



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 UMARI VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 2 - Estudos Hidrológicos



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE

**ÍNDICE****Páginas**

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	14
2.3. Geologia e Geomorfologia	24
2.4. Determinação do Número CN	24
2.5. Geometria e relevo	27
3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	28
3.1. Caracterização Climática	29
3.5. Temperatura	31
3.6. Insolação Total	33
3.7. Umidade Relativa	34
3.8. Ventos	35
3.9. Regime Pluvial a Nível Anual e Mensal	36
3.10. Evapotranspiração Potencial	43
3.11. Evaporação em Tanque Classe A	44
3.12. Sinopse Climática	45
4. ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS	47
4. Estudos de Chuvas Intensas.....	48
4.1. Chuvas Máximas Diárias.....	48



4.2. <i>Chuvas Intensas</i>	57
4.2.1. Método das Isozonas (TORRICO,1975).	58
5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS	62
6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO	67
6.1. <i>Metodologia</i>	68
6.1.1. Precipitação	69
6.1.2. Precipitação Efetiva.....	71
6.1.3. Hidrograma Unitário - SCS	75
6.2. <i>Propagação da Cheia no Reservatório</i>	75
6.3. <i>Resultados</i>	77
7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	79
7.1. <i>Disponibilidade hídrica</i>	80
7.1.1. Metodologia.....	80
7.1.1.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico	80
7.2. <i>Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório</i>	83
8. ESTUDOS ADICIONAIS	85
8.1. <i>Introdução</i>	86
8.2. <i>Estudo da Disponibilidade Hídrica</i>	86
ANEXO A	92
HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS.....	93
HIDROGRAMAS PARA 10000 ANOS.....	100



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 Umari**, situada no riacho Barrigas, integrante da bacia do rio Jaguaribe, no município de Madalena/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 Umari**

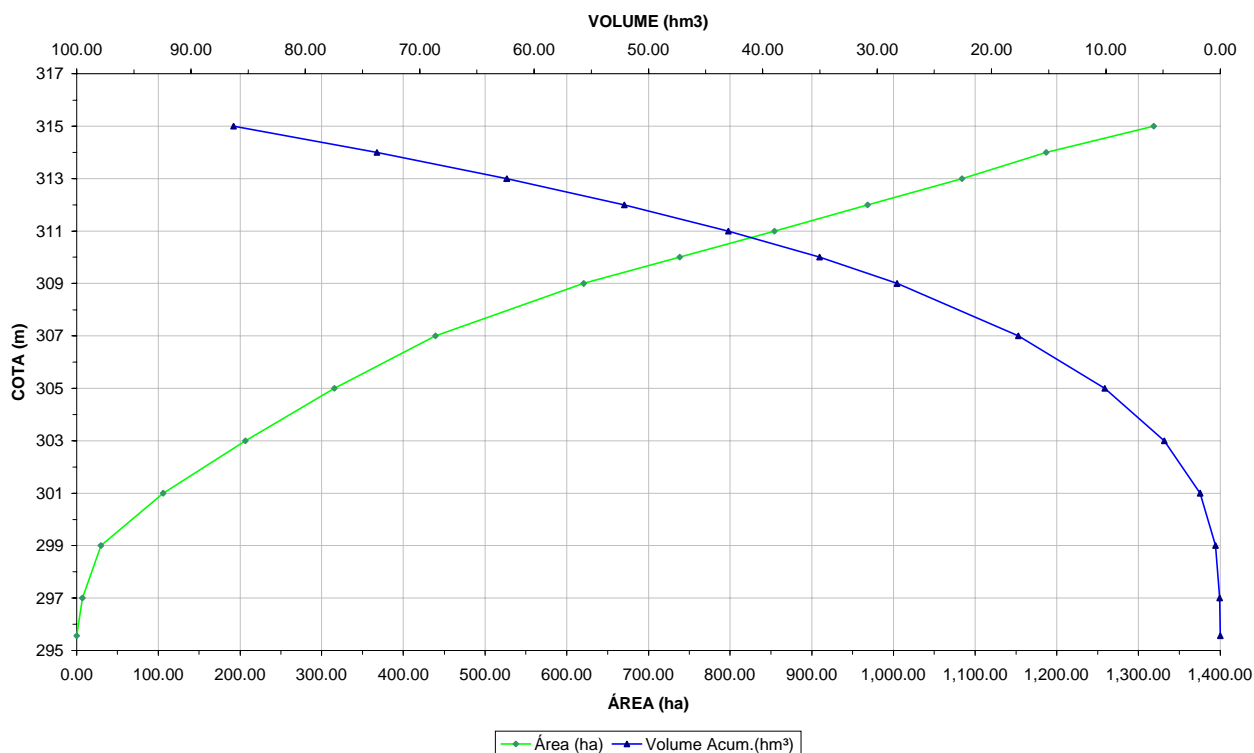
Município	Madalena
Rio ou Riacho Barrado	Barrigas
Área da Bacia Hidrográfica	975 km ²
Comprimento do Talvegue Principal	65,5 km
Desnível do Talvegue Principal	545 m
Precipitação Média Anual	642 mm
Escoamento Médio Anual	58 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A)	2706 mm
Vertedouro Tipo.....	Canal escavado em rocha
Largura do Vertedouro	100 m
Comprimento/Declividade Longitudinal do Vertedouro	300 m/0,5 %
Cota do Vertedouro	310,00 m
Volume Máximo Acumulável	35,04 hm ³
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	932 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 1.000 anos	3,12 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos	1.055 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 10.000 anos	3,39 m
Vazão Regularizada a 90% de garantia sem J. Guerra	390 l/s
Vazão Regularizada a 95% de garantia sem J. Guerra	290 l/s
Vazão Regularizada a 99% de garantia sem J. Guerra	190 l/s
Vazão Regularizada a 90% de garantia com J. Guerra.....	310 l/s
Vazão Regularizada a 95% de garantia com J. Guerra.....	230 l/s
Vazão Regularizada a 99% de garantia com J. Guerra.....	130 l/s



Barragem: Umari

COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota(m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
295.558	0.00	0.00	0.00
297.000	6.86	0.05	0.05
299.000	29.58	0.36	0.41
301.000	105.67	1.35	1.77
303.000	206.32	3.12	4.89
305.000	315.24	5.22	10.10
307.000	439.39	7.55	17.65
309.000	620.58	10.60	28.25
310.000	738.28	6.79	35.04
311.000	854.31	7.96	43.01
312.000	968.31	9.11	52.12
313.000	1,084.09	10.26	62.38
314.000	1,187.04	11.36	73.74
315.000	1,318.70	12.53	86.26

BARRAGEM UMARI
COTA x ÁREA x VOLUME





MONTGOMERY WATSON



1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos do Açude Umari objetivaram fornecer os elementos hidrológicos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas de descarga de obra. A barragem Umari ficará localizada a 165 km da cidade de Fortaleza, a noroeste do município de Madalena, cujo acesso é feito pela Br - 020.

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 Quixeramobim definida no Plano de Gestão das Águas da Bacia do Jaguaribe (COGERH/ENGESOFT).

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 diversas cotas de sangria e para diversas dimensões alternativas de sangradouro.

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

O maior limitador do volume do açude foi a ponte na BR-020, no riacho Tigre.

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



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 1.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO



MONTGOMERY WATSON



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 Umari, que barra o rio Barrigas nas coordenadas UTM N 9.468.435 e E 438.305. A barragem situa-se próxima à localidade Salgadinho, a montante da sede do município de Madalena em torno de 7 Km, pertencendo à microrregião geográfica da Bacia do Banabuiú.

2.1. SISTEMA DE DRENAGEM E AÇUDES EXISTENTES

A bacia hidrográfica do açude Umari tem como principal contribuinte o rio Treme e o próprio rio Barrigas, abrangendo uma área de contribuição de 975 Km². Esta representa a área total contribuinte, sendo que, uma vez construída a barragem João Guerra, que localiza-se a montante da barragem Umari, a bacia hidrográfica incremental representará 823,3 Km². O rio Barrigas se estende na direção norte-sul, perfazendo, aproximadamente, 64,8 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 Umari, foram utilizadas 2 (duas) fontes de dados: as Cartas da SUDENE de Itatira e Quixadá, escala 1:100.000, através da qual identificaram-se os açudes Fazenda Lajes, São José, São José de Macaoca, Fazenda Oiti e Umarizeiras; e 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 5 (cinco) espelhos d'água, sem denominação específica, que para fins de organização neste trabalho, foram denominados de açude Sem Nome 4, Sem Nome 5 e assim sucessivamente. 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 14 espelhos d'água localizados a montante do açude Umari perfaziam uma área de 260,86 ha, sendo que, daqueles, 10 são os pertencentes à bacia incremental da barragem Umari em relação à barragem João Guerra, representando uma área de espelhos d'água de 226,32 ha.

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

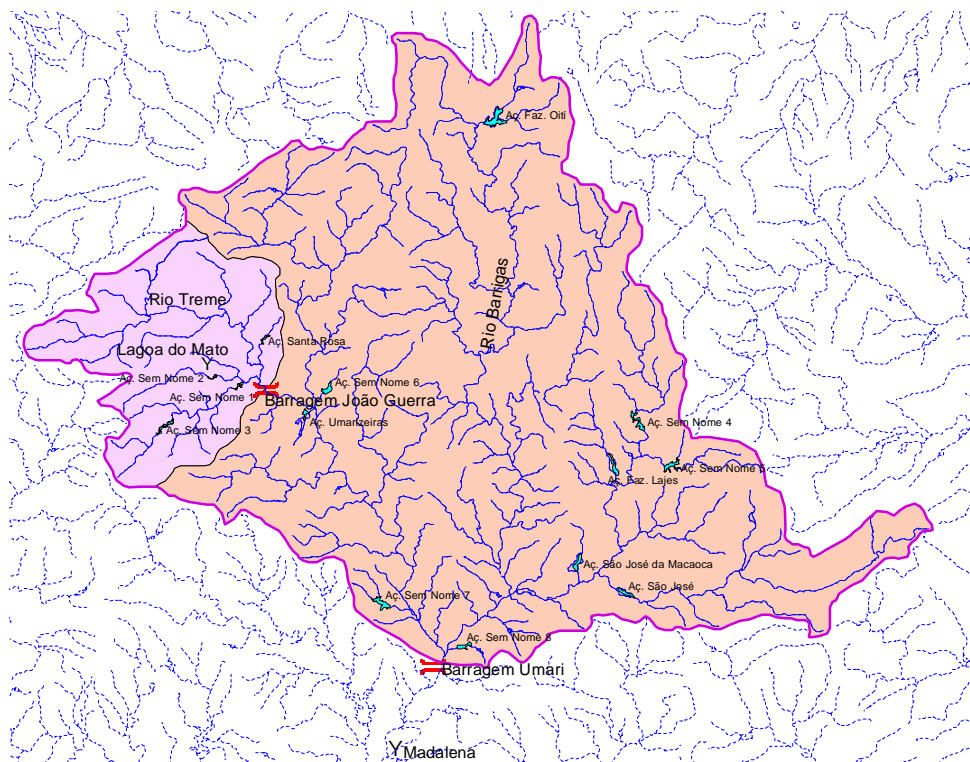


A Figura 2.1.1 apresenta o sistema de drenagem da bacia contribuinte ao açude Umari, inclusive a bacia hidrográfica do açude João Guerra e região adjacente. Observa-se que a cidade de Madalena, que será abastecida por este açude, encontra-se a jusante do eixo da barragem. A bacia é de ordem 6, conforme classificação de Horton obtida da planta da bacia hidrográfica na escala 1:100.000.

2.2. SOLOS E COBERTURA VEGETAL

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

O estudo de solos na bacia hidrográfica do açude Umari foi realizado considerando-se tanto a bacia total, incluindo a área contribuinte ao açude projetado João Guerra, como somente a bacia hidrográfica incremental, ou seja, excluindo-se a área que drena para a barragem João Guerra. As Tabelas 2.2.1 e 2.2.2 apresentam, respectivamente, a distribuição dos tipos de solos presentes na bacia hidrográfica incremental e na bacia total do açude Umari.



Escala 1:300.000

- LEGENDA
- Y Madalena
 - Y Lagoa do Mato
 - Aç. Umari
 - Aç. João Guerra
 - Aç. existentes a Montante do Aç. Umari
 - Hidrografia Contribuinte ao Aç. Umari
 - Hidrografia Regional
 - Bacia Hidrográfica Elemental do Aç. Umari
 - Bacia Hidrográfica do Aç. João Guerra
 - Limite da Bacia Hidrográfica do Aç. Umari

Figura 2.1.1 – Sistema de drenagem e açudes existentes na bacia hidrográfica do açude Umari.



Tabela 2.2.1: Manchas de solos existentes na bacia hidrográfica incremental do açude Umari, ou seja, excluindo-se a área contribuinte ao açude João Guerra.

Mancha de Solos	Área (ha)	Distribuição (%)
NC41 - Associação de Bruno Não Cálcico vértico + Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos	22.410	27,2
Re38 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico	12.225	14,8
Re48 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	8.537	10,4
Re19 - Solos Litólicos Eutróficos	6.227	7,6
PE66 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	5.202	6,3
NC35 - Associação de Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos	5.071	6,2
PE67 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	4.570	5,6
PLS12 - Associação de Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutróficos	3.356	4,1
PE13 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	3.281	4,0
Re32 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	3.155	3,8
Re35 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	2.636	3,2
Ae7 - Solos Aluviais Eutróficos	2.210	2,7
PE15 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	1.818	2,2
PE46 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	908	1,1
NC5 - Bruno Não Cálcico	546	0,7
AR2 - Associação de Afloramentos Rochosos + Solos Litólicos	156	0,2
Re7 - Solos Litólicos Eutróficos	18	0,0

Tabela 2.2.2: Manchas de solos existentes na bacia hidrográfica total do açude Umari, incluindo a área contribuinte ao açude João Guerra.

Mancha de Solos	Área (ha)	Distribuição (%)
NC41 - Associação de Bruno Não Cálcico vértico + Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos	22.410	23,4
Re38 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico	12.973	13,6
Re48 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	9.534	10,0
Re19 - Solos Litólicos Eutróficos	6.414	6,7
PE66 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	8.040	8,4



Continuação da Tabela 2.2.2

Mancha de Solos	Área (ha)	Distribuição (%)
NC35 - Associação de Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos	5.071	5,3
PE67 - Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	5.000	5,2
PLS12 - Associação de Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutróficos	4.140	4,3
PE13 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	3.281	3,4
Re32 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	3.155	3,3
Re35 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	6.299	6,6
Ae7 - Solos Aluviais Eutróficos	2.210	2,3
PE15 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	1.818	1,9
PE46 - Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico	908	0,9
NC5 - Bruno Não Cálcico	546	0,6
AR2 - Associação de Afloramentos Rochosos + Solos Litólicos	156	0,2
Re7 - Solos Litólicos Eutróficos	18	0,0
RE17 - Solos Litólicos Eutróficos	3.611	3,8
PLS16 - Associação de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutróficos	9	0,0

Nota: (1) As categorias de solo marcadas em azul pertencem tanto à bacia incremental do açude Umari como a bacia do açude João Guerra.

(2) As categorias de solo marcadas em verde pertencem somente à bacia incremental do açude Umari.

(3) As categorias de solo marcadas em amarelo pertencem somente a bacia do açude João Guerra.

De acordo com as Tabelas 2.2.1 e 2.2.2 observa-se que a distribuição das categorias de solos, tanto em termos absolutos como em percentual, não se altera significativamente ao se considerar somente a bacia incremental ou a área total contribuinte ao açude Umari. Nota-se que, para ambos os casos, os solos predominantes são associação de Bruno Não Cálcico vértico + Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos (NC41 e NC35), associação de solos Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico (Re38) e associação de solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos (Re48 e Re32), abrangendo em conjunto cerca de 62% da área da bacia hidrográfica incremental ou 56% da área da bacia hidrográfica total. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com muito baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Considerando-se como solos de baixa representatividade aqueles que abrangem menos de 1% da área da bacia, identifica-se,



portanto, como de pouca importância as categorias: Bruno Não Cálcico (NC5); Associação de Afloramentos Rochosos + Solos Litólicos (AR2); Solos Litólicos Eutróficos (Re7); Associação de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutróficos (PLS16). Tais solos abrangem, em conjunto, menos de 1% da área da bacia hidrográfica total e da bacia hidrográfica incremental do açude Umari.

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude Umari inundará região cujos solos dominantes são Ae7 – Solos Aluviais Eutróficos (Ae7) e Associação de Bruno Não Cálcico vértico + Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos (NC41), 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 Umari.

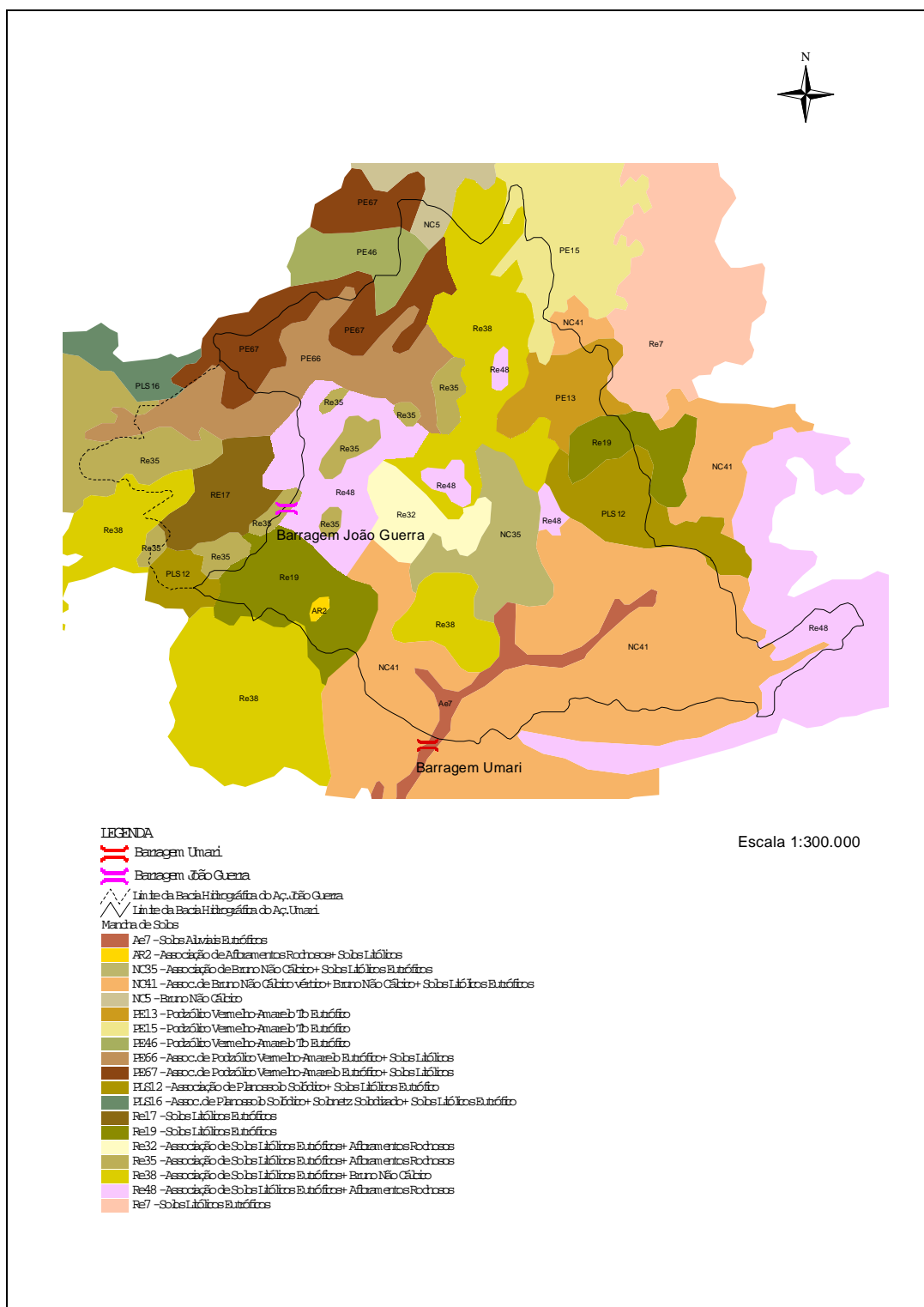


Figura 2.2.1 – Manchas de Solos na bacia hidrográfica do açude Umari.



A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude Umari 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). A Tabela 2.2.3, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica incremental do açude Umari, enquanto que a Tabela 2.2.4 apresenta o uso do solo na bacia hidrográfica total, ou seja, incluindo a área de drenagem do açude João Guerra.

Tabela 2.2.3: Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica incremental do açude Umari, 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 Incremental
Caatinga Arbórea Densa	217.099.800	27,88
Caatinga Herbáceo Arbustiva	363.695.400	46,71
Espelhos d'água > 5 ha	3.942.000	0,51
Solo Exposto	3.010.500	0,39
Mata Ciliar	4.924.800	0,63
Área Agrícola	15.842.700	2,03
Área Alterada/Antropizada	151.764.300	19,49
Nuvem	17.984.700	2,31
Área Urbana	5.400	0,00
Sem Dado	387.000	0,05

Tabela 2.2.4: Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica total do açude Umari, de acordo com as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996 (COGERH, 2000).

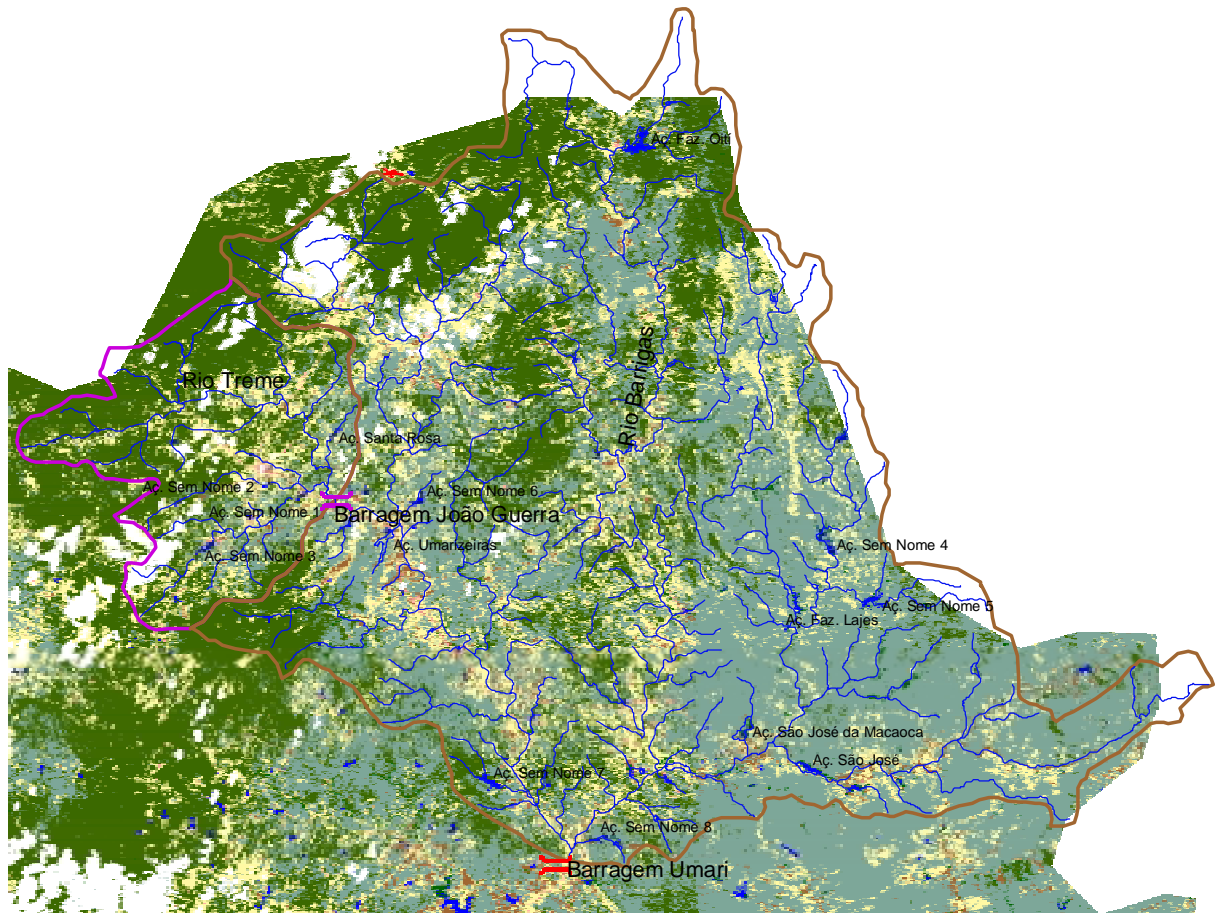
Uso do Solo	Área (m ²)	% do Uso do Solo em Relação à Área da Bacia Hidrográfica Total
Caatinga Arbórea Densa	291.279.600	32,00
Caatinga Herbáceo Arbustiva	381.701.700	41,94
Espelhos d'água > 5 ha	4.560.300	0,50
Solo Exposto	3.996.900	0,44
Mata Ciliar	4.955.400	0,54
Área Agrícola	17.672.400	1,94
Área Alterada/Antropizada	179.467.200	19,72
Nuvem	26.181.900	2,88
Área Urbana	5.400	0,00
Sem Dado	387.000	0,04



Pelas informações apresentadas nas Tabela 2.2.3 e 2.2.4, nota-se que a caracterização do uso do solo e cobertura vegetal, em termos percentuais, não se altera significativamente ao se considerar somente a bacia incremental ou a área total contribuinte ao açude Umari. Em ambas análises, a região da bacia de drenagem do açude Umari possui um bom estado de preservação das matas virgens, pois cerca de 75 % da área é coberta por caatinga arbórea densa e caatinga herbácea arbustiva. No entanto, apresenta consideráveis valores de área alterada ou antropizada, cerca de 20 %, o que indica sinal de degradação ambiental nestas áreas.

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

A Figura 2.2.2, a seguir, apresenta a distribuição espacial dos vários usos do solo identificados nas imagens de satélite TM/Landsat.



LEGENDA

Escala 1:300.000

-  Barragem João Guerra
-  Barragem Umari
-  Hidrografia
-  Limite Bacia Hidrográfica Incremental Aç. Umari
-  Limite Bacia Hidrográfica Açude João Guerra
- Uso do Solo
-  Áreas Irrigadas
-  Caatinga Arbórea Densa
-  Caatinga Herbácea Arbustiva
-  Açudes e Lagos
-  Área Agrícola
-  Solo Exposto
-  Área Alterada
-  Água c/ Macrófitas e Sedimentos
-  Mata Ciliar
-  Nuvem
-  Área Urbana
-  Sem Dado



2.3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O projeto está localizado no Complexo Itatira de gnaisses e migmatitos não diferenciados com intrusões graníticos. O complexo está caracterizado por rochas meta-sedimentares constituídas de micaxistos, quartzitos micaceos, 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, 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 Umari foram obtidas a partir da classificação de solos quanto à permeabilidade para a bacia do Jaguaribe, apresentada no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1992)². De acordo com estas informações, a bacia constitui-se de solos tipo D, predominando em cerca de 88% da área da bacia hidrográfica incremental, e de solos tipo B, o qual abrange os restantes 12%.

Para o cálculo da precipitação efetiva, trabalhou-se com a área incremental da barragem do Umari, uma vez que no cálculo hidrológico serão considerados os vertimentos do açude João Guerra proposto.

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
Área Urbana	Zonas Residenciais c/ Lotes < 500m ²

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 na Tabela 2.4.1 a seguir.

Tabela 2.4.1: Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica Incremental do Açude Umari.

Uso do Solo de Acordo com o Método CN	PERMEABILIDADE (m ²)		PONDERAÇÃO CN			
	B	D	CN _B	PESO _B	CN _D	PESO _D
Plantações regulares em fileiras retas	2.277.000	13.565.700	76	0,00	88	0,02
Florestas Normais	16.390.800	199.123.200	60	0,02	76	0,27
Florestas Esparsas	42.034.500	321.611.400	68	0,06	84	0,43
Estradas de terra de superfície dura	741.600	2.264.400	84	0,00	92	0,00
Pastagens ou terrenos em más condições	25.937.100	125.468.100	79	0,03	89	0,17
Zonas Residenciais c/ Lotes < 500m ²	0	5.400	85	0,00	92	0,00
CN GERAL						81

Determinou-se, portanto, que para o cálculo da precipitação efetiva na bacia do açude Umari deve ser usado CN igual a 81.



2.5. GEOMETRIA E RELEVO

A bacia hidrográfica da barragem Umari possui uma área total de 974,86 km², um perímetro de 193.693m e comprimento de maior curso d'água de 65,5km, 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):	0,23
Coefficiente de Compacidade (K_c):	1,73

Tabela 2.5.2: Características de Relevo

Declividade da Bacia:	7,6%
Declividade de Álveo:	0,9%

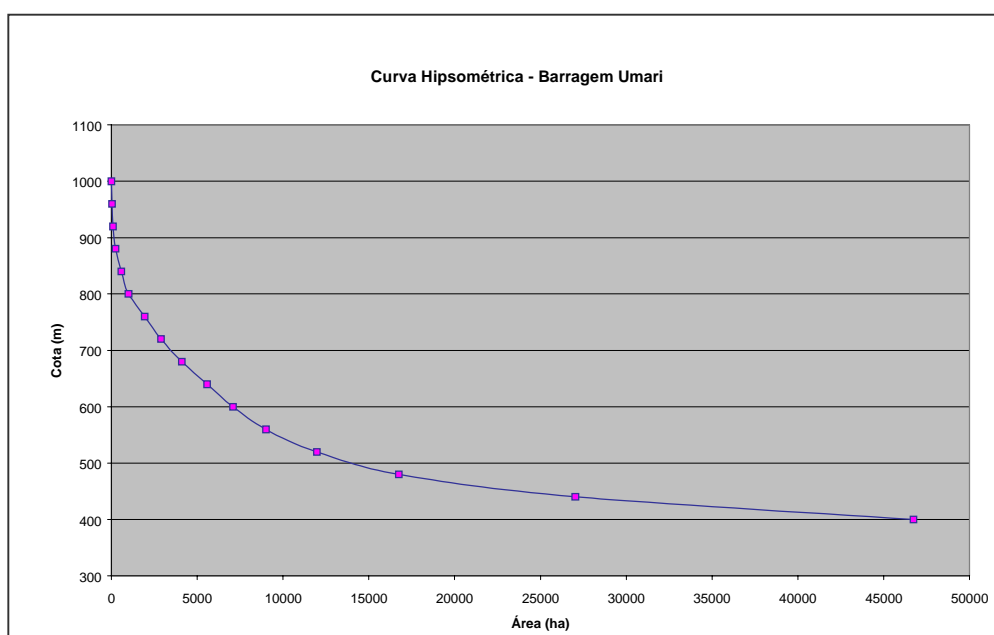


Tabela 2.5.3

Curva Hipsométrica

Cota (m)	Área (ha)
1000	1,79
960	34,13
920	96,66
880	253,61
840	579,34
800	997,80
760	1940,36
720	2898,12
680	4088,49
640	5581,49
600	7089,25
560	9008,22
520	11980,64
480	16748,83
440	27032,34
400	46720,41



MONTGOMERY WATSON



3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA



3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

3.1. 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 3 (três) postos pluviométricos localizados dentro e numa distância máxima de 10 km do limite da bacia hidrográfica incremental do açude Umari. No caso da evapotranspiração foram calculados os valores segundo *Hargreaves* (1974)³. A Tabela 3.1 lista as estações pluviométricas consideradas neste estudo.

Tabela 3.1: Estações Pluviométricas consideradas na caracterização climática da bacia hidrográfica do açude Umari.

Código	Posto	Município	Coordenadas		Elevação (m)	Média Anual (mm)
			Lat.	Long.		
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
2891407	São José da Macaoca	Quixeramobim	4°42' S	39°28' O	280	607,1

A Figura 3.1, a seguir, apresenta a localização da estação meteorológica de Quixeramobim e dos 3 postos pluviométricos utilizados no estudo da precipitação com relação à bacia hidrográfica incremental e à posição da barragem do açude Umari.

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

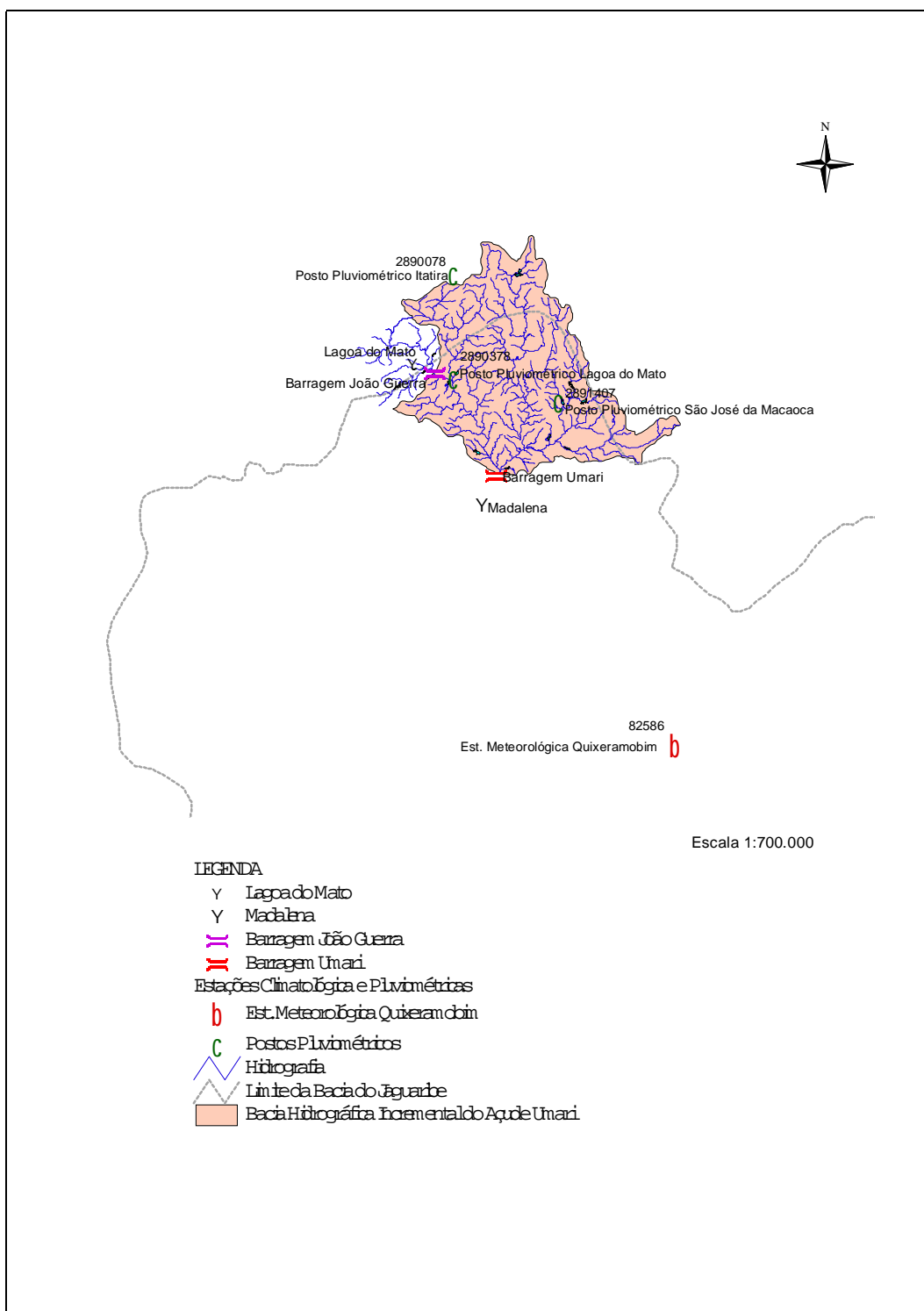


Figura 3.1: Localização da Estação Meteorológica Quixeramobim e dos Postos Pluviométricos utilizados nos Estudos Climatológicos e Pluviométricos do açude Umari.



3.5. 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 na Tabela 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).

**Tabela 3.1.1: Valores de Temperatura em ° C para a Estação de Quixeramobim, CE**

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.

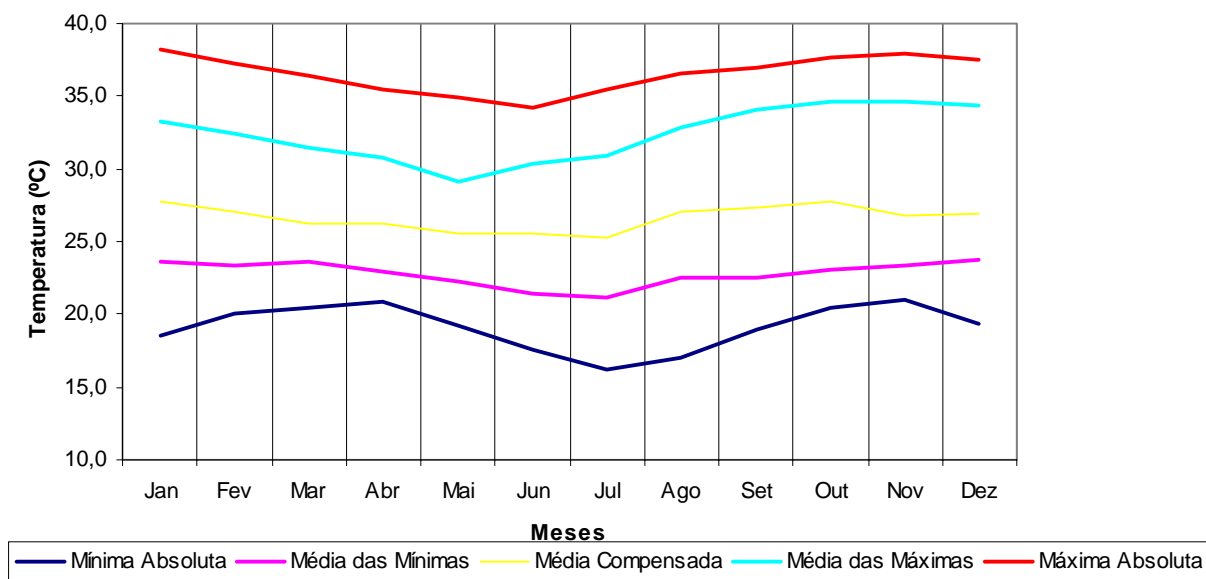


Figura 3.1.1: Distribuição da Temperatura (° C) para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano.



3.6. INSOLAÇÃO TOTAL

A tabela 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.

Tabela 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*.

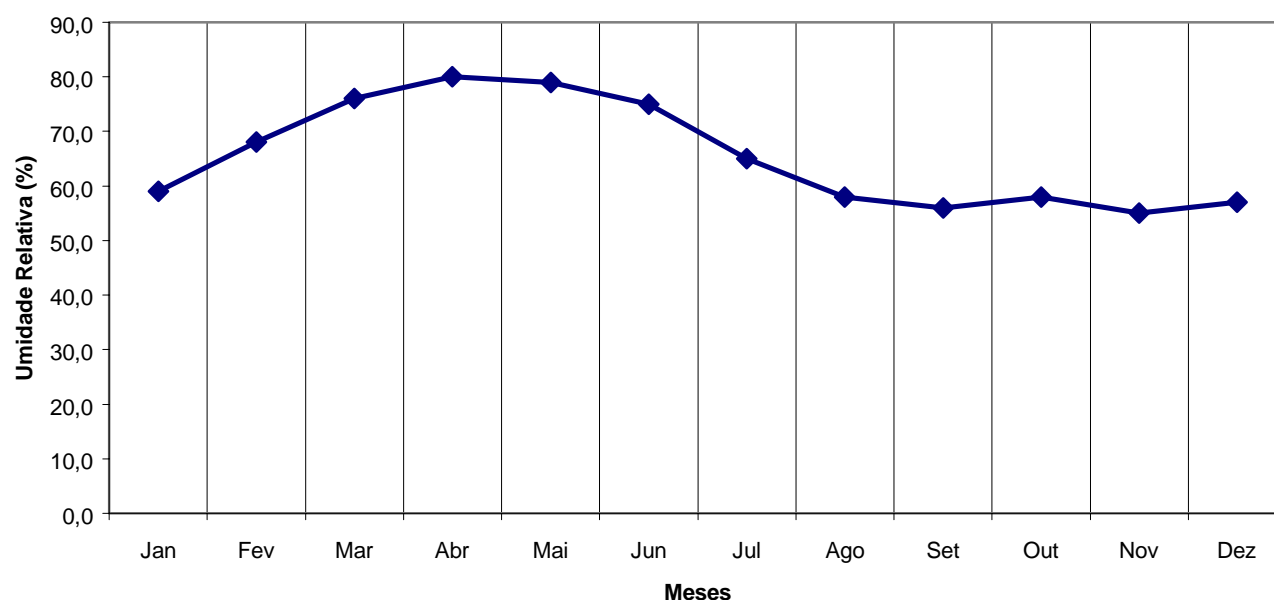


Figura 3.2.1: Distribuição da Insolação Total para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano.



3.7. 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.

A tabela 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%.

Tabela 3.3.1: Valores de Umidade Relativa para a Estação de Quixeramobim, CE

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.*

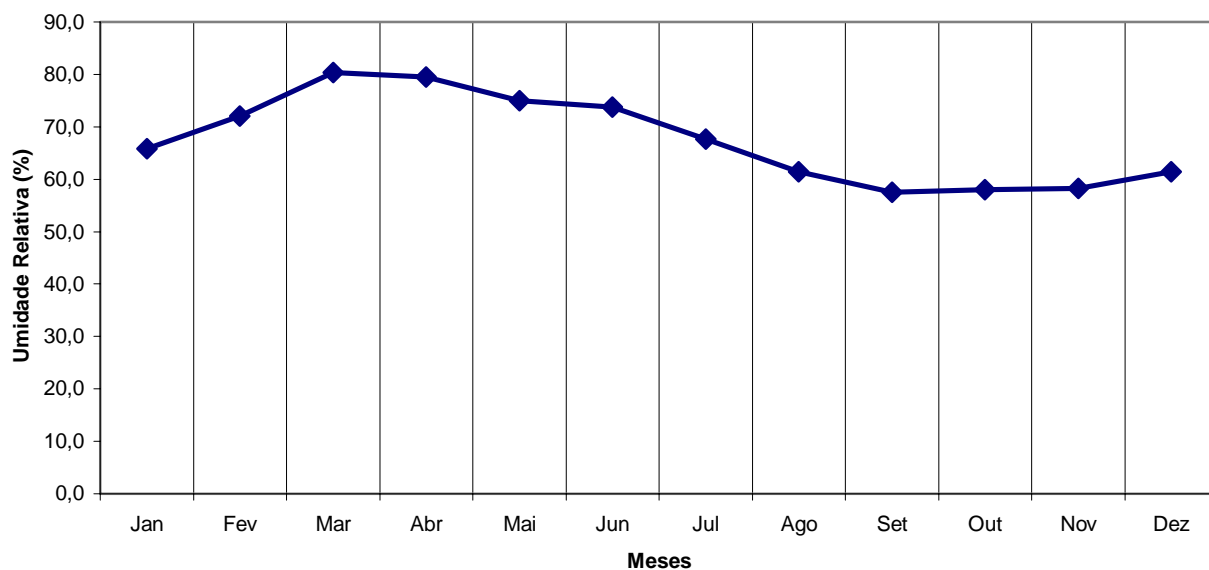


Figura 3.3.1: Distribuição da Umidade Relativa Média para a Estação de Quixeramobim - CE ao longo do ano

3.8.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.

Tabela 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*.



3.9. REGIME PLUVIAL A NÍVEL ANUAL E MENSAL

Para a caracterização da precipitação na bacia hidrográfica incremental do açude Umari, foram utilizados 3 (três) postos pluviométricos como já apresentado anteriormente. A tabela 3.5.1 lista as principais características dos postos utilizados.

Tabela 3.5.1 – Características das Estações Pluviométricas utilizadas nos estudos de precipitação da bacia hidrográfica incremental do açude Umari.

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
2891407	São José da Macaoca	Quixeramobim	4°42' S	39°28' O	280	01/1961	12/1994

As séries de dados diários de chuva observados para os postos na bacia hidrográfica incremental do açude Umari foram condensadas mensalmente, estando apresentadas nas Tabelas 3.5.2 a 3.5.4 os totais mensais e anuais, e nas Figuras 3.5.1 a 3.5.3 os hietogramas mensais para cada posto.

Tabela 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



Continuação da Tabela 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
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
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



Continuação da Tabela 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
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

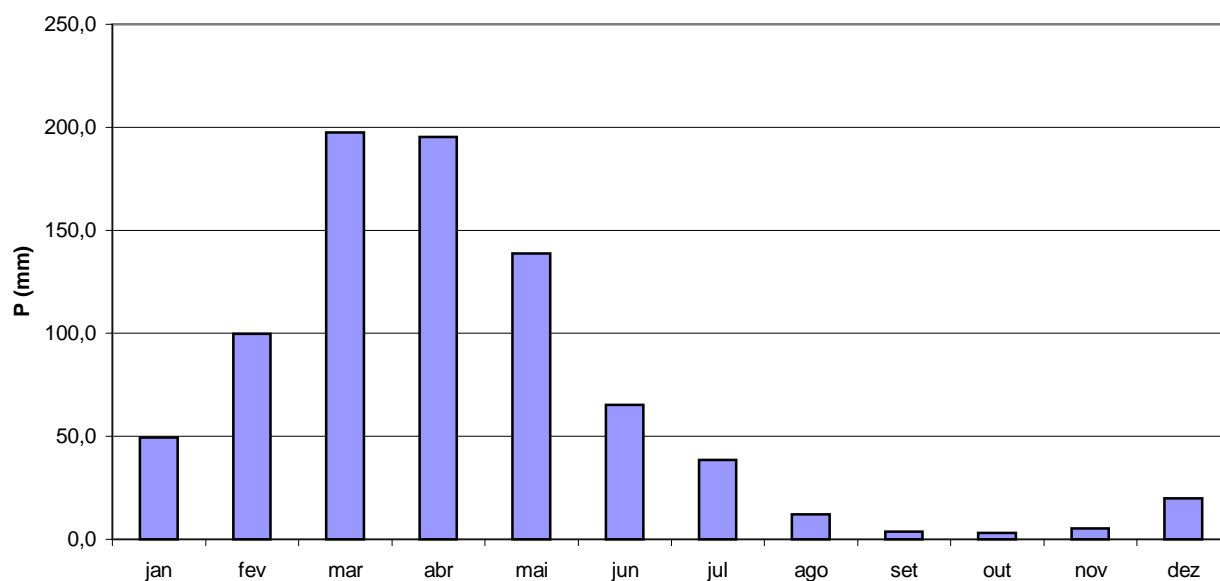


Figura 3.5.1: Hietograma de chuva média mensal para o posto Itatira (código 2890078).

Tabela 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



Continuação da Tabela 3.5.3

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
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
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



Continuação da Tabela 3.5.3

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
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

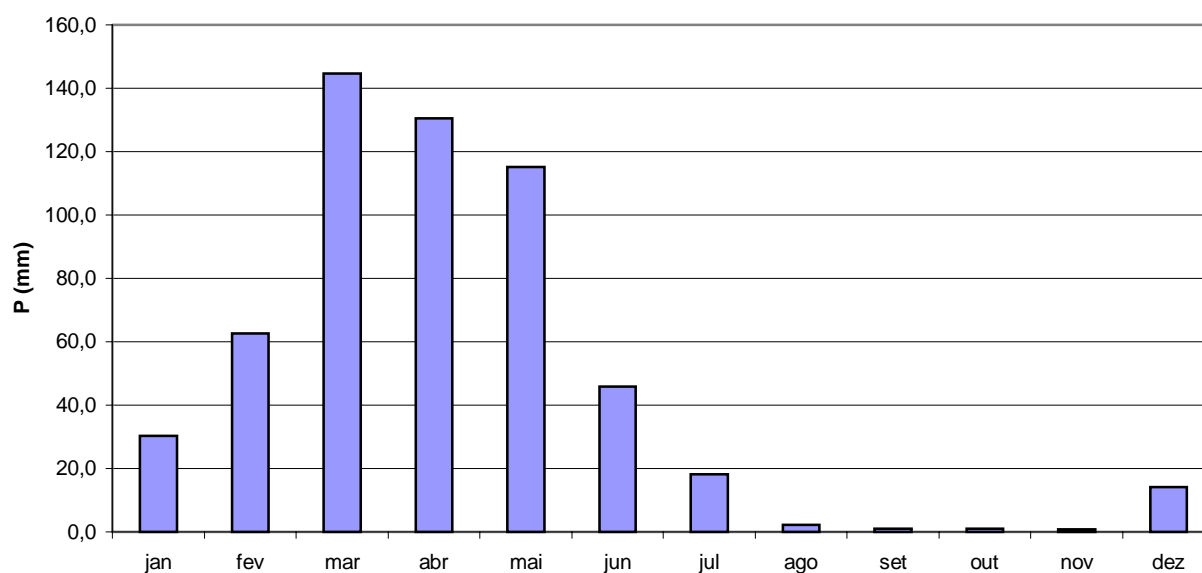


Figura 3.5.2: Hietograma de chuva média mensal para o posto Lagoa do Mato (código 2890378).

**Tabela 3.5.4: Pluviometria Média Mensal para o Posto São José da Macaoca (código 2891407).**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1962	5,0	48,4	232,1	127,2	85,1	21,1	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	568,3
1963	150,6	82,1	218,3	140,7	20,0	78,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	713,5
1964	89,6	133,8	234,2	300,2	227,1	14,0	45,8	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	1048,5
1965	27,4	5,3	138,8	298,4	64,1	85,4	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	629,6
1966	6,0	126,7	126,0	111,3	34,5	60,7	40,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	505,4
1967	19,5	139,6	154,3	169,8	81,6	35,4	0,0	35,4	0,0	0,0	0,0	47,8	683,4
1968	62,1	13,8	188,7	170,0	97,9	8,9	18,3	14,0	0,0	7,6	0,0	0,0	581,3
1969	49,4	16,1	81,9	168,6	77,9	84,3	89,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	568,1
1970	45,4	45,2	110,5	109,2	5,3	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	344,5
1971	52,3	35,9	86,5	126,3	146,8	127,6	61,2	0,0	0,0	3,2	11,2	0,0	651,0
1972	36,4	33,5	84,7	88,5	58,4	50,4	7,6	48,4	5,0	0,0	0,0	110,4	523,3
1973	34,9	37,7	223,5	158,5	101,6	69,7	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	639,4
1975	70,5	30,2	189,9	64,6	89,7	84,8	51,7	0,0	0,0	8,5	0,0	42,6	632,5
1976	15,4	85,6	72,3	103,3	7,5	10,1	3,1	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	303,5
1977	131,5	146,8	75,8	87,3	184,2	98,8	49,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,6
1978	0,0	78,8	101,8	100,1	167,2	26,2	45,8	0,0	7,2	0,0	0,0	22,4	549,5
1979	19,4	88,3	68,6	25,6	152,4	27,4	9,2	0,0	0,0	0,0	23,2	0,0	414,1
1980	36,2	316,3	152,0	26,7	17,6	47,3	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	599,1
1981	17,6	28,6	306,4	20,7	16,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	422,1
1982	34,2	60,0	58,2	142,4	118,4	14,8	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	456,0
1983	0,0	127,8	94,1	36,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,5
1984	26,7	42,3	133,0	177,4	213,8	61,8	48,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	708,0
1985	97,6	132,1	270,5	319,5	81,9	59,5	88,0	17,7	0,0	0,0	0,0	62,0	1128,8
1986	88,0	97,0	171,7	236,0	123,0	59,0	22,0	14,0	0,0	0,0	12,5	0,5	823,7
1988	39,0	31,5	217,4	305,2	131,0	101,2	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	891,3
1990	8,0	77,0	0,0	145,0	93,7	22,6	9,0	0,0	10,0	0,0	1,2	0,0	366,5
Média	44,7	79,2	145,8	144,6	92,2	48,9	25,2	6,3	1,0	1,4	2,2	15,6	607,1

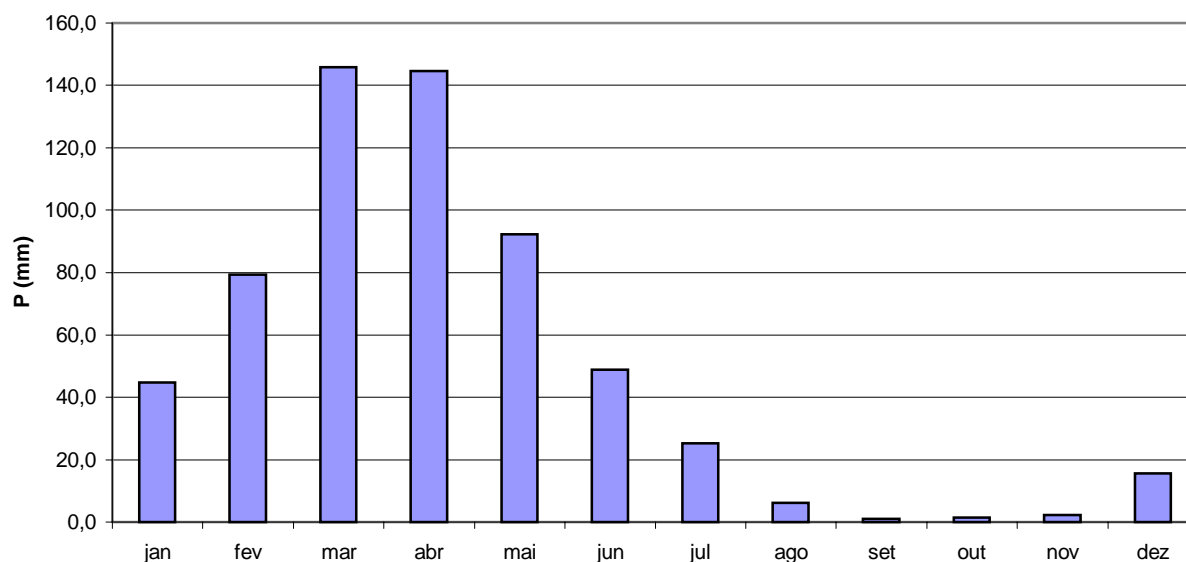


Figura 3.5.3: Hietograma de chuva média mensal para o posto São José da Macaoca (código 2891407).

De acordo com as Tabelas 3.5.2 a 3.5.4 e com as Figuras 3.5.1 a 3.5.3, 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 642 mm, sendo que cerca de 91,7% 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 65% 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 0,8% do total anual.

Na Tabela 3.5.5 são apresentados os índices de concentração da precipitação para os níveis mensal, trimestral e semestral.



Tabela 3.5.5: Índices de Concentração Pluviométrica para a Série de Valores Médios Mensais dos Postos Pluviométricos representativos da Bacia Hidrográfica Incremental do Açude Umari.

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
2891407	Março	145,8	24,0	Mar a Mai	462,5	63,0	Jan a Jun	555,5	91,5

3.10. 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 incremental do açude Umari, utilizaram-se os valores calculados por HARGREAVES (1974) para 2 dos 3 postos pluviométricos representativos das condições climáticas da área de interesse, uma vez que o trabalho de HARGREAVES não apresentou valores para o posto 2891407 - São José da



Macaoca. A Tabela 3.6.1, a seguir, apresenta os valores de ETP para os postos mencionados.

Tabela 3.6.1: Valores de Evapotranspiração Potencial - ETP para os Postos Pluviométricos representativos das condições climáticas na bacia hidrográfica incremental do açude Umari.

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

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

3.11. 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 na Tabela 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.

Tabela 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

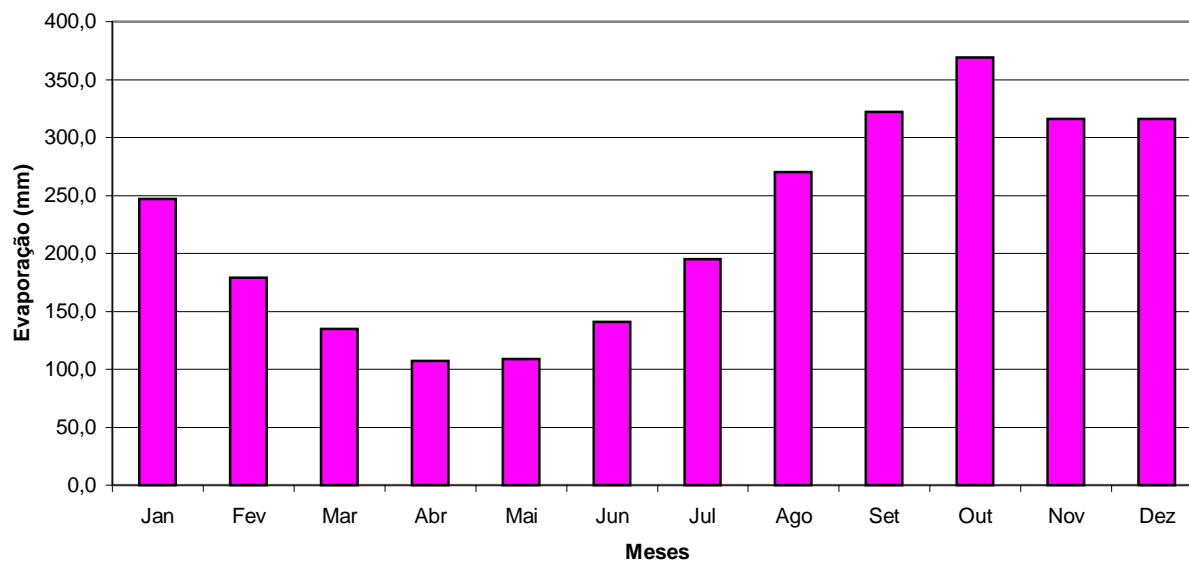


Figura 3.7.1: Evaporação Média Mensal - Tanque Classe A para a Estação de Quixeramobim - CE.

3.12. SINOPSE CLIMÁTICA

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

INDICADOR	ÍNDICE
Pluviometria média anual	642 mm
Semestre chuvoso e índice de concentração	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



INDICADOR	ÍNDICE
Período de menor umidade relativa	Novembro
Insolação anual	2760 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



MONTGOMERY WATSON



4. ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS



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 Lagoa do Mato (código 2890378), 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.

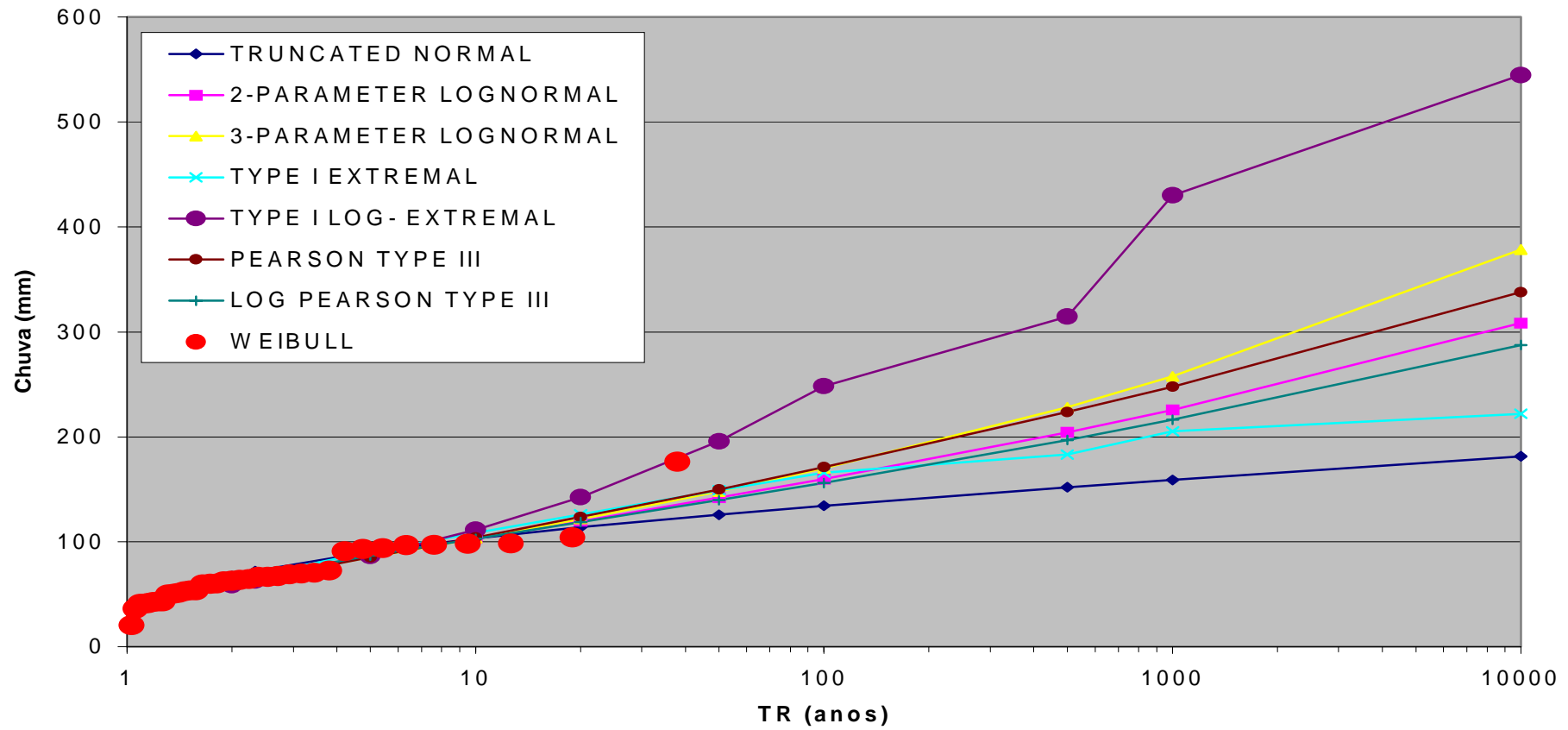
Esse gráfico pode ser observado a seguir na Figura 4.1.1.

**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



Figura 4.1.1 - Distribuições de Frequência





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



CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		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



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 Maximias 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

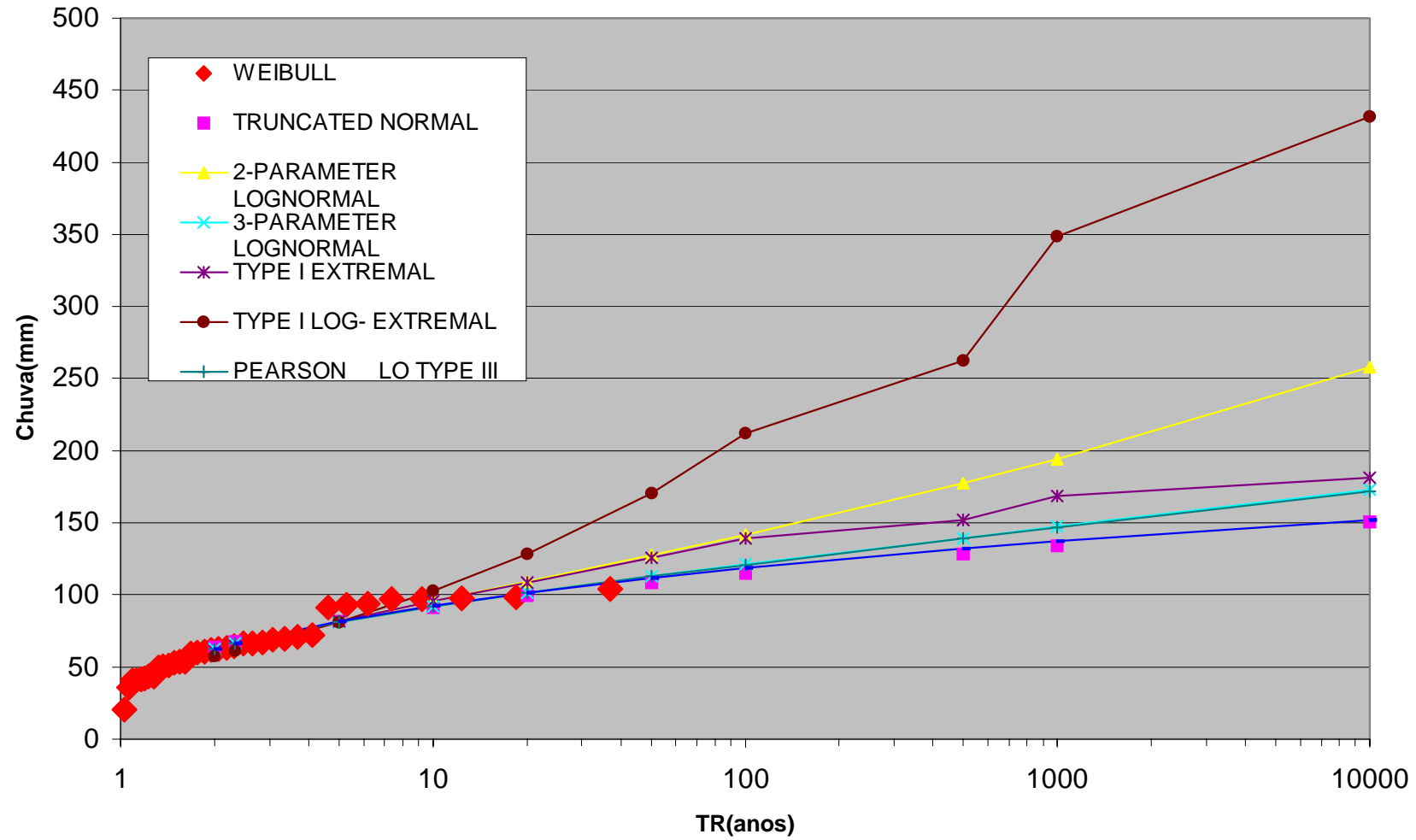


		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS		TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	PEARSON	LOG PEARSON
INTERVAL	PROBABILITY	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	TYPE III	TYPE III
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	43.80	43.21	43.88	43.25	42.81	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 Freqüência de Máximos Diários de Chuva.

Distribuição Extremos Tipo I

Posto Pluviométrico: 2890378

TR (anos)	P(1 dia)
100	139
1.000	169
1.0000	182

4.2. CHUVAS INTENSAS

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

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

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-freqüência 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.

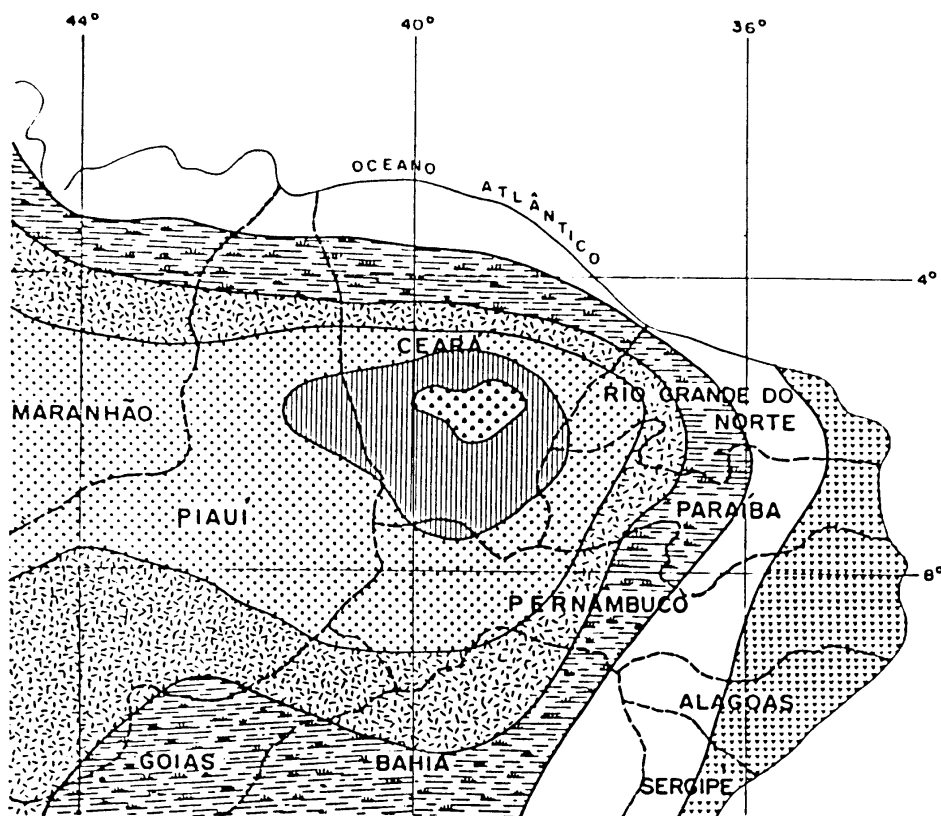
Este método consiste na desagregação da chuva de 1 dia em 24 horas e a partir desta em durações menores.

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

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

⁴TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2ª. Ed., TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA		TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
		1 HORA / 24 HORAS CHUVA									5 min / 24h CHUVA		
		5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
B	[Dotted pattern]	36,1	37,8	37,4	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	[Horizontal lines]	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	[Vertical lines]	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	[Cross-hatch]	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	[Diagonal lines /]	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	[Diagonal lines \]	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	[Dotted pattern]	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.

**Estudos de Chuvas Intensas - Precipitações em mm**

Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm				
Posto Pluviométrico:		2890378		F
TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h) ISOZONA:	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:

$$Pa/Po = [1 - 0,20.\log(A/Ao)]$$

sendo:

Pa - Precipitação na área da bacia

Po - Precipitação pontual no posto pluviométrico

A - Área da bacia (km²)

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

Para o açude têm-se:

$$Pa/Po = [1-0,20.\log(974/25)]= 0.68$$

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

Precipitações (mm) na Bacia do Açude Umari

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	95	104	46	13
1000	115	127	54	16
10000	124	137	56	17

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

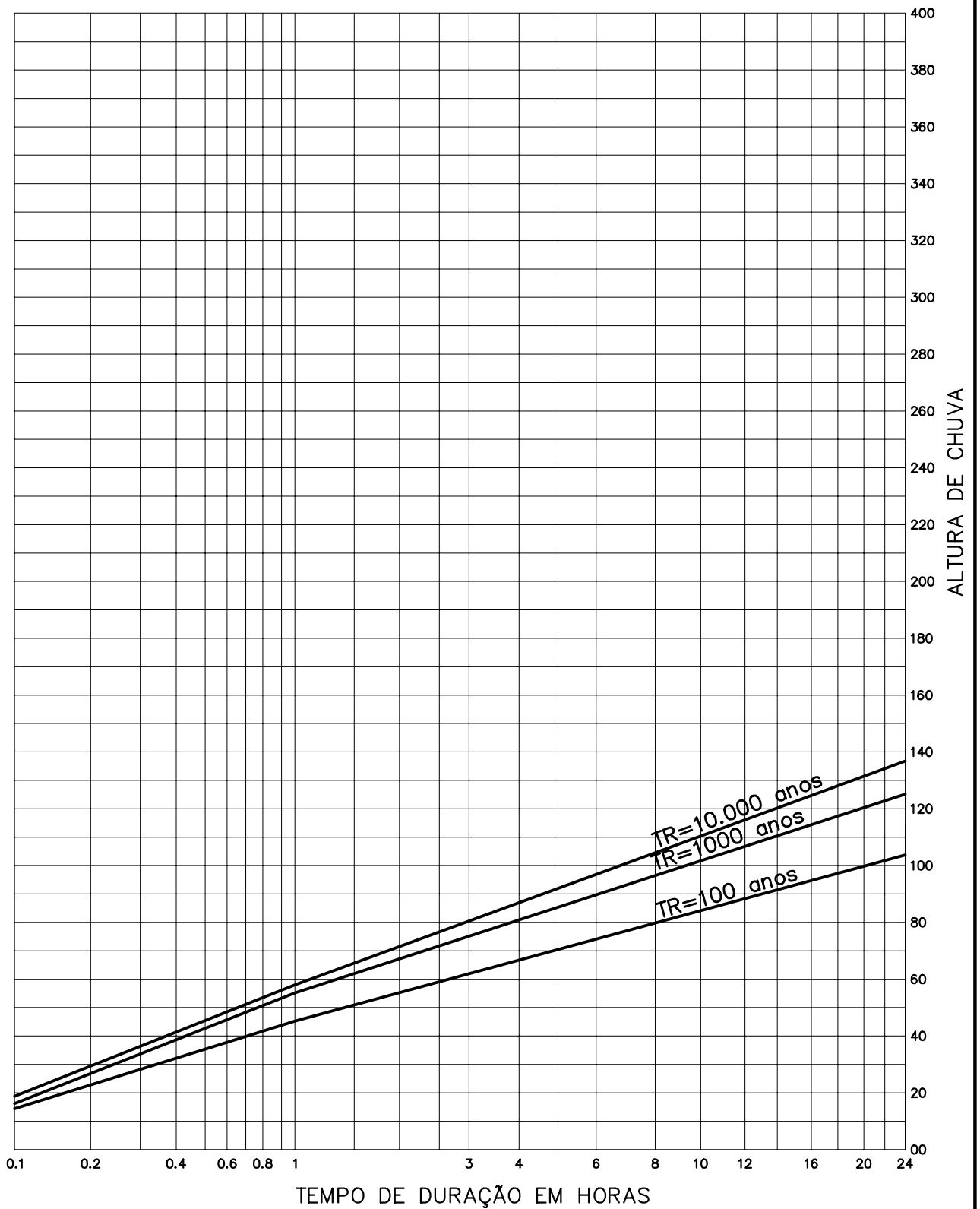


FIGURA 4.2.2 – AÇUDE UMARI
 CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA
 MÉTODO DAS ISOZONAS



MONTGOMERY WATSON



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 Umari 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, que abrange a bacia do açude Umari.

A série do açude Fogareiro em mm/mês foi, portanto, utilizada por ponderação de área para obtenção da série do açude Umari. Isso foi feito aplicando-se a área da bacia do Umari à série do Fogareiro.

A série, em m³/s, pode ser visualizada no Quadro 5.1 a seguir.

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

Quadro 5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude Umari (m³/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1912	0.0	3.3	5.0	13.0	7.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1913	0.0	4.2	4.8	4.4	3.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1914	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1915	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1916	0.6	0.2	5.7	2.0	2.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1917	3.1	12.9	14.5	1.8	4.9	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1918	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1919	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1920	0.0	0.0	7.0	6.4	6.0	1.7	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1921	0.0	1.2	9.8	10.7	18.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
1922	0.0	0.0	0.4	28.6	13.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1923	0.0	1.2	4.3	4.2	0.7	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1924	3.3	12.8	15.6	40.4	5.2	4.6	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
1925	1.0	3.4	10.3	7.6	2.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
1926	0.0	0.5	8.8	7.4	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
1927	0.0	0.1	4.2	7.8	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1928	0.0	0.0	0.6	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1929	0.0	0.2	1.8	2.4	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5



Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1930	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1931	0.0	0.1	0.4	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1932	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	0.0	0.0	1.2	4.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6
1934	0.2	4.4	22.9	9.6	7.5	0.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.9
1935	0.0	1.4	1.9	11.0	3.2	1.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7
1936	0.2	1.7	6.7	0.2	1.9	1.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1937	0.0	0.0	0.0	13.1	1.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1938	0.0	0.0	5.6	4.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1939	0.0	0.6	1.2	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1940	0.0	0.9	4.2	17.2	11.5	5.5	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1941	0.0	0.3	3.3	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1943	0.0	0.2	0.4	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1944	0.0	0.0	1.9	2.9	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1945	0.6	8.1	2.9	4.1	9.6	1.6	1.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1946	0.0	1.2	1.0	1.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1947	0.0	0.5	4.9	4.5	6.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1948	0.0	0.0	3.3	2.6	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1949	0.0	0.7	1.7	2.1	2.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1950	0.9	0.9	3.5	23.7	8.1	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1951	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1952	0.0	0.0	1.0	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1953	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1954	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1955	0.0	0.0	0.0	1.2	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1956	0.0	0.0	0.9	4.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1957	0.0	0.0	0.3	15.1	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	0.2	0.7	0.8	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1960	0.0	0.0	8.7	5.5	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1961	0.0	0.0	11.7	14.6	8.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
1962	0.0	0.0	0.0	2.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1963	0.0	0.0	8.2	5.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1964	0.0	1.4	10.9	17.6	15.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
1965	0.0	0.0	0.0	12.0	2.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1966	0.0	3.2	0.2	3.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1967	0.0	0.0	6.0	19.6	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1968	0.0	0.0	8.0	1.1	3.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1969	0.0	0.0	0.6	7.7	0.9	0.7	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1970	0.0	0.0	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2



Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1972	0.0	0.0	0.0	4.6	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1973	0.0	0.0	0.5	12.8	3.5	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1974	4.1	5.6	31.1	44.6	29.4	4.7	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
1975	0.0	0.0	0.5	0.3	2.6	3.4	4.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1976	0.0	1.6	1.5	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1977	0.0	0.0	0.0	2.1	6.5	5.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
1978	0.0	0.2	0.2	1.3	2.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2
1980	0.0	2.3	10.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1981	0.0	0.0	11.0	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1982	0.0	0.0	0.1	4.6	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	2.7	19.8	10.0	6.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1985	0.0	2.0	15.4	39.2	9.0	2.1	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
1986	0.3	1.8	11.7	24.6	7.3	1.7	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	4.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	1.0	9.0	6.7	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1989	0.0	0.0	0.8	17.9	18.2	0.9	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	3.4
1990	0.4	0.1	0.2	2.4	3.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1991	0.0	0.0	1.5	3.0	3.3	0.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1992	0.0	5.8	4.0	8.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	0.0	0.0	1.4	2.5	0.4	0.7	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1995	0.0	0.0	0.0	3.4	1.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1996	0.3	0.0	0.0	6.6	6.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2
Média	0.2	1.0	3.7	6.7	3.5	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
DP	0.7	2.4	5.5	9.3	5.1	1.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	1.7
CV	3.5	2.3	1.5	1.4	1.5	1.6	2.5						1.2



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



MONTGOMERY WATSON



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 hidrograma 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.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude Umari 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 Umari, 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 com a precipitação associada aos tempos de retorno de 100, 1000 e 10000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h e 24 h.

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

**Quadro 6.1 - Chuva de Projeto na Bacia do Açude Umari**

Intervalo de Tempo	P(mm) 1.000 Anos	P(mm) 10.000 Anos
5 min	16	18
15 min	28	33
1 h	56	59
2 h	68	73
3 h	77	82
6 h	93	100
12 h	111	120
24 h	131	141

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 Umari:

$$L = 65,5 \text{ km}$$

$$\Delta H = 545 \text{ m}$$

o que resulta $T_C = 631 \text{ min} = 10,5 \text{ h}$; $T_{LAG} = 6,3 \text{ h}$.

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):

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



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

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.

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



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 Açude Umari foi estimado em 81, de acordo com o Quadro 6.1.1 a seguir (ver Capítulo 2)



MONTGOMERY WATSON



Quadro 6.1.1 - Estimativa do Parâmetro CN

USOSOLO_CN	PERMEABILIDADE/ÁREA (m2)		PONDERAÇÃO CN			
	B	D	CN1	PESO1	CN2	PESO2
Plantações regulares em fileiras retas	2.277,000	13.565,700	76	0.00	88	0.02
Florestas Normais	16.390,800	199.123,200	60	0.02	76	0.27
Florestas Esparsas	42.034,500	321.611,400	68	0.06	84	0.43
Estradas de terra de superfície dura	741.600	2.264,400	84	0.00	92	0.00
Pastagens ou terrenos em más condições	25.937,100	125.468,100	79	0.03	89	0.17
Zonas Residenciais c/ Lotes < 500m2	0	5.400	85	0.00	92	0.00
TOTAL ÁREA	749,419,200					
CN GERAL			81			



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 do 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 (m³); Q = vazão (m³/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.

O valor de C para o tipo de sangradouro projetado para o açude Umari (canal escavado 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 do vertedouro pode ser observada a seguir:

COEFIC. DE MANNING=0.025; COMP. VERTEDOR = 300 m ; DECLIVIDADE DO VERTEDOR = 0.005 m/m

VAZOES	YC	VC	$V^{**2}/2*G$	E	SF1	U1	SF1-S0	U2	YINIC	LAMINA	HO
(M3/S)	(M)	(M/S)		(M)	(M/M)		(M/M)		(M)	H(M)	(M)
100	0.4137	2.0144	0.2068	0.6205	0.008304	-0.6251	0.003304	0.3661	0.6205	0.611	0.706
300	0.8605	2.9052	0.4302	1.2906	0.006569	0.3053	0.001569	0.776	1.2907	1.025	1.328
500	1.2095	3.4445	0.6047	1.8143	0.005908	0.928	0.000908	1.2005	1.8143	1.34	1.833
700	1.5137	3.8532	0.7567	2.2704	0.005519	1.4426	0.000519	1.5982	2.2705	1.607	2.279
900	1.7898	4.1899	0.8947	2.6845	0.00525	1.897	0.00025	1.972	2.6846	1.843	2.687
1200	2.1681	4.6114	1.0839	3.252	0.004965	2.5073	-3.5E-05	2.4967	3.2522	2.159	3.252
1500	2.5159	4.9674	1.2577	3.7735	0.004759	3.0596	-0.00024	2.9875	3.7738	2.44	3.778
1800	2.841	5.2786	1.4202	4.2612	0.004602	3.5709	-0.0004	3.4514	4.2615	2.693	4.274
2000	3.0477	5.4672	1.5235	4.5712	0.004515	3.8939	-0.00049	3.7484	4.5716	2.85	4.593
2100	3.1485	5.5568	1.5738	4.7223	0.004476	4.0509	-0.00052	3.8936	4.7227	2.924	4.75

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.

Procurou-se para o açude Umari a menor largura de sangradouro que permitisse que a cheia de 1.000 anos não atingisse a ponte a montante da barragem cuja superestrutura tem cota mínima de 313,84m. Esse valor foi encontrado por tentativas igual a 100 metros.

Para o tempo de concentração da bacia adotou-se uma chuva de duração igual a 24 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)
932	3,12	1055	3,39

No Anexo A podem ser observados os hidrogramas afluente e efluente ao açude.



MONTGOMERY WATSON



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.

Hidrologicamente, os objetivos central deste capítulo é a análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Umari.

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.

Após escolhida a capacidade do açude, foi verificada a influência do açude João Guerra à montante, caso for construído.

Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 7.1 e na Figura 7.1 a seguir.

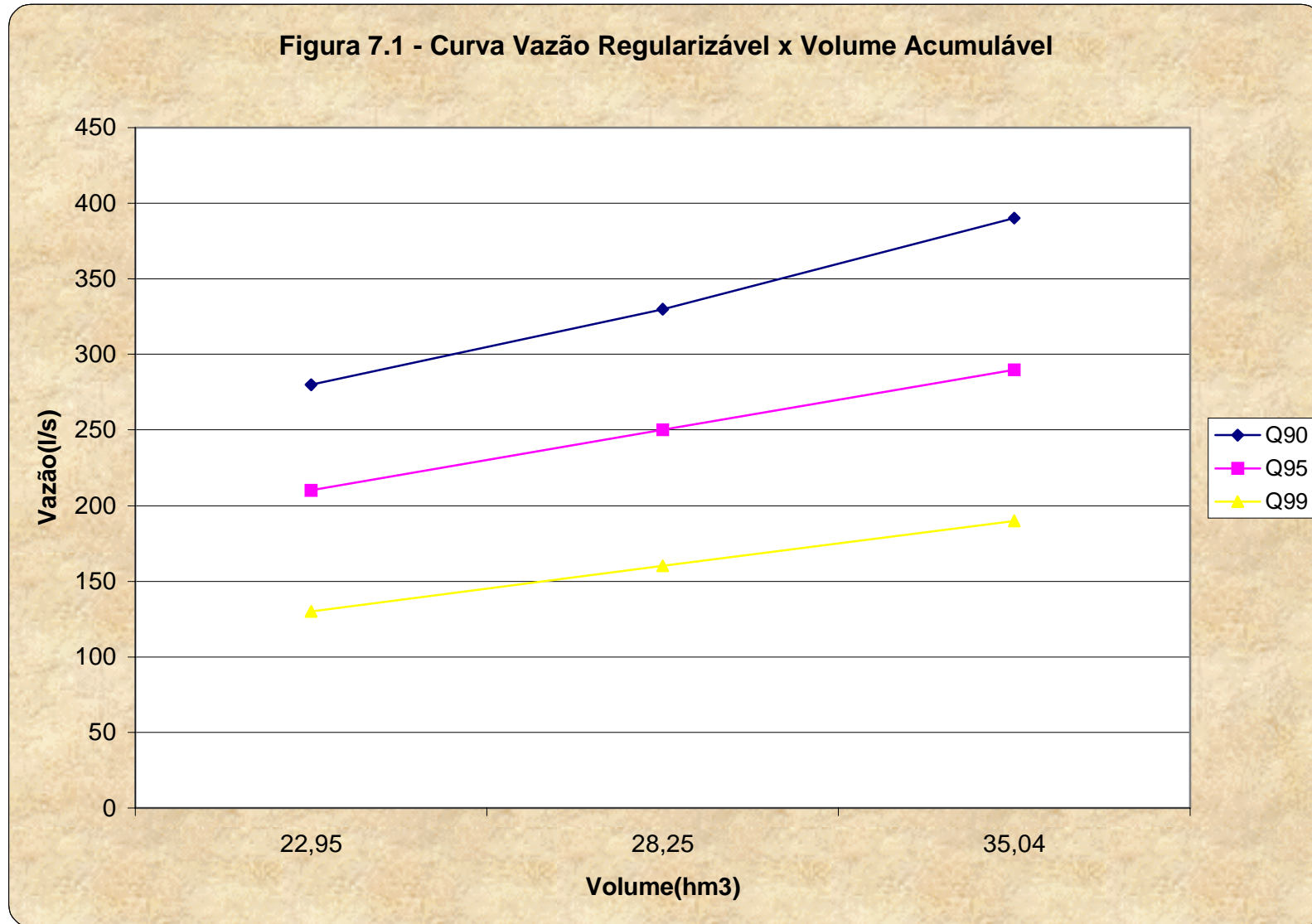
Quadro 7.1 - Estudo incremental de capacidades do Açude (HEC-3)

Sem o Açude João Guerra à Montante

V=22,95 hm³			V=28,25 hm³			V=35,04 hm³		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
280	100	90%	330	99	90%	390	100	90%
210	52	95%	250	53	95%	290	48	95%
130	10	99%	160	11	99%	190	12	99%



Figura 7.1 - Curva Vazão Regularizável x Volume Acumulável





7.2. ESTUDO DA CAPACIDADE ECONÔMICA DO RESERVATÓRIO

O açude Umari foi dimensionado com base no máximo volume acumulável sem atingir a ponte na BR-020. Isso só foi possível após analisar-se os gráficos da Figura 7.1 e os dados de volume anual afluyente médio.

Após uma análise desses fatores, verificou-se que hidrológicamente se poderia acumular mais volume com um alto incremento na vazão regularizada, o que não é possível devido à limitação da ponte.

A cota do vertedouro foi, portanto, definida em 310,00 m, acumulando-se um volume de 35,04 hm³, o máximo possível sem afetar-se a ponte, cujo fundo da longarina está na cota 313,84m.

A influência do açude João Guerra, caso seja construído, pode ser observada no Quadro 7.2.1 e na Figura 7.2.1 a seguir.

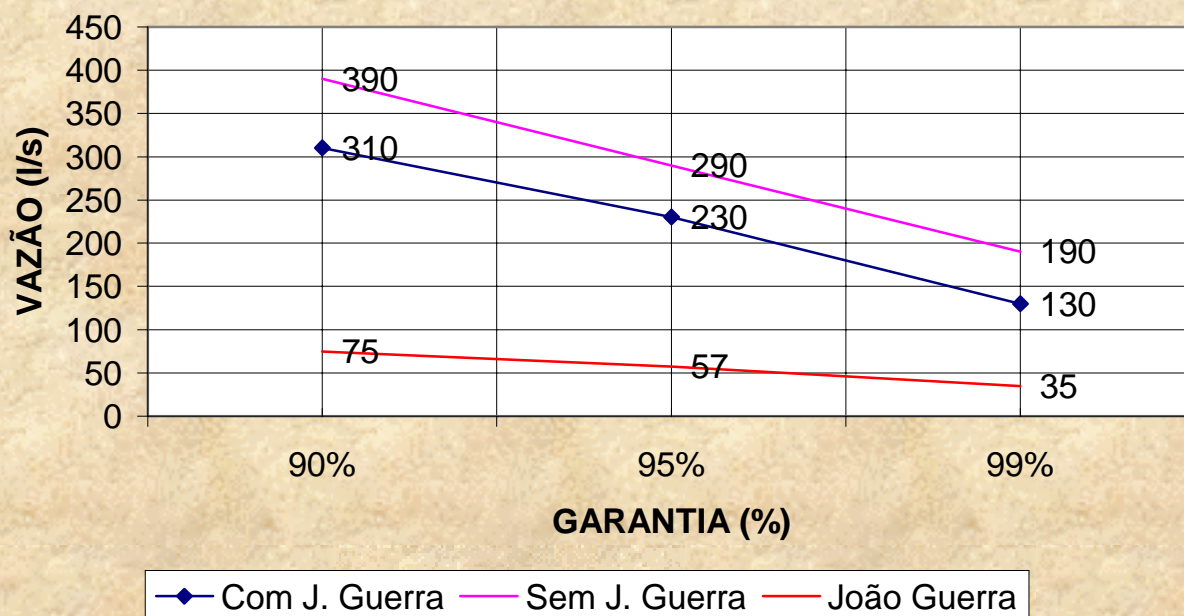
Verifica-se que há uma perda de vazão regularizada no açude Umari maior que o ganho de vazão regularizada no açude João Guerra (ver Figura 4.6.1), alertando para uma ineficiência hidrológica deste último.

Quadro 7.2.1 - Vazões Regularizadas - Umari

Com João Guerra à Montante			Sem João Guerra à Montante		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
310	103	90%	390	100	90%
230	56	95%	290	48	95%
130	13	99%	190	12	99%



Figura 7.2.1 CURVA GARANTIA X VAZÃO REGULARIZADA
Açude Umari com e sem João Guerra





MONTGOMERY WATSON



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.

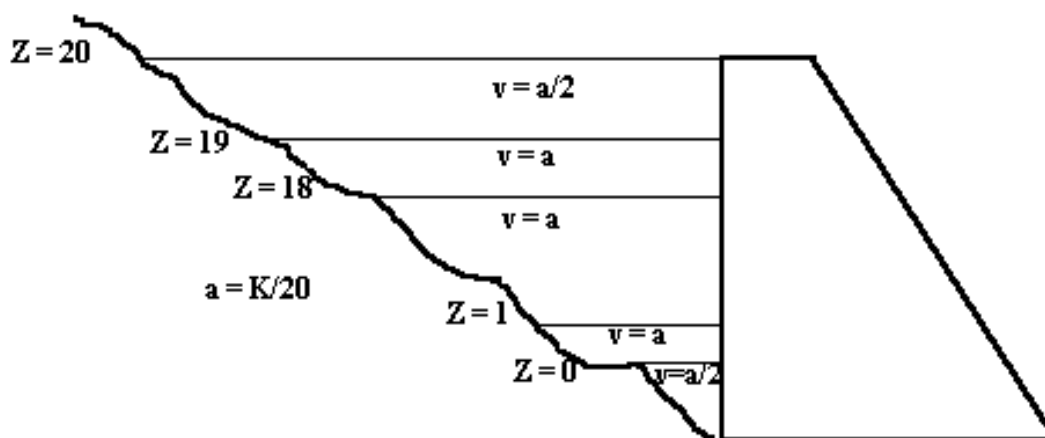


Figura 8.1 - Espaço de definição dos estados de reserva

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

NÚMERO DO ESTADO (z)	LIMITES DE ARMAZENAMENTO	ARMAZENAMENTO NO ESTADO (2)
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:

$$q_{00}.B_0 + q_{01}. B_1 + \dots + q_{0N}. B_N = B_0$$

$$q_{10}. B_0 + q_{11}. B_1 + \dots + q_{1N}. B_N = B_1$$

$$q_{N0}. B_0 + q_{N1}. B_1 + \dots + q_{NN}. B_N = B_N$$

onde

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

B_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

$$B_0 + B_1 + \dots + B_N = 1.$$

7. Resolver o sistema acima e calcular B_0 e B_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, $Q_{r90}/4$, $Q_{r90}/2$, $3.Q_{r90}/4$ 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.

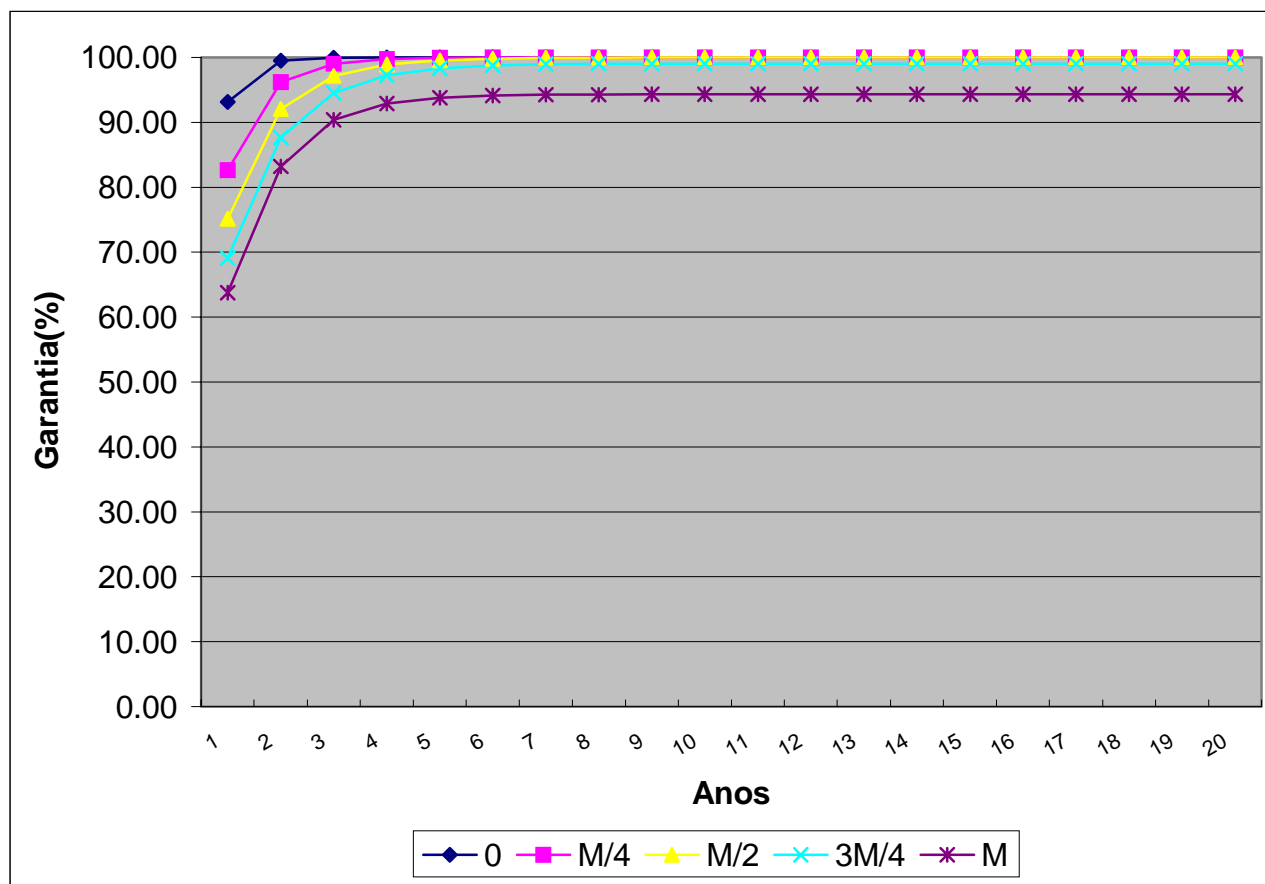


Figura 8.2 - Análise Probabilística da Garantia do Reservatório - fase transiente (M= Qr90)



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	93.13	82.62	75.13	69.03	63.79
2	99.50	96.19	92.06	87.67	83.20
3	99.96	99.06	97.14	94.48	90.37
4	100.00	99.75	98.90	97.21	92.91
5	100.00	99.93	99.55	98.32	93.81
6	100.00	99.98	99.81	98.76	94.13
7	100.00	99.99	99.91	98.94	94.24
8	100.00	100.00	99.95	99.01	94.28
9	100.00	100.00	99.97	99.04	94.30
10	100.00	100.00	99.97	99.05	94.31
11	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
12	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
13	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
14	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
15	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
16	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
17	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
18	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
19	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31
20	100.00	100.00	99.98	99.06	94.31

M = Retirada anual (hm³)

Também foi realizada a análise probabilística de esvaziamento e de enchimento na fase de equilíbrio. A última análise mostra que, em equilíbrio, cerca de 36% dos anos ocorrem sangria para uma retirada anual de 9,728 hm³. A figura 8.3 apresenta as duas curvas probabilísticas (esvaziamento e enchimento), enquanto que o Quadro 8.3 os seus valores correspondentes. No Quadro 8.3 pode-se observar que para uma retirada igual a 9,728 hm³/ano tem-se uma probabilidade de esvaziamento na fase de equilíbrio igual a 8,9%, o que implica em uma garantia próxima a 90%.

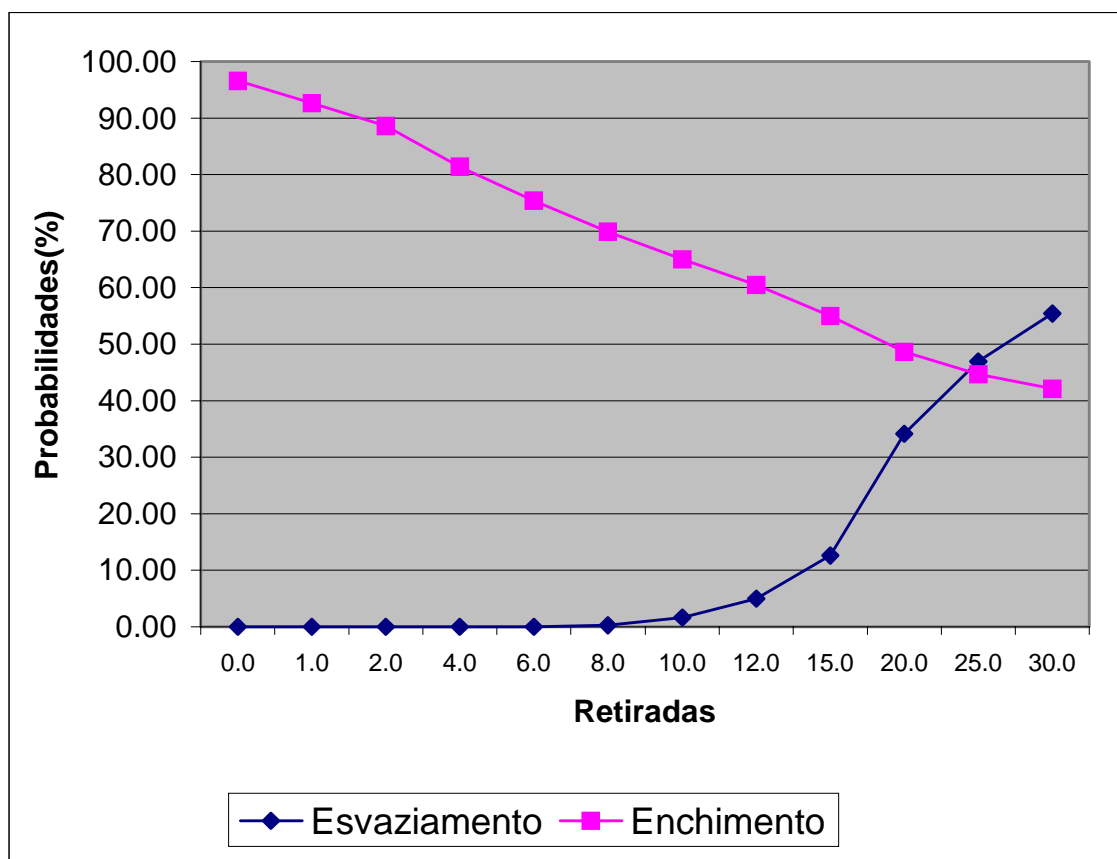


Figura 8.3 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

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

RETIRADA(hm ³)	ESVAZIAMENTO(%)	ENCHIMENTO(%)
0.0	0.00	96.6
1.0	0.00	92.6
2.0	0.00	88.6
4.0	0.00	81.4
6.0	0.00	75.4
8.0	0.30	69.9
10.0	1.60	65.0
12.0	5.00	60.5
15.0	12.60	55.0
20.0	34.10	48.6
25.0	46.90	44.7
30.0	55.40	42.1
35.0	99.30	40.4
40.0	100.00	40.4



MONTGOMERY WATSON



ANEXO A



MONTGOMERY WATSON



HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS



HMS * Summary of Results for Umari

Project : Acude Umari Run Name : Run 9

Start of Run : 01Jan01 0012 Basin Model : Umari canal 100
End of Run : 03Jan01 0012 Met. Model : Umari1000
Execution Time : 03Nov01 1516 Control Specs : Umari

Table with 6 columns: Date, Time, Reservoir Storage (K cu m), Reservoir Elevation (m), Inflow (cms), Outflow (cms). It contains 48 rows of data showing constant values for most parameters, with slight increases in Inflow and Outflow starting at 0702.



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 01	0742	35040	310.00	0.15	0.00
01 Jan 01	0752	35040	310.00	0.23	0.01
01 Jan 01	0802	35040	310.00	0.34	0.01
01 Jan 01	0812	35041	310.00	0.50	0.01
01 Jan 01	0822	35041	310.00	0.69	0.02
01 Jan 01	0832	35041	310.00	0.94	0.03
01 Jan 01	0842	35042	310.00	1.26	0.05
01 Jan 01	0852	35043	310.00	1.64	0.06
01 Jan 01	0902	35044	310.00	2.11	0.09
01 Jan 01	0912	35045	310.00	2.68	0.11
01 Jan 01	0922	35047	310.00	3.36	0.15
01 Jan 01	0932	35049	310.00	4.17	0.20
01 Jan 01	0942	35052	310.00	5.13	0.25
01 Jan 01	0952	35055	310.00	6.26	0.32
01 Jan 01	1002	35059	310.00	7.59	0.41
01 Jan 01	1012	35064	310.00	9.14	0.51
01 Jan 01	1022	35070	310.00	10.94	0.63
01 Jan 01	1032	35076	310.00	13.02	0.77
01 Jan 01	1042	35084	310.01	15.41	0.94
01 Jan 01	1052	35094	310.01	18.18	1.14
01 Jan 01	1102	35105	310.01	21.36	1.38
01 Jan 01	1112	35118	310.01	25.02	1.65
01 Jan 01	1122	35133	310.01	29.22	1.97
01 Jan 01	1132	35151	310.01	34.08	2.35
01 Jan 01	1142	35171	310.02	39.68	2.79
01 Jan 01	1152	35195	310.02	46.41	3.29
01 Jan 01	1202	35223	310.02	54.47	3.89
01 Jan 01	1212	35256	310.03	64.02	4.59
01 Jan 01	1222	35296	310.03	76.46	5.42
01 Jan 01	1232	35342	310.04	90.97	6.41
01 Jan 01	1242	35398	310.04	107.83	7.59
01 Jan 01	1252	35463	310.05	127.05	8.97
01 Jan 01	1302	35540	310.06	149.80	10.61
01 Jan 01	1312	35631	310.07	174.85	12.53
01 Jan 01	1322	35736	310.09	202.30	14.76
01 Jan 01	1332	35857	310.10	232.04	17.31
01 Jan 01	1342	35994	310.12	264.44	20.23
01 Jan 01	1352	36150	310.14	299.08	23.54
01 Jan 01	1402	36325	310.16	335.97	27.26
01 Jan 01	1412	36521	310.19	375.61	31.41
01 Jan 01	1422	36739	310.21	418.17	36.03
01 Jan 01	1432	36980	310.24	463.21	41.15
01 Jan 01	1442	37246	310.28	510.58	46.78
01 Jan 01	1452	37538	310.31	561.16	52.96
01 Jan 01	1502	37857	310.35	614.47	59.73
01 Jan 01	1512	38204	310.40	669.99	67.09
01 Jan 01	1522	38581	310.44	727.26	75.07
01 Jan 01	1532	38987	310.50	786.94	83.70
01 Jan 01	1542	39424	310.55	847.61	92.97
01 Jan 01	1552	39893	310.61	908.76	102.90
01 Jan 01	1602	40391	310.67	969.73	113.47
01 Jan 01	1612	40919	310.74	1028.90	124.67
01 Jan 01	1622	41476	310.81	1086.80	136.47
01 Jan 01	1632	42059	310.88	1142.89	148.84
01 Jan 01	1642	42668	310.96	1196.89	161.75



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 01	1652	43299	311.03	1247.18	177.94
01 Jan 01	1702	43949	311.10	1294.91	198.04
01 Jan 01	1712	44614	311.18	1339.79	218.61
01 Jan 01	1722	45293	311.25	1381.45	239.60
01 Jan 01	1732	45983	311.33	1419.02	260.94
01 Jan 01	1742	46682	311.40	1453.50	282.54
01 Jan 01	1752	47387	311.48	1484.85	304.36
01 Jan 01	1802	48096	311.56	1512.33	329.44
01 Jan 01	1812	48805	311.64	1536.01	355.62
01 Jan 01	1822	49512	311.71	1556.73	381.71
01 Jan 01	1832	50215	311.79	1574.75	407.65
01 Jan 01	1842	50912	311.87	1589.78	433.39
01 Jan 01	1852	51602	311.94	1601.82	458.86
01 Jan 01	1902	52283	312.02	1610.96	484.02
01 Jan 01	1912	52953	312.08	1617.34	508.86
01 Jan 01	1922	53612	312.15	1619.26	533.24
01 Jan 01	1932	54256	312.21	1618.29	557.10
01 Jan 01	1942	54884	312.27	1614.65	580.38
01 Jan 01	1952	55496	312.33	1608.89	603.05
01 Jan 01	2002	56091	312.39	1600.83	625.07
01 Jan 01	2012	56667	312.44	1590.89	646.40
01 Jan 01	2022	57224	312.50	1579.11	667.03
01 Jan 01	2032	57761	312.55	1565.58	688.90
01 Jan 01	2042	58276	312.60	1550.04	709.98
01 Jan 01	2052	58768	312.65	1532.78	730.15
01 Jan 01	2102	59238	312.69	1513.82	749.40
01 Jan 01	2112	59685	312.74	1493.00	767.69
01 Jan 01	2122	60108	312.78	1470.07	785.01
01 Jan 01	2132	60507	312.82	1445.48	801.34
01 Jan 01	2142	60881	312.85	1419.38	816.65
01 Jan 01	2152	61230	312.89	1391.56	830.94
01 Jan 01	2202	61554	312.92	1362.39	844.19
01 Jan 01	2212	61852	312.95	1332.48	856.40
01 Jan 01	2222	62125	312.98	1302.14	867.58
01 Jan 01	2232	62374	313.00	1272.23	877.76
01 Jan 01	2242	62599	313.02	1242.79	886.84
01 Jan 01	2252	62802	313.04	1213.89	895.00
01 Jan 01	2302	62982	313.05	1185.52	902.29
01 Jan 01	2312	63142	313.07	1158.77	908.74
01 Jan 01	2322	63283	313.08	1132.80	914.40
01 Jan 01	2332	63405	313.09	1107.65	919.32
01 Jan 01	2342	63509	313.10	1083.05	923.53
01 Jan 01	2352	63597	313.11	1059.33	927.06
02 Jan 01	0002	63668	313.11	1036.14	929.94
02 Jan 01	0012	63725	313.12	1013.54	932.21
02 Jan 01	0022	63766	313.12	991.46	933.89
02 Jan 01	0032	63794	313.12	970.17	935.01
02 Jan 01	0042	63809	313.13	949.41	935.60
02 Jan 01	0052	63811	313.13	929.19	935.69
02 Jan 01	0102	63801	313.13	909.59	935.30
02 Jan 01	0112	63780	313.12	890.69	934.46
02 Jan 01	0122	63749	313.12	872.16	933.19
02 Jan 01	0132	63707	313.12	853.94	931.52
02 Jan 01	0142	63656	313.11	835.86	929.45
02 Jan 01	0152	63595	313.11	817.97	927.00



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	0202	63525	313.10	800.27	924.18
02 Jan 01	0212	63447	313.09	782.71	921.01
02 Jan 01	0222	63360	313.09	765.49	917.50
02 Jan 01	0232	63264	313.08	748.45	913.66
02 Jan 01	0242	63162	313.07	731.53	909.51
02 Jan 01	0252	63051	313.06	714.64	905.05
02 Jan 01	0302	62933	313.05	697.73	900.30
02 Jan 01	0312	62808	313.04	680.91	895.26
02 Jan 01	0322	62676	313.03	664.20	889.93
02 Jan 01	0332	62537	313.01	647.62	884.34
02 Jan 01	0342	62392	313.00	631.49	878.49
02 Jan 01	0352	62241	312.99	615.44	872.31
02 Jan 01	0402	62084	312.97	599.48	865.88
02 Jan 01	0412	61921	312.96	583.54	859.23
02 Jan 01	0422	61753	312.94	567.63	852.34
02 Jan 01	0432	61580	312.92	551.77	845.24
02 Jan 01	0442	61401	312.90	535.98	837.93
02 Jan 01	0452	61218	312.89	520.41	830.42
02 Jan 01	0502	61029	312.87	505.09	822.71
02 Jan 01	0512	60837	312.85	489.88	814.82
02 Jan 01	0522	60639	312.83	474.79	806.75
02 Jan 01	0532	60438	312.81	459.83	798.51
02 Jan 01	0542	60233	312.79	445.02	790.12
02 Jan 01	0552	60024	312.77	430.37	781.57
02 Jan 01	0602	59812	312.75	415.94	772.87
02 Jan 01	0612	59596	312.73	401.89	764.04
02 Jan 01	0622	59377	312.71	388.12	755.09
02 Jan 01	0632	59156	312.69	374.60	746.02
02 Jan 01	0642	58932	312.66	361.30	736.84
02 Jan 01	0652	58705	312.64	348.22	727.57
02 Jan 01	0702	58477	312.62	335.38	718.21
02 Jan 01	0712	58246	312.60	322.80	708.77
02 Jan 01	0722	58014	312.57	310.55	699.26
02 Jan 01	0732	57780	312.55	298.76	689.68
02 Jan 01	0742	57545	312.53	287.30	680.06
02 Jan 01	0752	57308	312.51	276.15	670.39
02 Jan 01	0802	57071	312.48	265.30	661.39
02 Jan 01	0812	56833	312.46	254.74	652.56
02 Jan 01	0822	56594	312.44	244.47	643.71
02 Jan 01	0832	56354	312.41	234.50	634.82
02 Jan 01	0842	56114	312.39	224.88	625.92
02 Jan 01	0852	55873	312.37	215.60	617.00
02 Jan 01	0902	55632	312.34	206.63	608.08
02 Jan 01	0912	55391	312.32	197.94	599.16
02 Jan 01	0922	55151	312.30	189.56	590.25
02 Jan 01	0932	54911	312.27	181.48	581.36
02 Jan 01	0942	54671	312.25	173.71	572.49
02 Jan 01	0952	54432	312.23	166.25	563.64
02 Jan 01	1002	54194	312.20	159.18	554.83
02 Jan 01	1012	53958	312.18	152.44	546.06
02 Jan 01	1022	53722	312.16	146.03	537.34
02 Jan 01	1032	53488	312.13	139.90	528.67
02 Jan 01	1042	53256	312.11	134.03	520.06
02 Jan 01	1052	53025	312.09	128.42	511.51
02 Jan 01	1102	52796	312.07	123.08	503.04



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	1112	52569	312.04	117.96	494.63
02 Jan 01	1122	52344	312.02	113.08	486.30
02 Jan 01	1132	52121	312.00	108.41	478.04
02 Jan 01	1142	51900	311.98	103.93	469.89
02 Jan 01	1152	51682	311.95	99.62	461.83
02 Jan 01	1202	51466	311.93	95.49	453.85
02 Jan 01	1212	51252	311.90	91.53	445.95
02 Jan 01	1222	51041	311.88	87.74	438.14
02 Jan 01	1232	50832	311.86	84.12	430.43
02 Jan 01	1242	50625	311.84	80.68	422.80
02 Jan 01	1252	50421	311.81	77.39	415.27
02 Jan 01	1302	50220	311.79	74.24	407.83
02 Jan 01	1312	50021	311.77	71.20	400.49
02 Jan 01	1322	49824	311.75	68.27	393.24
02 Jan 01	1332	49631	311.73	65.47	386.09
02 Jan 01	1342	49440	311.71	62.77	379.04
02 Jan 01	1352	49251	311.68	60.22	372.08
02 Jan 01	1402	49065	311.66	57.79	365.22
02 Jan 01	1412	48882	311.64	55.46	358.46
02 Jan 01	1422	48702	311.62	53.23	351.79
02 Jan 01	1432	48524	311.60	51.08	345.23
02 Jan 01	1442	48349	311.59	49.02	338.76
02 Jan 01	1452	48176	311.57	47.03	332.39
02 Jan 01	1502	48006	311.55	45.11	326.12
02 Jan 01	1512	47839	311.53	43.28	319.94
02 Jan 01	1522	47674	311.51	41.51	313.86
02 Jan 01	1532	47512	311.49	39.81	308.21
02 Jan 01	1542	47352	311.48	38.16	303.27
02 Jan 01	1552	47194	311.46	36.57	298.38
02 Jan 01	1602	47038	311.44	35.02	293.55
02 Jan 01	1612	46884	311.42	33.53	288.78
02 Jan 01	1622	46732	311.41	32.08	284.08
02 Jan 01	1632	46581	311.39	30.68	279.43
02 Jan 01	1642	46433	311.38	29.34	274.85
02 Jan 01	1652	46287	311.36	28.04	270.32
02 Jan 01	1702	46142	311.34	26.78	265.86
02 Jan 01	1712	46000	311.33	25.57	261.45
02 Jan 01	1722	45859	311.31	24.40	257.11
02 Jan 01	1732	45721	311.30	23.27	252.82
02 Jan 01	1742	45584	311.28	22.17	248.59
02 Jan 01	1752	45449	311.27	21.11	244.42
02 Jan 01	1802	45316	311.25	20.09	240.30
02 Jan 01	1812	45185	311.24	19.10	236.25
02 Jan 01	1822	45055	311.22	18.13	232.24
02 Jan 01	1832	44928	311.21	17.19	228.30
02 Jan 01	1842	44802	311.20	16.28	224.41
02 Jan 01	1852	44678	311.18	15.40	220.58
02 Jan 01	1902	44556	311.17	14.55	216.80
02 Jan 01	1912	44435	311.16	13.73	213.07
02 Jan 01	1922	44317	311.14	12.93	209.40
02 Jan 01	1932	44200	311.13	12.17	205.78
02 Jan 01	1942	44084	311.12	11.43	202.22
02 Jan 01	1952	43971	311.11	10.73	198.70
02 Jan 01	2002	43859	311.09	10.08	195.24
02 Jan 01	2012	43748	311.08	9.49	191.83



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	2022	43640	311.07	8.96	188.48
02 Jan 01	2032	43533	311.06	8.47	185.17
02 Jan 01	2042	43428	311.05	8.02	181.92
02 Jan 01	2052	43324	311.03	7.60	178.72
02 Jan 01	2102	43222	311.02	7.20	175.57
02 Jan 01	2112	43122	311.01	6.83	172.47
02 Jan 01	2122	43024	311.00	6.47	169.42
02 Jan 01	2132	42926	310.99	6.14	167.23
02 Jan 01	2142	42830	310.98	5.82	165.19
02 Jan 01	2152	42735	310.97	5.53	163.17
02 Jan 01	2202	42641	310.95	5.24	161.18
02 Jan 01	2212	42548	310.94	4.97	159.21
02 Jan 01	2222	42456	310.93	4.71	157.25
02 Jan 01	2232	42365	310.92	4.47	155.32
02 Jan 01	2242	42275	310.91	4.23	153.42
02 Jan 01	2252	42186	310.90	4.01	151.53
02 Jan 01	2302	42098	310.89	3.80	149.66
02 Jan 01	2312	42011	310.87	3.60	147.82
02 Jan 01	2322	41925	310.86	3.41	145.99
02 Jan 01	2332	41840	310.85	3.23	144.19
02 Jan 01	2342	41756	310.84	3.06	142.41
02 Jan 01	2352	41673	310.83	2.89	140.64
03 Jan 01	0002	41591	310.82	2.74	138.90
03 Jan 01	0012	41509	310.81	2.59	137.18



MONTGOMERY WATSON



HIDROGRAMAS PARA 10000 ANOS



HMS * Summary of Results for Umari

Project : Acude Umari Run Name : Run 10

Start of Run : 01Jan01 0012 Basin Model : Umari canal 100
End of Run : 03Jan01 0012 Met. Model : Umari10000
Execution Time : 03Nov01 1515 Control Specs : Umari

Table with 6 columns: Date, Time, Reservoir Storage (K cu m), Reservoir Elevation (m), Inflow (cms), Outflow (cms). It contains 48 rows of data showing constant values for most parameters, with slight variations in Inflow and Outflow at the end of the run.



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 01	0742	35040	310.00	0.3	0.0
01 Jan 01	0752	35041	310.00	0.5	0.0
01 Jan 01	0802	35041	310.00	0.6	0.0
01 Jan 01	0812	35041	310.00	0.9	0.0
01 Jan 01	0822	35042	310.00	1.2	0.0
01 Jan 01	0832	35043	310.00	1.6	0.1
01 Jan 01	0842	35044	310.00	2.1	0.1
01 Jan 01	0852	35045	310.00	2.6	0.1
01 Jan 01	0902	35047	310.00	3.3	0.1
01 Jan 01	0912	35049	310.00	4.1	0.2
01 Jan 01	0922	35052	310.00	5.1	0.2
01 Jan 01	0932	35055	310.00	6.3	0.3
01 Jan 01	0942	35059	310.00	7.6	0.4
01 Jan 01	0952	35064	310.00	9.2	0.5
01 Jan 01	1002	35069	310.00	11.0	0.6
01 Jan 01	1012	35076	310.00	13.1	0.8
01 Jan 01	1022	35084	310.01	15.5	0.9
01 Jan 01	1032	35094	310.01	18.3	1.1
01 Jan 01	1042	35105	310.01	21.4	1.4
01 Jan 01	1052	35118	310.01	25.0	1.7
01 Jan 01	1102	35133	310.01	29.1	2.0
01 Jan 01	1112	35151	310.01	33.8	2.3
01 Jan 01	1122	35171	310.02	39.1	2.8
01 Jan 01	1132	35194	310.02	45.2	3.3
01 Jan 01	1142	35222	310.02	52.2	3.8
01 Jan 01	1152	35253	310.03	60.3	4.5
01 Jan 01	1202	35289	310.03	70.0	5.3
01 Jan 01	1212	35331	310.04	81.3	6.2
01 Jan 01	1222	35380	310.04	96.2	7.2
01 Jan 01	1232	35438	310.05	113.0	8.4
01 Jan 01	1242	35506	310.06	132.4	9.9
01 Jan 01	1252	35586	310.07	154.6	11.6
01 Jan 01	1302	35679	310.08	180.8	13.6
01 Jan 01	1312	35787	310.09	209.4	15.8
01 Jan 01	1322	35912	310.11	240.5	18.5
01 Jan 01	1332	36054	310.13	274.3	21.5
01 Jan 01	1342	36216	310.15	310.9	24.9
01 Jan 01	1352	36398	310.17	350.0	28.8
01 Jan 01	1402	36602	310.20	391.5	33.1
01 Jan 01	1412	36829	310.22	436.1	37.9
01 Jan 01	1422	37081	310.26	483.8	43.3
01 Jan 01	1432	37358	310.29	534.2	49.2
01 Jan 01	1442	37663	310.33	587.0	55.6
01 Jan 01	1452	37997	310.37	643.6	62.7
01 Jan 01	1502	38361	310.42	703.1	70.4
01 Jan 01	1512	38757	310.47	764.8	78.8
01 Jan 01	1522	39184	310.52	828.3	87.9
01 Jan 01	1532	39646	310.58	894.6	97.7
01 Jan 01	1542	40141	310.64	962.0	108.2
01 Jan 01	1552	40670	310.71	1029.7	119.4
01 Jan 01	1602	41233	310.78	1097.1	131.3
01 Jan 01	1612	41828	310.85	1162.3	143.9
01 Jan 01	1622	42454	310.93	1226.3	157.2
01 Jan 01	1632	43110	311.01	1288.3	172.1
01 Jan 01	1642	43791	311.09	1347.8	193.2



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 01	1652	44494	311.16	1402.9	214.9
01 Jan 01	1702	45216	311.24	1455.4	237.2
01 Jan 01	1712	45955	311.32	1504.9	260.1
01 Jan 01	1722	46708	311.41	1550.6	283.4
01 Jan 01	1732	47474	311.49	1591.6	307.0
01 Jan 01	1742	48248	311.57	1629.4	335.0
01 Jan 01	1752	49026	311.66	1663.9	363.8
01 Jan 01	1802	49807	311.75	1693.9	392.6
01 Jan 01	1812	50586	311.83	1719.7	421.4
01 Jan 01	1822	51364	311.92	1742.3	450.1
01 Jan 01	1832	52136	312.00	1762.0	478.6
01 Jan 01	1842	52903	312.08	1778.2	507.0
01 Jan 01	1852	53661	312.15	1791.1	535.1
01 Jan 01	1902	54409	312.22	1801.0	562.8
01 Jan 01	1912	55146	312.29	1807.8	590.1
01 Jan 01	1922	55869	312.37	1809.3	616.8
01 Jan 01	1932	56576	312.43	1807.9	643.0
01 Jan 01	1942	57266	312.50	1803.5	668.7
01 Jan 01	1952	57937	312.57	1796.9	696.1
01 Jan 01	2002	58586	312.63	1787.5	722.7
01 Jan 01	2012	59214	312.69	1776.1	748.4
01 Jan 01	2022	59819	312.75	1762.7	773.2
01 Jan 01	2032	60401	312.81	1747.3	797.0
01 Jan 01	2042	60959	312.86	1729.7	819.8
01 Jan 01	2052	61493	312.91	1710.2	841.7
01 Jan 01	2102	62001	312.96	1688.9	862.5
01 Jan 01	2112	62484	313.01	1665.4	882.2
01 Jan 01	2122	62941	313.05	1639.5	900.6
01 Jan 01	2132	63371	313.09	1611.9	917.9
01 Jan 01	2142	63773	313.12	1582.6	934.2
01 Jan 01	2152	64149	313.16	1551.4	949.3
01 Jan 01	2202	64496	313.19	1518.5	963.3
01 Jan 01	2212	64815	313.21	1484.9	976.2
01 Jan 01	2222	65106	313.24	1450.9	987.9
01 Jan 01	2232	65371	313.26	1417.4	998.6
01 Jan 01	2242	65609	313.28	1384.4	1008.2
01 Jan 01	2252	65823	313.30	1351.8	1016.8
01 Jan 01	2302	66012	313.32	1319.9	1024.4
01 Jan 01	2312	66178	313.33	1290.0	1031.1
01 Jan 01	2322	66323	313.35	1260.8	1037.0
01 Jan 01	2332	66447	313.36	1232.4	1042.0
01 Jan 01	2342	66552	313.37	1204.6	1046.2
01 Jan 01	2352	66638	313.37	1177.8	1049.7
02 Jan 01	0002	66706	313.38	1151.6	1052.4
02 Jan 01	0012	66757	313.39	1126.0	1054.5
02 Jan 01	0022	66792	313.39	1101.0	1055.9
02 Jan 01	0032	66812	313.39	1076.9	1056.7
02 Jan 01	0042	66817	313.39	1053.3	1056.9
02 Jan 01	0052	66808	313.39	1030.3	1056.5
02 Jan 01	0102	66786	313.39	1008.1	1055.6
02 Jan 01	0112	66751	313.38	986.6	1054.2
02 Jan 01	0122	66705	313.38	965.6	1052.4
02 Jan 01	0132	66647	313.38	944.9	1050.0
02 Jan 01	0142	66579	313.37	924.4	1047.3
02 Jan 01	0152	66500	313.36	904.1	1044.1



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	0202	66411	313.35	884.0	1040.5
02 Jan 01	0212	66313	313.35	864.2	1036.5
02 Jan 01	0222	66205	313.34	844.7	1032.2
02 Jan 01	0232	66088	313.33	825.4	1027.5
02 Jan 01	0242	65962	313.32	806.3	1022.4
02 Jan 01	0252	65829	313.30	787.3	1017.0
02 Jan 01	0302	65687	313.29	768.3	1011.3
02 Jan 01	0312	65537	313.28	749.3	1005.3
02 Jan 01	0322	65380	313.26	730.6	998.9
02 Jan 01	0332	65215	313.25	712.0	992.3
02 Jan 01	0342	65044	313.23	694.0	985.4
02 Jan 01	0352	64865	313.22	676.0	978.2
02 Jan 01	0402	64681	313.20	658.2	970.8
02 Jan 01	0412	64490	313.19	640.4	963.1
02 Jan 01	0422	64294	313.17	622.7	955.2
02 Jan 01	0432	64092	313.15	605.1	947.0
02 Jan 01	0442	63884	313.13	587.6	938.6
02 Jan 01	0452	63671	313.11	570.4	930.0
02 Jan 01	0502	63452	313.09	553.4	921.2
02 Jan 01	0512	63229	313.07	536.6	912.2
02 Jan 01	0522	63002	313.05	519.9	903.1
02 Jan 01	0532	62770	313.03	503.4	893.7
02 Jan 01	0542	62533	313.01	487.1	884.2
02 Jan 01	0552	62293	312.99	471.0	874.4
02 Jan 01	0602	62049	312.97	455.1	864.5
02 Jan 01	0612	61802	312.94	439.6	854.3
02 Jan 01	0622	61552	312.92	424.5	844.1
02 Jan 01	0632	61299	312.89	409.7	833.7
02 Jan 01	0642	61043	312.87	395.1	823.3
02 Jan 01	0652	60785	312.84	380.7	812.7
02 Jan 01	0702	60525	312.82	366.6	802.1
02 Jan 01	0712	60263	312.79	352.8	791.3
02 Jan 01	0722	59999	312.77	339.4	780.5
02 Jan 01	0732	59734	312.74	326.5	769.7
02 Jan 01	0742	59467	312.72	314.0	758.8
02 Jan 01	0752	59200	312.69	301.8	747.8
02 Jan 01	0802	58932	312.66	289.9	736.9
02 Jan 01	0812	58664	312.64	278.3	725.9
02 Jan 01	0822	58395	312.61	267.1	714.9
02 Jan 01	0832	58126	312.59	256.2	703.9
02 Jan 01	0842	57858	312.56	245.7	692.9
02 Jan 01	0852	57590	312.53	235.6	681.9
02 Jan 01	0902	57322	312.51	225.8	671.0
02 Jan 01	0912	57056	312.48	216.3	660.8
02 Jan 01	0922	56789	312.46	207.1	650.9
02 Jan 01	0932	56523	312.43	198.3	641.1
02 Jan 01	0942	56258	312.40	189.8	631.3
02 Jan 01	0952	55993	312.38	181.7	621.5
02 Jan 01	1002	55730	312.35	173.9	611.7
02 Jan 01	1012	55468	312.33	166.6	602.0
02 Jan 01	1022	55208	312.30	159.6	592.4
02 Jan 01	1032	54949	312.28	152.9	582.8
02 Jan 01	1042	54692	312.25	146.5	573.3
02 Jan 01	1052	54437	312.23	140.3	563.8
02 Jan 01	1102	54184	312.20	134.5	554.4



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	1112	53933	312.18	128.9	545.1
02 Jan 01	1122	53684	312.15	123.6	535.9
02 Jan 01	1132	53438	312.13	118.5	526.8
02 Jan 01	1142	53194	312.10	113.6	517.8
02 Jan 01	1152	52953	312.08	108.9	508.9
02 Jan 01	1202	52714	312.06	104.4	500.0
02 Jan 01	1212	52478	312.03	100.0	491.3
02 Jan 01	1222	52245	312.01	95.9	482.6
02 Jan 01	1232	52014	311.99	91.9	474.1
02 Jan 01	1242	51786	311.96	88.2	465.7
02 Jan 01	1252	51561	311.94	84.6	457.4
02 Jan 01	1302	51339	311.91	81.1	449.2
02 Jan 01	1312	51120	311.89	77.8	441.1
02 Jan 01	1322	50903	311.87	74.6	433.1
02 Jan 01	1332	50690	311.84	71.5	425.2
02 Jan 01	1342	50479	311.82	68.6	417.4
02 Jan 01	1352	50271	311.80	65.8	409.7
02 Jan 01	1402	50066	311.77	63.2	402.2
02 Jan 01	1412	49864	311.75	60.6	394.7
02 Jan 01	1422	49665	311.73	58.2	387.4
02 Jan 01	1432	49469	311.71	55.8	380.1
02 Jan 01	1442	49276	311.69	53.6	373.0
02 Jan 01	1452	49086	311.67	51.4	366.0
02 Jan 01	1502	48899	311.65	49.3	359.1
02 Jan 01	1512	48714	311.63	47.3	352.2
02 Jan 01	1522	48533	311.61	45.4	345.5
02 Jan 01	1532	48354	311.59	43.5	338.9
02 Jan 01	1542	48178	311.57	41.7	332.4
02 Jan 01	1552	48005	311.55	39.9	326.1
02 Jan 01	1602	47835	311.53	38.3	319.8
02 Jan 01	1612	47667	311.51	36.6	313.6
02 Jan 01	1622	47502	311.49	35.0	307.9
02 Jan 01	1632	47339	311.47	33.5	302.9
02 Jan 01	1642	47179	311.46	32.0	297.9
02 Jan 01	1652	47020	311.44	30.6	293.0
02 Jan 01	1702	46864	311.42	29.2	288.2
02 Jan 01	1712	46710	311.41	27.9	283.4
02 Jan 01	1722	46557	311.39	26.6	278.7
02 Jan 01	1732	46407	311.37	25.4	274.0
02 Jan 01	1742	46259	311.36	24.2	269.5
02 Jan 01	1752	46113	311.34	23.0	264.9
02 Jan 01	1802	45969	311.32	21.9	260.5
02 Jan 01	1812	45827	311.31	20.8	256.1
02 Jan 01	1822	45686	311.29	19.8	251.8
02 Jan 01	1832	45548	311.28	18.7	247.5
02 Jan 01	1842	45412	311.26	17.7	243.3
02 Jan 01	1852	45278	311.25	16.8	239.1
02 Jan 01	1902	45145	311.23	15.8	235.0
02 Jan 01	1912	45014	311.22	14.9	231.0
02 Jan 01	1922	44886	311.21	14.1	227.0
02 Jan 01	1932	44759	311.19	13.2	223.1
02 Jan 01	1942	44634	311.18	12.4	219.2
02 Jan 01	1952	44511	311.16	11.7	215.4
02 Jan 01	2002	44389	311.15	11.0	211.7
02 Jan 01	2012	44270	311.14	10.3	208.0



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 01	2022	44152	311.13	9.7	204.3
02 Jan 01	2032	44036	311.11	9.2	200.7
02 Jan 01	2042	43922	311.10	8.7	197.2
02 Jan 01	2052	43810	311.09	8.3	193.7
02 Jan 01	2102	43700	311.08	7.8	190.3
02 Jan 01	2112	43591	311.06	7.4	187.0
02 Jan 01	2122	43484	311.05	7.0	183.7
02 Jan 01	2132	43379	311.04	6.7	180.4
02 Jan 01	2142	43276	311.03	6.3	177.2
02 Jan 01	2152	43174	311.02	6.0	174.1
02 Jan 01	2202	43074	311.01	5.7	171.0
02 Jan 01	2212	42976	311.00	5.4	168.3
02 Jan 01	2222	42878	310.98	5.1	166.2
02 Jan 01	2232	42782	310.97	4.8	164.2
02 Jan 01	2242	42687	310.96	4.6	162.2
02 Jan 01	2252	42593	310.95	4.3	160.2
02 Jan 01	2302	42500	310.94	4.1	158.2
02 Jan 01	2312	42408	310.92	3.9	156.2
02 Jan 01	2322	42317	310.91	3.7	154.3
02 Jan 01	2332	42228	310.90	3.5	152.4
02 Jan 01	2342	42139	310.89	3.3	150.5
02 Jan 01	2352	42051	310.88	3.1	148.7
03 Jan 01	0002	41964	310.87	2.9	146.8
03 Jan 01	0012	41878	310.86	2.8	145.0

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

