



Dezembro de 2002

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



SRH Secretaria dos Recursos Hídricos

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH

Contrato

Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

BARRAGEM JOÃO GUERRA VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 2 - Estudos Hidrológicos



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE



ÍNDICE

	<i>Páginas</i>
ÍNDICE	1
APRESENTAÇÃO	4
FICHA HIDROLÓGICA	6
1. INTRODUÇÃO	9
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	12
2.1. Sistema de Drenagem e Açudes Existentes	13
2.2. Solos e Cobertura Vegetal	15
2.3. Geologia e Geomorfologia	20
2.4. Determinação do Número CN	20
2.5. Geometria e relevo	23
3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	24
3.1. Temperatura	27
3.2. Insolação Total	29
3.3. Umidade Relativa	30
3.4. Ventos	31
3.5. Regime Pluvial a Nível Anual e Mensal	32
3.6. Evapotranspiração Potencial	41
3.7. Evaporação em Tanque Classe A	42
3.8. Sinopse Climática	43
4. ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS	45
4.1. Chuvas Máximas Diárias.....	46
4.2. Chuvas Intensas.....	55
4.2.1. Método das Isozonas (TORRICO,1975).	55



5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS	60
6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO	67
6.1. Metodologia.....	68
6.1.1. Precipitação	69
6.1.2. Precipitação Efetiva.....	71
6.1.3. Hidrograma Unitário - SCS	74
6.2. Propagação da Cheia no Reservatório.....	74
6.3. Resultados.....	77
7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	78
7.1. Disponibilidade hídrica.....	79
7.1.1. Metodologia.....	79
7.1.1.1. Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico	79
7.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório.....	81
8 - ESTUDOS ADICIONAIS	82
8.1. Introdução	83
8.2. Estudo da Disponibilidade Hídrica	83
ANEXO A	89
HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS.....	90
HIDROGRAMAS PARA 10.000 ANOS.....	97



MONTGOMERY WATSON



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

O consórcio **Montgomery- Watson/ Engesoft** (Consórcio) e a **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará** (SRH-CE) celebraram o contrato nº 02/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, Eias/ Rimas, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra/ Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada.

A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001 e imediatamente as equipes do Consórcio iniciaram as atividades previstas no cronograma aprovado.

O presente relatório, denominado **Tomo 2 - Estudos Hidrológicos**, é parte integrante do **Volume 1 - Estudos Básicos** e diz respeito à **Barragem João Guerra**, situada no riacho Treme, integrante da bacia do Rio Jaguaribe, no Distrito de Lagoa do Mato, Município de Itatira/CE

O presente relatório está dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Introdução

Capítulo 2 - Caracterização da Bacia Hidrográfica

Capítulo 3 - Caracterização Climática

Capítulo 4 - Estudo de Chuvas Intensas

Capítulo 5 - Estudos de Deflúvios

Capítulo 6 - Estudo das Cheias de Projeto

Capítulo 7 - Dimensionamento do Reservatório

Capítulo 8 - Estudos Adicionais



MONTGOMERY WATSON



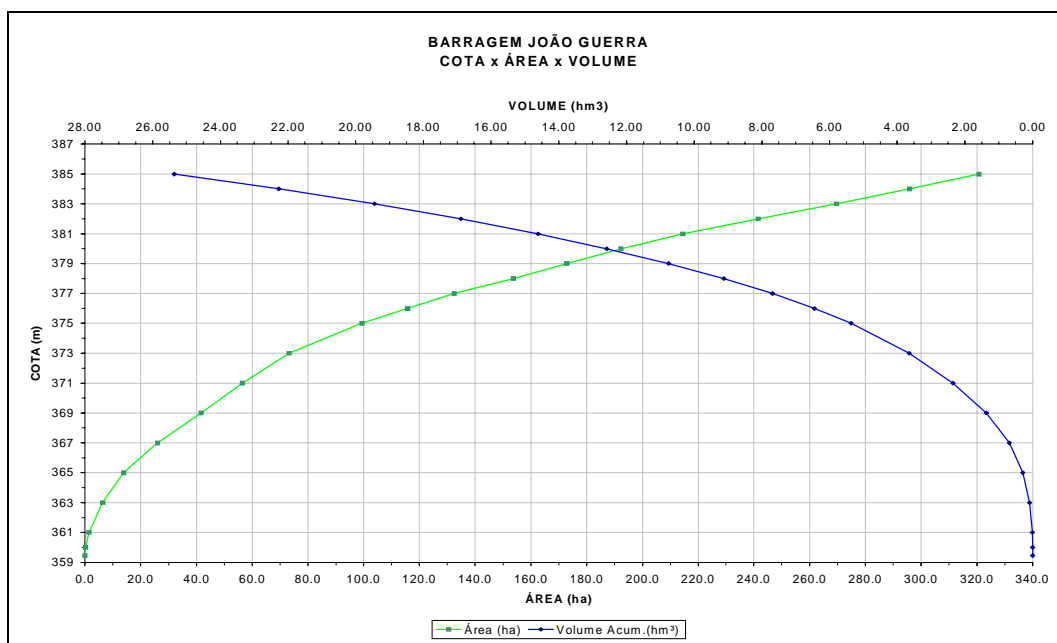
FICHA HIDROLÓGICA

**FICHA HIDROLÓGICA****Açude João Guerra**

Município	Itatira
Rio ou Riacho Barrado	Treme
Área da Bacia Hidrográfica	134,3 km ²
Comprimento do Talvegue Principal	21,7 km
Desnível do Talvegue Principal	160 m
Precipitação Média Anual	567 mm
Escoamento Médio Anual	58 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A)	2706 mm
Vertedouro Tipo.....	Canal escavado em rocha
Cota do Vertedouro	377,00 m
Largura do vertedouro	100 m
Comprimento/Declividade Longitudinal do Vertedouro	170m/0,5%
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	330 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 1.000 anos	1,88 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	377 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 10.000 anos	2,02 m
Vazão Regularizada a 90% de garantia	75 l/s
Vazão Regularizada a 95% de garantia	57 l/s
Vazão Regularizada a 99% de garantia	35 l/s



COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
359.46	0.00	0.000	0.000
360.000	0.29	0.001	0.001
361.000	1.38	0.008	0.009
363.000	6.39	0.078	0.087
365.000	13.84	0.202	0.289
367.000	26.10	0.399	0.688
369.000	41.65	0.678	1.366
371.000	56.45	0.981	2.347
373.000	73.24	1.297	3.644
375.000	99.44	1.727	5.370
376.000	115.77	1.076	6.447
377.000	132.48	1.241	7.688
378.000	153.73	1.431	9.119
379.000	172.83	1.633	10.752
380.000	192.34	1.826	12.577
381.000	214.47	2.034	14.612
382.000	241.48	2.280	16.891
383.000	269.62	2.556	19.447
384.000	295.86	2.827	22.274
385.000	320.74	3.083	25.357





1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos do Açude João Guerra objetivaram fornecer os elementos hidrológicos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas de descarga de obra.

Os estudos iniciaram-se com a caracterização da área, tendo-se coletado e analisado informações de estações climáticas próximas. O uso do solo na bacia hidrográfica foi objeto de avaliação, baseado em estudos desenvolvidos anteriormente.

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

- Estudo de caracterização do regime pluviométrico;
- Estudos de chuvas intensas;

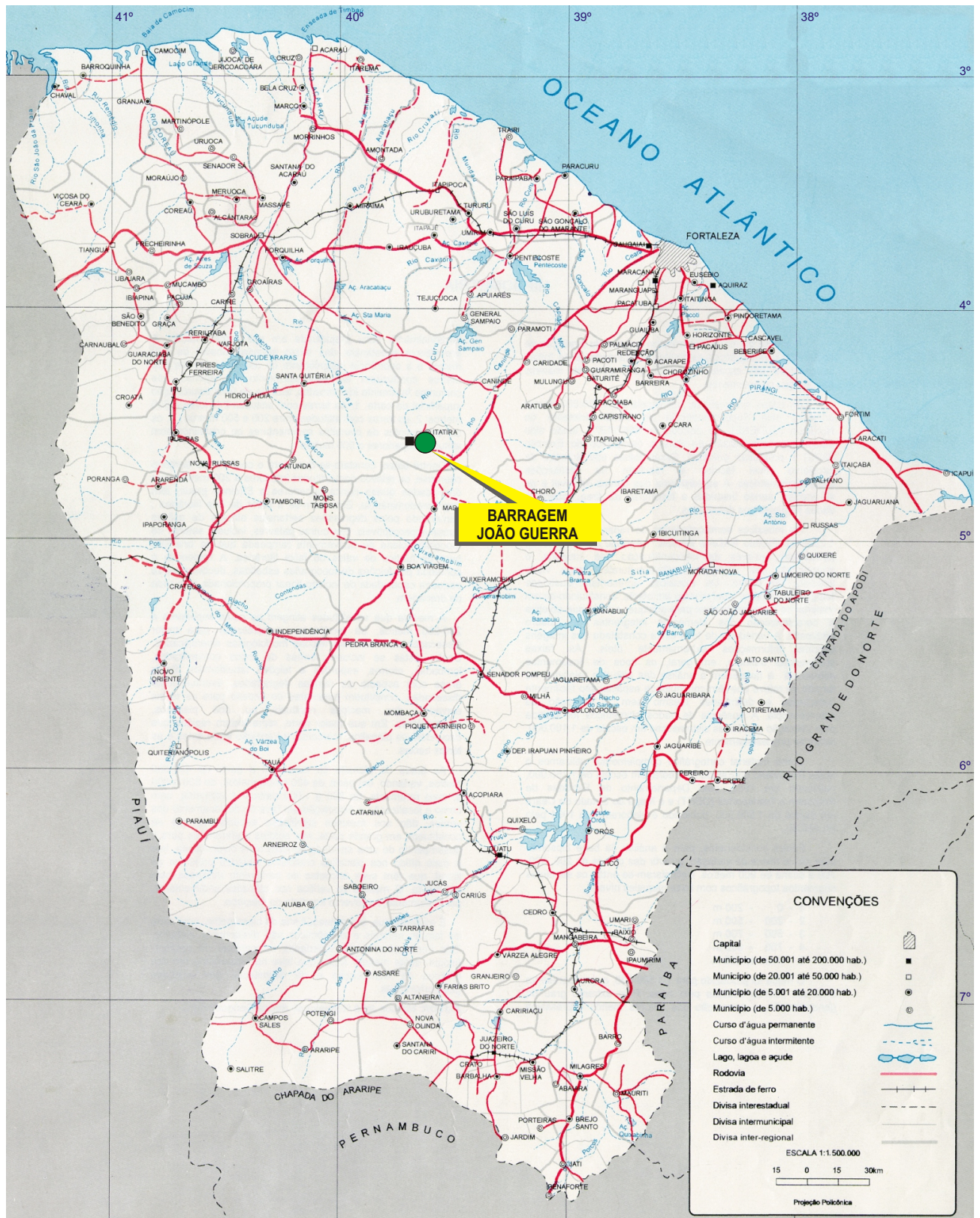
Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, utilizando-se para isso a série afluente ao açude Fogareiro, definida no Plano de Gestão das Águas da Bacia do Jaguaribe (COGERH/ENGESOFT), como base para uma transferência por correlação de área.

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

Para subsidiar-se os estudos de concepção do açude, simulou-se a laminação das cheias de 1.000 anos e 10.000 anos para o açude.

Da mesma forma, para os estudos de disponibilidade do açude foram simuladas as operações do mesmo, determinando-se as vazões regularizadas com garantias de 99% e 90%.

O Mapa de Localização do açude pode ser observado na Figura 1.1.



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 1.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM



2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA



2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Neste capítulo são abordados os principais aspectos fisiográficos e hidroclimatológicos da bacia hidrográfica do açude João Guerra, que barra o rio Treme nas coordenadas UTM N 9.484.680 e E 428.530. A barragem situa-se próxima à localidade Boa Vista, a jusante do distrito de Lagoa do Mato, no município de Madalena, pertencendo à microrregião geográfica da Bacia do Banabuiú.

2.1. SISTEMA DE DRENAGEM E AÇUDES EXISTENTES

A bacia hidrográfica do açude João Guerra tem como principal contribuinte o rio Treme, abrangendo uma área de contribuição de 134 Km². O rio Treme se estende na direção oeste-sudeste, perfazendo, aproximadamente, 21,68 Km do ponto mais a montante do sistema de drenagem até o eixo da barragem.

Para a identificação dos açudes existentes a montante da barragem do açude João Guerra, foram utilizadas 2 (duas) fontes de dados: a primeira foi Carta da SUDENE de Itatira, escala 1:100.000, através da qual identificou-se o açude Santa Rosa; a segunda foram as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996, adquiridas quando da elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, COGERH (2000)¹, pela qual foram identificados mais três espelhos d'água, sem denominação específica, que para fins de organização neste trabalho, foram denominados de açude Sem Nome 1, Sem Nome 2 e Sem Nome 3. De acordo com as imagens de satélite, as quais representam o cenário do uso do solo em setembro de 1996, portanto na estação seca, a área total dos 4 espelhos d'água localizados a montante do açude João Guerra perfaziam 34,54 ha.

A Figura 2.1.1 apresenta o sistema de drenagem da bacia contribuinte ao açude João Guerra e região adjacente. Observa-se que a localidade Lagoa do Mato, que será abastecida por este açude, encontra-se a montante do eixo da barragem. A bacia é de ordem 4, conforme classificação de Horton obtida da planta da bacia hidrográfica na escala 1:100.000.

¹ COGERH, 2000. *Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe*.

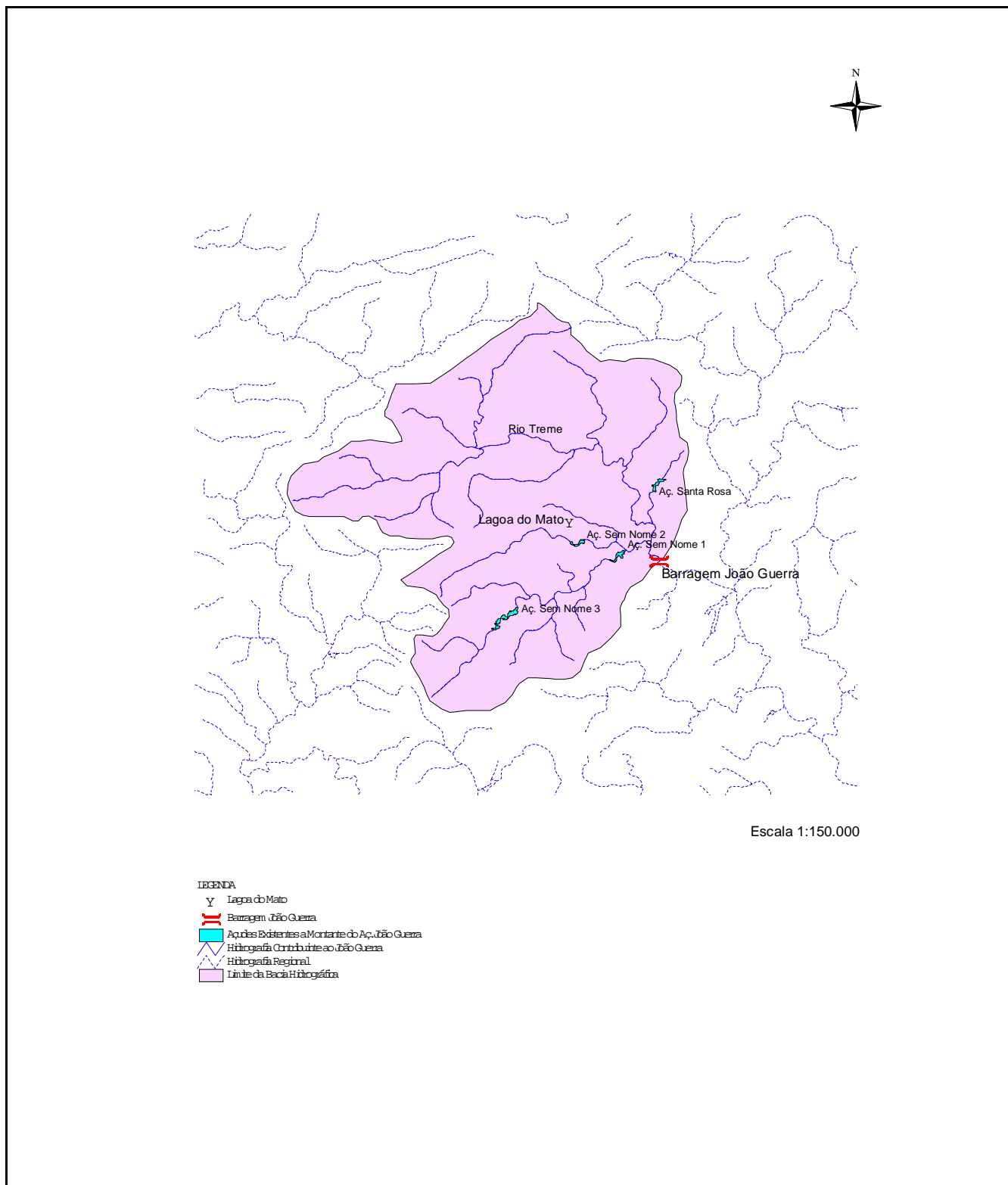


Figura 2.1.1 – Sistema de drenagem e açudes existentes na bacia hidrográfica do Açude João Guerra.



2.2. SOLOS E COBERTURA VEGETAL

As informações sobre os tipos de solos predominantes na região da barragem João Guerra foram extraídas do Mapa de Solos do Estado do Ceará, da Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária, na escala 1:800.000.

Os solos presentes na bacia de drenagem do açude João Guerra são predominantemente associação de solos Litólicos Eutróficos+Afloramentos Rochosos (Re35) e de solos Litólicos Eutróficos (Re17 e Re19), abrangendo em conjunto cerca de 56% da área da bacia hidrográfica. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com muito baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos (PE66 e PE67) também tem uma significativa representatividade, abrangendo 24% da área da bacia. Com menor representatividade tem-se as associações de solos Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutrófico (PLS12), Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico (Re38) e Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutrófico (PLS16), abrangendo em conjunto cerca de 12% da bacia hidrográfica do açude João Guerra. O Quadro 2.2.1, a seguir, apresenta a distribuição dos solos presentes na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude João Guerra inundará região cujo solo dominante é associação de solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos Litólicos (Re35), como pode ser visto na Figura 2.2.1, a qual apresenta mapa com a distribuição das manchas de solos presentes na bacia hidrográfica do açude João Guerra.



Quadro 2.2.1: Manchas de solos existentes na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Mancha de Solos	Área (ha)	Distribuição (%)
Re35 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	3.663	28
Re17 - Solos Litólicos Eutróficos	3.611	27
PE66 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	2.838	21
Re48 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	998	8
PLS12 - Associação de Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutrófico	784	6
Re38 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico	748	6
PE67 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	430	3
Re19 - Solos Litólicos Eutróficos	186	1
PLS16 - Associação de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutrófico	9	0

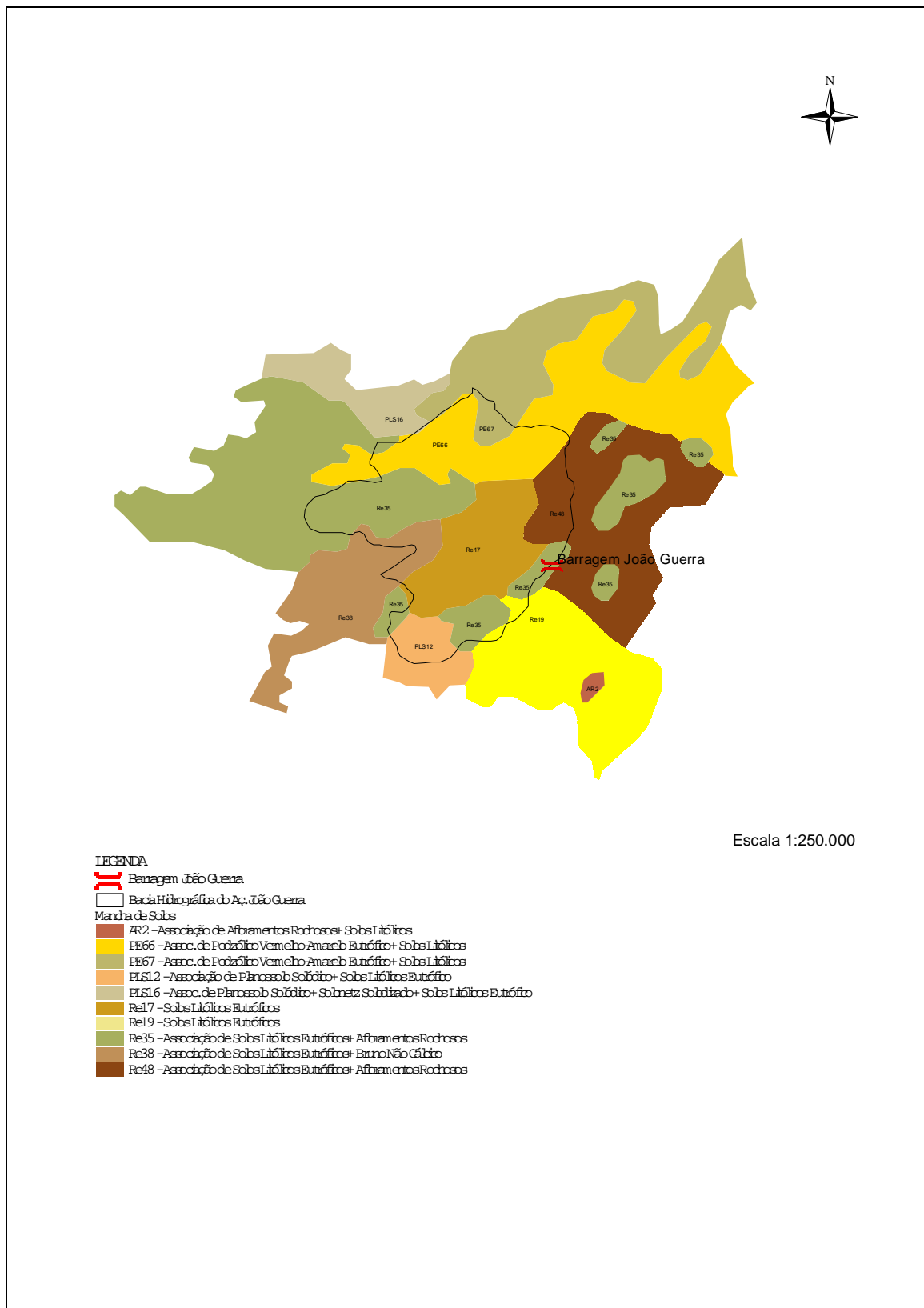


Figura 2.2.1 - Manchas de Solos na bacia hidrográfica do açude João Guerra.



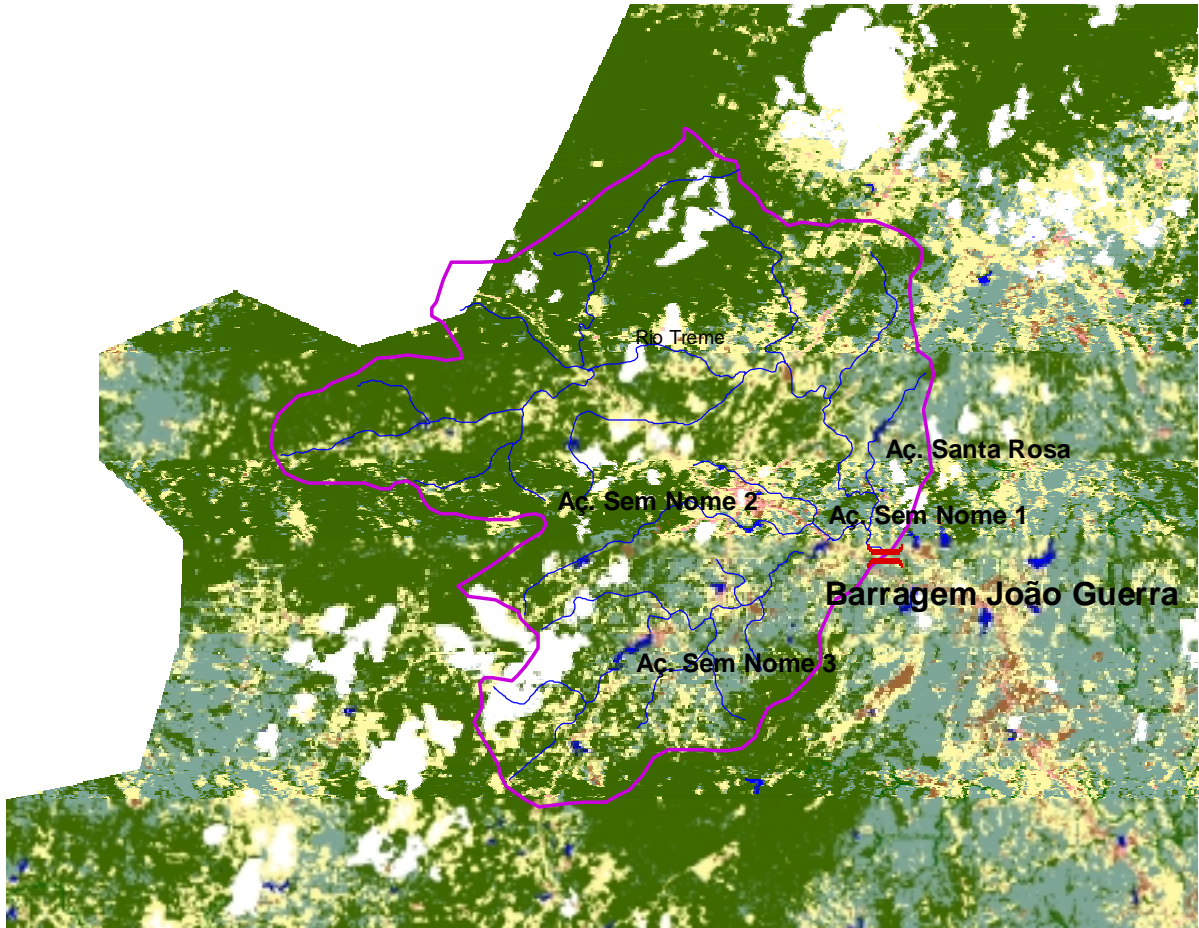
A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude João Guerra foi obtida a partir das imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996, adquiridas quando da elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, COGERH (2000). O Quadro 2.2.2, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude João Guerra, podendo a mesma ser visualizada pela Figura 2.2.2.

Quadro 2.2.2: Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude João Guerra, de acordo com as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996 (COGERH, 2000).





Uso do Solo	Área (m ²)	% do Uso do Solo em Relação à Área da Bacia Hidrográfica
Caatinga Arbórea Densa	74.143.800	56,35
Caatinga Herbáceo Arbustiva	18.054.900	13,72
Espelhos d'água > 5 ha	618.300	0,47
Solo Exposto	985.500	0,75
Mata Ciliar	30.600	0,02
Área Agrícola	1.832.400	1,39
Área Alterada/Antropizada	27.718.200	21,07
Nuvem	8.199.900	6,23
Total	131.583.600	100

Nota-se pelas informações apresentadas na Tabela 2.2.2 que a região da bacia de drenagem do açude João Guerra possui um bom estado de preservação das matas virgens, pois cerca de 70 % da área é coberta por caatinga arbórea densa e caatinga herbáceo arbustiva. No entanto, apresenta consideráveis valores de área alterada ou antropizada, cerca de 21 %, o que indica sinal de degradação ambiental nestas áreas.

Conclui-se que a bacia de drenagem do açude João Guerra encontra-se em bom estado de conservação.



LEGENDA

-  Barragem João Guerra
-  Hidrografia
-  Limite Bacia Hidrográfica do Aç. João Guerra
- Uso do Solo
-  Sem Dado
-  Áreas Irrigadas
-  Catinga Arbórea Densa
-  Catinga Herbácea Arbustiva
-  Açudes e Lagos
-  Área Agrícola
-  Solo Exposto
-  Área Alagada
-  Água c/ Macrófitas e Sedimentos
-  Mata Ciliar
-  Nuvem
-  Área Urbana
-  No Data

Escala 1:150.000



2.3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O projeto está localizado no Complexo Itatira de gnaisses e migmatitos não diferenciados com intrusões graníticas. O complexo está caracterizado por rochas meta-sedimentares constituídas de micaxistos, quartzitos micáceos, paragnaisse calcário, tudo migmatizado. A forte granitização do maciço torna difícil identificar as unidades. O aspecto geral é de gnaisses bandeado. A estrutura regional é constituída de uma série de dobras com direção norte-sul, sendo que a foliação está no mesmo sentido

2.4. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO CN

CN ou *Curve-Number* é o parâmetro de abstração do Método *Curve-Number* do *Soil Conservation Service* - SCS utilizado neste trabalho para estimativa da precipitação efetiva, aquela parcela da chuva que, de fato, contribui para a geração do escoamento superficial, sendo deduzidas as perdas por interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração.

Este método baseia-se no cálculo da chuva efetiva em função da altura total de chuva e do parâmetro de abstração CN. A determinação deste coeficiente depende das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: grupo hidrológico de solos (função da permeabilidade), uso do solo e do tratamento agrícola, condição da superfície subterrânea e condição de umidade antecedente. As 2 últimas propriedades foram consideradas como do tipo condições de umidade antecedente normal, para as quais tem-se os valores de CN tabelados de acordo com o grupo hidrológico e o uso do solo. O Quadro 2.4.1, a seguir, apresenta a descrição de cada grupo hidrológico de solo considerado pelo Método CN.



Quadro 2.4.1: Grupos hidrológicos de solos de acordo com a classificação adotada pelo Método CN.

Grupo Hidrológico do Solo	Descrição
A	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
B	Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundos do que o 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.

Fonte: TUCCI, C.E.M. (org.), 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. ABRH/EDUSP.

As informações sobre o grupo hidrológico para a região da bacia hidrográfica do açude João Guerra foram obtidas a partir da classificação de solos quanto a permeabilidade para a bacia do Jaguaribe, apresentada no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1992)². De acordo com estas informações, a bacia constitui-se exclusivamente de solos do tipo D.

Com relação às informações de uso do solo, foram extraídas das imagens de satélite TM/Landsat do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe (2000), conforme já citado anteriormente, cuja classificação de uso do solo foi adaptada à classificação utilizada pelo Método *Curve-Number*. O Quadro 2.4.2 apresenta a correlação utilizada neste trabalho entre a classificação do uso do solo das imagens de satélite TM/Landsat e a utilizada pelo Método CN.

² CEARÁ, SRH, 1992. *Plano Estadual dos Recursos Hídricos*.



Quadro 2.4.2: Correlação entre a classificação do uso do solo das imagens de satélite TM/Landsat e a utilizada pelo Método CN.

Uso do Solo na Imagem de Satélite TM/Landsat	Uso do Solo de acordo com o Método CN
Caatinga Arbórea Densa e Mata Ciliar	Florestas Normais
Caatinga Herbáceo Arbustiva	Florestas Esparsas
Solo Exposto	Estradas de terra de superfície dura
Áreas Agrícola	Plantações regulares em fileiras retas
Área Alterada/Antropizada	Pastagens ou terrenos em más condições

Com as informações do grupo de solo hidrológico da bacia e o uso do solo (classificado de acordo com o Método CN) pode-se determinar o CN, a ser adotado no cálculo da precipitação efetiva, ponderando-se estas informações, conforme apresentado no Quadro 2.4.3 a seguir.

Quadro 2.4.3: Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica do Açude João Guerra.

USOSOLO_CN	PERMEABILIDADE (m ²)	PONDERAÇÃO CN	
	D	CN	PESO
Plantações regulares em fileiras retas	1.832.400	88	0,01
Florestas Normais	74.174.400	76	0,60
Florestas Esparsas	18.054.900	84	0,15
Estradas de terra de superfície dura	985.500	92	0,01
Pastagens ou terrenos em más condições	27.718.200	89	0,23
CN GERAL			80

Determinou-se, portanto, que para o cálculo da precipitação efetiva na bacia do açude João Guerra deve ser usado CN igual a 80.

2.5. GEOMETRIA E RELEVO

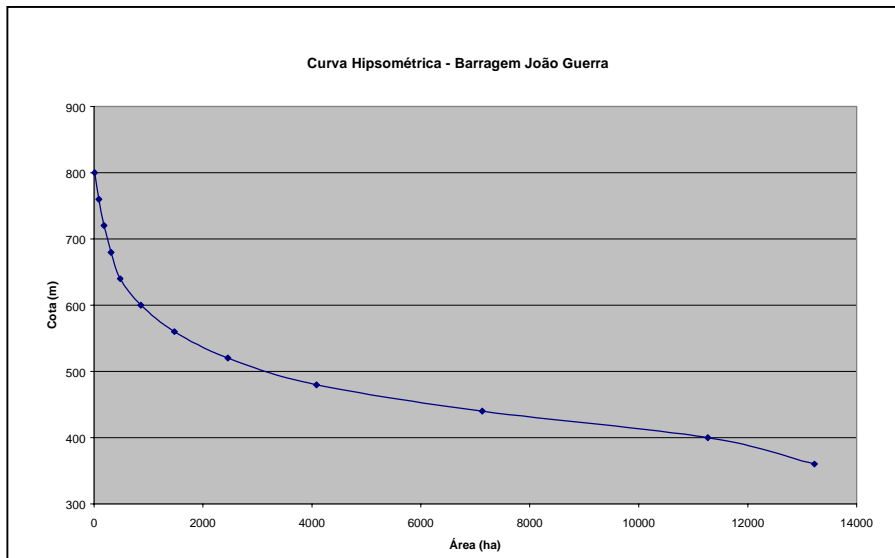
A bacia hidrográfica da barragem João Guerra possui uma área total de 134,26 km², um perímetro de 57.604m e comprimento de maior curso d'água de 21.682km, cujos índices que a caracterizam do ponto de vista geométrico estão apresentados na tabela 2.5.1. No que diz respeito à caracterização do relevo, é apresentada na tabela 2.5.2 os valores de declividade da bacia, declividade de álveo e a curva hipsométrica.

Tabela 2.5.1: Características Geométricas

Fator de Forma (K _f):	0,29
Coefficiente de Compacidade (K _c):	1,39

Tabela 2.5.2: Características de Relevo

Declividade da Bacia:	11,4%
Declividade de Álveo:	0,74%



**Tabela 2.5.3
Curva Hipsométrica**

Cota (m)	Área (ha)
800	12,00
760	87,99
720	182,37
680	311,79
640	477,69
600	859,52
560	1475,34
520	2456,42
480	4086,34
440	7127,86
400	11273,54
360	13229,60



3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA



3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização climática da região foram utilizadas as informações da estação meteorológica de Quixeramobim, a qual é a estação geograficamente mais próxima do local da barragem, localizada nas coordenadas UTM N 9.425.214 e E 466.753. As informações com relação a temperatura, insolação, umidade relativa, ventos e evaporação foram extraídas das *Normais Climatológicas – 1961 a 1990* - do INEMET (1992), para a estação meteorológica de Quixeramobim.

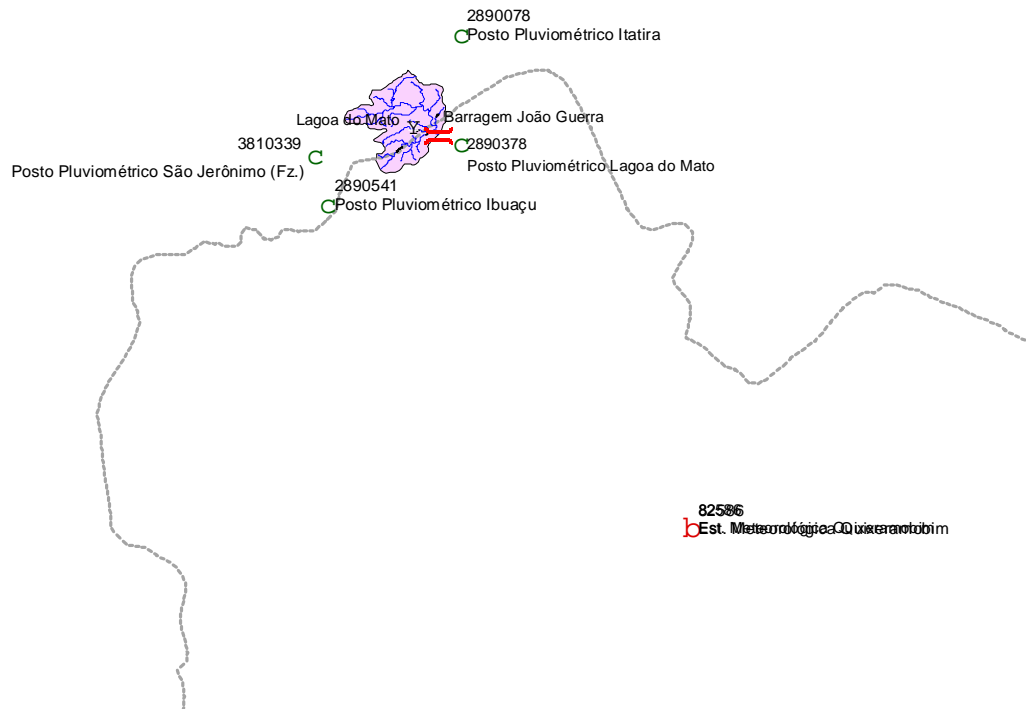
Para os dados de precipitação e de evapotranspiração foram utilizados 4 (quatro) postos pluviométricos localizados dentro e numa distância máxima de 10 km da bacia hidrográfica do açude João Guerra. No caso da evapotranspiração foram calculados os valores segundo *Hargreaves* (1974)³. O Quadro 3.1 lista as estações pluviométricas consideradas neste estudo.

Quadro 3.1: Estações Pluviométricas consideradas na caracterização climática da bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Código	Posto	Município	Coordenadas		Elevação (m)	Média Anual (mm)
			Latitude	Longitude		
2890078	Itatira	Itatira	4°31' S	39°37' O	450	828,9
2890378	Lagoa do Mato	Itatira	4°40' S	39°37' O	270	566,6
2890541	Ibuaçu	Boa Viagem	4°45' S	39°48' O	370	752,2
3810339	São Jerônimo (Fz.)	Mombaça	4°41' S	39°49' O	300	678,0

A Figura 3.1, a seguir, apresenta a localização da estação meteorológica de Quixeramobim e dos 4 postos pluviométricos utilizados no estudo da precipitação sobre a bacia hidrográfica, com relação à bacia hidrográfica e à posição da barragem do açude João Guerra.

3 HARGREAVES, G. H. (1974) *Potencial Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil*, Utah State University.



Escala 1:900.000

LEGENDA

- Y Lagoa do Mato
- ≡ Barragem João Guerra
- Estações Climatológicas e Pluviométricas
- b Est. Meteorológica Quixeramobim
- c Postos Pluviométricos
- ~ Hidrografia
- ~ Limite da Bacia do Jaguaribe
- █ Limite Bacia Hidrográfica do Aç. João Guerra

Figura 3.1: Localização da Estação Meteorológica Quixeramobim e dos Postos Pluviométricos utilizados nos Estudos Climatológicos e Pluviométricos do açude João Guerra.



3.1. TEMPERATURA

Para a avaliação dos valores de temperatura média são utilizadas medições realizadas às 12:00, 18:00 e 24:00 do Tempo Médio de Greenwich – TMG. A temperatura média compensada é obtida por ponderação de tais medições, segundo a seguinte fórmula estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial – OMM:

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

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.

As informações com relação a temperatura na região são apresentadas no Quadro 3.1.1 para os valores de temperatura mínima e máximo absolutos, temperatura média compensada e média das mínimas e máximas temperaturas, os quais estão representados na Figura 3.1.1. Pode-se observar que a temperatura média anual varia em torno de 26,6°C, com baixa amplitude térmica ao longo do ano, em torno de 2,5°C. O período mais quente situa-se no bimestre setembro/outubro, enquanto que o de temperatura mais amena ocorre em julho. As médias máximas e mínimas extremas ocorrem, respectivamente, no mês de outubro (34,7°C) e agosto (21,2°C).

Quadro 3.1.1: Valores de Temperatura em ° C para a Estação de Quixeramobim

Valores de Temperatura (° C) para a Estação de Quixeramobim					
Mês	Mínima Absoluta	Média das Mínimas	Média Compensada	Média das Máximas	Máxima Absoluta
Jan	18,5	23,6	27,7	33,3	38,2
Fev	20,0	23,3	27,1	32,5	37,2
Mar	20,4	23,6	26,2	31,5	36,4
Abr	20,9	23,0	26,3	30,8	35,5
Mai	19,2	22,2	25,6	29,1	34,9
Jun	17,6	21,4	25,6	30,3	34,2
Jul	16,2	21,2	25,3	30,9	35,5
Ago	17,0	22,5	27,0	32,8	36,6
Set	19,0	22,5	27,4	34,1	37,0
Out	20,4	23,1	27,8	34,7	37,7
Nov	21,0	23,4	26,8	34,7	37,9
Dez	19,4	23,7	26,9	34,4	37,5
Média Anual	16,2	22,8	26,6	32,4	38,2

Fonte: INEMET, 1992. Normas Climatológicas 1961-1990.

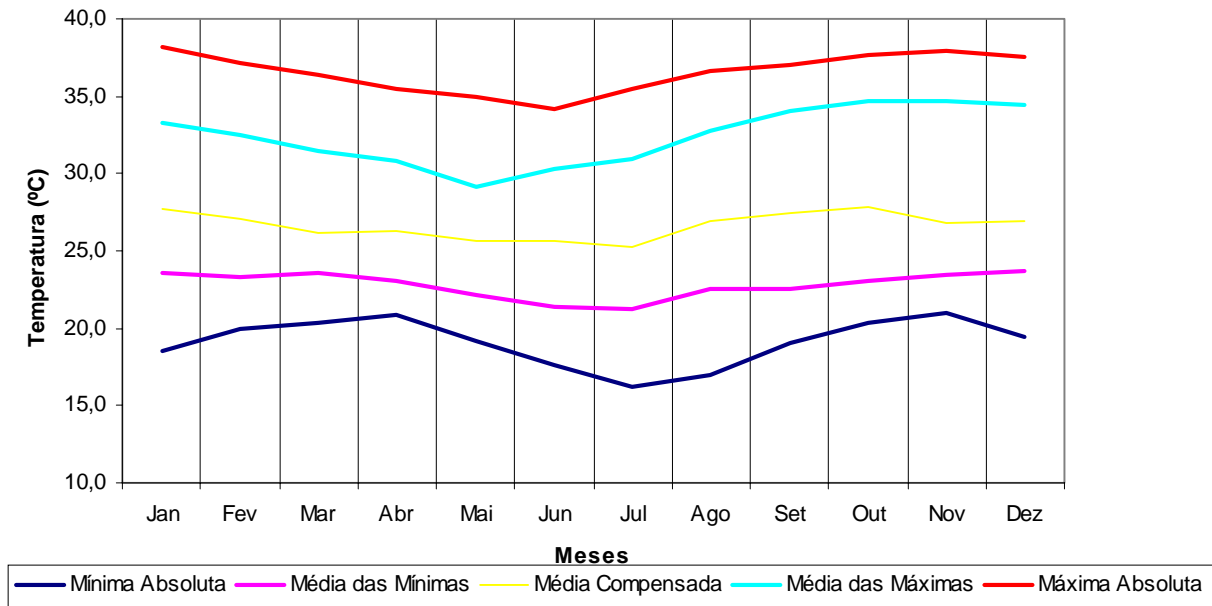


Figura 3.1.1: Distribuição da Temperatura (° C) para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano.

3.2. INSOLAÇÃO TOTAL

O Quadro 3.2.1 e a Figura 3.2.1 apresentam os valores de insolação total para a estação de Quixeramobim, segundo o INEMET (1992), distribuídos ao longo do ano. Pode-se observar que o trimestre de maior insolação compreende os meses de agosto a outubro, enquanto que a menor insolação ocorre de fevereiro a abril. O mês de agosto apresenta o maior índice de insolação, cerca de 275 horas, enquanto que abril é o menor, cerca de 178 horas.

A insolação média anual da região é cerca de 2.760,7 horas, representando, teoricamente, a 63% dos dias do ano com luz solar direta.

Quadro 3.2.1: Valores de Insolação Total para a Estação de Quixeramobim, CE

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Insolação (horas)	218,2	194,0	195,2	178,0	210,7	211,5	242,5	274,9	266,9	272,3	259,7	236,8	2760,7

Fonte: INEMET, 1992. *Normas Climatológicas 1961-1990.*

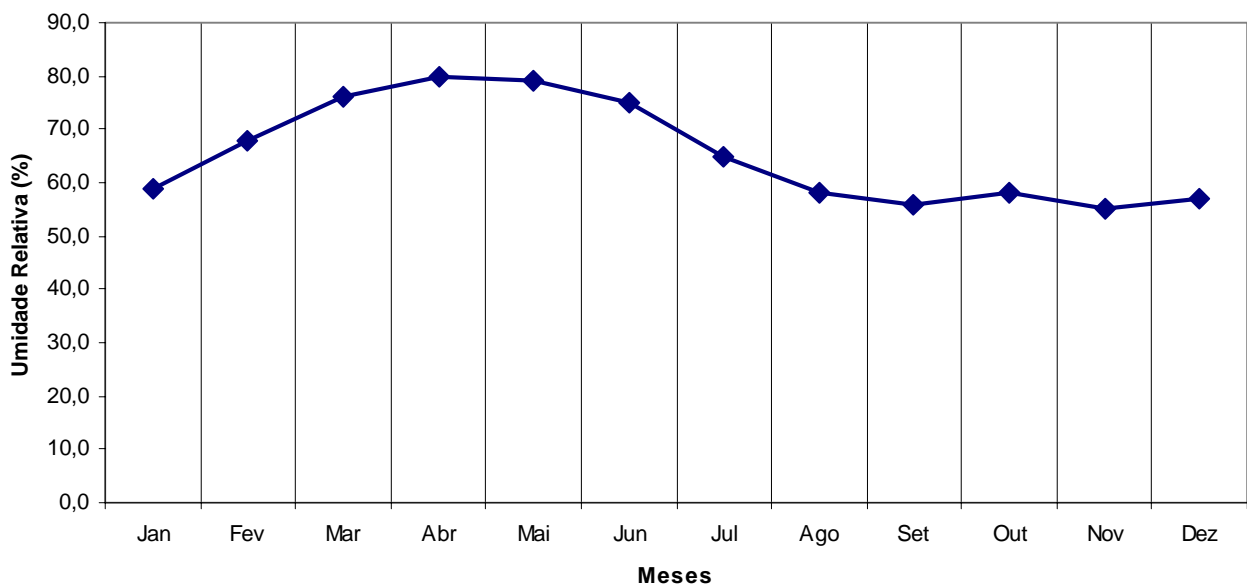


Figura 3.2.1: Distribuição da Insolação Total para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano.



3.3. UMIDADE RELATIVA

Para a avaliação dos valores de umidade relativa média são utilizadas medições realizadas às 12:00, 18:00 e 24:00 do Tempo Médio de Greenwich – TMG. A umidade relativa média é obtida por ponderação de tais medições, segundo a seguinte fórmula estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial – OMM:

$$U = \frac{U_{12} + U_{18} + 2U_{24}}{4}$$

onde:

U → Temperatura Média Compensada;

U_{12} → Temperatura observada às 12:00 TMG;

U_{18} → Temperatura observada às 18:00 TMG;

U_{24} → Temperatura observada às 24:00 TMG.

O Quadro 3.3.1 e a Figura 3.3.1 apresentam os valores de umidade relativa média para a estação de Quixeramobim, segundo o INEMET (1992), distribuídos ao longo do ano. Pode-se observar que nos meses de abril e maio a umidade relativa fica em torno de 80%, enquanto que no período seco, meses de setembro a novembro, os valores atingem cerca de 55%.

Quadro 3.3.1: Valores de Umidade Relativa para a Estação de Quixeramobim

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Umidade Relativa (%)	59,0	68,0	76,0	80,0	79,0	75,0	65,0	58,0	56,0	58,0	55,0	57,0	65,5

Fonte: INEMET, 1992. Normas Climatológicas 1961-1990.

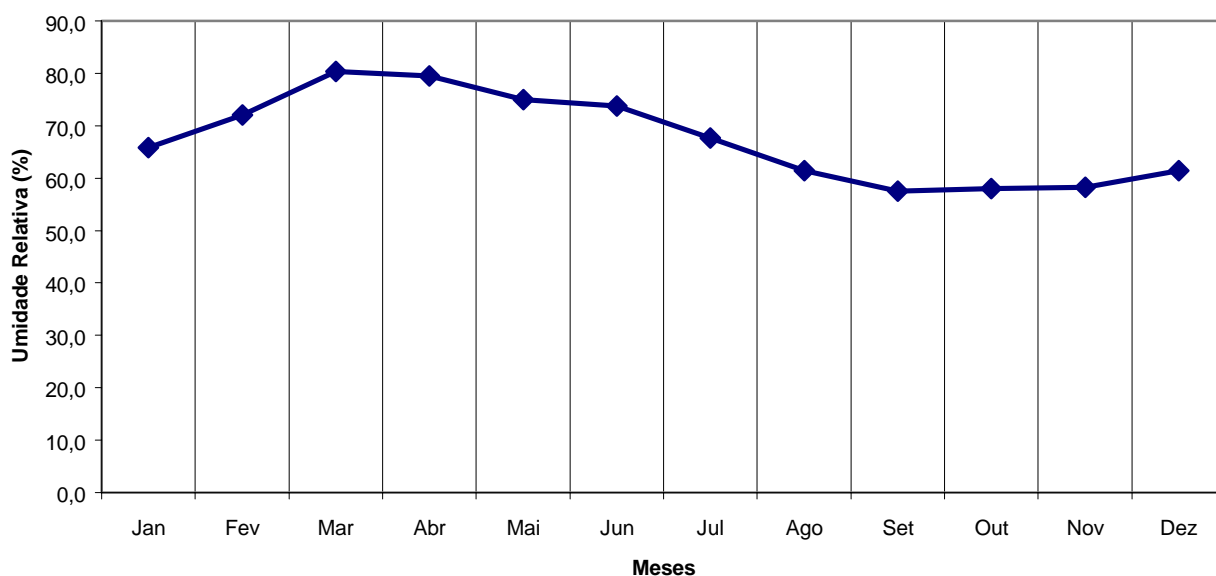


Figura 3.3.1: Distribuição da Umidade Relativa Média para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano

3.4. VENTOS

A estação de Quixeramobim não dispõe de informações com relação aos ventos da região. Para contornar a ausência de informações, optou-se por utilizar neste trabalho os dados relativos à estação de Morada Nova, uma vez que é a mais próxima da região de interesse depois da estação de Quixeramobim.

Analisando-se os dados da estação de Morada Nova, observa-se que as maiores velocidades médias ocorrem no período de setembro a dezembro, cerca de 4 m/s. A direção dos ventos predominante é a leste - nordeste, praticamente para o ano todo, sem grandes variações.

Quadro 3.4.1: Valores médios anuais de velocidade do vento para a Estação de Morada Nova, CE.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Velocidade do Vento (m/s)	3,5	2,8	2,4	2,2	2,4	2,7	3,0	3,5	3,9	4,0	4,1	4,0
Direção do Vento	ENe	ENe	ENe	SeE	ENe	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE

Legenda: E - Leste; Ne - Nordeste; Se - Sudeste.

Fonte: CEARÁ, SRH, 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos.



3.5. REGIME PLUVIAL A NÍVEL ANUAL E MENSAL

Para a caracterização da precipitação na bacia hidrográfica do Açude. João Guerra, foram utilizados 4 (quatro) postos pluviométricos como já apresentado anteriormente. O Quadro 3.5.1 lista as principais características dos postos utilizados.

Quadro 3.5.1 – Características das Estações Pluviométricas utilizadas nos estudos de precipitação da bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Código	Posto	Município	Coordenadas		Elevação (m)	Período de Observação	
			Latitude	Longitude		Mês/Ano Inicial	Mês/Ano Final
2890078	Itatira	Itatira	4°31' S	39°37' O	450	01/1912	12/1985
2890378	Lagoa do Mato	Itatira	4°40' S	39°37' O	270	01/1935	12/1988
2890541	Ibuaçu	Boa Viagem	4°45' S	39°48' O	370	01/1962	12/1991
3810339	São Jerônimo (Fz.)	Mombaça	4°41' S	39°49' O	300	01/1932	12/1988

As séries de dados diários de chuva observados para os postos na bacia hidrográfica do açude João Guerra foram condensadas mensalmente, estando apresentadas nos Quadros 3.5.2 a 3.5.5 os totais mensais e anuais, e nas Figuras 3.5.1 a 3.5.4 os hietogramas mensais para cada posto.

**Quadro 3.5.2: Pluviometria Média Mensal para o Posto Itatira (código 2890078).**

Ano	jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1913	0,0	347,8	147,2	135,8	117,2	63,8	62,4	3,4	3,6	18,2	6,5	54,9	960,8
1914	120,4	87,5	78,1	101,5	105,1	100,7	29,8	69,7	0,0	12,0	3,3	1,6	709,7
1915	13,2	9,1	35,7	28,5	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	149,3
1916	70,4	59,9	137,3	121,1	90,7	108,9	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	25,3	629,6
1917	166,2	212,6	255,6	70,3	213,2	94,5	11,3	2,2	1,1	0,0	12,3	25,6	1064,9
1918	48,2	126,4	103,1	88,4	159,5	33,0	34,0	22,3	26,7	0,0	0,0	5,1	646,7
1919	101,5	79,2	2,6	15,7	7,2	3,0	1,2	0,0	7,6	0,0	4,2	1,6	223,8
1920	0,0	10,6	364,7	115,5	114,7	97,5	65,4	2,5	18,2	0,0	0,0	39,8	828,9
1921	87,0	65,6	326,9	163,7	304,8	17,5	61,6	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	1043,4
1922	4,4	25,7	162,2	197,8	136,2	74,0	36,0	9,7	0,0	0,0	52,6	12,0	710,6
1923	38,5	99,0	59,3	84,6	48,3	32,2	31,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	393,8
1924	83,5	92,4	198,8	465,5	182,2	143,1	8,7	46,3	0,0	0,0	15,3	55,3	1291,1
1925	82,3	164,4	285,0	217,0	108,5	16,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	878,8
1926	24,9	80,3	215,8	117,9	99,7	32,6	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	592,3
1927	58,2	45,2	122,2	265,1	93,3	6,4	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	615,4
1928	8,4	25,1	171,0	83,9	116,3	84,5	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	6,0	496,3
1929	32,4	161,3	211,0	207,7	148,7	26,4	62,7	13,3	5,9	4,5	3,7	30,5	908,1
1930	55,7	53,5	105,9	119,4	55,1	77,4	9,9	7,7	0,0	3,4	0,0	16,2	504,2
1937	0,0	75,4	93,2	156,3	221,1	143,0	72,8	5,5	40,6	3,4	16,9	16,1	844,3
1938	26,9	5,3	291,0	153,6	56,3	54,1	12,5	0,0	0,0	0,0	4,0	30,4	634,1
1939	6,8	140,7	165,3	197,3	80,9	89,5	98,1	9,2	33,4	18,1	10,1	7,3	856,7
1940	31,2	183,1	286,5	296,5	367,7	169,7	166,0	40,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1540,8
1941	0,0	90,5	91,7	262,3	50,1	54,5	28,6	0,0	4,2	0,0	0,0	14,8	596,7
1942	8,4	91,8	48,2	101,4	64,1	9,9	22,8	10,9	0,0	0,8	0,4	61,1	419,8
1943	110,4	34,4	101,9	138,3	54,5	22,5	38,8	2,1	2,9	0,0	0,0	29,2	535,0
1944	109,7	22,8	102,4	159,4	187,0	12,2	24,7	31,6	0,0	10,4	0,2	33,3	693,7
1945	61,8	199,5	109,3	197,8	220,2	102,7	73,0	11,6	2,1	28,0	39,7	43,8	1089,5
1948	40,0	17,9	211,2	119,7	226,3	127,8	81,5	0,0	0,0	0,0	3,0	8,3	835,7



Continuação do Quadro 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1949	9,7	159,0	261,9	280,3	330,8	130,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1172,9
1950	24,3	82,4	293,1	395,8	350,3	46,4	2,4	0,0	0,0	3,8	6,3	4,7	1209,5
1952	65,9	22,4	181,5	297,2	93,7	0,0	1,8	2,1	2,4	1,9	3,8	100,9	773,6
1953	0,0	101,4	191,3	386,6	87,8	154,4	35,7	72,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1029,5
1954	6,4	272,4	75,1	39,5	73,4	73,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	542,3
1955	183,5	100,7	283,0	480,9	285,4	1,6	13,6	18,2	0,0	13,0	1,2	3,4	1384,5
1960	0,0	31,3	632,5	259,5	75,3	40,8	108,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1148,3
1962	36,3	133,0	254,7	258,2	211,0	102,8	73,5	11,4	1,2	0,0	0,0	43,6	1125,7
1963	108,3	164,6	389,1	246,9	36,6	57,6	26,2	33,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1062,8
1968	0,0	53,3	356,4	189,9	298,2	19,8	68,8	23,5	0,0	6,9	0,0	71,4	1088,2
1969	0,1	82,9	146,9	237,3	76,3	173,5	123,1	35,0	1,4	1,2	0,0	3,3	881,0
1985	147,7	183,5	351,5	360,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1042,8
Média	49,3	99,8	197,5	195,4	138,7	65,3	38,5	12,1	3,8	3,2	5,4	19,8	828,9

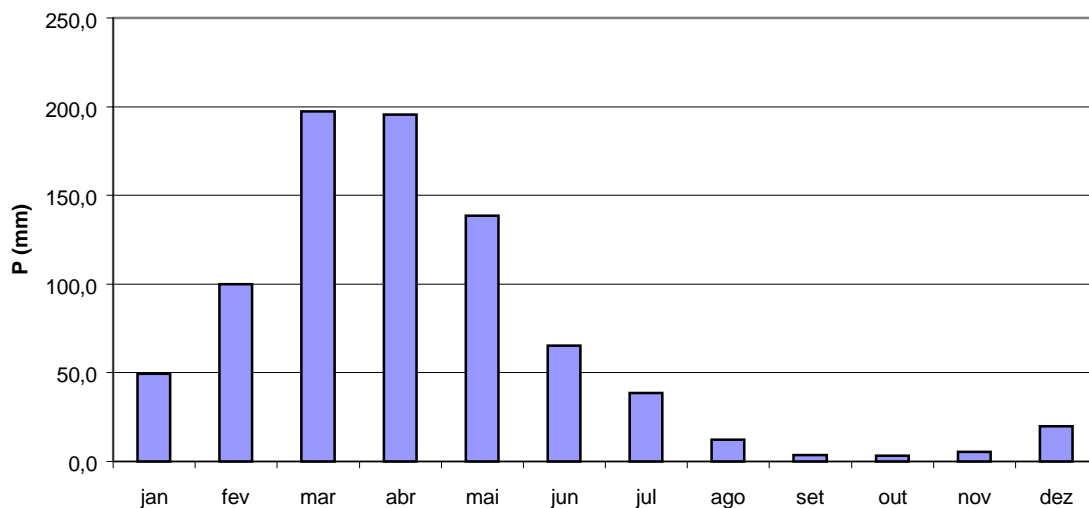


Figura 3.5.1: Hietograma de chuva média mensal para o posto Itatira (código 2890078).

**Quadro 3.5.3: Pluviometria Média Mensal para o Posto Lagoa do Mato (código 2890378).**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1935	12,4	66,2	151,2	156,6	112,4	67,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	566,4
1936	4,2	97,6	82,6	0,0	98,2	75,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	357,7
1937	0,0	20,0	31,4	125,0	191,2	79,7	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	453,5
1938	49,9	2,6	275,4	102,8	23,3	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	481,9
1939	0,0	85,5	151,3	87,0	17,8	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	350,4
1940	23,2	79,3	147,1	294,7	221,3	91,2	42,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	899,6
1941	0,0	34,0	138,3	123,0	40,5	9,2	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	349,2
1942	0,0	49,1	36,1	41,7	50,8	17,6	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	238,7
1944	93,3	0,0	139,6	51,8	164,2	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	470,8
1945	45,5	170,1	95,7	135,0	241,1	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	762,4
1946	96,2	27,4	0,0	93,6	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	234,5
1947	26,8	22,8	236,1	152,6	195,6	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	664,9
1948	0,0	0,0	110,1	74,1	174,7	141,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	500,0
1950	0,0	188,7	70,4	362,6	42,5	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	676,8
1951	0,0	0,0	90,3	50,3	24,6	197,7	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	73,0	472,6
1952	0,0	15,1	207,0	111,1	143,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	529,2
1953	0,0	35,4	70,0	106,1	94,2	37,5	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	370,9
1962	29,8	50,2	197,3	82,1	86,2	0,0	0,0	0,8	2,5	0,9	1,5	24,6	475,9
1963	41,7	76,6	239,1	146,6	6,5	45,8	0,0	0,0	11,5	0,0	2,3	79,0	649,1
1964	66,7	168,5	198,2	151,5	187,8	34,3	47,9	26,8	0,9	0,0	0,3	0,0	882,9
1965	43,5	3,1	76,2	281,7	58,6	125,6	8,7	0,0	0,0	20,7	0,0	14,4	632,5
1966	1,4	91,7	59,4	76,1	38,9	18,3	42,7	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	334,5
1968	6,0	9,0	284,7	39,4	335,9	7,0	11,9	1,0	0,0	0,0	0,0	22,8	717,7
1970	40,9	38,2	127,7	59,2	7,6	29,0	21,9	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	331,5
1971	21,1	60,5	35,7	73,8	163,4	76,7	41,6	3,1	0,0	1,0	0,0	0,0	476,9
1973	74,2	70,8	144,3	228,6	168,1	29,6	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	737,9
1974	210,3	54,6	198,4	304,6	325,7	60,0	24,4	0,0	3,1	12,7	0,0	2,8	1196,6

Continuação do Quadro 3.5.3

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1975	4,0	30,9	104,4	46,2	175,9	112,2	142,5	0,0	0,1	0,0	0,0	67,8	684,0
1976	28,0	63,5	187,1	64,5	60,2	4,4	0,0	13,8	13,8	0,0	0,0	0,0	435,3
1977	17,9	165,7	104,9	126,0	294,3	121,9	73,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	906,4
1978	17,9	59,5	170,5	172,5	58,5	16,7	63,8	0,0	0,0	0,0	0,0	46,7	606,1
1980	6,5	176,2	95,9	89,0	15,6	12,2	0,0	0,3	0,0	0,0	6,1	0,2	402,0
1981	0,7	0,0	345,7	19,3	6,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	47,5	419,5
1982	34,0	75,9	108,9	100,9	93,6	0,0	0,0	34,1	0,0	0,0	12,1	1,2	460,7
1983	5,1	48,2	27,9	52,7	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	143,0
1984	12,5	41,3	276,8	335,8	198,6	48,1	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	922,2
1985	110,1	137,7	334,2	313,8	114,1	63,1	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	60,7	1170,5
Média	30,4	62,6	144,6	130,6	115,1	45,9	18,1	2,3	1,1	1,0	0,8	14,2	566,6

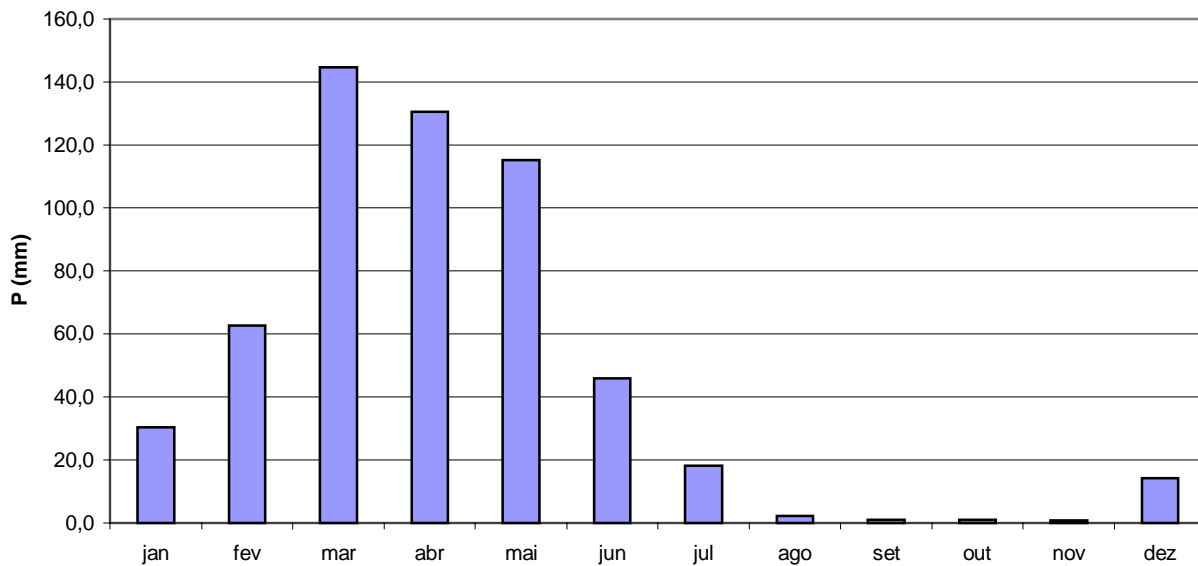


Figura 3.5.2: Hietograma de chuva média mensal para o posto Lagoa do Mato (código 2890378).

**Quadro 3.5.4: Pluviometria Média Mensal para o Posto Ibuauçu (código 2890541).**

Ano	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1962	23,0	90,2	207,0	89,0	78,0	19,0	30,0	3,2	0,0	0,0	0,0	26,8	566,2
1963	69,0	120,3	321,9	97,1	11,0	51,4	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	70,4	746,3
1965	22,2	2,2	140,6	278,4	95,3	138,0	5,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,0	703,0
1966	0,0	192,5	71,9	218,3	30,8	14,6	59,9	7,4	2,0	0,0	4,0	0,0	601,4
1968	40,7	48,2	353,1	81,5	200,2	0,0	36,0	30,0	0,0	0,0	0,0	32,0	821,7
1970	36,8	20,3	113,3	123,7	42,5	4,3	12,7	8,5	0,0	0,0	18,3	0,0	380,4
1971	43,3	80,5	83,0	87,9	195,4	74,1	60,5	19,3	8,2	8,4	6,3	0,0	666,9
1972	16,4	34,3	43,5	96,6	48,2	58,0	13,0	46,3	0,0	0,0	0,0	49,0	405,3
1973	88,2	85,9	222,2	319,2	118,1	123,6	0,0	0,0	10,3	0,0	6,3	14,3	988,1
1974	337,2	153,9	262,4	404,6	381,2	125,9	18,5	5,0	13,4	4,1	0,0	15,5	1721,7
1975	16,1	33,5	177,4	142,0	169,7	132,5	135,1	12,9	0,0	0,0	0,0	20,7	839,9
1976	31,2	159,1	200,7	112,7	43,2	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	561,6
1977	78,1	98,7	158,4	178,0	152,0	169,5	69,1	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	930,4
1978	16,6	109,3	161,4	190,8	46,4	21,6	62,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	608,2
1979	9,2	39,1	68,5	34,2	147,8	74,0	20,3	0,0	6,4	0,0	24,4	0,0	423,9
1980	45,8	250,9	115,8	51,2	6,2	82,1	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	554,8
1981	24,4	16,0	438,7	20,3	43,2	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,1	619,7
1985	91,0	123,1	255,9	304,3	68,8	53,1	163,4	0,0	0,0	0,0	0,0	86,9	1146,5
1986	93,4	196,8	313,3	295,5	161,2	174,9	24,0	21,1	11,7	0,0	0,0	13,4	1305,3
1987	17,1	60,3	146,4	14,0	1,9	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	332,7
1988	63,7	47,7	100,2	323,5	146,0	68,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	801,3
1989	68,4	25,2	203,3	219,2	147,1	21,3	56,3	14,3	0,0	0,0	0,0	67,7	822,8
Média	56,0	90,4	189,0	167,4	106,1	68,9	36,0	7,9	2,5	1,5	2,7	23,8	752,2

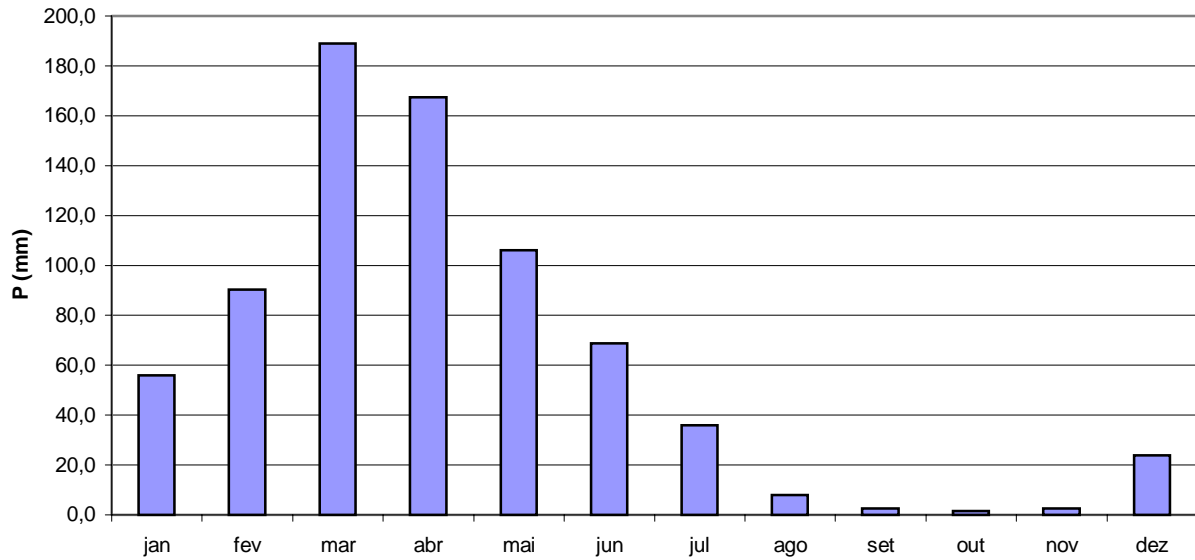


Figura 3.5.3: Hietograma de chuva média mensal para o posto Ibuçu (código 2890541).

Quadro 3.5.5: Pluviometria Média Mensal para o Posto São Jerônimo (Fz.) (código 3810339).

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1932	12,8	44,1	29,7	16,7	35,5	49,7	108,9	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	314,0
1933	38,1	97,8	177,2	296,8	29,6	5,2	24,5	27,0	0,0	0,0	1,7	17,5	715,4
1934	138,5	172,6	267,8	104,5	160,8	30,2	1,2	7,2	3,6	32,5	36,0	49,8	1004,7
1935	12,4	273,2	142,7	421,7	175,3	87,8	29,9	11,9	0,0	0,0	0,0	21,6	1176,5
1936	21,9	211,1	94,1	41,4	176,4	30,8	7,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	583,3
1937	13,4	89,2	130,6	185,1	54,9	71,4	29,6	18,5	0,0	0,8	0,5	2,0	596,0
1938	44,5	14,3	215,0	65,1	31,9	4,1	0,0	27,6	5,5	1,3	1,3	1,4	412,0
1939	28,7	175,1	231,8	94,3	92,8	25,9	52,4	41,9	20,4	39,0	3,0	1,4	806,7
1940	84,6	118,0	197,5	185,1	208,4	103,0	11,5	13,8	23,0	2,0	0,0	8,0	954,9
1941	17,0	98,6	210,9	127,6	111,1	26,1	8,0	38,6	5,1	0,0	0,0	0,0	643,0
1942	0,0	53,3	65,2	69,0	15,7	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	219,7
1943	75,9	156,9	152,6	155,7	7,9	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	568,3



Continuação do Quadro 3.5.5

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1945	76,0	220,6	140,0	163,0	193,6	134,6	11,5	0,0	26,3	4,5	0,0	0,0	970,1
1946	116,5	103,2	77,2	136,4	121,9	48,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,6	669,2
1947	97,1	27,5	197,3	221,8	107,0	80,3	25,8	7,2	6,1	0,0	122,2	30,1	922,4
1948	2,6	4,1	239,5	63,8	74,8	69,3	23,9	39,4	0,0	11,0	0,0	0,0	528,4
1949	1,7	46,2	159,6	53,0	97,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,4	0,0	410,8
1950	0,0	61,7	176,7	216,5	47,7	6,8	4,0	9,2	0,0	0,0	5,1	35,7	563,4
1951	13,9	19,5	72,2	77,3	11,1	34,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	208,1	436,2
1952	50,6	68,4	246,4	190,1	77,7	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	667,5
1953	32,9	43,9	158,5	119,7	23,5	14,4	6,6	7,4	0,0	0,0	12,8	0,0	419,7
1954	27,8	93,0	110,8	56,6	108,7	47,5	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	3,3	465,9
1955	20,3	60,1	89,0	52,7	95,6	13,2	10,6	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	347,7
1956	2,3	240,9	113,2	161,6	0,0	3,7	8,1	7,8	0,0	0,0	0,0	3,2	540,8
1957	54,1	16,0	73,4	374,3	75,2	30,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	626,2
1958	12,0	0,0	16,3	8,8	116,9	12,6	78,9	0,0	0,0	0,1	0,0	17,5	263,1
1959	43,2	126,0	189,0	121,3	143,0	58,5	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	696,6
1960	0,0	0,0	356,8	178,9	101,7	17,6	33,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	701,7
1961	0,0	100,0	176,0	125,2	123,4	63,5	55,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	644,0
1964	106,8	151,6	248,2	262,3	140,8	0,0	0,0	10,9	20,8	0,0	0,0	0,0	941,4
1966	0,0	164,3	81,5	229,6	135,7	26,1	37,0	0,2	21,4	0,0	0,7	23,2	719,7
1967	17,7	110,8	267,5	151,6	126,4	45,8	42,1	0,0	3,2	0,0	1,2	88,0	854,3
1968	45,8	28,7	294,8	53,0	170,7	4,3	19,3	0,0	10,6	0,0	0,2	23,6	651,0
1969	111,8	100,3	197,6	162,9	288,6	172,4	121,8	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1161,7
1970	109,8	29,5	118,0	59,4	34,1	9,5	4,1	7,8	0,0	0,0	53,0	0,0	425,2
1971	115,2	40,4	68,3	221,3	90,1	53,0	77,7	6,4	1,2	10,1	4,7	1,3	689,7
1972	54,9	58,1	35,7	63,5	76,6	53,6	4,0	22,0	16,7	0,0	0,0	68,5	453,6
1973	96,2	104,3	50,9	261,0	61,0	87,2	29,2	47,2	44,1	15,7	0,0	9,4	806,2
1974	259,7	122,4	458,1	308,4	178,6	45,8	13,2	5,0	45,6	14,2	0,0	15,4	1466,4
1975	58,2	45,2	184,2	135,8	120,0	108,0	106,6	59,6	27,6	3,0	0,0	80,4	928,6



Continuação do Quadro 3.5.5

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1976	3,0	116,6	183,2	184,8	16,0	17,6	10,2	0,0	17,6	20,0	0,0	0,0	569,0
1977	104,4	60,2	98,8	205,4	138,6	85,6	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	739,0
1978	85,0	116,0	156,8	149,8	136,6	12,4	92,4	1,2	19,2	0,0	6,0	21,0	796,4
1979	50,2	9,4	119,8	60,0	142,8	40,2	0,0	0,0	24,0	5,0	61,6	0,0	513,0
1981	43,6	31,8	283,9	40,1	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,9	473,1
1982	92,1	39,0	96,8	97,2	53,7	11,4	41,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	431,6
1983	0,0	102,0	149,4	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	282,6
1984	7,2	136,8	138,4	308,7	110,4	20,0	43,0	25,8	0,0	27,4	0,0	0,0	817,7
1985	116,7	142,9	315,4	335,6	237,6	76,2	78,2	0,0	0,0	0,0	0,0	70,5	1373,1
1986	143,6	78,2	263,7	206,2	200,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	892,1
1988	3,0	61,0	173,0	150,0	88,2	95,8	28,0	0,0	0,0	63,0	0,0	62,6	724,6
Média	52,2	89,9	166,5	152,2	101,9	40,3	26,1	8,9	7,0	4,9	7,6	20,4	678,0

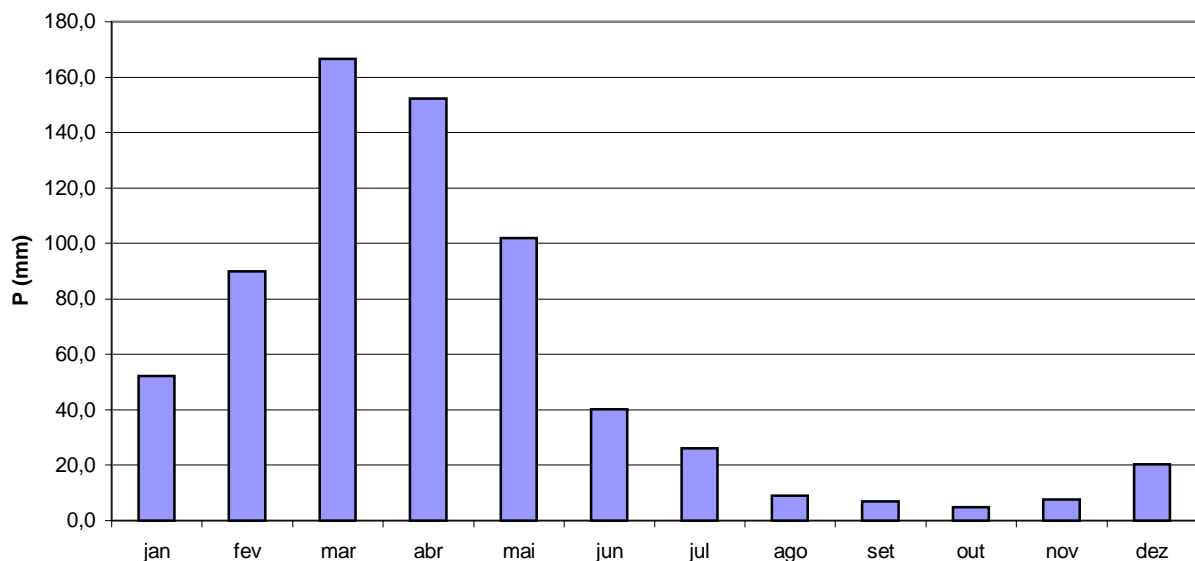


Figura 3.5.4: Hietograma de chuva média mensal para o posto São Jerônimo (Fz.) (código 3810339).



De acordo com os Quadros 3.5.2 a 3.5.5 e com as Figuras 3.5.1 a 3.5.4, os dados mostram que a precipitação média anual na bacia varia entre 567 a 829 mm. Ponderando-se por polígonos de Thiessen, a precipitação média na bacia é de 602,7 mm, sendo que cerca de 92,4% do total precipitado concentra-se no semestre Janeiro a Junho de cada ano. O trimestre mais chuvoso é representado pelos meses de março/abril/maio, na qual precipita cerca de 67% do total anual, sendo março o mês mais chuvoso. Fica caracterizado, portanto, o elevado índice de concentração temporal das precipitações na região.

Já o período menos chuvoso é concentrado no trimestre setembro/outubro/novembro, precipitando nestes meses em torno de 1% do total anual, sendo o mês com menor índice de precipitação outubro.

No Quadro 3.5.6 são apresentados os índices de concentração da precipitação para os níveis mensal, trimestral e semestral.

Quadro 3.5.6: Índices de Concentração Pluviométrica para a Série de Valores Médios Mensais dos Postos Pluviométricos representativos da Bacia Hidrográfica do Açude João Guerra

CÓDIGO	Mês Mais Chuvoso			Trimestre Mais Chuvoso			Semestre Mais Chuvoso		
	Mês	P (mm)	P (%)	Trimestre	P (mm)	P (%)	Semestre	P (mm)	P (%)
2890078	Março	197,5	23,8	Mar a Mai	531,6	64,1	Jan a Jun	746,1	90,0
2890378	Março	144,6	25,5	Mar a Mai	390,3	68,9	Jan a Jun	529,2	93,4
2890541	Março	189,0	25,1	Mar a Mai	462,5	61,5	Jan a Jun	677,8	90,1
3810339	Março	166,5	24,6	Mar a Mai	420,6	62,0	Jan a Jun	603,0	88,9

3.6. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água transferida por superfície completamente coberta por plantas em pleno estágio de crescimento, vegetação de baixo porte e verde, usualmente pastos, e satisfatoriamente suprida de água. Quando considerada dependente do clima, pode ser estimada a partir de parâmetros climáticos,



sendo os mais importantes a temperatura, a umidade relativa e um fator que pode ser calculado a partir da latitude (HARGREAVES, 1974).

O trabalho de HARGREAVES apresenta a seguinte fórmula para cálculo da ETP, ajustada às condições do Nordeste brasileiro:

$$ETP = MF \times 0,158 \times (100 - HM)^{1/2} \times (32 + 1,8T)$$

onde: MF \Rightarrow é o fator mensal tabelado dependente da latitude;

HM \Rightarrow é a umidade relativa média mensal em %; e

T \Rightarrow é a temperatura média mensal em °C.

Para o estudo da ETP na região da bacia hidrográfica do açude João Guerra, utilizaram-se os valores calculados por HARGREAVES (1974) para os postos pluviométricos representativos das condições climáticas da área de interesse. O Quadro 3.6.1, a seguir, apresenta os valores de ETP para os postos mencionados.

Quadro 3.6.1: Valores de Evapotranspiração Potencial - ETP para os Postos Pluviométricos representativos das condições climáticas na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

ETP (mm) / Mês													
Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
2890078	190	162	166	148	138	130	143	162	177	195	189	192	1992
2890378	199	151	130	118	121	132	148	171	184	203	201	203	1961
2890541	182	135	211	118	122	129	152	175	188	202	193	192	1993
3810339	197	151	147	135	123	120	141	160	175	186	195	199	1929

Fonte: HARGREAVES, G.H. (1974).

3.7. EVAPORAÇÃO EM TANQUE CLASSE A

A evaporação média na área da barragem foi estimada em função dos dados de Tanque Classe A da estação climatológica de Quixeramobim, obtidos da publicação do PLIRHINE.

Tais valores de evaporação estão apresentados no Quadro 3.7.1 e representados graficamente na Figura 3.7.1, na qual percebe-se que as maiores evaporações na região ocorrem no período de agosto a janeiro, com valores acima de 200 mm mensais. A lâmina d'água média anual evaporada é cerca de 2,7 metros.

Quadro 3.7.1: Dados de Evaporação Média Mensal – Tanque Classe A para a Estação de Quixeramobim - CE.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Evaporação (mm)	247,0	179,0	135,0	107,0	109,0	141,0	195,0	270,0	322,0	369,0	316,0	316,0	2706,0

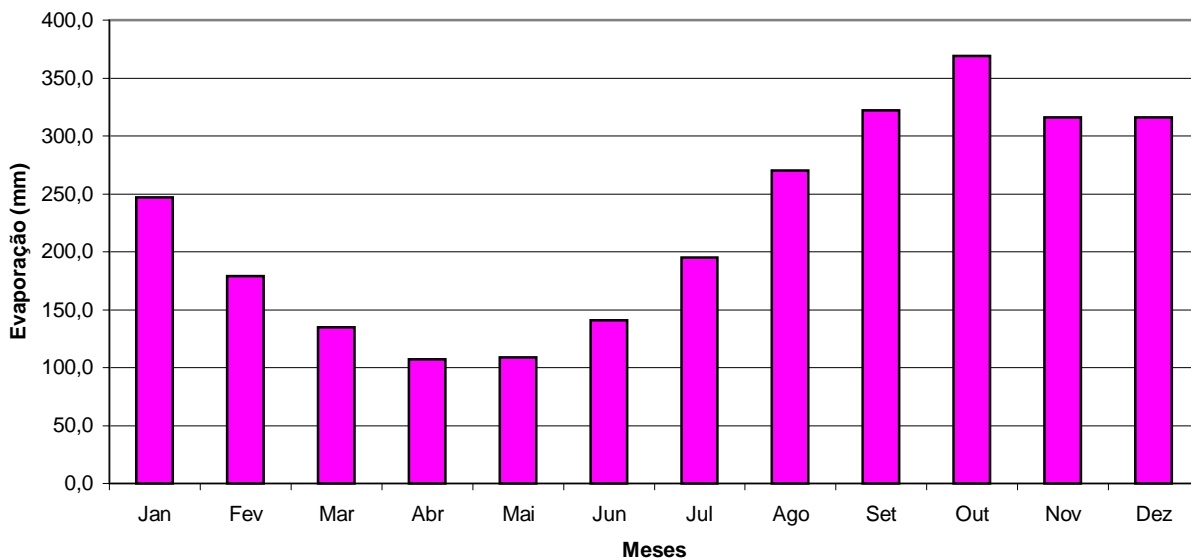


Figura 3.7.1: Evaporação Média Mensal – Tanque Classe A para a Estação de Quixeramobim - CE.

3.8. SINOPSE CLIMÁTICA

Em síntese, o clima da bacia em estudo é caracterizado pelos indicadores do quadro a seguir.



INDICADOR	ÍNDICE
Pluviometria média anual	603 mm
Semestre chuvoso	Jan/Jun
Trimestre úmido	Mar/Maio
Trimestre seco	Set/Nov
Mês de maior pluviosidade	Março
Temperatura média anual	26,6 °C
Média das temperaturas mínimas	22,8 °C
Média das temperaturas máximas	32,4 °C
Amplitude das médias extremas	22,0 °C
Umidade relativa média anual	65,5 %
Período de maior umidade relativa	Abril
Período de menor umidade relativa	Novembro
Insolação anual	2761 h
Período de maior insolação	Outubro
Período de menor insolação	Abril
Ventos de 1ª predominância	Este/Nordeste
Velocidade média dos ventos	3,2 m/s
Evaporação média anual em tanque classe A	2706 mm
Período de maior evaporação	Set/Out
Período de menor evaporação	Abr/Maio
ETP média anual	1961 mm



4. ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS



4. ESTUDOS DE CHUVAS INTENSAS

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 foi utilizada a série anual de máximos diários da estação Açude Ema (código 3813532), por dispor de maior registro de dados e estar localizada na bacia do açude em questão. Na realidade é a única estação com dados disponíveis em quantidade desejável.

4.1. CHUVAS MÁXIMAS DIÁRIAS

A série de máximas diárias observadas é apresentada a seguir no Quadro 4.1.1.

Foram aplicadas as distribuições estatísticas e os resultados estão nas saídas computacionais a seguir. Os valores de precipitação máxima encontrados foram considerados excessivos, e partiu-se então para uma análise detalhada dos dados utilizados.

Para isso, elaborou-se um gráfico dos valores calculados em função dos períodos de retorno e dos valores observados em função do período de retorno estimado pela fórmula de Weibull.

Esse gráfico pode ser observado a seguir na Figura 4.1.1.

**Quadro 4.1.1 - MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS - Posto 2890378**

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1935	42.40	69.60	69.60
1936	41.30	43.30	52.20
1937	40.60	59.10	66.60
1938	53.00	61.30	69.00
1939	62.20	62.20	96.90
1940	66.20	75.30	75.30
1941	53.50	80.50	80.50
1942	49.60	49.60	67.20
1944	53.70	53.70	68.40
1945	97.10	97.10	97.10
1946	93.60	93.60	93.60
1947	93.10	106.40	106.40
1948	69.50	69.50	69.50
1950	91.00	91.00	91.00
1951	43.20	69.70	90.30
1952	59.30	99.30	99.30
1953	20.60	25.50	29.70
1962	60.00	89.20	89.20
1963	62.70	71.90	89.70
1964	66.20	66.20	77.60
1965	97.70	97.70	119.10
1966	64.20	79.60	79.60
1968	50.40	58.70	95.30
1970	41.10	47.30	56.30
1971	51.10	51.10	51.10
1973	63.30	68.60	77.70
1974	176.00	182.30	182.30
1975	67.00	107.10	123.10
1976	70.60	70.60	70.60
1977	98.30	146.20	160.50
1978	104.20	113.90	126.40
1980	60.40	60.40	67.00
1981	96.80	137.00	142.50
1982	43.20	55.00	57.10
1983	36.00	36.00	36.00
1984	69.00	79.00	99.00
1985	72.30	110.50	110.50



Estudo Estatístico de Chuvas Maximas POSTO :2890378

SAMPLE SIZE = 37

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 67.04 STD. DEV. = 27.63 COEF. OF SKEW = 1.7549

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.13238 STD. DEV. = .38618 COEF. OF SKEW. = -.0677

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.79467 STD. DEV. = .16772 COEF. OF SKEW. = -.0682

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	67.04	62.33	60.94	62.77	58.72	59.63	62.60
2.33	72.00	66.81	65.24	67.94	63.11	64.02	67.09
5.00	90.57	86.60	85.22	90.38	86.38	85.15	86.70
10.00	103.11	103.19	103.06	108.67	111.53	104.14	102.86
20.00	113.68	119.63	121.61	126.21	142.51	123.49	118.65
50.00	125.91	141.92	148.00	148.91	195.73	150.03	139.74
100.00	134.30	159.58	169.80	165.92	248.27	171.04	156.19
500.00	152.00	204.38	228.29	182.87	314.65	223.48	197.02



1000.00	159.11	225.74	257.59	205.23	430.10	247.85	216.07
10000.0	181.42	308.32	378.37	222.13	544.71	337.83	287.60

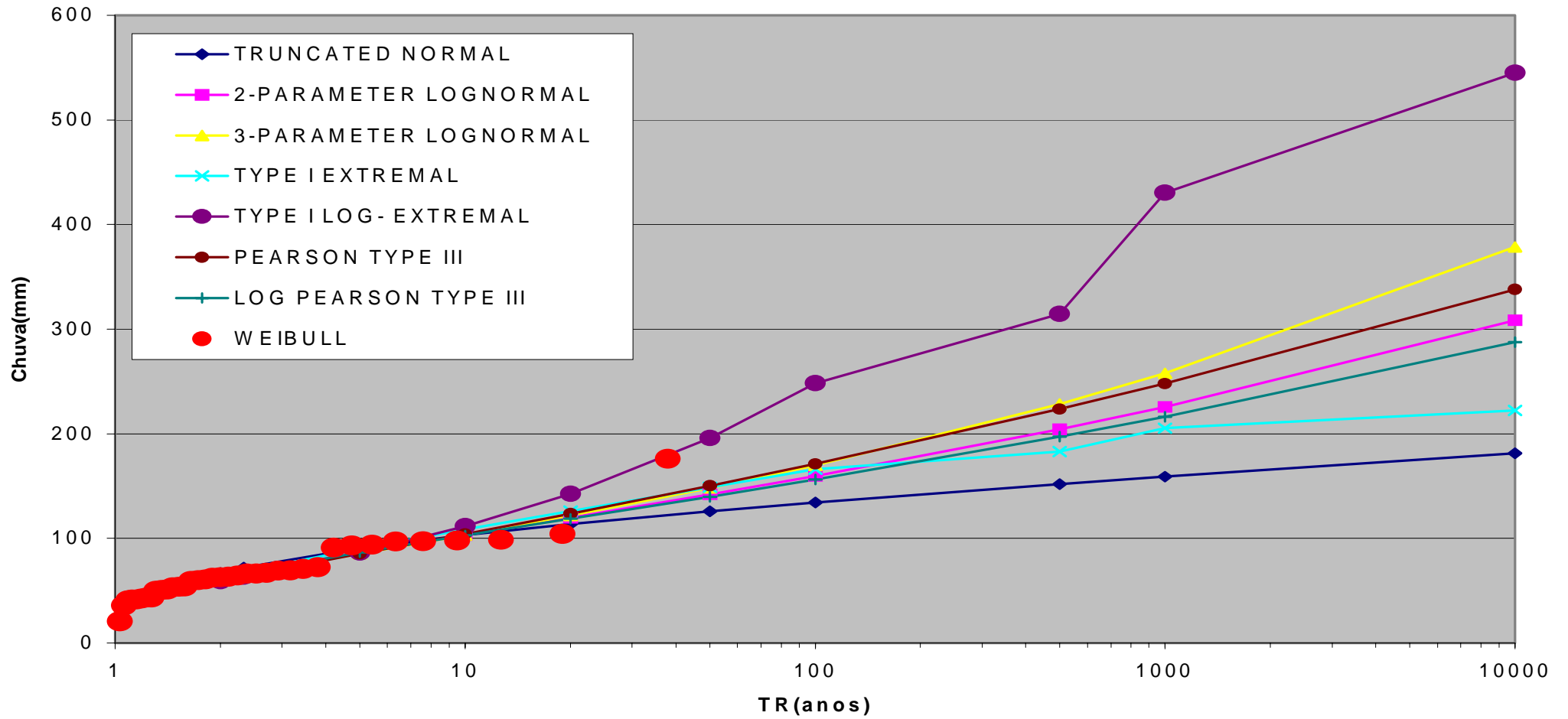
FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	PEARSON	LOG PEARSON
		NORMAL (mm)	LOGNORMAL (mm)	LOGNORMAL (mm)	EXTREMAL (mm)	EXTREMAL (mm)	TYPE III (mm)	TYPE III (mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	40.31	42.90	43.41	39.63	42.49	46.06	42.89
2	.33333	55.14	52.78	52.08	51.55	50.19	54.56	52.59
3	.50000	67.04	62.33	60.94	62.77	58.72	64.23	62.05
4	.66667	78.94	73.61	71.93	75.83	70.48	76.82	73.34
5	.83333	93.77	90.56	89.39	95.31	92.53	97.03	90.52
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		13.108	10.189	10.189	7.595	9.541	1.757	11.486

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11.073



Figura 4.1.1 - Distribuições de Freqüência





Verificou-se que o valor correspondente a 1974 está estimado, pela fórmula de Weibull, com período de retorno de 38 anos. Sabe-se pela experiência e estudos anteriores que o ano de 1974, de pluviosidade acima da média, produziu chuvas com período de retorno entre 50 e 100 anos, dependendo da estação.

Caracteriza-se, dessa forma, o que se chama em estatística de “out-lier”. Esse valor não é representativo da amostra e está provocando uma tendenciosidade nas distribuições teóricas.

A forma de tratar esses valores é retirá-los da amostra e aplicar as distribuições, verificando qual a estimativa de período de retorno para o valor retirado após o ajuste.

Isso foi feito e o resultado é mostrado nas saídas computacionais a seguir e na Figura 4.1.2, que mostra as distribuições resultantes sem 1974.



Estudo Estatístico de Chuvas Maximas POSTO :2890378

SAMPLE SIZE = 36

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 64.01 STD. DEV. = 20.89 COEF. OF SKEW = .3528

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.10354 STD. DEV. = .34893 COEF. OF SKEW. = -.6283

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.78215 STD. DEV. = .15154 COEF. OF SKEW. = -.6291

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	64.01	60.55	62.80	60.79	57.38	62.79	62.78
2.33	67.77	64.47	66.56	64.70	61.26	66.56	66.68
5.00	81.81	81.52	81.33	81.72	81.39	81.37	81.86
10.00	91.30	95.52	91.98	95.58	102.59	92.03	92.45
20.00	99.31	109.19	101.42	108.87	128.10	101.45	101.43
50.00	108.58	127.47	112.89	126.08	170.75	112.85	111.69
100.00	114.94	141.76	121.11	138.98	211.78	120.99	118.56
500.00	128.39	177.45	139.48	151.82	262.46	139.05	132.37



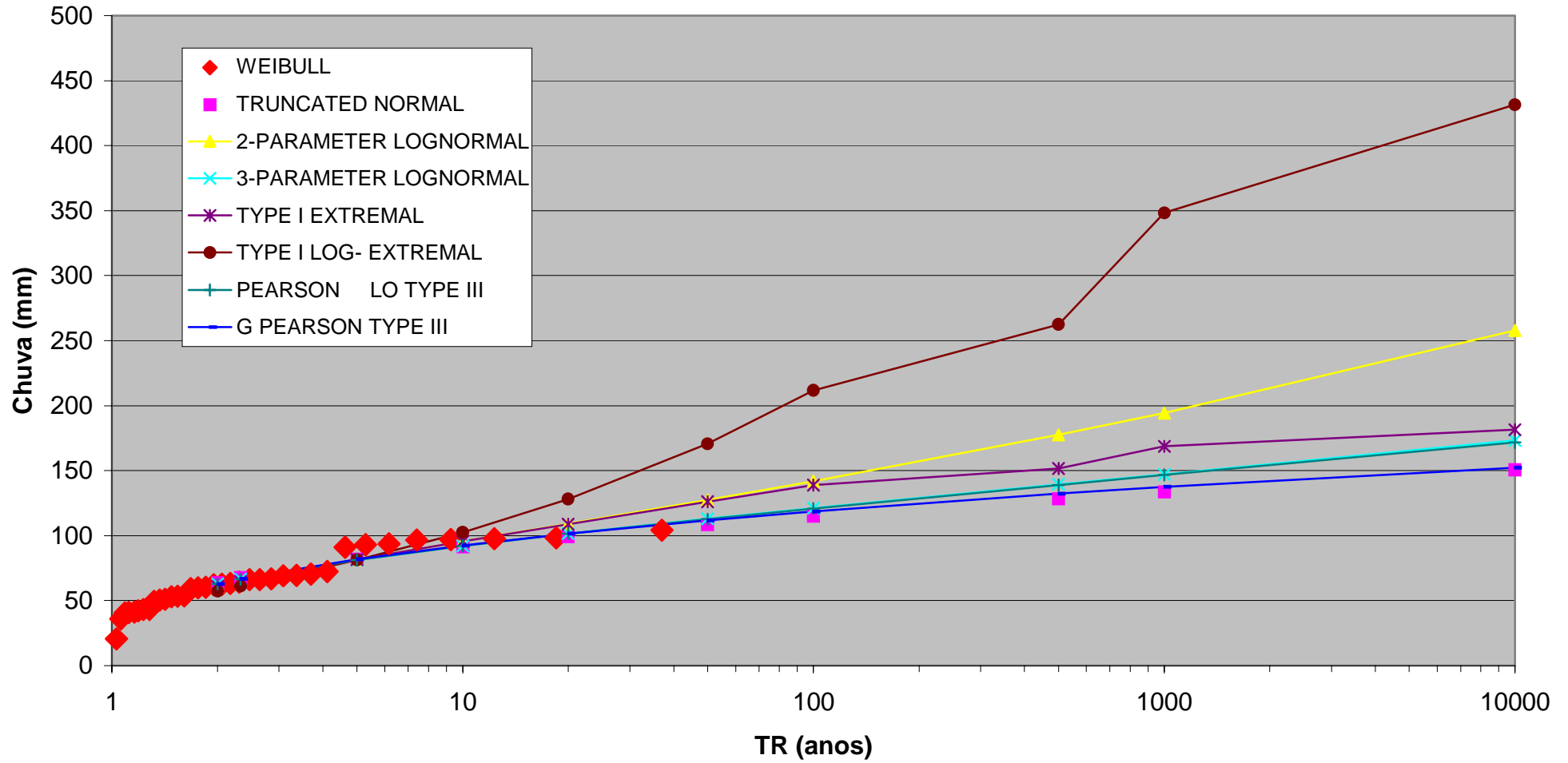
1000.00	133.79	194.22	147.26	168.77	348.34	146.64	137.56
10000.0	150.78	257.94	173.31	181.58	431.44	171.80	152.21

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS		TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	PEARSON	LOG PEARSON
INTERVAL	PROBABILITY	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	TYPE III	TYPE III
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	43.80	43.21	43.88	43.25	42.81	43.37	42.82
2	.33333	55.01	52.10	54.11	52.28	49.78	53.58	50.04
3	.50000	64.01	60.55	62.80	60.79	57.38	62.28	57.55
4	.66667	73.01	70.37	71.94	70.69	67.70	71.42	67.08
5	.83333	84.22	84.87	83.98	85.45	86.63	83.47	82.80
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		8.000	7.000	6.333	9.667	5.667	7.333	5.667

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11.073



Figura 4.1.2. - Distribuições de Frequência sem 1974





Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Extremos Tipo I como a que melhor se ajustou, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no Quadro 4.1.2. Os ajustes e os testes de aderência podem ser observados nas saídas computacionais mostradas nas páginas a seguir.

Quadro 4.1.2 - Análise de Frequência de Máximos Diários de Chuva.

Distribuição Extremos Tipo I

Posto Pluviométrico: 2890378

TR (anos)	P(1dia)
100	139
1.000	169
10.000	182



4.2. CHUVAS INTENSAS

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-frequência.

Na área em estudo não existem registros de pluviógrafos, o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluviômetro, que é capaz de registrar a “precipitação de 1 dia”. Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade-duração-frequência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), têm-se o Método das Isozonas.

4.2.1. Método das Isozonas (TORRICO, 1975)⁴.

Este método consiste na desagregação da chuva de 1 dia em 24 horas e a partir desta 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 pontual de 24 horas;
2. determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - a barragem está localizada dentro da isozona F (figura 4.2.1);

⁴TORRICO, 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 R1h;
4. plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

Aplicou-se a metodologia acima descrita para a chuva média máxima da estação em estudo. Esses resultados são apresentados nos quadros a seguir.

Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm

Posto Pluviométrico:		2890378	ISOZONA:	F	
TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)	
100	139	153	67	19	
1000	169	186	79	23	
10000	182	200	83	25	

Deve-se reduzir a chuva pontual para a chuva em toda bacia pela relação:

$$P_a/P_o = [1 - 0,20.\log(A/A_o)]$$

sendo:

P_a - Precipitação na área da bacia

P_o - Precipitação pontual no posto pluviométrico

A - Área da bacia (km²)

A_o - Área de influência do posto pluviométrico (25 km²)

Para o açude têm-se:

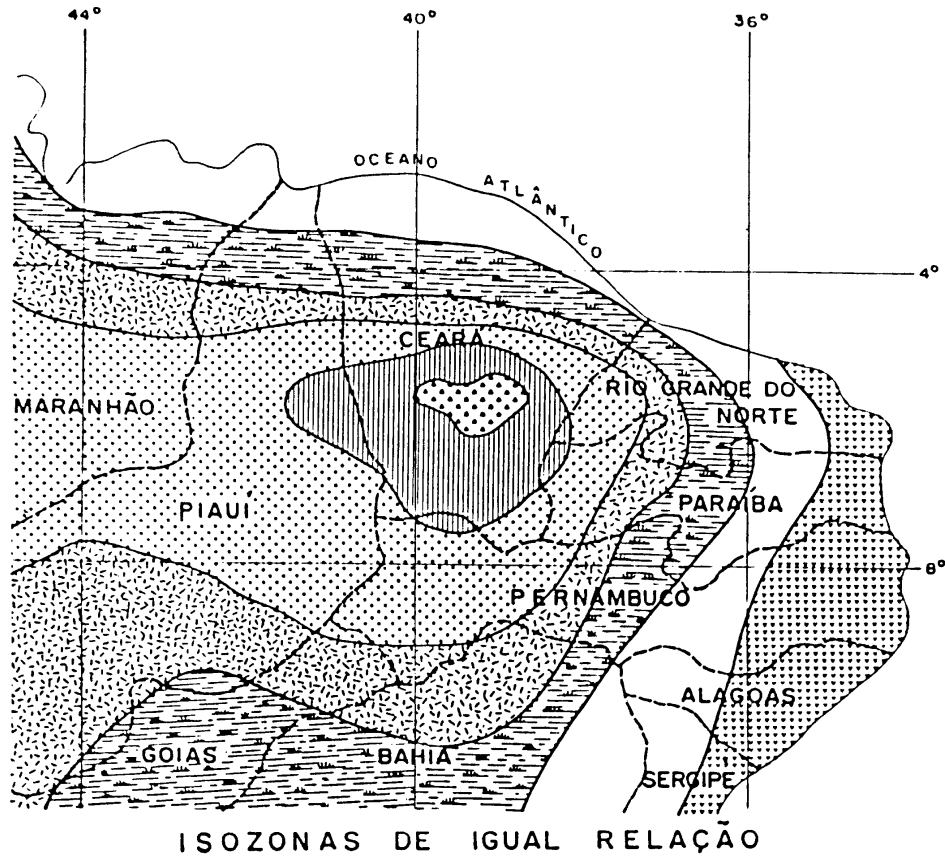
$$P_a/P_o = [1-0,20.\log(121/25)]= 0.86$$

O Quadro de precipitações intensas para a Bacia Hidrográfica fica então, multiplicando-se os valores acima pelo coeficiente encontrado:



Precipitações na Bacia do Açude João Guerra				
TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	120	132	58	16
1000	146	160	69	20
10000	157	173	71	21

Os valores marcados do quadro são então plotados no papel especial, obtendo-se o gráfico da Figura 4.2.2.



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA		TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
		1 HORA / 24 HORAS CHUVA											
		5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5 min 24h CHUVA	
B		38,1	37,8	37,4	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,0	39,4	37,2	36,2	9,6	9,0
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,2	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,8	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,0	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,0	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 4.2.1 - Método das Isozonas de Taborga.

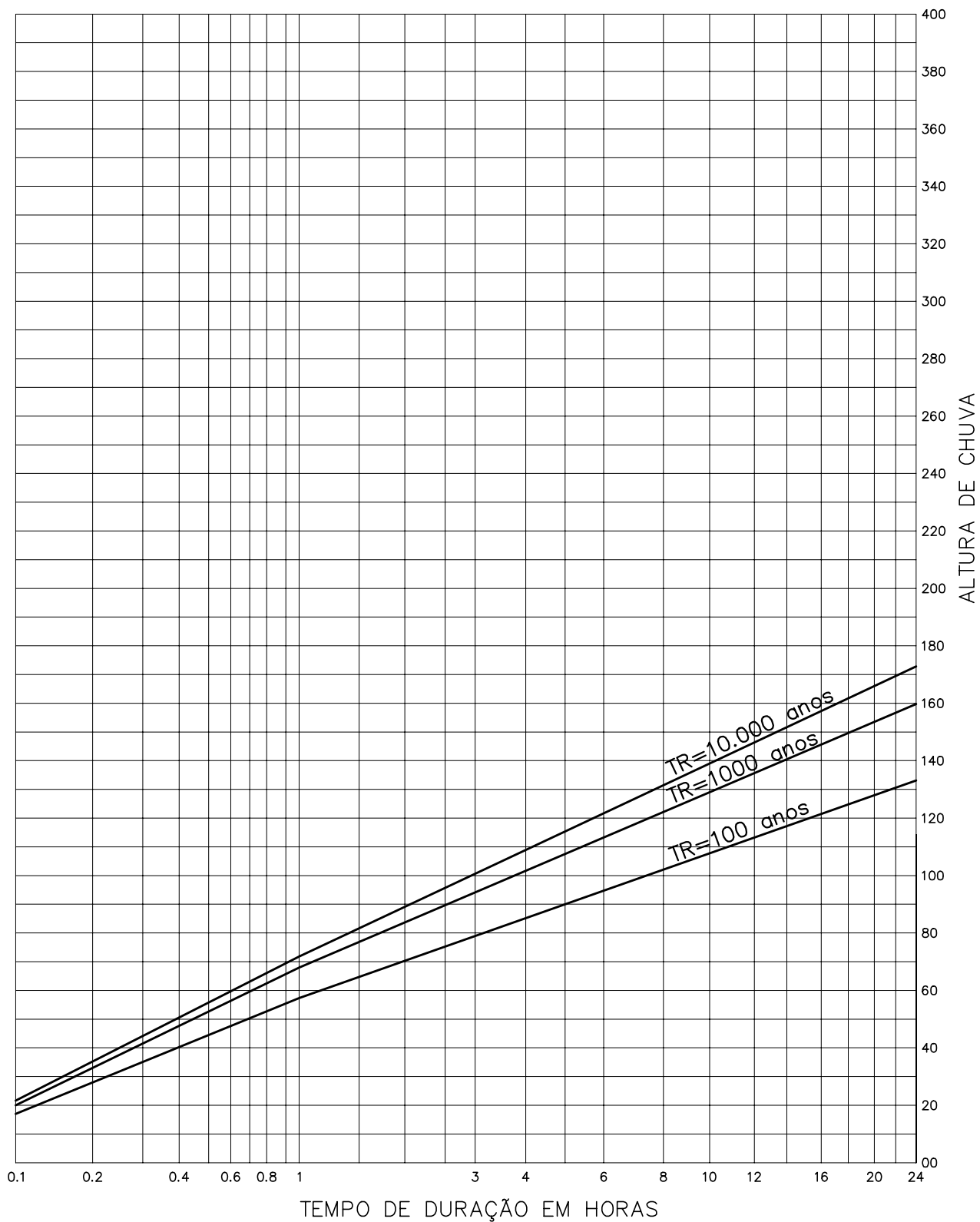


FIGURA 4.2.2 – AÇUDE JOÃO GUERRA
 CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA
 MÉTODO DAS ISOZONAS



5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS



5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude foi realizada objetivando fornecer elementos para a simulação da operação e, conseqüentemente, o dimensionamento do reservatório.

A bacia hidrográfica do açude João Guerra não possui estação fluviométrica. O Plano de Gestão das Águas da Bacia do Jaguaribe, trabalho realizado pela Engesoft para a COGERH, estudou as séries em toda a bacia e sub-bacias do Jaguaribe, inclusive a bacia do açude Fogareiro, a jusante do João Guerra. A série do açude, portanto, foi retirada do referido estudo, fazendo-se uma correlação de área com a série do Fogareiro .

Essa correlação foi baseada na transferência da série em mm do Fogareiro para o João Guerra, multiplicando-se pela área da bacia para obter-se a série do açude.

A série, em m^3/s , pode ser visualizada no Quadro 5.1 a seguir.

A série afluyente ao Fogareiro, em mm/mês, pode ser vista no Quadro 5.2.

**Quadro 5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude João Guerra (m³/s)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1912	0.00	0.54	0.82	2.14	1.17	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
1913	0.00	0.69	0.79	0.73	0.52	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1914	0.07	0.02	0.01	0.03	0.04	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1915	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1916	0.10	0.03	0.94	0.34	0.43	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
1917	0.51	2.13	2.39	0.30	0.81	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
1918	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1919	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1920	0.00	0.00	1.15	1.05	0.99	0.28	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.30
1921	0.00	0.21	1.62	1.76	3.07	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
1922	0.00	0.00	0.06	4.70	2.28	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
1923	0.00	0.19	0.70	0.69	0.11	0.35	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1924	0.54	2.11	2.57	6.66	0.86	0.76	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14
1925	0.17	0.56	1.69	1.26	0.43	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
1926	0.00	0.08	1.45	1.21	0.52	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
1927	0.00	0.01	0.69	1.28	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1928	0.00	0.00	0.10	0.34	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1929	0.00	0.03	0.30	0.39	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1930	0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1931	0.00	0.02	0.06	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1932	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1933	0.00	0.01	0.20	0.69	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10
1934	0.03	0.73	3.77	1.59	1.23	0.13	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.64
1935	0.00	0.23	0.31	1.81	0.53	0.30	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.28
1936	0.03	0.28	1.10	0.04	0.31	0.20	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1937	0.00	0.01	0.00	2.16	0.29	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
1938	0.00	0.00	0.93	0.72	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1939	0.00	0.10	0.20	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04



Continuação do Quadro 5.1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1940	0.00	0.15	0.69	2.84	1.89	0.90	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
1941	0.00	0.05	0.54	0.22	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1942	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1943	0.00	0.03	0.07	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1944	0.00	0.00	0.32	0.48	0.17	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
1945	0.09	1.33	0.47	0.67	1.58	0.27	0.20	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
1946	0.00	0.20	0.17	0.16	0.08	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
1947	0.00	0.08	0.80	0.75	1.06	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1948	0.00	0.00	0.54	0.42	0.52	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1949	0.00	0.12	0.28	0.34	0.39	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1950	0.14	0.15	0.58	3.90	1.33	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
1951	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1952	0.00	0.00	0.16	0.20	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1953	0.00	0.00	0.00	0.13	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1954	0.00	0.01	0.05	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1955	0.00	0.00	0.00	0.19	0.23	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1956	0.00	0.01	0.14	0.70	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
1957	0.00	0.00	0.04	2.49	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
1958	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1959	0.04	0.11	0.13	0.12	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1960	0.00	0.00	1.43	0.91	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1961	0.00	0.00	1.92	2.40	1.32	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
1962	0.00	0.00	0.00	0.44	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1963	0.00	0.00	1.35	0.88	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1964	0.00	0.23	1.79	2.90	2.61	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
1965	0.00	0.00	0.00	1.97	0.44	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
1966	0.00	0.53	0.03	0.55	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1967	0.00	0.01	0.99	3.23	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52



Continuação do Quadro 5.1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1968	0.00	0.00	1.32	0.18	0.49	0.15	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1969	0.00	0.00	0.10	1.26	0.16	0.12	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1970	0.00	0.00	0.18	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
1972	0.00	0.00	0.00	0.76	0.12	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1973	0.00	0.00	0.08	2.11	0.58	0.14	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1974	0.67	0.93	5.12	7.35	4.84	0.77	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	1.65
1975	0.00	0.00	0.09	0.05	0.42	0.56	0.67	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1976	0.00	0.27	0.24	0.41	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1977	0.00	0.00	0.00	0.34	1.07	0.86	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1978	0.00	0.04	0.04	0.21	0.47	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.03
1980	0.00	0.39	1.73	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
1981	0.00	0.00	1.82	0.65	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1982	0.00	0.00	0.01	0.75	0.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
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	0.00
1984	0.00	0.00	0.45	3.26	1.64	1.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
1985	0.00	0.34	2.54	6.46	1.48	0.34	0.30	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96
1986	0.05	0.30	1.93	4.05	1.20	0.29	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.66
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.00	0.00	0.17	1.48	1.11	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1989	0.00	0.00	0.14	2.95	3.00	0.15	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.20	0.56
1990	0.07	0.01	0.03	0.39	0.54	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1991	0.00	0.00	0.24	0.49	0.55	0.03	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.12
1992	0.01	0.95	0.66	1.31	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.23	0.41	0.07	0.12	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1995	0.00	0.00	0.00	0.56	0.27	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08



Continuação do Quadro 5.1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1996	0.05	0.00	0.00	1.09	0.99	0.15	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20
Média	0.03	0.17	0.61	1.10	0.58	0.14	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
DP	0.11	0.39	0.91	1.53	0.84	0.23	0.09	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.28
CV	3.53	2.34	1.50	1.39	1.46	1.63	2.54	2.53	5.42	4.94	5.50	6.10	1.23

**Quadro 5.2****RIO QUIXERAMOBIM EM FOGAREIRO**
Lâminas Médias Mensais Escodadas em mm

Área da Bacia : 3723,5 km2

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
912	0	10,71	18,17	45,65	25,84	3,99	0,17	0	0	0	0	0
913	0	13,75	17,41	15,62	11,45	2,3	0,33	0,02	0,01	0	0	0
914	1,64	0,34	0,29	0,74	0,83	0,98	0,08	0,26	0,01	0	0	0
915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
916	2,1	0,5	20,76	7,16	9,54	1,89	0,42	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
917	11,31	42,4	52,69	6,47	17,8	7,76	0,31	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
918	0,01	0,88	0,01	0,21	0,2	0,65	0,01	0,01	0	0	0	0
919	1,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
920	0	0	25,28	22,33	21,81	6,02	3,01	1,01	0,14	0	0	0
921	0	4,09	35,78	37,62	67,8	1,4	0,18	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
922	0	0	1,39	100,4	50,27	2,25	0,4	0,02	0,01	0,01	0	0
923	0	3,86	15,5	14,63	2,53	7,52	0,36	0,01	0	0	0	0
924	12,02	42,13	56,79	142,18	18,93	16,13	2,88	0,44	0,04	0	0	0
925	3,75	11,18	37,25	26,8	9,41	0,43	0,25	0,06	0	0	0	0
926	0	1,6	32,09	25,92	11,49	0,6	0,01	0,01	0,01	0	0	0
927	0	0,28	15,31	27,35	0,98	0,57	0,01	0,01	0,01	0	0	0
928	0	0	2,11	7,27	5,29	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0
929	0	0,6	6,68	8,33	3,74	0,71	0	0	0	0	0	0
930	0	0,06	1,29	2,48	0,11	0,07	0	0	0	0	0	0
931	0	0,31	1,4	1,8	0,19	0	0	0	0	0	0	0
932	0	0	0	0,74	0	0	0	0	0	0	0	0
933	0	0,14	4,39	14,7	1,39	0,67	0,7	0,7	0,67	0,7	0,67	0,7
934	0,7	14,53	83,26	33,87	27,13	2,77	0,7	0,7	0,67	0,7	0,67	0,7
935	0	4,55	6,83	38,55	11,69	6,47	1,1	0,7	0,67	0,7	0,67	0,7
936	0,7	5,52	24,31	0,76	6,77	4,23	0,75	0,42	0	0	0	0
937	0	0,14	0,1	46,11	6,48	5,8	0,28	0,07	0	0	0	0
938	0	0	20,44	15,44	4,3	0,33	0	0	0	0	0	0
939	0	2,04	4,34	2,47	1,07	0,05	0	0	0	0	0	0
940	0	2,95	15,2	60,58	41,74	19,21	2,66	0,29	0	0	0	0
941	0	0,99	11,83	4,73	3,15	0	0	0	0	0	0	0
942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
943	0	0,51	1,53	1,29	2,38	0	0	0	0	0	0	0
944	0	0	6,96	10,3	3,82	2,54	0	0	0	0	0	0
945	2,02	26,56	10,37	14,26	34,89	5,69	4,48	2,61	0	0	0	0
946	0	4,01	3,71	3,41	1,85	0,4	0,42	0	0	0	0	0
947	0	1,58	17,73	15,98	23,41	4,06	0,43	0	0	0	0	0
948	0	0	11,96	8,98	11,38	0,8	0	0	0	0	0	0
949	0	2,38	6,12	7,27	8,62	1,32	0,42	0	0	0	0	0
950	3,1	2,99	12,87	83,23	29,33	2,48	0,42	0	0	0	0	0
951	0	0,24	0	0,63	0	1,95	0	0	0	0	0	0
952	0	0	3,47	4,21	3,22	0	0	0	0	0	0	0
953	0	0	0	2,72	3,01	0,4	0	0	0	0	0	0
954	0	0,23	1,12	0,52	0,6	0,38	0	0	0	0	0	0
955	0	0	0,01	4,08	5,18	0,87	0,2	0	0	0	0	0
956	0	0,11	3,09	15,02	0,52	0	0	0	0	0	0	0
957	0	0	0,92	53,17	5,14	0,41	0	0	0	0	0	0
958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
959	0,83	2,21	2,93	2,47	1,51	0,4	0	0	0	0	0	0
960	0	0	31,6	19,47	4,07	0,4	0	0	0	0	0	0
961	0	0	42,4	51,31	29,17	1,23	0	0	0	0	0	0
962	0	0	0,01	9,34	1,09	0,52	0,11	0	0	0	0	0
963	0	0	29,89	18,86	5,18	0	0	0	0	0	0	0
964	0	4,58	39,57	61,83	57,58	2,77	0,01	0,05	0	0	0	0
965	0	0	0	42,04	9,61	15,38	0,04	0	0	0	0	0
966	0	10,65	0,74	11,76	1,53	0,62	0,18	0	0	0	0	0
967	0	0,1	21,85	69,05	45,24	0,01	0	0	0	0	0	0
968	0	0	29,21	3,83	10,87	3,24	1,33	0,34	0,01	0	0	0
969	0	0	2,28	26,91	3,43	2,62	1,96	0,75	0,08	0	0	0
970	0	0	4,03	0,42	0,24	0,03	0	0	0	0	0	0
971	0	0	0	0,01	0,01	6,8	0,54	0,09	0	0	0	0
972	0	0	0	16,27	2,7	1,44	0,47	0,04	0	0	0	0
973	0	0	1,74	45,11	12,77	3,01	0,47	0,15	0	0	0	0
974	14,83	18,49	112,89	156,85	106,88	16,41	2,04	0,56	0,12	0	0	0
975	0	0	1,96	0,98	9,3	12,04	14,78	0,48	0	0	0	0
976	0	5,35	5,39	8,66	1,25	0,02	0	0	0	0	0	0
977	0	0	0	7,26	23,66	18,37	1,06	0,04	0	0	0	0
978	0	0,72	0,84	4,57	10,27	0,3	0,08	0,02	0	0	0	0
979	0	0	0,01	0	4,76	0,29	0,07	0	0	0	2,63	0,03
980	0	7,71	38,25	0,29	0,11	0,33	0	0	0	0	0	0
981	0	0	40,07	13,81	0,51	0	0	0	0	0	0	0
982	0,03	0,03	0,23	16,06	7,04	0,62	0	0	0	0	0	0
983	0	0,03	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
984	0	0	9,93	69,68	36,23	23,62	2,49	0,05	0	0	0	0
985	0,02	6,69	56,09	137,96	32,75	7,28	6,58	1,99	0,04	0	0	0,01
986	1	5,96	42,5	86,4	26,41	6,13	1,12	0,68	0,2	0	0	0
987	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
988	0	0	3,76	31,67	24,46	1,38	0,77	0	0	0	0	0
989	0	0	3,04	63,06	66,19	3,13	6,62	0,51	0	0	0	4,32
990	1,59	0,24	0,77	8,43	12,02	2,85	0,02	0	0	0	0	0
991	0	0	5,3	10,42	12,05	0,68	0	0	3,55	0	0	0
992	0,12	19,02	14,6	28,01	1,92	0	0	0	0	0	0	0
993	0	0,06	0,09	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0
994	0	0	5,06	8,74	1,52	2,5	3,07	0,24	0	0	0	0
995	0	0	0,02	12,05	5,85	2,37	0,36	0,03	0	0	0	0
996	1,05	0	0	23,34	21,81	3,17	1,62	0,13	0,03	0,1	0,1	0,24



6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO



6. 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.

Em barragem pequenas e médias, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso, podendo o período de retorno de 1.000 anos ser suficiente para dimensionamento do sangradouro.

6.1. METODOLOGIA

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, sua inexistência. Esta falta de dados dos eventos na bacia a ser estudada indicaram 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-1⁵.

⁵US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 1990. HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USERS MANUAL, 415 p.



As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude João Guerra 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 e 10.000 anos de tempo de retorno.

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 açude em estudo, 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.

6.1.1. Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia foi assumida 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.

O hietograma adotado baseia-se nas curvas altura-duração-freqüência obtida nos estudos hidroclimatológicos. O Quadro 6.1 apresenta a chuva de projeto, obtida a partir das curvas precipitação-duração-freqüência do Capítulo 4. A precipitação está associada aos tempos de retorno de 1000 e 10000 anos e às durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, e 6 h.

**Quadro 6.1 - Chuva de Projeto na Bacia do Açude João Guerra**

Intervalo de Tempo	P(mm) 1.000 Anos	P(mm) 10.000 Anos
5 min	20	21
15 min	37	40
1 h	69	71
2 h	83	89
3 h	94	100
6 h	113	122

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

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

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 açude tem-se:

Seção João Guerra: $L = 21,6$ km

$\Delta H = 160$ m

o que resulta $T_C = 282$ min = 4,7 h ; $T_{LAG} = 0,6 \times T_C = 2,8$ h .

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):

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

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

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



6.1.2. 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 aproximado 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

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

CONDIÇÕES ÚMIDAS

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

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas⁶.

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.

O CN para a bacia do João Guerra foi estimado em 80, de acordo com o Quadro 6.1.1 a seguir (ver Capítulo 2)

⁶ PONCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p.

**Quadro 6.1.1 - Estimativa do Parâmetro CN**

USOSOLO_IMAGEM	USOSOLO_CN	PERMEABILIDADE/ÁREA (m2)	PONDERAÇÃO CN	PESO
		D	CN	
Áreas Irrigadas e Agrícola	Plantações regulares em fileiras retas	1.832,400	88	0.01
Caatinga Arbórea Densa	Florestas Normais	74.174,400	76	0.60
Caatinga Herbáceo Arbustiva	Florestas Esparsas	18.054,900	84	0.15
Solo Exposto	Estradas de terra de superfície dura	985.500	92	0.01
Área Alterada/Antropizada	Pastagens ou terrenos em más condições	27.718,200	89	0.23
	TOTAL ÁREA	122.765,400		
	CN GERAL		80	



6.1.3. Hidrograma Unitário - SCS

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 T_{LAG} . Este parâmetro, T_{LAG} , 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.

Uma vez determinados estes parâmetros e o intervalo de cálculo (duração do hidrograma unitário), o HEC-1 utiliza estes para interpolar um hidrograma unitário a partir de um hidrograma unitário adimensional do SCS. A seleção do intervalo de cálculo é baseado na relação $\Delta t = 0,20 \cdot t_p$, não devendo exceder $0,25 \cdot t_p$. Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas:

$$t_{lag} = 0,60 \cdot T_c \quad \text{e} \quad 1,7 \cdot t_p = \Delta t + T_c$$

onde T_c = é o tempo de concentração da bacia. O HEC-1 sugere que $\Delta t \leq 0,29 \cdot T_{LAG}$. Para cálculo do hidrograma de projeto por esta metodologia, é necessário uma estimativa do tempo de concentração da bacia. Estes tempos de concentração foram avaliados através da aplicação da fórmula de Kirpich (item 5.1.1).

6.2. 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 de 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:

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

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

1. Determina-se o volume inicial S_0 (conforme objetivo do estudo), e a partir deste, determina-se Q_0 ;
2. Calcula-se 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 ($Q_{t+1} + 2 \cdot S_{t+1}/\Delta t$) 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.

Para determinar a curva que relaciona vazão e armazenamento usa-se diretamente da relação $h \times Q$ para o tipo de vertedouro estudado ou faz-se uso de duas funções:

$$Z = a \cdot S^b \quad \text{e} \quad Q = C \cdot L \cdot (Z - Z_w)^{3/2}$$

onde Z = cota (m); S = armazenamento (m^3); Q = vazão (m^3/s); C = coeficiente de descarga; L = largura do sangradouro (m); Z_w = cota da soleira do sangradouro e a , b são coeficientes obtidos por regressão.

A curva chave para o tipo de sangradouro projetado para o açude João Guerra (corte em rocha) foi estimado com base no seguinte procedimento hidráulico:

- Determinou-se o comprimento do sangradouro desde o início até o ponto onde se dá o regime crítico;



- Adotou-se um valor para a vazão e determinou-se a altura crítica h_c ;
- Traçou-se a curva de remanso desde o ponto de regime crítico até o ponto, no lago, de velocidade nula, determinando um valor H_1 medido em relação às cotas da barragem;
- Repetiu-se os cálculos para diversos valores de vazão Q , determinando-se assim a curva-chave do vertedouro.

A curva chave adotada foi a do quadro a seguir:

COEFIC. DE MANNING=0.025 ; COMP. VERTEDOR = 170m ; DECLIVIDADE DO VERTEDOR = 0.005 m/m

VAZOES	YC	VC	$V^{**2}/2*G$	E	SF1	U1	SF1-S0	U2	YINIC	LAMINA	H0
(M3/S)	(M)	(M/S)		(M)	(M/M)		(M/M)		(M)	H(M)	(M)
100	0.4671	2.1407	0.2336	0.7007	0.008	-0.0513	0.003	0.5127	0.7007	0.647	0.768
200	0.7415	2.6971	0.3708	1.1123	0.006908	0.4629	0.001908	0.8217	1.1123	0.907	1.155
300	0.9717	3.0874	0.4858	1.4575	0.006351	0.8605	0.001351	1.1145	1.4575	1.121	1.486
400	1.1771	3.3981	0.5885	1.7657	0.00599	1.2026	0.00099	1.3887	1.7657	1.309	1.785
500	1.3659	3.6605	0.6829	2.0489	0.005728	1.5104	0.000728	1.6473	2.0489	1.479	2.062
600	1.5424	3.8899	0.7712	2.3137	0.005526	1.7942	0.000526	1.8931	2.3137	1.635	2.321
700	1.7094	4.095	0.8547	2.5641	0.005363	2.06	0.000363	2.1282	2.5641	1.781	2.568
800	1.8685	4.2814	0.9342	2.8028	0.005227	2.3114	0.000227	2.3541	2.8028	1.918	2.805
900	2.0212	4.4528	1.0106	3.0317	0.005112	2.5512	0.000112	2.5723	3.0318	2.048	3.032
1000	2.1682	4.6119	1.0841	3.2523	0.005013	2.7811	0.000013	2.7835	3.2524	2.172	3.252
1100	2.3105	4.7608	1.1552	3.4657	0.004925	3.0027	-7.5E-05	2.9887	3.4657	2.289	3.466
1200	2.4485	4.9009	1.2242	3.6727	0.004848	3.2169	-0.00015	3.1884	3.6727	2.401	3.674
1300	2.5827	5.0334	1.2913	3.874	0.004779	3.4248	-0.00022	3.3832	3.874	2.509	3.877

EQUACAO DO VERTEDOR $Q = 0.1200 + 1.7237 * H^{**1.5}$

COEF. C DO VERTEDOR = 1.6947

COEF. CORRELACAO DA EQUACAO = 1

COEF.CORRELACAO EQUACAO PELA ORIGEM =0.9666

EQUACAO LOGARITMICA = $1.1723 * H_0^{**1.8491}$

n MEDIO=1.4919



6.3. RESULTADOS

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por suas localizações, capacidades e finalidades. Assim, dentro desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 1.000 anos e verificar a barragem para o hietograma de 10.000 anos.

A largura do sangradouro da barragem João Guerra foi definida não em função de condições hidráulicas, mas em função da existência de um trecho de estrada estadual a ser inundada pela barragem e de uma ponte. Dessa forma definiu-se a largura como aquela que, para o volume máximo permissível, minimizasse o custo de intervenção na estrada.

A largura do sangradouro escolhida foi de 100 m, para a cota máxima de 377 m.

Para o tempo de concentração da bacia adotou-se uma chuva de duração igual a 6 horas.

Os picos de vazão efluente e lâminas de sangria são mostrados no Quadro 6.3.1 a seguir, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

Quadro 6.3.1 - Vazões e lâminas de sangria

TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
Q(m ³ /s)	h(m)	Q(m ³ /s)	h(m)
330	1,88	377	2,02

Os hidrogramas afluente e efluente podem ser observados no Anexo A deste relatório.



7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO



7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

7.1. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

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 ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

7.1.1. Metodologia

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o modelo de simulação de reservatórios HEC-3. Esse modelo simula a operação mensal do açude, fazendo uso para isso da equação da continuidade dos volumes (Equação do Balanço Hídrico).

7.1.1.1. 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

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;



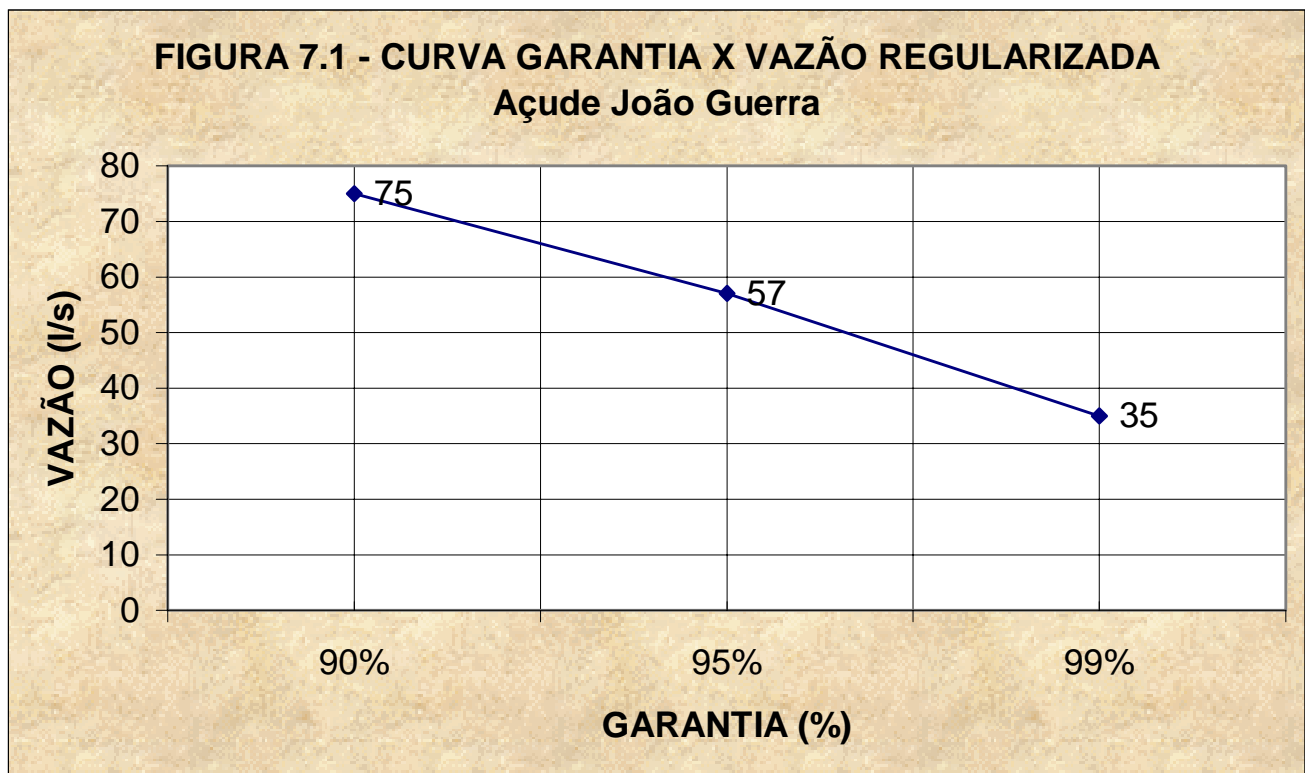
K = capacidade do reservatório;

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t .

Foi utilizada a série já apresentada no Capítulo 5 para obtenção das vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 7.1 e na Figura 7.1 a seguir.

Quadro 7.1 – Vazões Regularizadas em l/s

Q(l/s)	FALHAS	GARANTIA(%)
75	105	90%
57	50	95%
35	11	99%





7.2. ESTUDO DA CAPACIDADE ECONÔMICA DO RESERVATÓRIO

A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo de construção para atingir o mínimo da estrada CE-366. Assim, foi definida a cota 377 como aquela que menos atinge a estrada e proporciona ainda alguma capacidade de regularização ao açude.

O volume acumulado para essa cota é de 7,69 hm³.



8 - ESTUDOS ADICIONAIS



8. ESTUDOS ADICIONAIS

8.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta estudos adicionais visando fornecer características do reservatório durante a fase de operação, sendo estudado:

- a probabilidade de enchimento do reservatório na fase transiente;
- a probabilidade de esvaziamento do reservatório na fase de equilíbrio;
- a probabilidade de extravazamento do reservatório na fase de equilíbrio;
- a curva de esvaziamento do reservatório.

8.2. ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O estudo da disponibilidade hídrica do reservatório compreende o estudo das probabilidades de enchimento, esvaziamento e extravazamento do reservatório. Este estudo pode ser realizado diante duas óticas: na fase transiente, quando essa probabilidade depende do volume inicial do reservatório; na fase de equilíbrio, quando o processo estocástico de armazenamento torna-se ergódico. A metodologia aqui empregada tem suporte teórico na teoria estocástica de reservatórios ou Teoria de Moran⁷, apresentando como novidade a inclusão da matriz de evaporação para considerar as perdas por este processo - método de CAMPOS (1990).

As etapas de cálculo destas probabilidades para um reservatório de uma determinada capacidade e retirada são descritas a seguir:

1. dividir o volume total do reservatório K , por 20, definindo 21 estados que podem ser atingidos pela reserva. A representação gráfica do espaço de definição destes estados de reserva é apresentada na figura 8.1 e no Quadro 8.1.

⁷ MORAN, P.A.P. 1959. THE THEORY OF STORAGE. LONDON: METHUEN & CO LTD, 111 p.

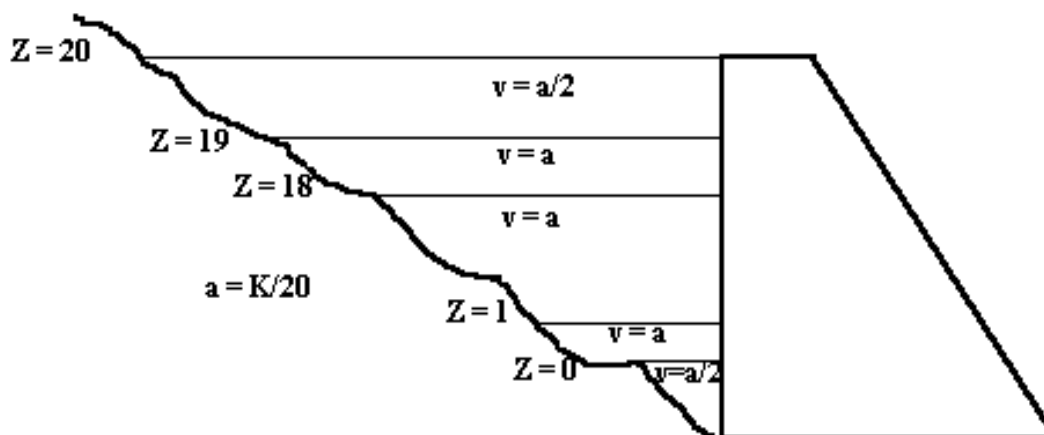


Figura 8.1 - Espaço de definição dos estados de reserva

Quadro 8.1 - Limite, em volume, dos estados de reserva

NÚMERO DO ESTADO (z)	LIMITES DE ARMAZENAMENTO	ARMAZENAMENTO NO ESTADO (z)
0	$0 < z \leq (1/2).a$	$z = \text{seco}$
1	$(1/2).a < z \leq (3/2).a$	$z = a$
2	$(3/2).a < z \leq (5/2).a$	$z = 2.a$
·	·	·
·	·	·
·	·	·
n-1	$(n-3/2).a < z \leq (n-1/2).a$	$z = (n-1).a$
N	$(n-1/2).a < z \leq K$	$z = \text{cheio}$

- Calcular a matriz de transição de probabilidades devido aos deflúvios anuais [W].
Supõe-se que os deflúvios seguem uma distribuição Gamma de dois parâmetros na estação úmida e com uma massa de probabilidades para a estação seca.
- Calcular a matriz de transição de probabilidades devido à metade da evaporação (E), supondo que a relação cota x área x volume é determinada por:

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



onde h - altura do espelho d'água; α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h^3); A - área do espelho d'água a altura h e V - volume acumulado a altura h .

4. Calcular a matriz de transição de probabilidades para uma retirada anual de M unidades de água $[M]$;
5. Calcular a matriz de transição de probabilidade anual através do produto das matrizes parciais

$$[Q] = [E].[M].[E].[W]$$

6. Formar o sistema de equações para determinar a probabilidade de interesse:

$$q_{00} \cdot \pi_0 + q_{01} \cdot \pi_1 + \dots + q_{0N} \cdot \pi_N = \pi_0$$

$$q_{10} \cdot \pi_0 + q_{11} \cdot \pi_1 + \dots + q_{1N} \cdot \pi_N = \pi_1$$

$$q_{N0} \cdot \pi_0 + q_{N1} \cdot \pi_1 + \dots + q_{NN} \cdot \pi_N = \pi_N$$

onde

q_{ij} = probabilidade da reserva passar do estado i ao j em um ano e

π_i = probabilidade da reserva atingir o estado i em condições de equilíbrio.

Como o sistema acima não é homogêneo, uma de suas equações deve ser substituída por

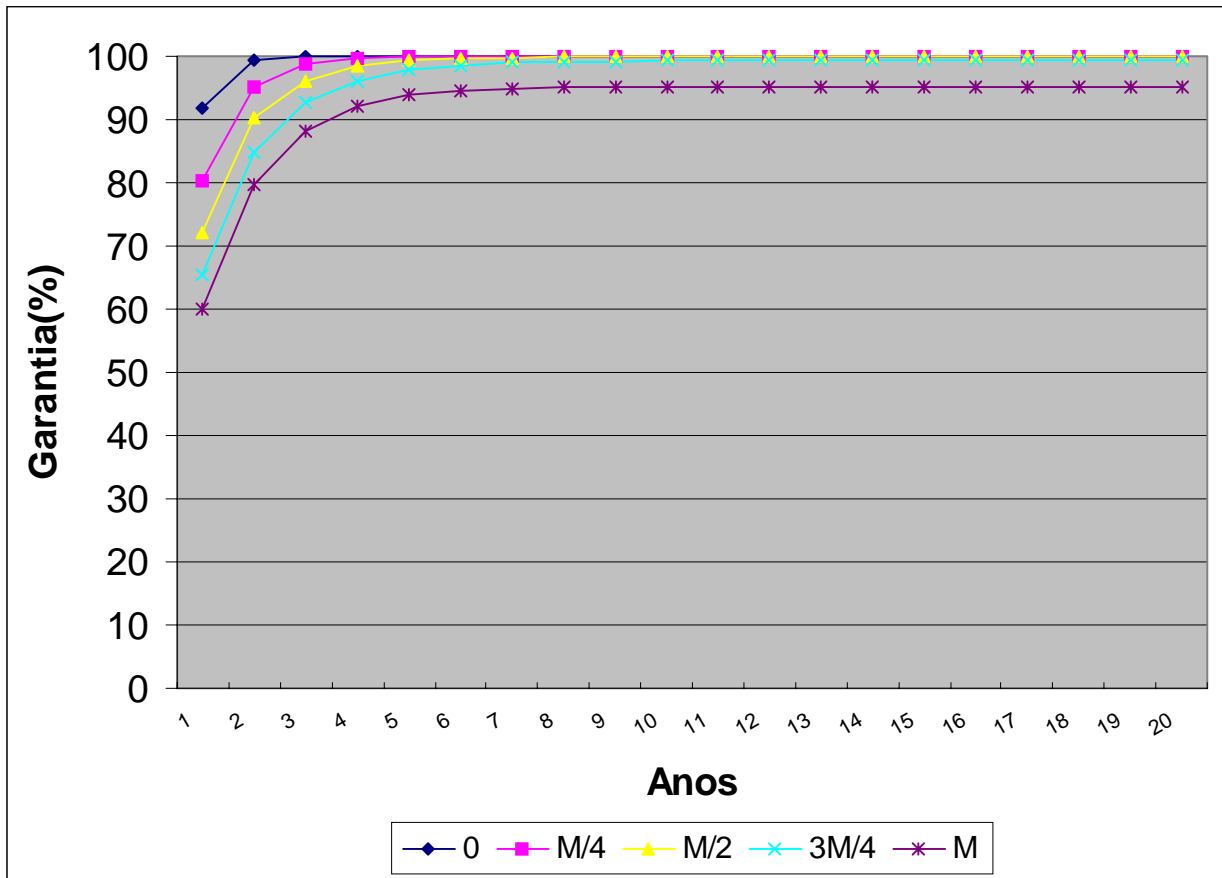
$$\pi_0 + \pi_1 + \dots + \pi_N = 1.$$

7. Resolver o sistema acima e calcular π_0 e π_N , respectivamente, a probabilidade do reservatório estar seco e cheio em condições de equilíbrio.

Através desta metodologia foram determinadas as curvas de probabilidade de enchimento do reservatório (inicialmente seco) na fase transiente considerando as retiradas de 0, $Q_{r90}/4$, $Q_{r90}/2$, $3 \cdot Q_{r90}/4$ e Q_{r90} (Quadro 8.2). Como pode-se observar pela figura 8.2, a retirada de Q_{r90} ao atingir o equilíbrio tem uma garantia de um pouco mais de 90%, valor compatível com os resultados anteriores (volume anual regularizado com 90% de garantia).

Na figura 8.2 apresenta-se as curvas de garantia para as retiradas de 0, Qr90 /4, Qr90 /2, 3.Qr90 /4 e Qr90.

Figura 8.2 - Análise Probabilística da Garantia do Reservatório - fase transiente (M= Qr90)



Quadro 8.2 - Análise Probabilística do Enchimento do Reservatório na Fase Transiente. Reservatório inicialmente seco.

ANO	RETIRADA (M = Q90)				
	0	M/4	M/2	3M/4	M
1	91.73	80.38	72.14	65.6	59.88
2	99.28	95.19	90.16	84.93	79.59
3	99.93	98.68	96.1	92.61	88.31
4	99.99	99.61	98.35	96.11	92.18
5	100	99.88	99.27	97.77	93.9
6	100	99.96	99.66	98.56	94.65

Continuação do Quadro 8.2

ANO	RETIRADA (M = Q90)				
7	100	99.99	99.84	98.94	94.98
8	100	100	99.92	99.13	95.13
9	100	100	99.96	99.22	95.2
10	100	100	99.97	99.26	95.23
11	100	100	99.98	99.28	95.24
12	100	100	99.99	99.29	95.25
13	100	100	99.99	99.29	95.25
14	100	100	99.99	99.3	95.25
15	100	100	99.99	99.3	95.25
16	100	100	99.99	99.3	95.25
17	100	100	99.99	99.3	95.25
18	100	100	99.99	99.3	95.25
19	100	100	99.99	99.3	95.25
20	100	100	99.99	99.3	95.25

M = Retirada anual (hm3)

Também foi realizada a análise probabilística de esvaziamento e de enchimento na fase de equilíbrio. A figura 8.3 apresenta as duas curvas probabilísticas (esvaziamento e enchimento), enquanto que o Quadro 8.3 os seus valores correspondentes.

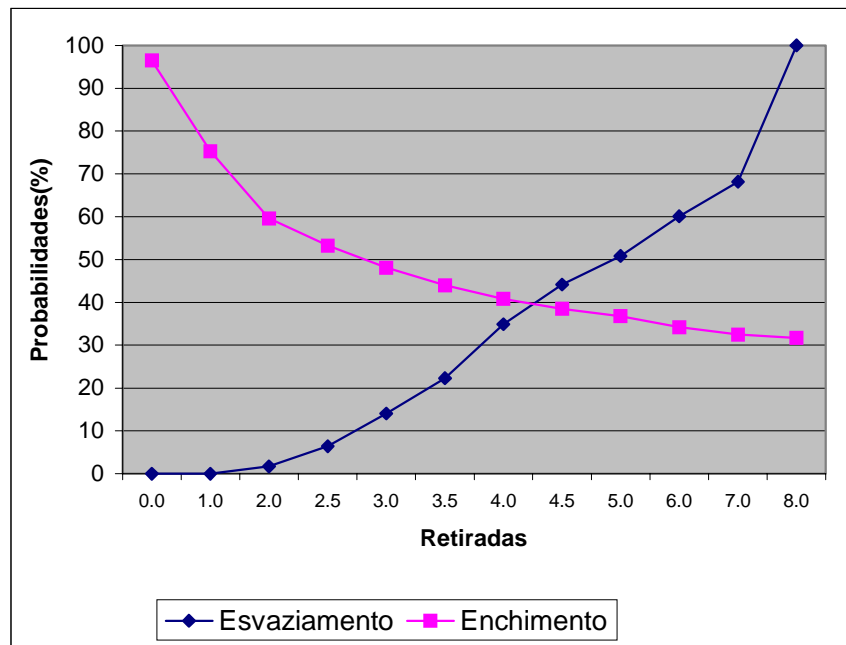


Figura 8.3 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

**Quadro 8.3 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio**

RETIRADA	ESVAZIAMENTO	ENCHIMENTO
0.0	0	96.5
1.0	0	75.3
2.0	1.7	59.6
2.5	6.4	53.3
3.0	14.1	48.1
3.5	22.3	44
4.0	34.9	40.8
4.5	44.2	38.5
5.0	50.9	36.8
6.0	60.1	34.2
7.0	68.2	32.5
8.0	100	31.7



MONTGOMERY WATSON



ANEXO A



MONTGOMERY WATSON



HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS



HMS * Summary of Results for JOAO GUERRA

Project : JGUERRA Run Name : Run 1

Start of Run : 01Jan00 0100 Basin Model : Jgtr1000.dat

End of Run : 03Jan00 0250 Met. Model : Jgtr1000.dat

Execution Time : 03Nov01 1129 Control Specs : Jgtr1000.dat

Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0100	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0110	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0120	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0130	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0140	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0150	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0200	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0210	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0220	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0230	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0240	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0250	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0300	7688	377.00	0.02	0.00
01 Jan 00	0310	7688	377.00	0.08	0.00
01 Jan 00	0320	7688	377.00	0.25	0.01
01 Jan 00	0330	7688	377.00	0.58	0.03
01 Jan 00	0340	7689	377.00	1.29	0.08
01 Jan 00	0350	7690	377.00	2.65	0.18
01 Jan 00	0400	7692	377.00	5.29	0.38
01 Jan 00	0410	7697	377.01	11.14	0.80
01 Jan 00	0420	7705	377.01	19.82	1.58
01 Jan 00	0430	7720	377.02	32.53	2.88
01 Jan 00	0440	7742	377.04	48.36	4.87
01 Jan 00	0450	7773	377.06	67.48	7.68
01 Jan 00	0500	7814	377.09	90.54	11.46
01 Jan 00	0510	7868	377.13	117.13	16.36
01 Jan 00	0520	7936	377.17	148.59	22.53
01 Jan 00	0530	8020	377.23	183.13	30.13
01 Jan 00	0540	8120	377.30	220.40	39.23
01 Jan 00	0550	8237	377.38	257.42	49.81
01 Jan 00	0600	8369	377.48	293.04	61.76
01 Jan 00	0610	8513	377.58	325.00	74.87
01 Jan 00	0620	8668	377.68	353.84	88.89
01 Jan 00	0630	8828	377.80	377.53	106.50
01 Jan 00	0640	8989	377.90	397.38	133.69
01 Jan 00	0650	9144	378.00	412.39	159.93
01 Jan 00	0700	9291	378.10	423.81	184.92
01 Jan 00	0710	9429	378.19	431.45	209.14
01 Jan 00	0720	9556	378.27	433.83	232.67
01 Jan 00	0730	9670	378.34	432.52	253.77
01 Jan 00	0740	9771	378.40	427.80	272.34
01 Jan 00	0750	9857	378.45	420.29	288.31
01 Jan 00	0800	9929	378.50	409.87	301.81
01 Jan 00	0810	9986	378.53	396.32	313.50
01 Jan 00	0820	10028	378.56	379.83	322.11



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0830	10055	378.57	360.27	327.64
01 Jan 00	0840	10068	378.58	339.10	330.18
01 Jan 00	0850	10067	378.58	317.92	329.99
01 Jan 00	0900	10054	378.57	297.11	327.40
01 Jan 00	0910	10032	378.56	277.42	322.77
01 Jan 00	0920	10001	378.54	258.28	316.43
01 Jan 00	0930	9962	378.52	239.77	308.65
01 Jan 00	0940	9918	378.49	222.15	299.71
01 Jan 00	0950	9870	378.46	205.32	290.66
01 Jan 00	1000	9817	378.43	189.71	280.86
01 Jan 00	1010	9761	378.39	174.72	270.48
01 Jan 00	1020	9702	378.36	160.44	259.65
01 Jan 00	1030	9642	378.32	147.01	248.50
01 Jan 00	1040	9581	378.28	134.35	237.15
01 Jan 00	1050	9519	378.24	122.38	225.70
01 Jan 00	1100	9457	378.21	111.24	214.23
01 Jan 00	1110	9395	378.17	101.26	202.87
01 Jan 00	1120	9335	378.13	92.06	192.36
01 Jan 00	1130	9275	378.09	83.65	182.25
01 Jan 00	1140	9217	378.05	76.15	172.34
01 Jan 00	1150	9160	378.01	69.36	162.70
01 Jan 00	1200	9105	377.98	63.14	153.37
01 Jan 00	1210	9052	377.94	57.46	144.36
01 Jan 00	1220	9001	377.91	52.36	135.71
01 Jan 00	1230	8952	377.88	47.69	127.41
01 Jan 00	1240	8905	377.85	43.39	119.49
01 Jan 00	1250	8860	377.82	39.55	111.94
01 Jan 00	1300	8818	377.79	36.05	104.77
01 Jan 00	1310	8778	377.76	32.83	98.88
01 Jan 00	1320	8738	377.73	29.88	95.30
01 Jan 00	1330	8699	377.71	27.24	91.77
01 Jan 00	1340	8661	377.68	24.81	88.28
01 Jan 00	1350	8623	377.65	22.58	84.86
01 Jan 00	1400	8586	377.63	20.59	81.50
01 Jan 00	1410	8550	377.60	18.77	78.23
01 Jan 00	1420	8515	377.58	17.09	75.03
01 Jan 00	1430	8481	377.55	15.55	71.92
01 Jan 00	1440	8447	377.53	14.17	68.89
01 Jan 00	1450	8415	377.51	12.89	65.96
01 Jan 00	1500	8384	377.49	11.72	63.12
01 Jan 00	1510	8353	377.46	10.69	60.36
01 Jan 00	1520	8324	377.44	9.76	57.71
01 Jan 00	1530	8296	377.42	8.91	55.14
01 Jan 00	1540	8268	377.41	8.15	52.67
01 Jan 00	1550	8242	377.39	7.48	50.29
01 Jan 00	1600	8217	377.37	6.87	48.01
01 Jan 00	1610	8193	377.35	6.30	45.81
01 Jan 00	1620	8170	377.34	5.77	43.71
01 Jan 00	1630	8147	377.32	5.28	41.68
01 Jan 00	1640	8126	377.31	4.81	39.74
01 Jan 00	1650	8105	377.29	4.36	37.88
01 Jan 00	1700	8086	377.28	3.94	36.09
01 Jan 00	1710	8067	377.26	3.55	34.37
01 Jan 00	1720	8049	377.25	3.18	32.73
01 Jan 00	1730	8031	377.24	2.83	31.15



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	1740	8015	377.23	2.49	29.64
01 Jan 00	1750	7999	377.22	2.16	28.20
01 Jan 00	1800	7983	377.21	1.85	26.81
01 Jan 00	1810	7969	377.20	1.55	25.48
01 Jan 00	1820	7955	377.19	1.27	24.20
01 Jan 00	1830	7941	377.18	1.02	22.98
01 Jan 00	1840	7928	377.17	0.85	21.81
01 Jan 00	1850	7916	377.16	0.71	20.70
01 Jan 00	1900	7904	377.15	0.60	19.63
01 Jan 00	1910	7893	377.14	0.50	18.62
01 Jan 00	1920	7883	377.14	0.41	17.66
01 Jan 00	1930	7873	377.13	0.34	16.74
01 Jan 00	1940	7863	377.12	0.27	15.87
01 Jan 00	1950	7854	377.12	0.22	15.04
01 Jan 00	2000	7845	377.11	0.17	14.26
01 Jan 00	2010	7837	377.10	0.13	13.51
01 Jan 00	2020	7829	377.10	0.10	12.80
01 Jan 00	2030	7822	377.09	0.07	12.12
01 Jan 00	2040	7815	377.09	0.05	11.48
01 Jan 00	2050	7808	377.08	0.03	10.88
01 Jan 00	2100	7802	377.08	0.01	10.30
01 Jan 00	2110	7796	377.08	0.00	9.76
01 Jan 00	2120	7790	377.07	0.00	9.24
01 Jan 00	2130	7784	377.07	0.00	8.75
01 Jan 00	2140	7779	377.06	0.00	8.29
01 Jan 00	2150	7774	377.06	0.00	7.85
01 Jan 00	2200	7770	377.06	0.00	7.43
01 Jan 00	2210	7766	377.05	0.00	7.04
01 Jan 00	2220	7761	377.05	0.00	6.66
01 Jan 00	2230	7758	377.05	0.00	6.31
01 Jan 00	2240	7754	377.05	0.00	5.98
01 Jan 00	2250	7750	377.04	0.00	5.66
01 Jan 00	2300	7747	377.04	0.00	5.36
01 Jan 00	2310	7744	377.04	0.00	5.08
01 Jan 00	2320	7741	377.04	0.00	4.81
01 Jan 00	2330	7738	377.04	0.00	4.55
01 Jan 00	2340	7736	377.03	0.00	4.31
01 Jan 00	2350	7733	377.03	0.00	4.08
01 Jan 00	2400	7731	377.03	0.00	3.87
02 Jan 00	0010	7728	377.03	0.00	3.66
02 Jan 00	0020	7726	377.03	0.00	3.47
02 Jan 00	0030	7724	377.03	0.00	3.28
02 Jan 00	0040	7722	377.02	0.00	3.11
02 Jan 00	0050	7720	377.02	0.00	2.94
02 Jan 00	0100	7719	377.02	0.00	2.79
02 Jan 00	0110	7717	377.02	0.00	2.64
02 Jan 00	0120	7716	377.02	0.00	2.50
02 Jan 00	0130	7714	377.02	0.00	2.37
02 Jan 00	0140	7713	377.02	0.00	2.24
02 Jan 00	0150	7711	377.02	0.00	2.12
02 Jan 00	0200	7710	377.02	0.00	2.01
02 Jan 00	0210	7709	377.01	0.00	1.90
02 Jan 00	0220	7708	377.01	0.00	1.80
02 Jan 00	0230	7707	377.01	0.00	1.71
02 Jan 00	0240	7706	377.01	0.00	1.62



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	0250	7705	377.01	0.00	1.53
02 Jan 00	0300	7704	377.01	0.00	1.45
02 Jan 00	0310	7703	377.01	0.00	1.37
02 Jan 00	0320	7702	377.01	0.00	1.30
02 Jan 00	0330	7702	377.01	0.00	1.23
02 Jan 00	0340	7701	377.01	0.00	1.17
02 Jan 00	0350	7700	377.01	0.00	1.10
02 Jan 00	0400	7700	377.01	0.00	1.05
02 Jan 00	0410	7699	377.01	0.00	0.99
02 Jan 00	0420	7698	377.01	0.00	0.94
02 Jan 00	0430	7698	377.01	0.00	0.89
02 Jan 00	0440	7697	377.01	0.00	0.84
02 Jan 00	0450	7697	377.01	0.00	0.80
02 Jan 00	0500	7696	377.01	0.00	0.75
02 Jan 00	0510	7696	377.01	0.00	0.71
02 Jan 00	0520	7695	377.01	0.00	0.68
02 Jan 00	0530	7695	377.00	0.00	0.64
02 Jan 00	0540	7695	377.00	0.00	0.61
02 Jan 00	0550	7694	377.00	0.00	0.57
02 Jan 00	0600	7694	377.00	0.00	0.54
02 Jan 00	0610	7694	377.00	0.00	0.52
02 Jan 00	0620	7693	377.00	0.00	0.49
02 Jan 00	0630	7693	377.00	0.00	0.46
02 Jan 00	0640	7693	377.00	0.00	0.44
02 Jan 00	0650	7693	377.00	0.00	0.41
02 Jan 00	0700	7692	377.00	0.00	0.39
02 Jan 00	0710	7692	377.00	0.00	0.37
02 Jan 00	0720	7692	377.00	0.00	0.35
02 Jan 00	0730	7692	377.00	0.00	0.33
02 Jan 00	0740	7691	377.00	0.00	0.32
02 Jan 00	0750	7691	377.00	0.00	0.30
02 Jan 00	0800	7691	377.00	0.00	0.28
02 Jan 00	0810	7691	377.00	0.00	0.27
02 Jan 00	0820	7691	377.00	0.00	0.25
02 Jan 00	0830	7691	377.00	0.00	0.24
02 Jan 00	0840	7691	377.00	0.00	0.23
02 Jan 00	0850	7690	377.00	0.00	0.22
02 Jan 00	0900	7690	377.00	0.00	0.20
02 Jan 00	0910	7690	377.00	0.00	0.19
02 Jan 00	0920	7690	377.00	0.00	0.18
02 Jan 00	0930	7690	377.00	0.00	0.17
02 Jan 00	0940	7690	377.00	0.00	0.16
02 Jan 00	0950	7690	377.00	0.00	0.16
02 Jan 00	1000	7690	377.00	0.00	0.15
02 Jan 00	1010	7690	377.00	0.00	0.14
02 Jan 00	1020	7689	377.00	0.00	0.13
02 Jan 00	1030	7689	377.00	0.00	0.13
02 Jan 00	1040	7689	377.00	0.00	0.12
02 Jan 00	1050	7689	377.00	0.00	0.11
02 Jan 00	1100	7689	377.00	0.00	0.11
02 Jan 00	1110	7689	377.00	0.00	0.10
02 Jan 00	1120	7689	377.00	0.00	0.10
02 Jan 00	1130	7689	377.00	0.00	0.09
02 Jan 00	1140	7689	377.00	0.00	0.09
02 Jan 00	1150	7689	377.00	0.00	0.08



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	1200	7689	377.00	0.00	0.08
02 Jan 00	1210	7689	377.00	0.00	0.07
02 Jan 00	1220	7689	377.00	0.00	0.07
02 Jan 00	1230	7689	377.00	0.00	0.07
02 Jan 00	1240	7689	377.00	0.00	0.06
02 Jan 00	1250	7689	377.00	0.00	0.06
02 Jan 00	1300	7689	377.00	0.00	0.06
02 Jan 00	1310	7689	377.00	0.00	0.05
02 Jan 00	1320	7689	377.00	0.00	0.05
02 Jan 00	1330	7689	377.00	0.00	0.05
02 Jan 00	1340	7688	377.00	0.00	0.04
02 Jan 00	1350	7688	377.00	0.00	0.04
02 Jan 00	1400	7688	377.00	0.00	0.04
02 Jan 00	1410	7688	377.00	0.00	0.04
02 Jan 00	1420	7688	377.00	0.00	0.04
02 Jan 00	1430	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1440	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1450	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1500	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1510	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1520	7688	377.00	0.00	0.03
02 Jan 00	1530	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1540	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1550	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1600	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1610	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1620	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1630	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1640	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1650	7688	377.00	0.00	0.02
02 Jan 00	1700	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1710	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1720	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1730	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1740	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1750	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1800	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1810	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1820	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1830	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1840	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1850	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1900	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1910	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1920	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1930	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1940	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	1950	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	2000	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	2010	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	2020	7688	377.00	0.00	0.01
02 Jan 00	2030	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2040	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2050	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2100	7688	377.00	0.00	0.00



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	2110	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2120	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2130	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2140	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2150	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2200	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2210	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2220	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2230	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2240	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2250	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2300	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2310	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2320	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2330	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2340	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2350	7688	377.00	0.00	0.00
02 Jan 00	2400	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0010	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0020	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0030	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0040	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0050	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0100	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0110	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0120	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0130	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0140	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0150	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0200	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0210	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0220	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0230	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0240	7688	377.00	0.00	0.00
03 Jan 00	0250	7688	377.00	0.00	0.00



MONTGOMERY WATSON



HIDROGRAMAS PARA 10.000 ANOS



HMS * Summary of Results for JOAO GUERRA

Project : JGUERRA Run Name : Run 2

Start of Run : 01Jan00 0100 Basin Model : Jgtr1000.dat

End of Run : 02Jan00 0250 Met. Model : Jgt10000.dat

Execution Time : 03Nov01 1143 Control Specs : Jgtr1000.dat

Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0100	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0110	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0120	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0130	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0140	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0150	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0200	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0210	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0220	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0230	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0240	7688	377.00	0.00	0.00
01 Jan 00	0250	7688	377.00	0.01	0.00
01 Jan 00	0300	7688	377.00	0.06	0.00
01 Jan 00	0310	7688	377.00	0.20	0.01
01 Jan 00	0320	7688	377.00	0.50	0.03
01 Jan 00	0330	7689	377.00	1.09	0.07
01 Jan 00	0340	7690	377.00	2.17	0.15
01 Jan 00	0350	7691	377.00	4.06	0.31
01 Jan 00	0400	7695	377.00	7.45	0.60
01 Jan 00	0410	7701	377.01	14.50	1.15
01 Jan 00	0420	7711	377.02	24.70	2.12
01 Jan 00	0430	7729	377.03	39.39	3.71
01 Jan 00	0440	7755	377.05	57.54	6.08
01 Jan 00	0450	7791	377.07	79.34	9.39
01 Jan 00	0500	7840	377.11	105.58	13.79
01 Jan 00	0510	7902	377.15	135.64	19.45
01 Jan 00	0520	7981	377.20	171.00	26.55
01 Jan 00	0530	8076	377.27	209.54	35.23
01 Jan 00	0540	8190	377.35	250.92	45.56
01 Jan 00	0550	8322	377.44	291.88	57.53
01 Jan 00	0600	8470	377.55	331.24	71.00
01 Jan 00	0610	8633	377.66	366.60	85.73
01 Jan 00	0620	8806	377.78	398.56	102.67
01 Jan 00	0630	8982	377.90	424.80	132.57
01 Jan 00	0640	9155	378.01	446.74	161.91
01 Jan 00	0650	9323	378.12	463.31	190.28
01 Jan 00	0700	9482	378.22	475.89	218.83
01 Jan 00	0710	9630	378.31	484.31	246.33
01 Jan 00	0720	9766	378.40	486.78	271.51
01 Jan 00	0730	9888	378.47	485.27	294.09
01 Jan 00	0740	9995	378.54	480.03	315.28
01 Jan 00	0750	10086	378.59	471.71	333.81
01 Jan 00	0800	10160	378.64	460.13	349.05
01 Jan 00	0810	10219	378.67	445.06	361.00
01 Jan 00	0820	10261	378.70	426.78	369.65



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0830	10287	378.71	405.15	374.99
01 Jan 00	0840	10298	378.72	381.78	377.12
01 Jan 00	0850	10294	378.72	358.39	376.31
01 Jan 00	0900	10277	378.71	335.29	372.91
01 Jan 00	0910	10250	378.69	313.30	367.30
01 Jan 00	0920	10213	378.67	291.83	359.83
01 Jan 00	0930	10169	378.64	271.04	350.79
01 Jan 00	0940	10118	378.61	251.27	340.44
01 Jan 00	0950	10062	378.58	232.40	329.07
01 Jan 00	1000	10003	378.54	214.86	316.90
01 Jan 00	1010	9940	378.50	197.94	304.15
01 Jan 00	1020	9875	378.46	181.79	291.76
01 Jan 00	1030	9809	378.42	166.61	279.38
01 Jan 00	1040	9740	378.38	152.30	266.76
01 Jan 00	1050	9672	378.34	138.75	254.00
01 Jan 00	1100	9602	378.30	126.12	241.20
01 Jan 00	1110	9534	378.25	114.81	228.49
01 Jan 00	1120	9466	378.21	104.35	215.97
01 Jan 00	1130	9400	378.17	94.79	203.72
01 Jan 00	1140	9336	378.13	86.28	192.47
01 Jan 00	1150	9273	378.09	78.59	181.82
01 Jan 00	1200	9212	378.05	71.55	171.49
01 Jan 00	1210	9153	378.01	65.11	161.51
01 Jan 00	1220	9096	377.97	59.35	151.90
01 Jan 00	1230	9042	377.94	54.05	142.69
01 Jan 00	1240	8990	377.90	49.18	133.87
01 Jan 00	1250	8940	377.87	44.84	125.47
01 Jan 00	1300	8893	377.84	40.87	117.47
01 Jan 00	1310	8848	377.81	37.21	109.88
01 Jan 00	1320	8806	377.78	33.87	102.69
01 Jan 00	1330	8765	377.75	30.87	97.74
01 Jan 00	1340	8725	377.72	28.12	94.13
01 Jan 00	1350	8686	377.70	25.59	90.56
01 Jan 00	1400	8647	377.67	23.34	87.06
01 Jan 00	1410	8610	377.64	21.27	83.63
01 Jan 00	1420	8573	377.62	19.36	80.27
01 Jan 00	1430	8536	377.59	17.63	77.00
01 Jan 00	1440	8501	377.57	16.06	73.81
01 Jan 00	1450	8467	377.54	14.61	70.71
01 Jan 00	1500	8434	377.52	13.29	67.70
01 Jan 00	1510	8402	377.50	12.12	64.79
01 Jan 00	1520	8371	377.48	11.06	61.97
01 Jan 00	1530	8341	377.46	10.10	59.24
01 Jan 00	1540	8312	377.44	9.24	56.61
01 Jan 00	1550	8284	377.42	8.48	54.08
01 Jan 00	1600	8257	377.40	7.78	51.65
01 Jan 00	1610	8231	377.38	7.14	49.31
01 Jan 00	1620	8207	377.36	6.54	47.05
01 Jan 00	1630	8183	377.35	5.97	44.89
01 Jan 00	1640	8160	377.33	5.44	42.81
01 Jan 00	1650	8138	377.31	4.94	40.82
01 Jan 00	1700	8117	377.30	4.46	38.91
01 Jan 00	1710	8096	377.29	4.01	37.07
01 Jan 00	1720	8077	377.27	3.59	35.30
01 Jan 00	1730	8058	377.26	3.19	33.61



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	1740	8041	377.25	2.81	31.99
01 Jan 00	1750	8023	377.23	2.44	30.43
01 Jan 00	1800	8007	377.22	2.09	28.94
01 Jan 00	1810	7991	377.21	1.76	27.51
01 Jan 00	1820	7976	377.20	1.45	26.14
01 Jan 00	1830	7962	377.19	1.17	24.82
01 Jan 00	1840	7948	377.18	0.98	23.56
01 Jan 00	1850	7934	377.17	0.82	22.36
01 Jan 00	1900	7922	377.16	0.69	21.21
01 Jan 00	1910	7910	377.15	0.57	20.12
01 Jan 00	1920	7898	377.15	0.47	19.08
01 Jan 00	1930	7887	377.14	0.39	18.10
01 Jan 00	1940	7877	377.13	0.32	17.16
01 Jan 00	1950	7867	377.13	0.25	16.26
01 Jan 00	2000	7858	377.12	0.20	15.41
01 Jan 00	2010	7849	377.11	0.15	14.60
01 Jan 00	2020	7840	377.11	0.11	13.84
01 Jan 00	2030	7832	377.10	0.08	13.11
01 Jan 00	2040	7825	377.10	0.05	12.42
01 Jan 00	2050	7818	377.09	0.03	11.76
01 Jan 00	2100	7811	377.09	0.02	11.14
01 Jan 00	2110	7804	377.08	0.01	10.55
01 Jan 00	2120	7798	377.08	0.00	9.99
01 Jan 00	2130	7792	377.07	0.00	9.46
01 Jan 00	2140	7787	377.07	0.00	8.96
01 Jan 00	2150	7782	377.07	0.00	8.48
01 Jan 00	2200	7777	377.06	0.00	8.04
01 Jan 00	2210	7772	377.06	0.00	7.61
01 Jan 00	2220	7767	377.06	0.00	7.21
01 Jan 00	2230	7763	377.05	0.00	6.82
01 Jan 00	2240	7759	377.05	0.00	6.46
01 Jan 00	2250	7755	377.05	0.00	6.12
01 Jan 00	2300	7752	377.04	0.00	5.80
01 Jan 00	2310	7748	377.04	0.00	5.49
01 Jan 00	2320	7745	377.04	0.00	5.20
01 Jan 00	2330	7742	377.04	0.00	4.92
01 Jan 00	2340	7739	377.04	0.00	4.66
01 Jan 00	2350	7737	377.03	0.00	4.41
01 Jan 00	2400	7734	377.03	0.00	4.18
02 Jan 00	0010	7732	377.03	0.00	3.96
02 Jan 00	0020	7729	377.03	0.00	3.75
02 Jan 00	0030	7727	377.03	0.00	3.55
02 Jan 00	0040	7725	377.03	0.00	3.36
02 Jan 00	0050	7723	377.02	0.00	3.18
02 Jan 00	0100	7721	377.02	0.00	3.01
02 Jan 00	0110	7719	377.02	0.00	2.86
02 Jan 00	0120	7718	377.02	0.00	2.70
02 Jan 00	0130	7716	377.02	0.00	2.56
02 Jan 00	0140	7715	377.02	0.00	2.42
02 Jan 00	0150	7713	377.02	0.00	2.30
02 Jan 00	0200	7712	377.02	0.00	2.17
02 Jan 00	0210	7711	377.02	0.00	2.06
02 Jan 00	0220	7709	377.02	0.00	1.95
02 Jan 00	0230	7708	377.01	0.00	1.85
02 Jan 00	0240	7707	377.01	0.00	1.75



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	0250	7706	377.01	0.00	1.66

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

