10.593

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000085

SAMPLE SIZE = 36

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 299.82 STD DEV = 118.17 COEF. OF SKEW = -0.642

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 5.44563 STD DEV = 1.37862 COEF OF SKEW = -5.3381

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.36501 STD. DEV. = .59873 COEF OF SKEW. = -5.3381

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	299.82	231.75	301.09	281.59	187.34	301.09	386.63
2.33	321.07	296.92	279.81	303.74	242.59	322.28	388.42
5.00	400.50	750.12	199.51	399.98	745.59	400.83	423.21
10.00	454.18	1403.04	144.61	478.37	1860.67	453.26	607.98
20.00	499.48	2380.11	97.84	553.56	4473.43	497.11	1191.77
50.00	551.89	4387.15	43.25	650.89	13924.11	547.39	4687.03
100.00	587.89	6676.28	5.47	723.82	32606.01	581.63	19022.64
200.00	621.69	9904.20	-30.24	796.49	76116.38	613.59	106335.50
500.00	663.94	16212.96	-75.18	892.36	232930.80	653.24	1716747.00
1000.00	694.51	23162.26	-107.92	964.82	542429.60	681.74	*****

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	00	00	00	90	00	00	00
1	.16667	185.50	61.06	414.19	182.39	58.88	184.98	149.98
2	.33333	248.92	127.97	351.73	233.48	106.88	247.44	194.52
3	.50000	299.82	231.74	301.09	281.59	187.34	298.09	319.26
4	.66667	350.72	419.66	249.97	337.60	360.10	349.21	773.97
5	.83333	414.14	879.48	185.61	421.09	953.75	413.56	4669.94
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		3.000	61.000	120.000	6.333	46.333	3.000	43.333

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

0J11086

SAMPLE SIZE - 25

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 196.28 STD DEV = 130.20 COEF. OF SKEW = .5327

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.83425 STD DEV = 1.09438 COEF. OF SKEW = -1.1453

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.99949 STD DEV = .47528 COEF. OF SKEW = -1.1453

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD 'YRS'	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	186.28	125.74	175.09	166.67	106.64	174.81	153.80
2.33	209.76	153.19	198.41	191.97	121.91	198.30	183.54
5.00	297.84	321.17	292.71	301.88	332.26	293.26	319.53
10.00	357.86	531.90	363.65	391.41	705.12	364.40	426.46
20.00	409.04	817.79	428.80	477.28	1451.19	429.36	518.74
50.00	469.02	1353.90	511.07	588.43	3693.70	510.70	619.58
100.00	510.77	1922.95	572.36	671.72	7438.85	570.73	680.93
200.00	550.45	2684.26	633.89	754.71	14943.06	630.46	730.52
500.00	600.74	4096.45	716.71	864.20	37506.50	710.00	779.92
1000.00	637.67	5587.14	781.17	946.95	75190.80	771.19	806.61

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	76.69	50.06	75.47	66.18	45.82	71.68	48.67
2	40000	153.29	95.30	143.55	133.38	80.61	139.69	77.89
3	60000	219.26	165.92	208.06	203.08	144.82	204.53	130.22
4	80000	295.86	315.86	290.46	301.88	332.26	287.38	271.73
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.800	5.200	2.400	3.200	12.800	1.600	8.800

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

0.0087

SAMPLE SIZE - 31

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 208.18 STD DEV = 125.78 COEF OF SKEW = 3839

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.94222 STD DEV = 1.49529 COEF. OF SKEW = -3.9935

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.14630 STD DEV. = .64940 COEF OF SKEW = -3.9935

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD YRS:	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2 00	208.18	140.08	200.27	180.95	111.45	200.17	260.26
2 33	230.82	183.34	222.90	212.85	148.08	222.88	278.25
5 00	315.57	502.13	312.33	316.70	508.95	312.63	296.21
10 00	373.01	993.94	377.43	401.29	1391.18	377.79	303.24
20.00	421.66	1772.45	435.61	482.43	3649.90	435.83	340.95
50.00	478.23	3472.25	506.92	587.45	12720.28	506.65	486.69
100 00	517.26	5522.25	558.55	666.15	32419.94	557.66	757.92
200 00	554.08	8554.94	609.16	744.56	82346.27	607.42	1390.31
500 00	600.33	14824.82	675.44	848.01	281674.60	672.21	4068.65
1000 00	633.98	22116.11	725.64	926.20	713525.20	720.98	11444.59

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	102.32	39.80	101.07	94.00	36.05	97.49	72.91
2	40000	176.31	95.91	169.29	157.49	76.68	165.61	99.88
3	60000	240.05	204.60	232.27	223.35	167.77	228.66	190.66
4	80000	314.04	493.09	310.65	316.70	508.95	307.11	769.14
5	1 00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.367	27.548	1.419	129	37.226	452	30.774

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000088

SAMPLE SIZE = 32

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 232.88 STD. DEV. = 134.67 COEF. OF SKEW = 9776

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 5.27668 STD. DEV. = 62851 COEF. OF SKEW = -4418

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.29163 STD. DEV. = 27296 COEF. OF SKEW = -4422

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	232.88	195.72	213.10	212.24	177.75	211.51	204.94
2.33	257.11	219.15	236.30	237.76	200.23	235.17	228.86
5.00	347.80	334.63	335.49	348.61	335.91	336.71	337.12
10.00	409.22	445.72	415.35	438.90	511.95	417.92	428.56
20.00	461.21	568.12	492.29	525.51	766.95	495.09	518.04
50.00	521.58	753.02	593.91	637.61	1294.16	595.00	636.00
100.00	563.19	914.43	672.58	721.62	1915.40	670.62	725.96
200.00	602.41	1098.09	753.90	805.32	2830.79	747.14	816.96
500.00	651.61	1381.55	866.79	915.75	4739.46	850.65	939.15
1000.00	687.37	1632.44	957.18	999.21	6996.61	931.29	1033.10

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.20000	119.53	115.32	120.13	110.89	110.76	108.55	114.46
2	.40000	198.76	166.91	182.54	178.66	151.97	168.75	160.30
3	.60000	266.99	229.50	246.14	248.97	210.98	232.22	219.68
4	.80000	346.22	332.17	333.58	348.61	325.91	320.43	326.45
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.063	.188	.500	2.375	3.938	1.438	3.313

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000089

ANEXO 4 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS

CS:ANB_trab\PROJETOS\Itapetina\Hidrologia\Volume 3 - Estudos Hidrológicos_ITAPEBUBTU.doc

000090

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS

043802f

SAMPLE SIZE = 42

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 876.33 STD DEV = 536.06 COEF OF SKEW = 0.629

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 6.23162 STD DEV = 1.58401 COEF OF SKEW = -2.0087

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.70636 STD DEV = .68793 COEF OF SKEW = -2.0027

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2 00	876 34	508 58	870.72	792.94	397 50	870 72	816 25
2 33	972 60	675 92	967.13	892 16	532 93	967 14	1006 40
5 00	1332 23	1956 24	1330 53	1323 22	1904 85	1330 59	1741 71
10 00	1574 57	4003 25	1578.30	1674.32	5375 57	1578 37	2128 67
20 00	1778 45	7312 32	1788.58	2011.10	14541 77	1788 63	2332 84
50 00	2013 40	14640 92	2032.99	2447 02	52728 10	2032 99	2440 30
100 00	2174 02	23533 90	2201.38	2773.68	138437 50	2201 31	2460 21
200 00	2324 32	36692 21	2359.90	3099 16	362187 80	2359 76	2462 03
500 00	2511 29	63755 88	2558 42	3528 56	1289217 00	2558 13	2471 20
1000 00	2646 00	94928.33	2702 34	3853 09	3360955 00	2701 92	2502 19

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	357.74	109 86	357 54	348 61	106.94	355.38	140.43
2	.33333	645 44	257 07	640 95	577 46	210 29	638 80	200 27
3	.50000	876.33	508 58	870 72	792 94	397 50	868 59	316.44
4	.66667	1107.23	1006 16	1102 57	1043 81	834 23	1100.46	603 08
5	.83333	1394 92	2354 36	1394 41	1417 75	2518 66	1392 31	1816 33
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		857	38 286	857	3 429	49 429	857	76 571

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

000091

043802

SAMPLE SIZE = 26

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 1227.44 STD. DEV. = 459.35 COEF OF SKEW = .681.

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 7.03262 STD DEV = 44353 COEF OF SKEW. = -1.4164

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 3.05423 STD DEV = 19262 COEF OF SKEW = -1.4164

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	1227.44	1133.00	1177.98	1158.06	1059.59	1175.95	1250.88
2.33	1310.26	1227.32	1259.44	1246.94	1154.53	1256.34	1339.08
5.00	1620.75	1656.38	1595.36	1633.05	1676.16	1598.17	1640.75
10.00	1832.11	2031.37	1854.43	1947.53	2270.86	1858.84	1807.42
20.00	2012.08	2416.90	2096.74	2249.19	3038.69	2100.55	1919.29
50.00	2222.67	2961.87	2408.20	2639.65	4430.20	2407.44	2014.48
100.00	2368.98	3411.31	2643.92	2932.25	5876.53	2636.50	2059.56
200.00	2507.86	3900.83	2883.50	3223.78	7787.01	2866.35	2088.50
500.00	2683.55	4622.00	3210.42	3608.40	11289.06	3174.96	2109.43
1000.00	2812.30	5233.85	3468.14	3899.09	14947.01	3414.15	2116.49

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	840.84	780.03	837.82	805.04	753.53	817.84	784.69
2	40000	1111.06	1012.58	1068.86	1041.10	946.43	1047.53	933.30
3	.60000	1343.81	1267.74	1293.37	1285.97	1198.87	1273.45	1143.26
4	80000	1614.04	1645.68	1587.55	1633.05	1676.16	1570.04	1551.64
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.923	6.308	5.923	5.923	8.231	5.538	9.769

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

CU0092

0438038

SAMPLE SIZE = 35

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 1375.84 STD DEV = 419.25 COEF. OF SKEW = 6084

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 7.16228 STD DEV = 30395 COEF. OF SKEW. = -0444

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 3.11923 STD DEV = 13200 COEF OF SKEW = -0389

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	1375.85	1315.91	1335.11	1311.26	1255.72	1333.77	1318.88
2.33	1451.23	1389.83	1409.62	1390.05	1329.54	1408.98	1392.85
5.00	1733.18	1705.04	1713.09	1732.36	1704.02	1715.25	1706.05
10.00	1923.79	1957.71	1942.39	2011.16	2085.73	1945.58	1954.53
20.00	2084.77	2200.06	2152.80	2278.59	2531.98	2155.44	2190.81
50.00	2271.19	2518.43	2417.35	2624.76	3254.25	2416.79	2498.30
100.00	2399.31	2763.55	2613.15	2884.16	3927.58	2607.94	2732.89
200.00	2519.73	3015.67	2808.33	3142.61	4736.96	2796.67	2972.34
500.00	2670.36	3363.64	3068.63	3483.60	6065.41	3045.25	3299.88
1000.00	2779.48	3640.55	3269.12	3741.30	7311.39	3234.24	3558.24

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	.00000	00	00	.00	00	00	00	.00
1	.16667	970.25	980.67	976.75	958.42	972.30	995.05	981.01
2	.33333	1195.26	1154.43	1167.05	1140.15	1109.22	1187.21	1152.87
3	.50000	1375.84	1315.91	1335.11	1311.26	1255.72	1358.41	1313.57
4	.66667	1556.43	1499.97	1518.15	1510.48	1450.83	1545.37	1497.91
5	.83333	1781.44	1765.75	1769.20	1807.42	1799.33	1801.15	1766.28
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		3.914	2.543	2.543	1.857	829	486	2.543

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 11.073

000093

SAMPLE SIZE - 25

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 939.34 STD. DEV. = 525.86 COEF. OF SKEW = .5956

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 6.64923 STD. DEV. = .71928 COEF. OF SKEW = -1.1969

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.88772 STD. DEV. = .31238 COEF. OF SKEW = -1.1974

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	939.34	772.19	889.24	860.16	692.92	887.66	886.32
2.33	1034.19	879.16	983.08	962.33	796.86	982.34	994.53
5.00	1389.93	1430.17	1365.80	1406.24	1462.44	1363.44	1422.50
10.00	1632.34	1992.45	1656.93	1767.80	2398.04	1660.78	1708.88
20.00	1839.03	2643.42	1926.60	2114.62	3853.69	1929.64	1931.76
50.00	2081.27	3681.86	2270.01	2563.53	7121.09	2268.61	2154.24
100.00	2249.87	4636.83	2527.81	2899.93	11281.81	2520.23	2279.68
200.00	2410.14	5773.35	2788.21	3235.10	17843.55	2771.73	2375.33
500.00	2613.26	7622.31	3141.15	3677.30	32670.91	3108.18	2464.61
1000.00	2762.39	9347.00	3417.66	4011.50	51604.60	3368.11	2509.47

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	496.76	421.52	492.33	454.29	397.73	519.20	449.47
2	40000	806.11	643.55	762.87	725.69	576.51	793.57	620.83
3	60000	1072.57	926.54	1021.98	1007.21	847.30	1058.16	883.70
4	80000	1381.92	1414.58	1356.61	1406.24	1462.44	1399.70	1464.63
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		1.200	5.600	4.00	4.00	9.200	1.200	11.600

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

050094

043901c

SAMPLE SIZE = 30

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 721.37 STD. DEV. = 379.81 COEF OF SKEW = .8043

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 6.43693 STD DEV = .57581 COEF OF SKEW = -.6624

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.79552 STD DEV = .25007 COEF. OF SKEW. = -.6619

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2 00	721.38	624.49	674.03	663.43	571.97	671.37	664.97
2 33	789.76	692.71	740.61	735.84	638.34	738.95	734.27
5 00	1045.80	1021.26	1019.27	1050.42	1028.44	1022.14	1027.94
10 00	1219.46	1328.86	1237.79	1306.65	1516.64	1242.84	1253.70
20 00	1366.71	1661.23	1444.36	1552.43	2201.44	1449.23	1457.66
50.00	1538.08	2154.08	1712.25	1870.56	3565.92	1712.80	1704.14
100 00	1656.47	2577.56	1916.38	2108.95	5118.43	1910.19	1876.80
200 00	1768.27	3053.67	2124.81	2346.48	7337.15	2108.50	2039.24
500 00	1908.87	3779.17	2410.41	2659.85	11799.35	2374.88	2239.66
1000 00	2011.29	4414.01	2636.30	2896.69	16896.54	2581.19	2381.01

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	.00	00	00	00	00	.00
1	20000	401.72	384.64	400.66	375.80	369.82	373.23	374.01
2	40000	625.15	539.72	585.41	568.14	495.03	554.55	499.66
3	60000	817.66	722.57	768.62	767.64	669.87	738.08	663.57
4	80000	1041.03	1013.89	1013.62	1050.42	1028.44	984.63	961.81
5	1 00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		4.667	10.667	2.667	6.667	3.667	9.333	1.333

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

050095

043901-

SAMPLE SIZE = 30

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 873.47 STD. DEV. = 396.76 COEF. OF SKEW. = 1.1073

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 6.67994 STD. DEV. = .43577 COEF. OF SKEW. = 1.120

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 2.96106 STD. DEV. = .18926 COEF. OF SKEW. = 1.110

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	873.47	796.28	809.18	812.93	745.06	802.71	789.83
2.33	944.90	861.27	876.60	888.58	809.60	871.68	854.47
5.00	1212.38	1155.37	1169.58	1217.21	1161.51	1173.34	1152.57
10.00	1393.80	1410.12	1410.68	1484.87	1558.47	1420.00	1417.99
20.00	1547.62	1669.66	1646.99	1741.62	2066.17	1658.02	1695.01
50.00	1726.64	2032.44	1964.78	2073.96	2976.37	1970.59	2092.89
100.00	1850.31	2328.13	2214.95	2323.00	3912.69	2210.10	2425.95
200.00	1967.10	2646.77	2477.14	2571.13	5138.44	2454.83	2793.23
500.00	2113.98	3110.11	2846.87	2896.49	7361.73	2789.26	3342.09
1000.00	2220.97	3497.93	3147.43	3145.90	9660.37	3052.29	3814.33

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	539.54	551.80	543.91	512.47	535.64	576.66	550.14
2	40000	772.95	713.04	721.11	713.39	667.89	760.21	707.07
3	60000	973.99	889.22	905.26	921.80	839.69	956.84	881.62
4	80000	1207.39	1149.06	1163.47	1217.21	1161.51	1233.67	1145.03
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		2.333	1.000	1.333	2.667	5.333	1.667	2.333

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

000096