



Julho de 2003

**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 CEARÁ VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 2 - Estudos Hidrológicos**



**MONTGOMERY WATSON**





MONTGOMERY WATSON



## ÍNDICE

---

**ÍNDICE****Páginas**

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>FICHA HIDROLÓGICA .....</b>	<b>6</b>
<b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2- CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<i>2.1. Sistema de Drenagem e Açudes Existentes .....</i>	<i>13</i>
<i>2.2. Solos e Cobertura Vegetal .....</i>	<i>15</i>
<i>2.3. Geologia e Geomorfologia .....</i>	<i>19</i>
<i>2.4. Determinação do Número CN .....</i>	<i>19</i>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA .....</b>	<b>22</b>
<i>3.1. Temperatura .....</i>	<i>25</i>
<i>3.2. Insolação Total .....</i>	<i>27</i>
<i>3.3. Umidade Relativa .....</i>	<i>28</i>
<i>3.4. Ventos .....</i>	<i>29</i>
<i>3.5. Regime Pluvial a Nível Anual e Mensal .....</i>	<i>30</i>
<i>3.6. Evapotranspiração Potencial .....</i>	<i>35</i>
<i>3.7. Evaporação em Tanque Classe A .....</i>	<i>36</i>
<i>3.8. Sinopse Climática .....</i>	<i>37</i>
<b>4. ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS .....</b>	<b>38</b>
<i>4.1. Chuvas Máximas Diárias .....</i>	<i>39</i>
<i>4.2. Chuvas Intensas .....</i>	<i>45</i>
4.2.1. Método das Isozonas (TORRICO,1975). .....	45
<b>5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS .....</b>	<b>50</b>



<b>6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO.....</b>	<b>55</b>
6.1. Metodologia.....	56
6.1.1. Precipitação.....	57
6.1.2. Precipitação Efetiva.....	59
6.1.3. Hidrograma Unitário - SCS.....	61
6.2. Propagação da Cheia no Reservatório.....	63
6.3. Resultados.....	64
<b>7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>66</b>
7.1. Disponibilidade hídrica.....	67
7.1.1. Metodologia.....	67
7.1.1.1. Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico.....	67
7.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório.....	70
<b>8. ESTUDOS ADICIONAIS.....</b>	<b>71</b>
8.1. Introdução.....	72
8.2. Estudo da Disponibilidade Hídrica.....	72
<b>ANEXO A.....</b>	<b>78</b>
<b>HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS.....</b>	<b>79</b>
<b>HIDROGRAMAS PARA 10000 ANOS.....</b>	<b>89</b>



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 Ceará**, situada no rio Ceará, integrante da Bacia Metropolitana.

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 – Estudo da Disponibilidade Hídrica
- Capítulo 8 – Estudos Adicionais



MONTGOMERY WATSON



## FICHA HIDROLÓGICA

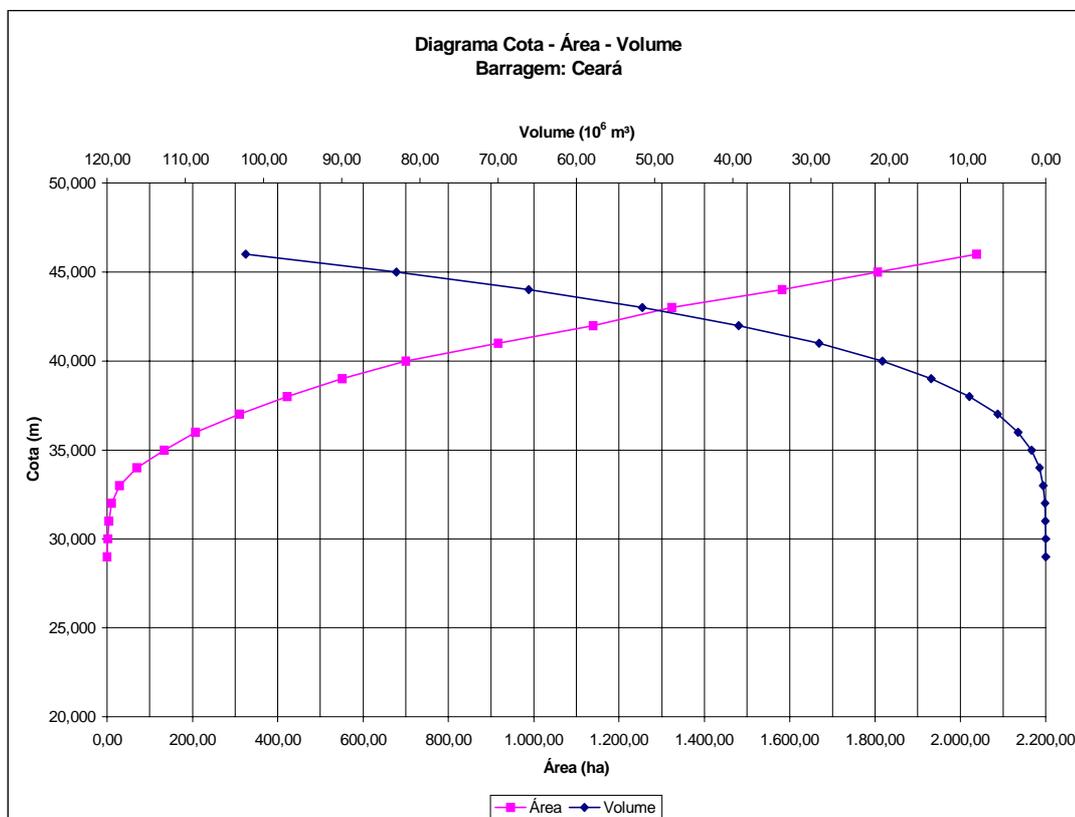
---

**FICHA HIDROLÓGICA****Açude Ceará**

Município .....	Caucaia
Rio ou Riacho Barrado .....	Ceará
Área da Bacia Hidrográfica .....	232 km <sup>2</sup>
Comprimento do Talvegue Principal .....	26,5 km
Desnível do Talvegue Principal .....	143 m
Precipitação Média Anual .....	1.392,4 mm
Escoamento Médio Anual .....	320,2 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A) .....	1.469,2 mm
Vertedouro Tipo.....	Perfil Creager
Cota do Vertedouro .....	43,00 m
Largura do vertedouro .....	120 m
Comprimento/Declividade Longitudinais do Vertedouro.....	300 m/0,0 %
Volume Máximo de Acumulação (Cota 43,00) .....	51,58 hm <sup>3</sup>
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	870 m <sup>3</sup> /s
Cota Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos .....	44,00 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	1.177 m <sup>3</sup> /s
Cota Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	45,04 m
Vazão Regularizada com 90% de Garantia.....	1,08 m <sup>3</sup> /s
Vazão Regularizada com 95% de Garantia.....	0,93 m <sup>3</sup> /s
Vazão Regularizada com 99% de Garantia.....	0,77 m <sup>3</sup> /s
Volume Afluyente Médio Anual.....	72,53 Hm <sup>3</sup>
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR = 1.000 anos) .....	239,0 m <sup>3</sup> /s
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR = 10.000 anos).....	361,0 m <sup>3</sup> /s



COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota(m)	Área (ha)	Volume (hm <sup>3</sup> )	Volume Acum.(hm <sup>3</sup> )
29,0	0,00	0,00	0,00
30,0	1,368	0,007	0,007
31,0	4,497	0,029	0,036
32,0	10,324	0,074	0,110
33,0	29,329	0,198	0,308
34,0	69,814	0,496	0,804
35,0	134,176	1,019	1,824
36,0	207,584	1,708	3,533
37,0	310,002	2,587	6,120
38,0	424,03	3,662	9,782
39,0	550,993	4,866	14,649
40,0	699,787	6,253	20,903
41,0	916,973	8,083	28,987
42,0	1139,288	10,281	39,268
43,0	1581,414	12,313	51,582





MONTGOMERY WATSON



## 1- INTRODUÇÃO

---



## 1 - INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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 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 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 Ceará, que barra o rio de mesmo nome nas coordenadas UTM N 9.574.100 e E 522.330. A barragem situa-se próxima à localidade Muquém, no município de Caucaia, pertencendo à microrregião geográfica de Fortaleza.

### 2.1. SISTEMA DE DRENAGEM E AÇUDES EXISTENTES

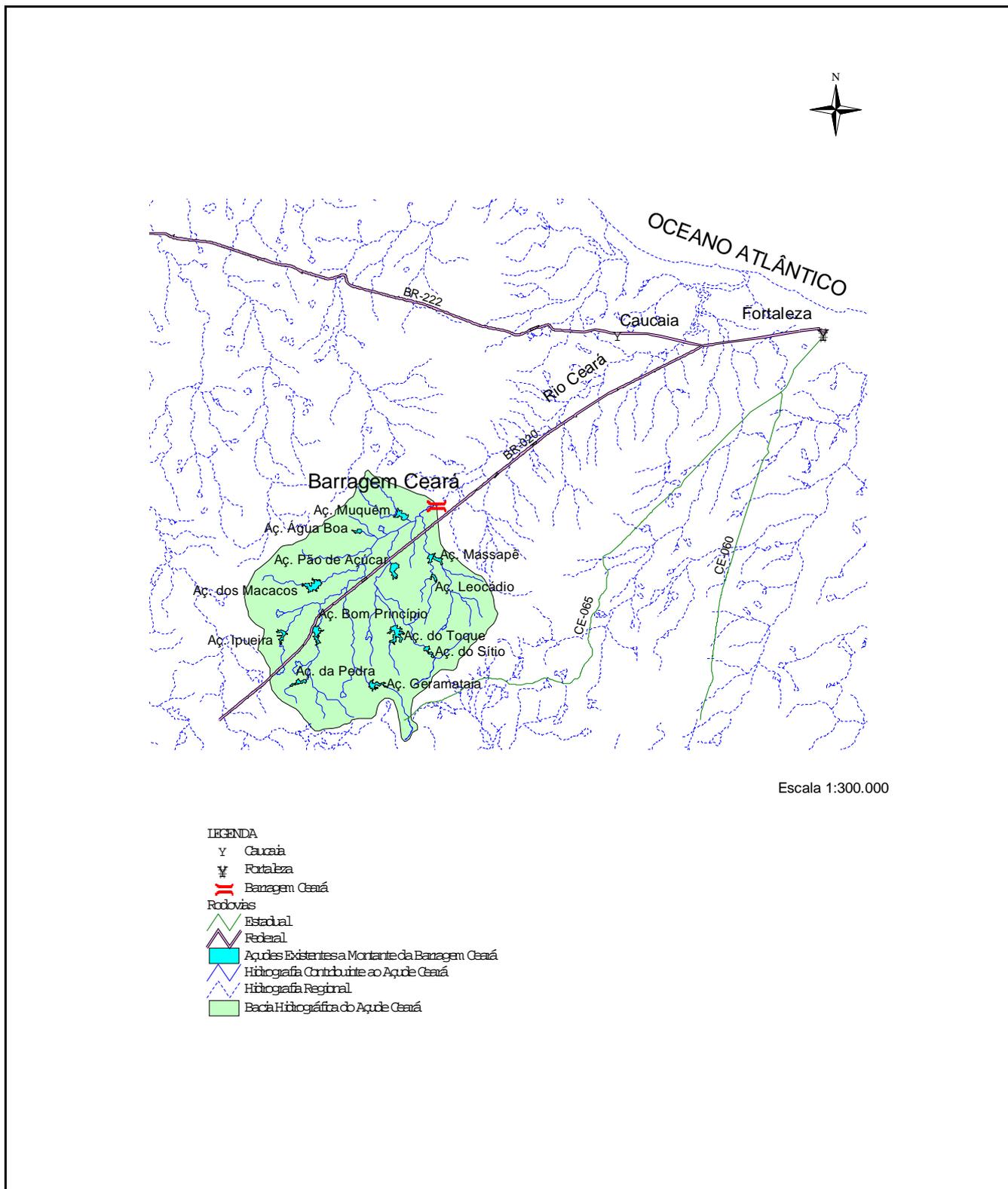
A bacia hidrográfica do açude Ceará tem como principal contribuinte riacho homônimo, abrangendo uma área de contribuição de 231 Km<sup>2</sup>. O rio Ceará se estende na direção sul-nordeste, perfazendo, aproximadamente, 26,67 Km do ponto mais a montante do sistema de drenagem até o eixo da barragem.

Para a identificação dos açudes existentes a montante da barragem Ceará foram utilizadas 2 (duas) fontes de dados, quais sejam: a Carta da SUDENE de Fortaleza, escala 1:100.000, e as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996, adquiridas quando da elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia Metropolitana, COGERH (2000)<sup>1</sup>. Em ambas as fontes de dados foram identificados 12 (doze) açudes a montante da barragem proposta, são eles: Água Boa, Bom Princípio, da Pedra, do Sítio, do Toque, dos Macacos, Geramataia, Ipueira, Leocádio, Massapê, Muquém e Pão de Açúcar. Existem pelo menos mais outros 6 (seis) pequenos açudes a montante da barragem Ceará, mas de porte insignificante perante os 12 açudes mencionados anteriormente. 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 12 espelhos d'água localizados a montante do açude Ceará perfaziam uma área de 443,5 ha, sendo que a menor área pertence ao açude Leocádio, com 12 ha de espelho, enquanto que o açude de maior área de espelho d'água é o açude do Toque, com 72 ha.

A Figura 2.1.1 apresenta o sistema de drenagem da bacia contribuinte ao açude Ceará e região adjacente.

---

<sup>1</sup> COGERH, 2000. *Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia Metropolitana*.



**Figura 2.1.1 – Sistema de drenagem e açudes existentes na bacia hidrográfica do Açude Ceará.**



## 2.2. SOLOS E COBERTURA VEGETAL

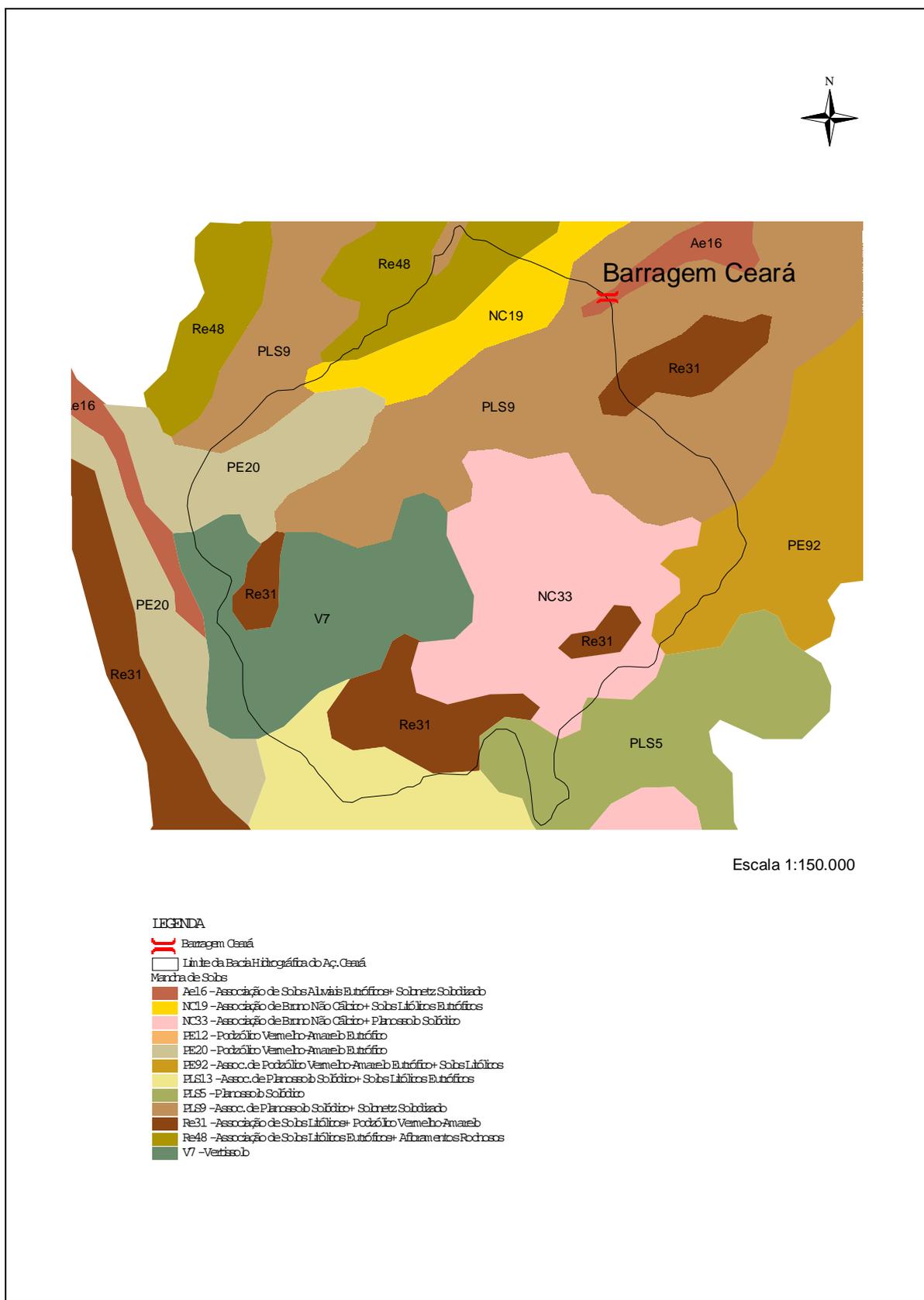
As informações sobre os tipos de solos predominantes na região da barragem Ceará foram extraídas do Mapa de Solos do Estado do Ceará, da Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária, na escala 1:800.000.

Os solos presentes na bacia de drenagem do açude Ceará são predominantemente associações de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado (PLS9) e de Bruno Não Cálcico + Planossolo Solódico (NC33), e solos do tipo Vertissolos (V7), abrangendo em conjunto cerca de 65% da área da bacia hidrográfica. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Com menor representatividade tem-se os Planossolos Solódico (PLS5) e associações de solos Aluviais Eutróficos + Solonetz Solodizado (Ae16), abrangendo em conjunto cerca de 2% da bacia hidrográfica do açude Ceará. A Tabela 2.2.1, a seguir, apresenta a distribuição dos solos presentes na bacia hidrográfica do açude Ceará.

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude Ceará inundará região cujos solos dominantes são associações de Solos Aluviais Eutróficos + Solonetz Solodizado (Ae16) e de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado (PLS9), 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 Ceará.

**Tabela 2.2.1: Manchas de solos existentes na bacia hidrográfica do açude Ceará.**

Mancha de Solos	Área (ha)	Distribuição (%)
PLS9 - Assoc. de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado	5.698	24,6
NC33 - Assoc. de Bruno Não Cálcico + Planossolo Solódico	5.328	23,0
V7 - Vertissolo	3.905	16,9
Re31 - Assoc. de Solos Litólicos + Podzólico Vermelho-Amarelo	2.295	9,9
PE20 - Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico	1.703	7,4
NC19 - Assoc. de Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos	1.535	6,6
PLS13 - Assoc. de Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutróficos	828	3,6
Re48 - Associação de Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos	771	3,3
PE92 - Assoc. de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos	623	2,7
PLS5 - Planossolo Solódico	403	1,7
Ae16 - Assoc. de Solos Aluviais Eutróficos + Solonetz Solodizado	50	0,2



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



A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude Ceará 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 Metropolitana, COGERH (2000). A Tabela 2.2.2, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude Ceará, podendo a mesma ser visualizada pela Figura 2.2.2.

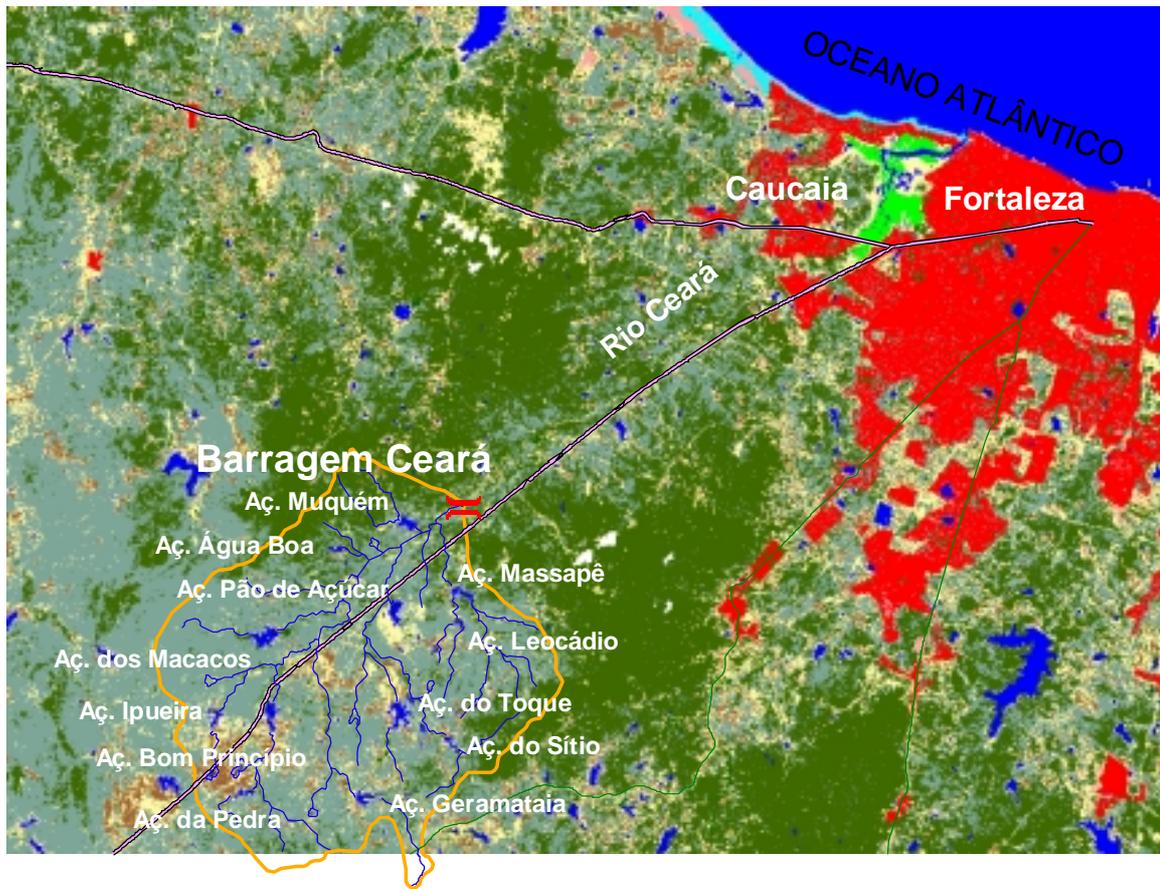
**Tabela 2.2.2: Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude Ceará, de acordo com as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996 (COGERH, 2000).**

Uso do Solo	Área (m <sup>2</sup> )	% do Uso do Solo em Relação à Área da Bacia Hidrográfica
Sem Dado	131.400	0,06
Caatinga Arbórea Densa	44.062.200	19,32
Caatinga Herbáceo Arbustiva	133.363.800	58,47
Açudes e espelhos d'água > 5ha	5.735.700	2,51
Área Agrícola	13.437.900	5,89
Solo Exposto	6.300	0,00
Área Alterada/Antropizada	30.998.700	13,59
Mata Ciliar	345.600	0,15
Total	228.081.600	100,00

Nota-se pelas informações apresentadas na Tabela 2.2.2 que a região da bacia de drenagem do açude Ceará possui bom estado de preservação das matas virgens, pois aproximadamente 80% da área são cobertos por caatinga arbórea densa e caatinga herbáceo arbustiva. No entanto, como as áreas identificadas como antropizadas e as áreas agrícolas representam cerca de 19,5% da área da bacia hidrográfica, deve haver uma preocupação crescente com relação ao adequado manejo do solo na região.



**Figura 2.2.2 – Cobertura Vegetal e Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Ceará**



Escala 1:300.000

**LEGENDA**

- Barragem Ceará
- Hidrografia
- Rodovias
  - Estadual
  - Federal
- Limite Bacia Hidrográfica do Aç. Ceará
- Uso do Solo
  - Cobertura Arbórea Densa
  - Cobertura Herbácea Arbustiva
  - Açudes e Lagos
  - Área Agrícola
  - Solo Exposto
  - Área Alagada
  - Mata Ciliar
  - Área Urbana
  - Nuvem
  - Vegetação Litorânea
  - Mangue
  - No Data



### 2.3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A barragem Ceará encontra-se inserida dentro da unidade estratigráfica Complexo Nordeste, ocorrendo a leste e a oeste afloramentos de rochas do grupo Barreiras e de forma isolada rochas vulcânicas. Estruturalmente o embasamento apresenta um intenso fraturamento em todas as direções, formando mosaico de blocos, e com freqüentes falhamentos profundos.

### 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.

As informações sobre o grupo hidrológico para a região da bacia hidrográfica do açude Ceará foram obtidas a partir da classificação de solos quanto à permeabilidade para a bacia da região metropolitana, apresentada no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1992)<sup>2</sup>. De acordo com estas informações, a bacia constitui-se de solos tipo C, predominando em cerca de 69% da área da bacia hidrográfica, e de solos tipo D, o qual abrange os restantes 31%.

---

<sup>2</sup> CEARÁ, SRH, 1992. *Plano Estadual dos Recursos Hídricos*.



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

<b>Grupo Hidrológico do Solo</b>	<b>Descrição</b>
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.

Com relação às informações de uso do solo, foram extraídas das imagens de satélite TM/Landsat do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia Metropolitana (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.

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

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

Com as informações do grupo de solo hidrológico da bacia e o uso do solo (classificado de acordo com o Método CN) pode-se determinar o CN, a ser adotado no cálculo da



precipitação efetiva, ponderando-se estas informações, conforme apresentado na Tabela 2.4.1 a seguir.

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

**Tabela 2.4.1: Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica do Açude Ceará.**

Uso do Solo de acordo com o Método CN	PERMEABILIDADE (m <sup>2</sup> )		PONDERAÇÃO CN			
	C	D	CN <sub>C</sub>	PESO <sub>C</sub>	CN <sub>D</sub>	PESO <sub>D</sub>
Florestas Normais	36.576.900	7.915.500	70	0,16	76	0,04
Florestas Esparsas	93.781.800	41.445.000	78	0,42	84	0,18
Plantações regulares em fileiras retas	6.362.100	7.171.200	84	0,03	88	0,03
Estradas de terra de superfície dura	1.800	4.500	90	0,00	92	0,00
Pastagens ou terrenos em más condições	18.562.500	12.626.100	86	0,08	89	0,06
<b>CN GERAL</b>						<b>80</b>



MONTGOMERY WATSON



### **3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA**

---



### 3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

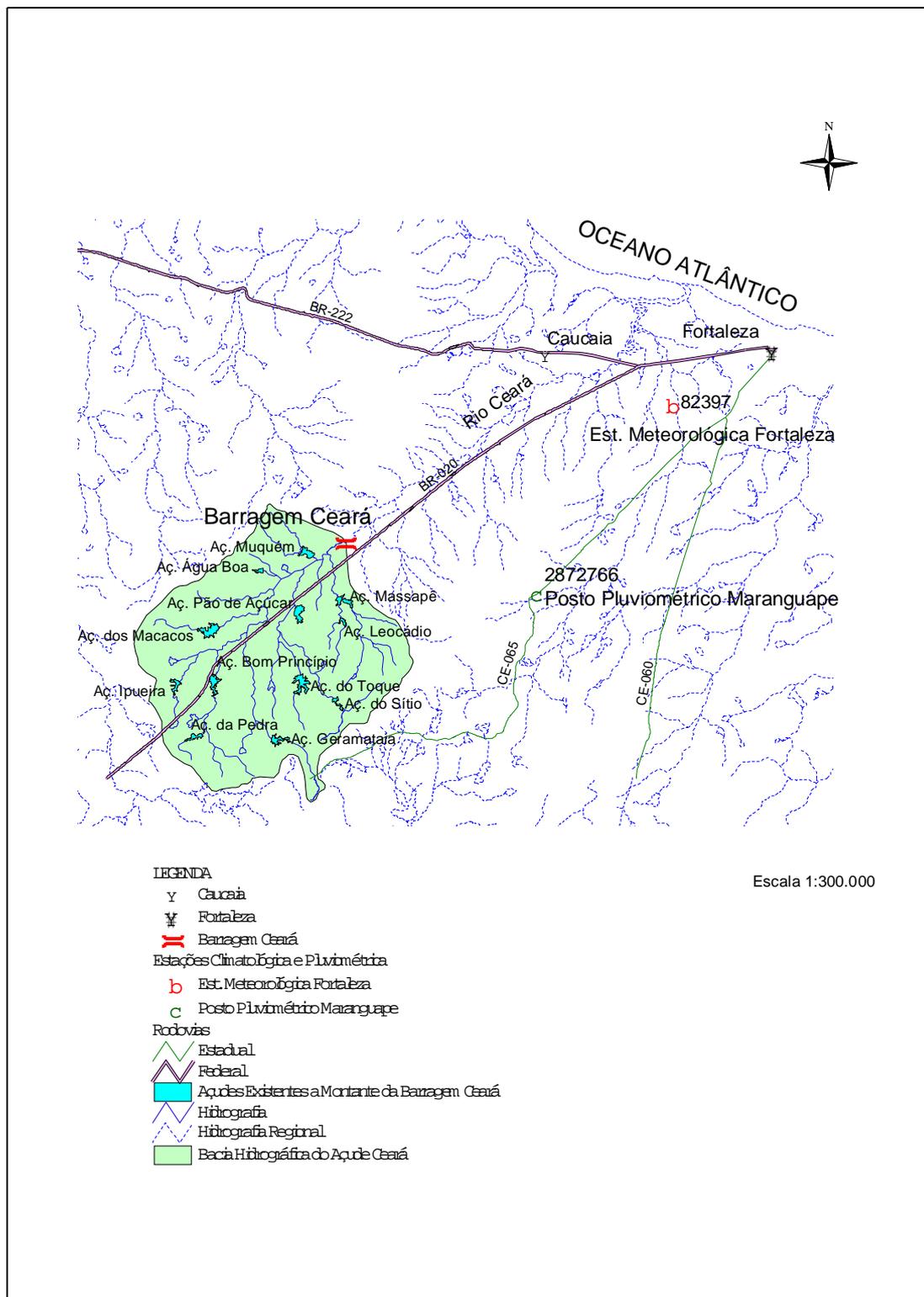
Para a caracterização climática da região foram utilizadas as informações da estação meteorológica de Fortaleza, a qual é a estação geograficamente mais próxima do local da barragem, localizada nas coordenadas UTM N 9.583.649 e E 544.417. As informações com relação a temperatura, insolação, umidade relativa, ventos e evaporação foram extraídas das *Normais Climatológicas - 1961 a 1990* - do INEMET (1992), para a estação meteorológica de Fortaleza.

Para os dados de precipitação e de evapotranspiração utilizaram-se as informações do posto pluviométrico mais próximo ao lago a ser formado, sendo que a evapotranspiração foi calculada segundo *Hargreaves* (1974)<sup>3</sup>. Identificou-se como posto a ser utilizado nos estudos a estação Maranguape (código 2872766), localizada nas coordenadas 3°53' Sul de Latitude e 38°41' Oeste de Longitude.

A Figura 3.1, a seguir, apresenta a localização da estação de Fortaleza e do posto pluviométrico Maranguape com relação à bacia hidrográfica e à posição da barragem do açude Ceará.

---

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



**Figura 3.1: Localização da Estação Meteorológica Fortaleza e do Posto Pluviométrico Maranguape, utilizados nos Estudos Climatológicos e Pluviométricos do açude Ceará.**



### 3.1. TEMPERATURA

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

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

onde:  $T_{comp}$  → Temperatura Média Compensada;

$T_{12}$  → Temperatura observada às 12:00 TMG;

$T_{24}$  → Temperatura observada às 24:00 TMG;

$T_{MAX}$  → Temperatura máxima do dia;

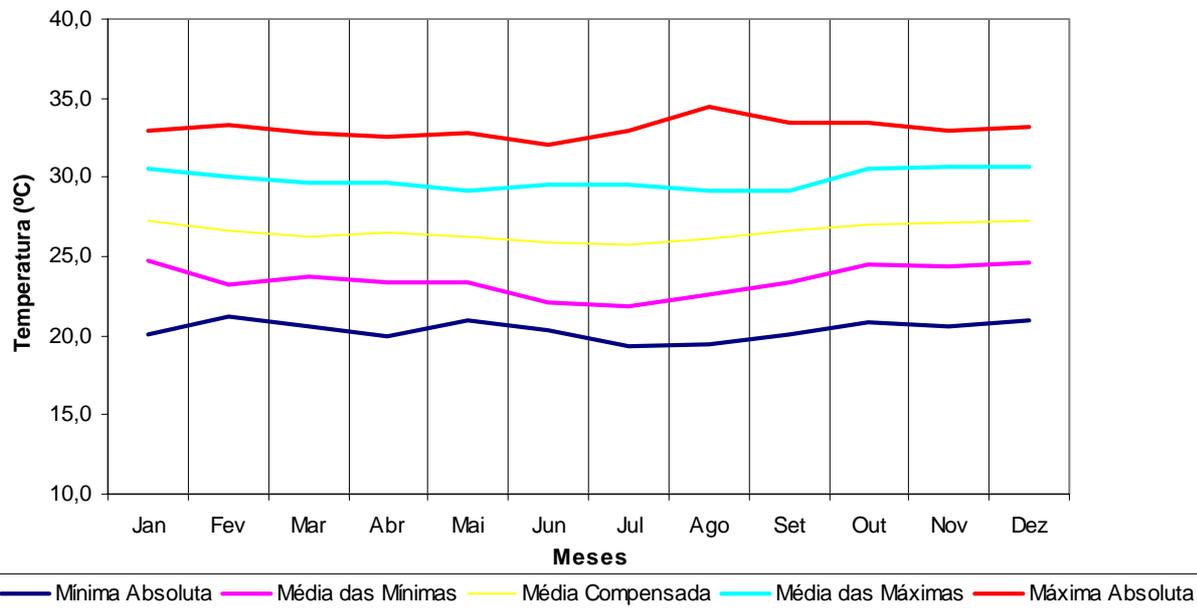
$T_{MIN}$  → Temperatura mínima do dia.

As informações com relação à 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 16°C. O período mais quente situa-se no trimestre novembro/dezembro/janeiro, enquanto que o de temperatura mais amena ocorre nos meses de junho e julho. As médias máximas e mínimas extremas ocorrem, respectivamente, nos meses de novembro e dezembro (30,7°C) e julho (21,8°C).

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

Valores de Temperatura (° C) para a Estação de Fortaleza					
Mês	Mínima Absoluta	Média das Mínimas	Média Compensada	Média das Máximas	Máxima Absoluta
Jan	20,1	24,7	27,3	30,5	33,0
Fev	21,2	23,2	26,7	30,1	33,3
Mar	20,6	23,8	26,3	29,7	32,8
Abr	20,0	23,4	26,5	29,7	32,6
Mai	21,0	23,4	26,3	29,1	32,8
Jun	20,3	22,1	25,9	29,6	32,0
Jul	19,3	21,8	25,7	29,5	33,0
Ago	19,5	22,6	26,1	29,1	34,4
Set	20,1	23,4	26,6	29,2	33,4
Out	20,9	24,5	27,0	30,5	33,4
Nov	20,6	24,4	27,2	30,7	33,0
Dez	21,0	24,6	27,3	30,7	33,2
Média Anual	19,3	23,5	26,6	29,9	34,4

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

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



### 3.2. INSOLAÇÃO TOTAL

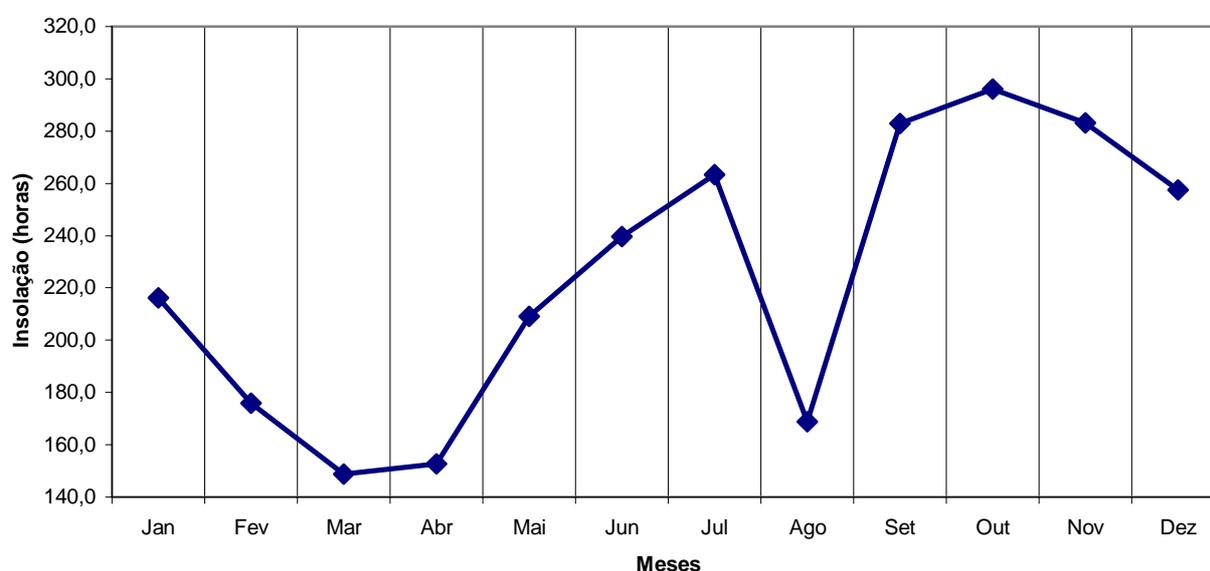
A tabela 3.2.1 e a Figura 3.2.1 apresentam os valores de insolação total para a estação de Fortaleza, segundo o INEMET (1992), distribuídos ao longo do ano. Pela Figura 3.2.1 nota-se que há inconsistência no valor de insolação atribuído ao mês de agosto. Provavelmente, o valor deva ser 268,9 horas ao invés de 168,9 horas como apontado pelo INEMET. O trimestre de maior insolação compreende os meses de setembro a novembro, enquanto que a menor insolação ocorre de fevereiro a abril. O mês de outubro apresenta o maior índice de insolação, cerca de 296 horas, enquanto que março é o menor, cerca de 149 horas.

A insolação média anual da região é cerca de 2.694,3 horas, representando, teoricamente, a 62% dos dias do ano com luz solar direta.

**Tabela 3.2.1: Valores de Insolação Total para a Estação de Fortaleza, CE**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Insolação (horas)	216,2	175,8	148,9	152,8	209,1	239,6	263,4	168,9	282,9	296,1	283,2	257,4	2694,3

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



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



### 3.3. UMIDADE RELATIVA

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

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

onde:  $U$  → Temperatura Média Compensada;

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

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

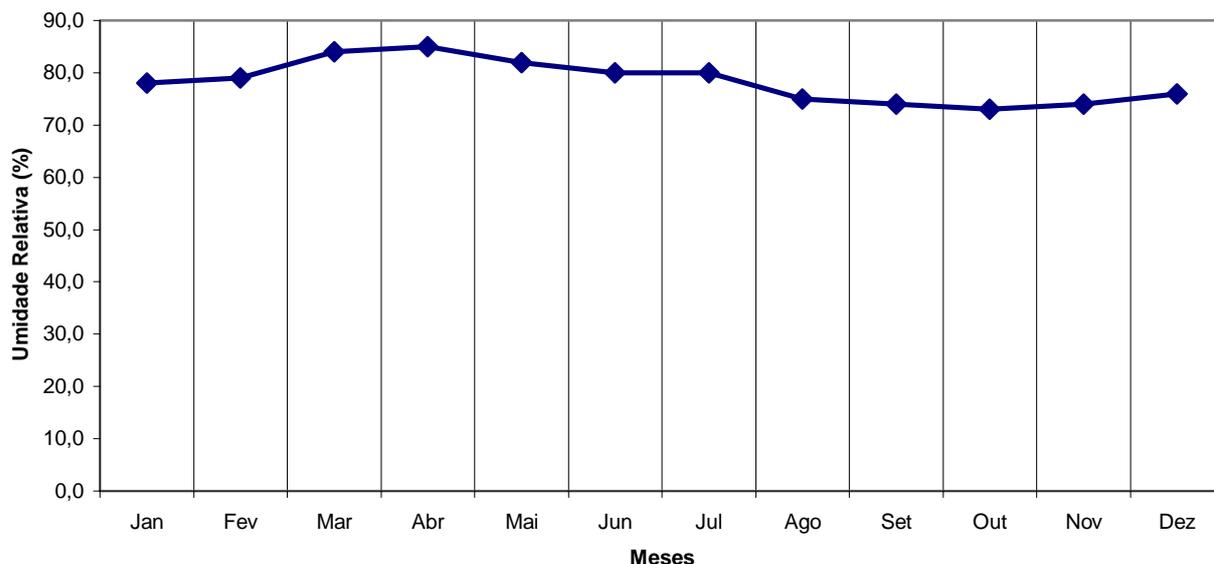
$U_{24}$  → Temperatura observada às 24:00 TMG.

A tabela 3.3.1 e a Figura 3.3.1 apresentam os valores de umidade relativa média para a estação de Fortaleza, segundo o INEMET (1992), distribuídos ao longo do ano. Pode-se observar que nos meses de março e abril a umidade relativa fica em torno de 85%, enquanto que no período seco, meses de setembro a novembro, os valores atingem cerca de 73%. Comparando-se os valores de mínima e máxima umidade, verifica-se que esta varia pouco ao longo do ano.

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

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Umidade Relativa (%)	78,0	79,0	84,0	85,0	82,0	80,0	80,0	75,0	74,0	73,0	74,0	76,0	78,3

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



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

### 3.4. VENTOS

Os ventos na estação de Fortaleza atingem as maiores velocidades médias no período de agosto a dezembro, cerca de 4,5 m/s. A direção dos ventos predominante é a leste - sudeste para o ano todo.

**Tabela 3.4.1: Valores médios anuais de velocidade do vento para a Estação de Fortaleza, CE.**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Velocidade do Vento (m/s)	3,6	3,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,5	4,4	4,9	4,6	4,5	4,5
Direção do Vento	ESe											

Legenda: E - Leste; Se - Sudeste.

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



### 3.5. REGIME PLUVIAL A NÍVEL ANUAL E MENSAL

Para a caracterização da precipitação na bacia hidrográfica do açude Ceará, identificou-se como posto a ser utilizado nos estudos a estação Maranguape (código 2872766), como já justificado anteriormente. A tabela 3.5.1 apresenta as principais características deste posto.

**Tabela 3.5.1 - Características do Posto Pluviométrico utilizado para os estudos de precipitação na bacia do açude Ceará.**

Código	Posto	Município	Coordenadas		Alt. (m)	Período de Observação	
			Lat	Long		Mês/Ano Inicial	Mês/Ano Final
2872766	Maranguape	Maranguape	3°53' S	38°41' O	67	01/1912	12/1988

A série de dados diários de chuva observados para o posto 2872766 contém 73 anos completos para o período de 1912 a 1988. A Tabela 3.5.2 apresenta os dados de precipitação para o posto utilizado em termos de totais mensais e anuais e a Figura 3.5.1 apresenta o hietograma mensal.

**Tabela 3.5.2: Pluviometria Média Mensal para o Posto Maranguape (código 2872766).**

Ano	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1912	101,7	549,2	710,1	501,5	551,0	297,0	75,0	58,0	53,0	0,0	0,0	5,0	2901,5
1913	5,0	434,0	412,0	275,9	108,0	163,0	79,0	0,1	16,9	28,2	16,5	33,8	1572,4
1914	156,8	331,9	199,0	270,7	143,6	197,2	80,1	50,8	23,4	3,6	16,1	0,7	1473,9
1915	13,9	94,0	22,1	151,3	133,6	23,0	7,6	4,6	16,8	2,0	14,7	51,8	535,4
1916	127,6	159,3	349,3	444,0	200,3	109,2	0,8	0,0	4,4	2,6	88,5	71,3	1557,3
1917	470,1	426,0	578,8	259,9	515,5	90,3	15,5	18,0	8,0	0,4	46,8	48,3	2477,6
1918	131,3	189,7	341,3	231,0	306,9	69,9	17,0	21,2	8,7	2,2	4,1	7,4	1330,7
1919	100,2	55,0	48,2	108,4	38,9	44,1	23,6	27,9	27,5	7,7	4,8	22,3	508,6



Continuação da Tabela 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1920	13,7	41,4	612,6	303,0	236,2	75,9	58,5	12,6	14,1	18,6	23,2	152,3	1562,1
1921	123,8	394,6	493,5	398,5	294,0	132,4	112,1	1,9	66,3	11,0	93,6	78,7	2200,4
1922	133,5	27,9	212,4	435,7	279,9	135,7	94,5	26,3	12,1	3,8	77,3	21,8	1460,9
1923	77,8	311,6	259,4	279,2	226,4	32,2	31,2	7,1	14,0	1,8	10,1	1,4	1252,2
1924	86,9	255,0	570,9	426,1	324,0	229,4	11,3	2,7	8,3	15,4	6,9	97,3	2034,2
1925	101,6	167,2	318,0	397,7	317,2	37,0	18,8	3,7	64,2	4,1	18,9	7,5	1455,9
1927	87,2	178,4	250,7	485,2	194,8	174,5	49,4	2,9	1,7	4,6	3,3	52,5	1485,2
1928	92,7	149,1	197,9	306,6	52,4	50,6	14,6	7,2	10,3	7,2	0,5	12,7	901,8
1929	60,7	331,9	528,8	324,7	143,9	96,6	7,4	6,8	5,7	9,4	3,6	18,7	1538,2
1930	115,2	44,7	110,7	336,1	39,4	134,1	29,6	10,8	2,4	21,2	3,5	14,1	861,8
1931	120,1	413,9	254,3	211,3	55,9	40,9	16,1	9,7	16,9	5,2	1,8	23,0	1169,1
1932	92,8	200,1	190,3	38,9	61,1	72,4	16,6	13,8	22,4	6,9	2,6	8,0	725,9
1933	160,7	154,1	224,3	590,1	51,1	45,8	10,9	4,5	16,5	3,4	13,3	63,5	1338,2
1934	144,3	209,8	460,8	268,2	273,6	82,0	0,2	5,9	6,9	4,8	43,1	113,3	1612,9
1935	133,9	311,2	173,0	388,1	203,1	139,2	37,9	3,3	9,7	10,1	14,3	10,0	1433,8
1936	46,6	147,4	146,3	86,3	226,0	53,0	20,0	2,1	3,8	6,3	2,7	6,9	747,4
1937	10,6	229,9	179,2	314,6	330,2	142,4	64,0	15,8	44,4	19,2	10,7	27,7	1388,7
1938	103,9	149,3	495,7	323,4	177,5	100,4	7,8	10,1	11,3	12,6	39,2	16,0	1447,2
1939	93,6	587,1	272,3	397,7	145,7	65,7	44,5	18,1	54,4	83,1	24,7	21,4	1808,3
1940	76,0	134,2	300,4	305,5	200,3	99,7	28,4	12,6	40,6	10,4	0,5	61,2	1269,8
1941	21,0	100,6	312,2	206,3	64,3	15,6	9,9	8,8	19,1	19,9	47,9	43,4	869,0
1942	26,9	84,6	270,6	172,8	89,4	16,9	3,0	9,0	0,1	38,5	5,3	76,7	793,8
1943	67,2	115,4	261,2	353,6	102,8	21,2	28,9	11,8	16,4	8,8	22,9	72,1	1082,3



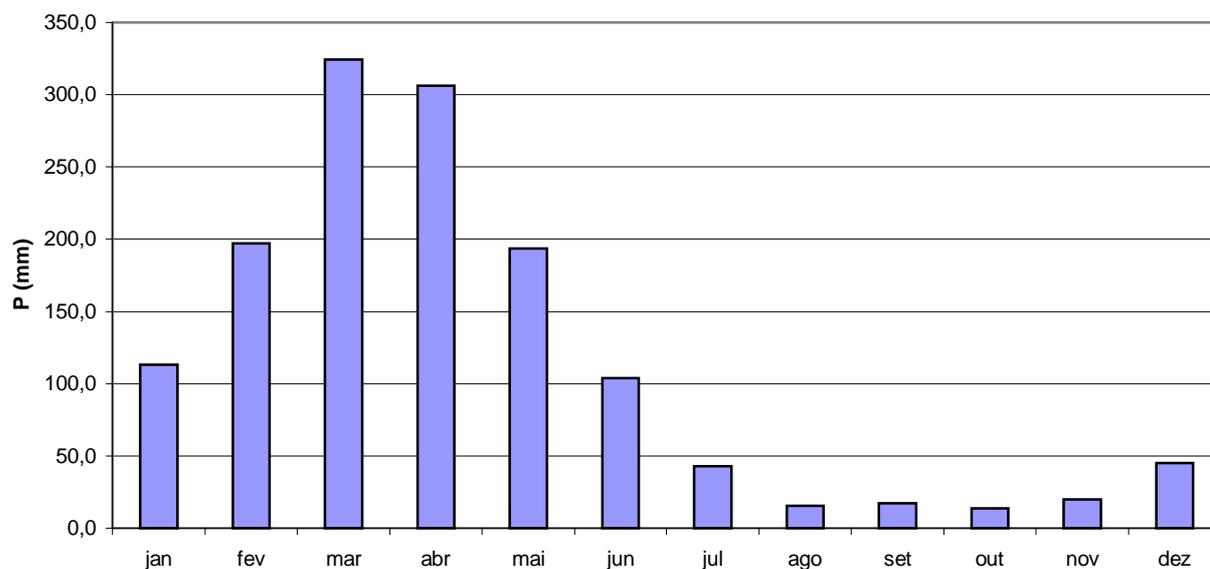
Continuação da Tabela 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1944	90,6	66,9	282,5	227,3	207,4	42,3	11,6	3,0	3,8	7,3	4,5	55,7	1002,9
1945	154,9	512,0	202,2	432,6	238,8	76,8	22,2	2,3	14,2	6,9	29,1	4,1	1696,1
1946	240,9	186,0	319,5	368,8	65,0	114,6	3,7	6,0	2,4	7,3	2,1	77,3	1393,6
1948	62,5	101,8	320,1	119,0	158,7	196,7	28,0	22,4	12,5	10,8	4,8	8,5	1045,8
1949	25,2	355,4	915,4	759,2	680,3	165,7	33,3	45,9	11,5	7,6	85,9	36,8	3122,2
1951	31,3	40,6	90,4	238,4	47,4	128,3	6,8	0,2	5,3	15,7	27,5	93,3	725,2
1952	50,7	119,5	310,6	416,4	112,5	59,3	11,1	20,2	4,9	15,2	6,3	8,5	1135,2
1953	68,4	111,3	288,5	182,6	148,9	92,3	14,1	4,0	14,2	2,5	3,0	1,5	931,3
1954	25,4	153,7	310,2	102,6	204,5	97,9	10,9	3,2	1,6	0,7	33,8	19,5	964,0
1955	106,4	124,1	217,6	326,1	94,9	29,9	2,0	7,2	2,6	16,5	7,9	104,6	1039,8
1956	46,1	178,8	219,0	296,2	101,4	24,3	14,0	11,2	11,3	2,1	3,0	9,0	916,4
1957	142,3	55,4	411,9	451,0	109,2	12,3	11,9	3,5	3,5	6,2	4,6	34,9	1246,7
1959	154,5	139,9	481,8	167,1	212,9	56,0	19,2	27,4	3,7	1,0	3,8	5,9	1273,2
1960	11,3	8,3	472,9	223,4	32,4	66,8	9,4	0,5	0,0	8,3	4,1	38,1	875,5
1961	141,8	423,5	344,9	415,1	164,4	66,3	32,5	2,4	3,3	6,5	4,5	82,2	1687,4
1962	127,9	194,4	305,7	312,8	82,8	47,0	20,6	4,4	8,1	6,1	21,6	44,2	1175,6
1963	387,0	236,0	469,0	363,1	87,6	13,4	51,9	11,5	4,6	2,2	111,0	252,7	1990,0
1964	275,3	394,5	269,9	385,0	110,4	72,4	52,5	12,4	54,2	35,6	6,7	15,6	1684,5
1965	131,0	40,2	275,3	325,0	281,4	216,1	11,0	8,6	4,6	21,7	3,7	12,1	1330,7
1966	17,3	82,0	74,7	193,4	219,0	109,6	65,2	8,9	14,3	10,4	20,2	21,2	836,2
1967	38,4	289,4	399,1	243,3	381,2	91,6	37,9	11,7	24,8	24,4	11,7	15,0	1568,5
1968	158,7	147,6	324,1	466,1	225,5	50,2	28,9	22,0	4,9	10,4	3,3	112,5	1554,2



Continuação da Tabela 3.5.2

Ano	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1969	32,4	85,1	272,0	328,4	219,8	100,9	157,3	48,3	18,8	18,0	2,3	3,9	1287,2
1970	133,6	39,6	314,9	373,4	91,1	41,9	19,9	20,4	4,3	9,5	41,3	31,7	1121,6
1971	141,4	175,1	342,1	243,3	320,6	241,4	239,1	17,9	13,8	43,5	27,9	32,2	1838,3
1972	32,1	89,6	194,1	267,5	193,7	192,3	93,5	70,6	6,3	4,3	0,3	33,0	1177,3
1973	176,9	184,1	388,0	455,7	309,1	185,0	116,1	38,7	30,1	6,2	18,8	0,6	1909,3
1974	425,7	277,6	492,3	428,8	519,9	150,8	25,9	22,3	16,5	29,1	7,8	54,0	2450,7
1975	154,0	181,9	356,0	261,2	351,0	146,1	115,6	0,1	25,5	8,0	25,7	120,6	1745,7
1976	47,7	313,8	380,6	424,0	43,0	49,8	24,2	11,4	19,0	54,9	68,4	9,1	1445,9
1977	173,0	177,9	335,4	305,4	232,8	216,7	193,6	10,9	11,4	14,1	10,9	21,9	1704,0
1978	69,8	147,8	190,0	264,6	183,7	58,9	109,5	16,8	18,3	19,2	2,8	31,2	1112,6
1979	104,0	123,6	264,0	128,2	270,9	54,2	10,1	31,4	69,4	9,9	5,1	13,2	1084,0
1980	235,4	397,8	186,9	38,2	118,3	100,2	25,9	22,2	15,9	22,2	3,9	7,5	1174,4
1981	24,6	52,9	407,5	181,1	103,6	21,8	0,2	3,2	1,4	2,1	3,4	68,2	870,0
1982	119,9	169,4	222,9	298,7	153,0	66,7	27,9	24,4	25,1	33,3	22,3	41,3	1204,9
1983	4,9	128,6	207,4	77,9	39,2	76,0	13,7	8,6	7,8	15,7	2,1	45,2	627,1
1984	110,8	82,2	363,1	302,1	396,2	200,8	127,1	73,5	53,7	35,7	17,3	17,6	1780,1
1985	352,3	270,5	507,7	336,8	201,3	295,8	150,7	21,3	38,7	12,2	5,4	215,6	2408,3
1986	90,0	262,3	439,1	504,9	164,7	273,5	42,0	36,9	16,4	30,3	46,7	92,8	1999,6
1987	39,5	90,2	346,0	105,6	10,2	192,9	37,3	19,6	32,0	19,4	17,2	6,6	916,5
1988	197,0	210,8	398,4	414,0	144,2	112,1	90,7	5,9	16,1	17,4	44,5	147,7	1798,8
Média	113,0	197,3	324,2	306,1	193,4	104,0	42,9	15,5	17,4	13,7	19,7	45,0	1392,4



**Figura 3.5.1: Hietograma de chuva média mensal para o posto Maranguape (código 2872766).**

De acordo com a Tabela 3.5.2 e a Figura 3.5.1, os dados mostram que a precipitação média anual na bacia é de 1.392,4 mm, sendo que cerca de 89% do total precipitado concentra-se no semestre Janeiro a Junho de cada ano. A quadra invernososa é representada pelos meses de fevereiro/março/abril/maio, na qual precipita cerca de 73% do total anual, sendo março o mês mais chuvoso. Fica caracterizado, portanto, o elevado índice de concentração temporal das precipitações na região. Considerou-se aqui o quadrimestre ao invés do trimestre para caracterizar o período invernososo, uma vez que os meses de fevereiro e maio apresentam, praticamente, o mesmo nível de precipitação, 197,3mm e 193,4mm, respectivamente.

Já o período menos chuvoso é concentrado no quadrimestre agosto/setembro/outubro/novembro, precipitando nestes meses em torno de 5% do total anual, sendo o mês com menor índice de precipitação outubro.

Na Tabela 3.5.3 são apresentados os índices de concentração da precipitação para os níveis mensal, quadrimestral e semestral.

**Tabela 3.5.3: Índices de Concentração Pluviométrica para a Série de Valores Médios Mensais do Posto Maranguape (código 2872766)**

CÓDIGO	Mês Mais Chuvoso			Quadrimestre Mais Chuvoso			Semestre Mais Chuvoso		
	Mês	P (mm)	P (%)	Quadrimestre	P (mm)	P (%)	Semestre	P (mm)	P (%)
2872766	Março	324,2	23,3	Fev a Mai	1.021,1	73,3	Jan a Jun	1.238,1	88,9

### 3.6. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água transferida por superfície completamente coberta por plantas em pleno estágio de crescimento, vegetação de baixo porte e verde, usualmente pastos, e satisfatoriamente suprida de água. Quando considerada dependente do clima, pode ser estimada a partir de parâmetros climáticos, sendo os mais importantes a temperatura, a umidade relativa e um fator que pode ser calculado a partir da latitude (HARGREAVES, 1974).

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

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

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

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

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

Para o estudo da ETP na região da bacia hidrográfica do açude Ceará, utilizaram-se os valores calculados por HARGREAVES (1974) para o posto Maranguape, código 2872766, os quais estão apresentados na Tabela 3.6.1 a seguir.

**Tabela 3.6.1: Valores de Evapotranspiração Potencial – ETP para o Posto Maranguape.**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
ETP (mm)	158	131	133	117	119	117	133	151	159	173	164	165	1.720

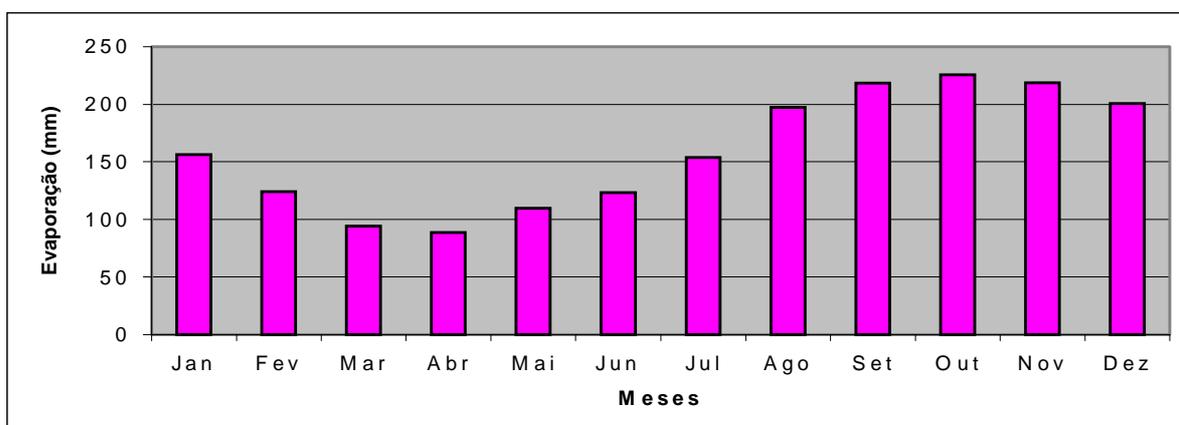
Fonte: HARGREAVES, G.H. (1974).

### 3.7. EVAPORAÇÃO EM TANQUE CLASSE A

A evaporação média na área da barragem foi estimada em função dos dados de Evaporímetro de Piché da estação climatológica de Fortaleza, obtidos da publicação do INEMET. Tais valores de evaporação foram acrescidos de 30%, conforme comparação entre os dados de Tanque Classe A e Piché realizados para Quixeramobim e Morada Nova, e 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 dezembro, com valores acima de 150 mm mensais. A lâmina d'água média anual evaporada é cerca de 1,5 metro.

**Tabela 3.7.1: Dados de Evaporação Média Mensal – Tanque Classe A para a Estação de Fortaleza - CE.**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Evaporação (mm)	156,1	124,1	94,1	88,5	110,0	123,1	153,8	197,3	218,1	225,6	218,5	200,6	1910,0





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

### 3.8. SINOPSE CLIMÁTICA

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

INDICADOR	ÍNDICE
Pluviometria média anual	1392,4 mm
Semestre chuvoso e índice de concentração	Jan/Jun
Trimestre úmido	Fev/Abr
Trimestre seco	Ago/Out
Mês de maior pluviosidade	Março
Temperatura média anual	26,6 °C
Média das temperaturas mínimas	23,5 °C
Média das temperaturas máximas	29,9 °C
Amplitude das médias extremas	15,1 °C
Umidade relativa média anual	78,3 %
Período de maior umidade relativa	Abril
Período de menor umidade relativa	Outubro
Insolação anual	2694 h
Período de maior insolação	Outubro
Período de menor insolação	Março
Ventos de 1ª predominância	Este/Sudeste
Velocidade média dos ventos	3,6 m/s
Evaporação média anual em tanque classe A	1469 mm
Período de maior evaporação	Out/Nov
Período de menor evaporação	Mar/Abr
ETP média anual	1720 mm



MONTGOMERY WATSON



## 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 Maranguape (código 2872766), 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.

**Quadro 4.1.1 - MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS**

<b>ANO</b>	<b>1 DIA</b>	<b>2 DIAS</b>	<b>3 DIAS</b>
1912	170	174	191
1913	87	132	139
1914	89	137	152.5
1915	70.2	72.2	84.3
1916	118.2	233.6	277.3
1917	168.3	265.6	280.8
1918	101.6	114.7	141.5
1919	52.4	52.9	52.9
1920	131.1	176.6	258.7
1921	103.8	127.7	139.8
1922	105.1	117.9	171.4
1923	68.1	88.3	97.2
1924	97.1	122.5	153
1925	89.3	104.6	130.2
1927	77.8	105.7	143.9
1928	74.7	92.2	103.3
1929	91.3	154.6	173.7
1930	64.3	86.9	95
1931	71.1	82.6	107.3
1932	77.3	108.1	118.3
1933	93.1	103.7	150.6
1934	67.3	69	83.3
1935	71.2	82.3	109.5
1936	70.1	84	84.2
1937	84.4	99.9	108.5
1938	69.8	120.8	122.5
1939	89.1	107.3	152.6
1940	96.1	112.3	120.8
1941	83.3	90.8	144.6
1942	56	82.2	86.4
1943	78	95.4	153.4
1944	60.5	114.5	159.8

**Continuação - Quadro 4.1.1 - MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS**

<b>ANO</b>	<b>1 DIA</b>	<b>2 DIAS</b>	<b>3 DIAS</b>
1945	78.2	134.3	136.7
1946	60.5	71.5	104.1
1948	64.4	85.8	90.7
1949	137	195.5	249.3
1950	90	167	197
1951	52.5	56.2	60.3
1952	72.8	109.3	149
1953	60.3	81.6	82.6
1954	72.2	73.3	85.3
1955	65.5	86.7	86.7
1956	39.8	68.4	90.1
1957	114.5	150.6	191.4
1958	93.6	95.7	117.5
1959	69.7	116.1	137.7
1960	-	-	-
1961	96.8	133.7	162.3
1962	74.5	88.2	148.3
1963	88.7	105	116.7
1964	86.6	134	135
1965	53.5	79	111
1966	46	56.5	75.7
1967	84.2	98.5	125.3
1968	55.5	74.9	102.3
1969	47.7	93.2	106.8
1970	103.1	107	158.4
1971	88.4	98.9	114.1
1972	80.7	100.6	113.4
1973	117.5	127.7	155.8
1974	124.7	140.8	171.6
1975	77.8	81.2	86.3
1976	90.3	113.6	125.8
1977	76.8	91	102.6
1978	67.5	117.1	125.3
1979	65.3	70.5	120.3
1980	113.2	115.4	135.6
1981	71.4	81.2	108.7
1982	68.8	82.5	99.3
1983	78.8	95.3	103.1
1984	73.2	127.4	146
1985	91.5	95	106.1
1986	69.8	89.6	99
1987	90	96.9	106.8
1988	135.2	152.8	162.1



Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Pearson III como a que melhor se ajustou, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no Quadro 4.1.2. Os ajustes e os testes de aderência podem ser observados nas saídas computacionais mostradas nas páginas a seguir.

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

**Posto Pluviométrico: 3813532**

<b>TR (anos)</b>	<b>P(1dia)</b>
100	167
1000	217
10000	269



Estudo Estatístico de Chuvas Máximas POSTO 2872766

SAMPLE SIZE = 74

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 83.99 STD. DEV. = 25.14 COEF. OF SKEW = 1.2630

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.39061 STD. DEV. = .28132 COEF. OF SKEW. = .2647

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.90682 STD. DEV. = .12218 COEF. OF SKEW. = .2606

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	83.99	80.69	79.50	79.99	77.16	78.93	79.70
2.33	88.49	84.86	83.66	84.47	81.13	83.20	83.83
5.00	105.27	102.39	102.00	103.95	100.89	102.21	101.95
10.00	116.50	116.10	117.18	119.82	120.49	117.88	116.95
20.00	125.87	128.93	132.00	135.04	142.87	132.93	131.67
50.00	136.55	145.31	151.72	154.73	178.10	152.44	151.42
100.00	143.78	157.55	167.01	169.50	210.10	167.14	166.88
500.00	158.71	186.20	204.49	184.20	247.69	201.60	205.49
1000.00	164.57	198.83	221.72	203.61	307.76	216.72	223.60
10000.0	182.45	242.86	284.91	218.27	362.65	268.75	292.02



MONTGOMERY WATSON



Engenharia e Consultoria Ltda.

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.12500	55.07	58.38	58.60	56.76	59.50	58.53	58.50
2	.25000	67.03	66.74	66.14	65.33	65.49	65.41	66.14
3	.37500	75.98	73.77	72.75	72.65	71.07	71.88	72.75
4	.50000	83.99	80.69	79.50	79.99	77.16	78.72	79.44
5	.62500	92.00	88.26	87.12	88.20	84.59	86.63	86.97
6	.75000	100.94	97.55	96.81	98.58	95.00	96.77	96.51
7	.87500	112.90	111.52	112.03	114.81	113.92	112.65	111.48
8	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		15.081	12.054	8.162	10.108	4.054	7.946	8.162

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14.070



## 4.2. CHUVAS INTENSAS

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

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

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

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

### 4.2.1. Método das Isozonas (TORRICO, 1975)<sup>4</sup>.

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 C (figura 4.2.1);

---

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



3. estimar para os diferentes períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R1h;
4. plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias.

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

**Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm Posto Pluviométrico: 2872766**  
**ISOZONA: C**

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	167	184	71	16
1000	217	239	89	21
10000	269	296	107	26

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 (km<sup>2</sup>)

Ao - Área de influência do posto pluviométrico (25 km<sup>2</sup>)

Para o açude têm-se:

$$Pa/Po = [1 - 0,20.\log(226/25)] = 0.81$$

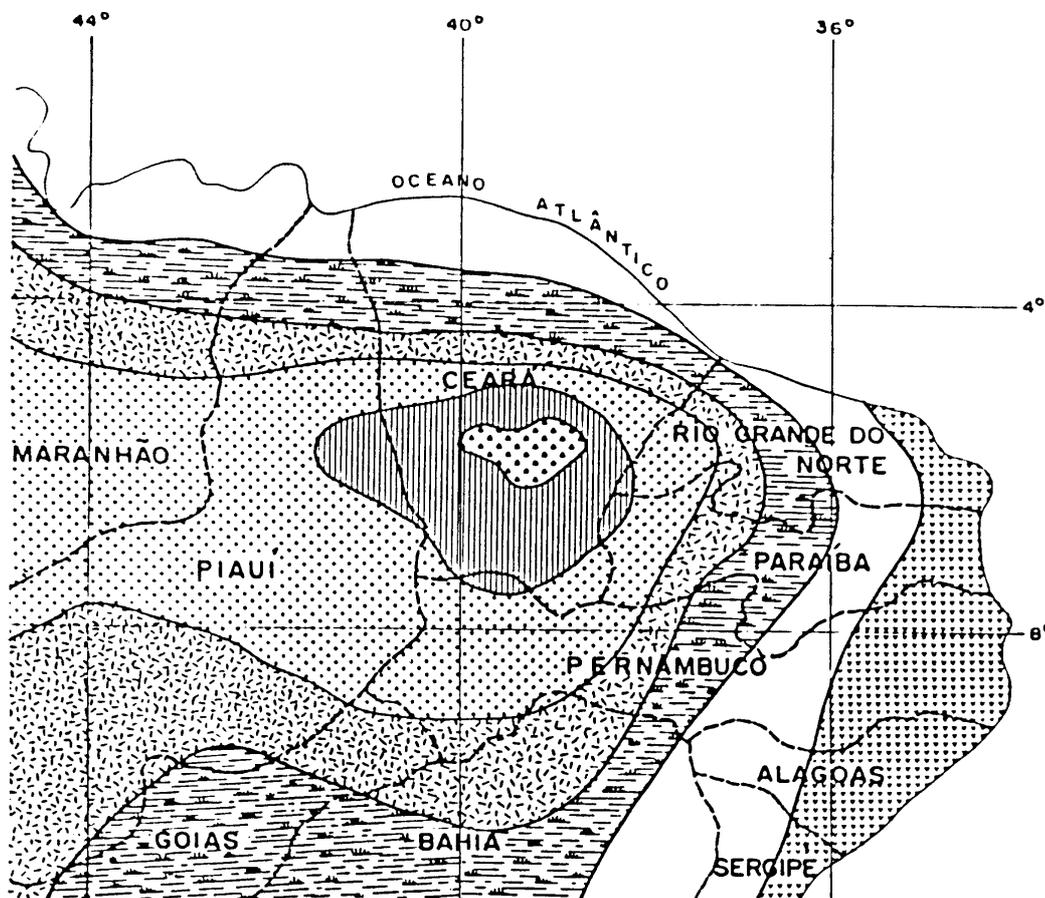
O Quadro de precipitações intensas para a Bacia Hidrográfica fica então, multiplicando-se os valores acima pelo coeficiente encontrado:



### Precipitações na Bacia do Açude Ceará

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	135	149	57	13
1000	176	193	72	17
10000	218	239	87	21

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



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA		TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
		1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min / 24h CHUVA	
		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
B		38,1	37,8	37,4	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,0	39,4	37,2	36,2	9,6	9,0
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,2	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,8	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,0	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,0	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 4.2.1 - Método das Isozonas de Taborga.

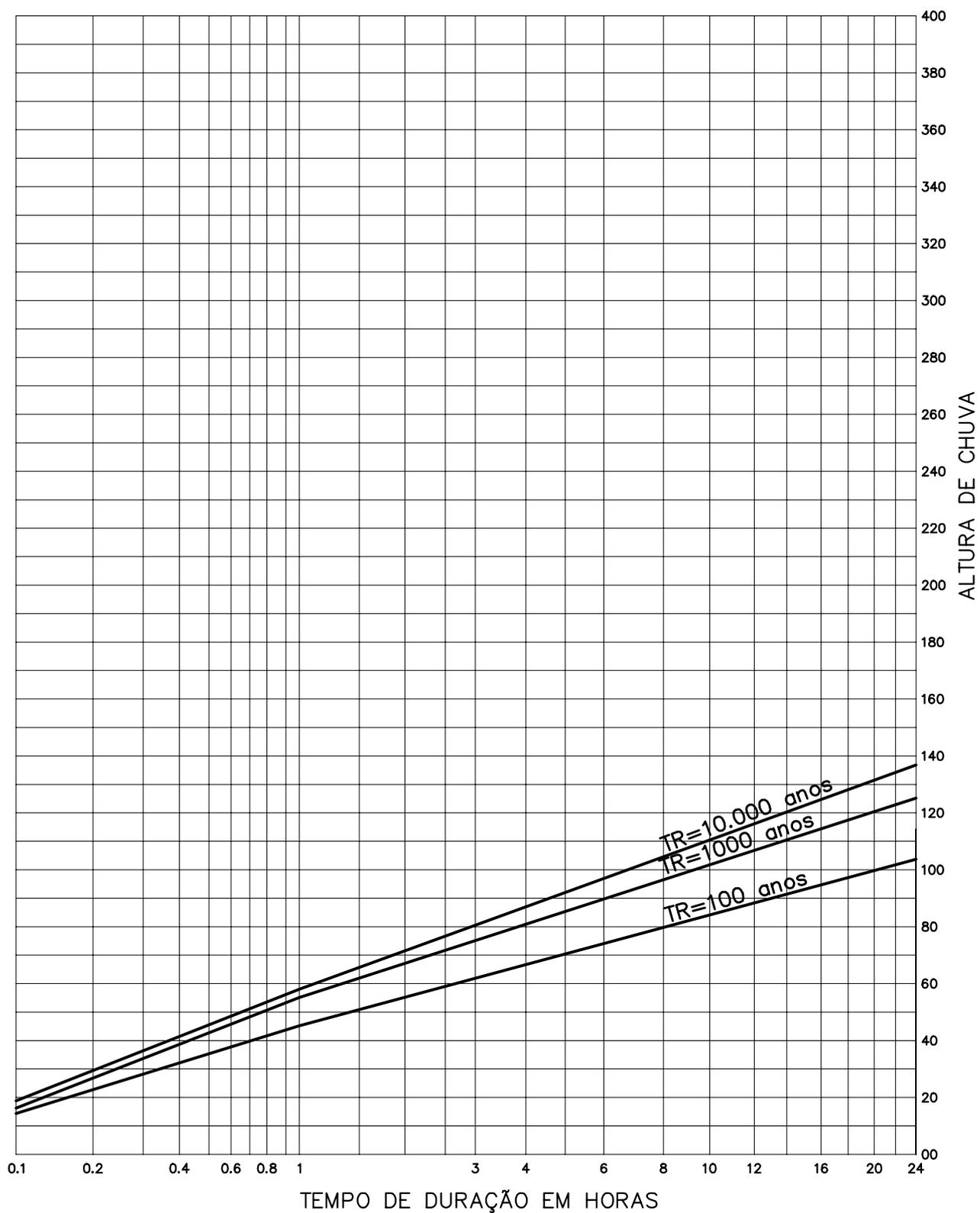


FIGURA 4.2.2 – AÇUDE UMARI  
CURVAS PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
MÉTODO DAS ISOZONAS



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 Ceará não possui estação fluviométrica. O Plano de Gestão das Águas das Bacias Metropolitanas, da COGERH, estudou as séries em toda a região Metropolitana de Fortaleza, inclusive a bacia do Ceará. A série do açude, portanto, foi retirada do referido estudo.

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

**Quadro 5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude Ceará (m<sup>3</sup>/s)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1913	0.0	14.0	26.9	13.5	0.6	4.6	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
1914	0.0	3.7	7.5	11.0	4.5	4.9	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.8
1915	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1916	0.0	0.1	11.5	23.1	11.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
1917	7.0	17.0	38.7	10.4	22.7	2.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
1918	0.0	0.1	14.3	10.1	10.0	3.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1919	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1920	0.0	0.0	15.0	11.5	8.7	3.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1921	0.1	10.6	25.0	21.9	16.7	4.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	6.6
1922	0.0	0.0	0.1	28.2	14.5	2.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	3.8
1923	0.0	1.4	6.7	6.7	3.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1924	0.0	8.5	26.4	28.7	24.7	6.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
1925	0.0	0.1	3.8	23.4	14.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
1926	0.0	0.0	5.6	14.8	2.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
1927	0.0	0.0	2.0	24.8	5.0	2.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
1928	0.0	0.0	0.1	6.7	1.9	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1929	0.0	0.1	21.5	18.4	3.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1930	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1931	0.0	1.4	11.9	4.6	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1932	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	0.0	0.1	4.6	32.6	2.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
1934	0.1	5.6	36.5	18.7	10.3	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
1935	0.0	0.1	8.3	19.8	11.0	4.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
1936	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1937	0.0	0.0	1.5	16.9	13.5	3.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1938	0.0	0.1	15.8	20.5	5.3	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1939	0.0	16.4	23.1	18.4	4.6	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
1940	0.0	0.1	7.7	23.0	5.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1



Continuação do Quadro 5.1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1941	0.0	0.0	0.1	4.5	2.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1942	0.0	0.0	0.1	6.2	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1943	0.0	0.0	0.8	15.2	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1944	0.0	0.0	0.0	4.8	7.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1945	0.0	11.1	10.4	24.3	14.1	1.2	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
1946	0.1	0.1	14.5	18.9	3.4	1.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1947	0.0	0.1	9.5	8.4	3.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1948	0.0	0.0	1.6	2.6	4.3	1.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1949	0.0	0.0	11.0	18.4	32.9	2.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
1950	0.0	0.0	10.6	15.8	6.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
1951	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
1952	0.0	0.0	0.5	16.9	1.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1953	0.0	0.0	0.7	2.5	1.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1954	0.0	0.0	5.8	0.7	2.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1955	0.0	0.1	0.1	8.8	2.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1956	0.0	0.0	5.0	11.8	1.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1957	0.0	0.0	9.8	27.8	5.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	0.0	0.1	13.5	6.2	3.7	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
1960	0.0	0.0	4.2	5.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1961	0.0	13.7	13.6	10.9	2.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
1962	0.0	0.0	0.8	5.7	1.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1963	0.0	4.7	24.2	6.7	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1964	4.7	16.9	11.6	19.5	4.8	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
1965	0.0	0.0	0.0	12.0	7.5	7.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1966	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1967	0.0	0.1	9.2	10.5	10.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1968	0.0	0.0	1.6	12.1	9.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
1969	0.0	0.0	1.7	19.1	6.6	0.2	2.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.5



Continuação do Quadro 5.1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1970	0.0	0.1	0.1	10.6	0.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1971	0.0	0.0	3.5	7.9	9.4	3.6	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.1
1972	0.0	0.0	0.0	0.1	4.7	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1973	0.0	0.0	11.1	17.6	7.1	4.7	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	3.4
1974	4.6	11.9	20.2	21.0	18.5	3.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
1975	0.0	0.1	5.7	4.5	5.8	1.0	1.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5
1976	0.0	0.0	3.8	10.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
1977	0.0	0.1	6.5	5.1	4.6	4.3	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1978	0.0	0.0	0.1	3.5	4.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1979	0.0	0.0	0.1	1.3	6.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1980	0.0	0.9	7.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1981	0.0	0.0	5.1	6.9	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1982	0.0	0.1	1.2	6.5	3.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1983	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1984	0.0	0.0	0.1	13.5	12.9	4.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6
1985	0.0	11.8	22.3	17.8	12.2	2.2	3.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	5.8
1986	0.0	3.3	19.4	25.3	6.1	3.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
1987	0.0	0.0	0.0	3.1	4.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7
1988	0.0	0.0	0.1	5.2	15.7	6.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3
1989	0.0	0.0	0.1	0.1	13.8	5.6	2.8	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	1.9
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1991	0.0	0.0	0.0	4.0	6.5	2.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1992	0.0	0.0	0.0	0.1	4.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	0.0	0.0	0.1	3.4	17.0	7.9	8.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	3.1
1995	0.0	0.0	0.0	0.1	17.5	6.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0
1996	0.0	0.0	0.1	4.4	9.1	1.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
Média	0.2	1.8	6.9	10.4	6.2	1.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
DP	1.04	4.41	8.96	8.76	6.46	2.04	1.02	0.07	0.04	0.01	0.00	0.01	1.94
CV	5.21	2.40	1.29	0.84	1.04	1.36	2.58	0.96	2.25	9.17	-	9.17	0.84



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:

1. PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
2. cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
3. 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 1000 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-1<sup>5</sup>.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude Ceará 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 aos hietogramas de projeto correspondentes a 1000 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 Ceará, 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. A partir das curvas precipitação-duração-freqüência do Capítulo 4 foi obtida a precipitação associada aos

---

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



tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h .

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

Intervalo de Tempo	P(mm) 1.000 Anos	P(mm) 10.000 Anos
5 min	18	21
15 min	38	48
1 h	73	87
2 h	93	121
3 h	108	137
6 h	132	158
12 h	161	201

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;  $\Delta H$  = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório. Logo, para a bacia do açude tem-se:

Seção Ceará:  $L = 26,45$  km

$\Delta H = 143$  m

o que resulta  $T_C = 371$  min = 6,18 h ;  $T_{LAG} = T_C \times 0,6 = 3,71$  h .

O HEC-1 utiliza estes dados para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada). Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas das alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através das equações do HYDRO-35 (National Weather Service, 1977):

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

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



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

### 6.1.2. Precipitação Efetiva

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

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

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

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

A equação de escoamento do SCS é dada por

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

onde  $Q$  = escoamento

$P$  = precipitação

$S$  = capacidade máxima de armazenamento do solo



$I_a$  = perdas antes do início do escoamento.

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

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

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

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

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

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

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

#### CONDIÇÕES SECAS

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

#### CONDIÇÕES ÚMIDAS

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

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas<sup>6</sup>.

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.

---

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



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

### 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 km<sup>2</sup>, 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 (m<sup>3</sup>/s),  $t_p$  = tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km<sup>2</sup> e  $\Delta t$  = 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:

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

**Quadro 6.1.1 - Estimativa do Parâmetro CN**

USOSOLO_IMAGEM	USOSOLO_CN	PERMEABILIDADE/ÁREA (m2)			PONDERAÇÃO CN		
		C	D	CN1	PESO1	CN2	PESO2
Caatinga Arbórea Densa, Mata Ciliar e Mangue	Florestas Normais	36,576,900	7,915,500	70	0.16	76	0.04
Caatinga Herbáceo Arbustiva e Vegetação Litorânea	Florestas Esparsas	93,781,800	41,445,000	78	0.42	84	0.18
Área Agrícola	Plantações regulares em fileiras retas	6,362,100	7,171,200	84	0.03	88	0.03
Solo Exposto	Estradas de terra de sup. dura	1,800	4,500	90	0.00	92	0.00
Área Alterada/Antropizada	Pastagens ou terrenos em más condições	18,562,500	12,626,100	86	0.08	89	0.06
	TOTAL ÁREA	224,447,400					
	CN GERAL						80



onde  $T_c$  = é o tempo de concentração da bacia. O HEC-1 sugere que  $Dt \leq 0,29.T_{LAG}$ . 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 6.1.1).

Da análise dos dados obtidos no HEC-1 pode-se calcular as vazões que afluem ao reservatório para diferentes tempos de recorrência (TR). No quadro 6.1.2 são apresentadas as vazões afluentes nos respectivos TR

**Quadro 6.1.2 – Vazões afluentes ao reservatório**

TR = 1.000 ANOS	TR = 10.000 ANOS
870 m <sup>3</sup> /s	1178 m <sup>3</sup> /s

## 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  $t+1$ ;  $Dt$  = 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  $Q=h(Q+2S/Dt)$ , resultando no seguinte processo de cálculo:

1. Determina-se o volume inicial  $S_0$  (conforme objetivo do estudo), e a partir deste, determina-se  $Q_0$ ;



2. Calcula-se o termo direito da equação 2, uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário do SCS;
3. com este valor  $(Q_{t+1} + 2.S_{t+1}/Dt)$  é possível obter-se  $Q_{t+1}$  através de  $Q=h(Q+2S/Dt)$  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:

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

onde  $Z$  = cota (m);  $S$  = armazenamento (m<sup>3</sup>);  $Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/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 Ceará (vertedouro em perfil Creager) foi usado igual a 2,00.

### 6.3. RESULTADOS

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

A cota de sangria foi definida pelo estudo de menor custo do volume regularizado que está apresentado no Capítulo 7 a seguir. A cota escolhida foi a 43, o que representa um volume de acumulação de 51,58 hm<sup>3</sup>. A largura do vertedouro do açude Ceará foi limitada pela situação topográfica do local, onde o máximo que consegue-se é um sangradouro de 120 m de largura.

Para o tempo de concentração da bacia adotou-se uma chuva de duração igual a 12 horas.

Os picos de vazão efluyente 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.



No Anexo A podem ser observados os hidrogramas de entrada e saída para a cota de projeto escolhida.

**Quadro 6.3.1 - Vazões e lâminas de sangria**

TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
Q(m <sup>3</sup> /s)	h(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	h(m)
239	1,00	361	1,31



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 Ceará.

#### 7.1.1. Metodologia

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

##### 7.1.1.1. Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

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

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

com

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

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

onde

$Z_t$  = volume armazenado no início do ano  $t$ ;

$I_t$  = volume afluente ao reservatório durante o ano  $t$ ;



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

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

$K$  = capacidade do reservatório;

$S_t$  = volume perdido por sangria durante o ano  $t$ .

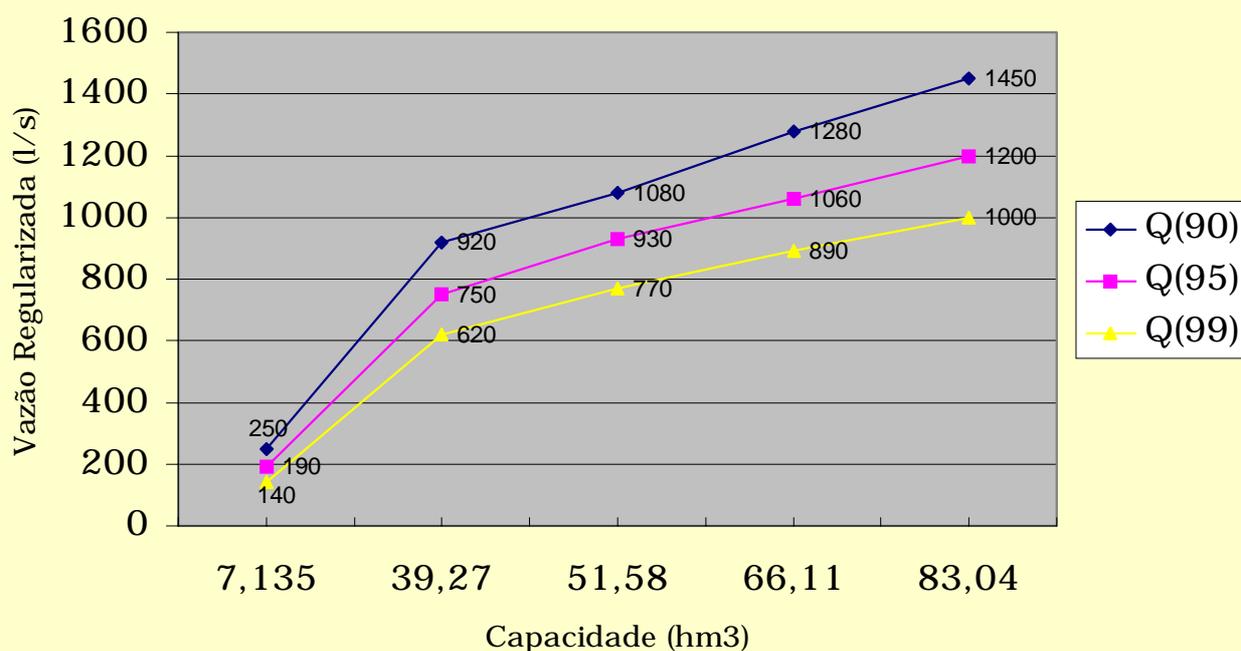
Foi utilizada a série já apresentada no Capítulo 5 para obtenção das vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 7.1 e na Figura 7.1 a seguir.

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

Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Garantia (%)		
	90	95	99
7.135	250	190	140
39.27	920	750	620
51.58	1080	930	770
66.11	1280	1060	890
83.04	1450	1200	1000



**Figura 7.1 - Curvas Capacidade x Vazão Regularizada**



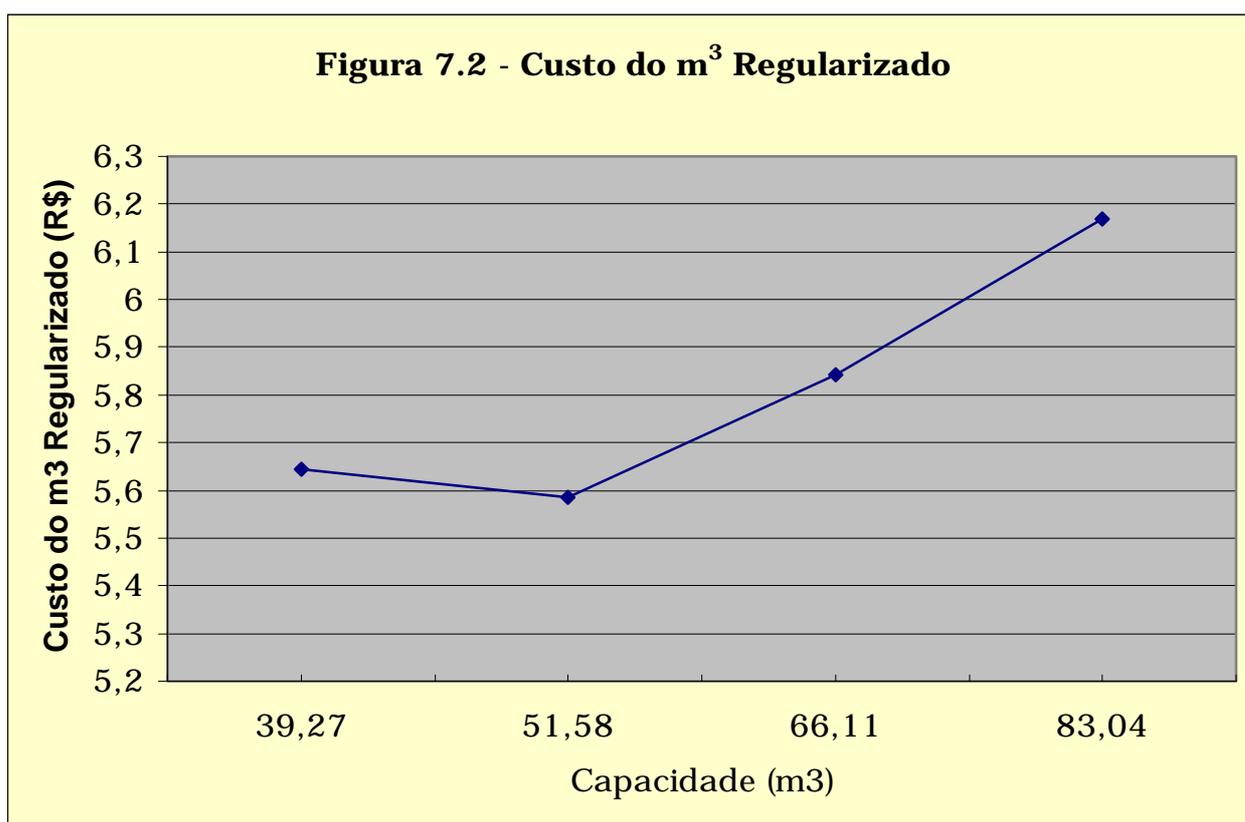


## 7.2. ESTUDO DA CAPACIDADE ECONÔMICA DO RESERVATÓRIO

A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo do volume regularizado. Assim, foi realizado o dimensionamento hidrológico - econômico da capacidade do açude.

Para as diversas cotas, determinou-se o seu respectivo custo, tendo-se assim associado a cada cota um custo correspondente da obra. A partir deste pares (cota, custo), foram determinadas as curva de custo do m<sup>3</sup> regularizado associado às garantias de atendimento. Essa curva pode ser observada na Figura 7.2 a seguir.

Foi verificado que o menor custo do m<sup>3</sup> regularizado, de acordo com o gráfico, é para a cota 43 m, que acumula 51,58 hm<sup>3</sup>.





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

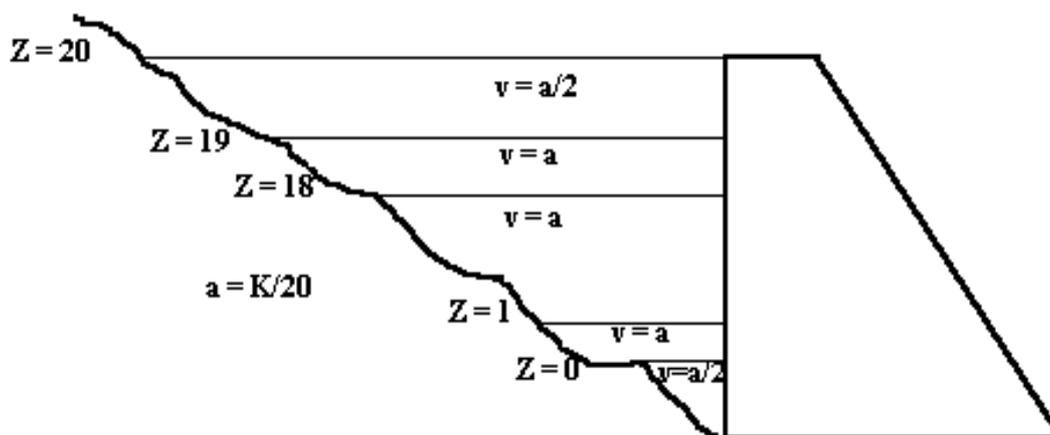
O estudo da disponibilidade hídrica do reservatório Ceará compreende o estudo das probabilidades de enchimento, esvaziamento e extravazamento do reservatório. Este estudo pode ser realizado diante duas óticas: na fase transiente, quando essa probabilidade depende do volume inicial do reservatório; na 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 Moran<sup>7</sup>, 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.

---

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



**Figura 8.1 - Espaço de Definição dos Estados de Reserva**

**Quadro 8.1 - Limite, em Volume, dos Estados de Reserva**

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

2. 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.
3. 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:

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

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



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

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

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

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

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

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

onde

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

$\pi_i$  = probabilidade da reserva atingir o estado i em condições de equilíbrio.

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

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

7. Resolver o sistema acima e calcular  $\pi_0$  e  $\pi_N$ , 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, Qr95 /4, Qr95 /2, 3.Qr95 /4 e Qr95 (Quadro 8.2). Na figura 8.2 apresenta-se as curvas de garantia para as retiradas de 0, Qr95 /4, Qr95 /2, 3.Qr95 /4 e Qr95.

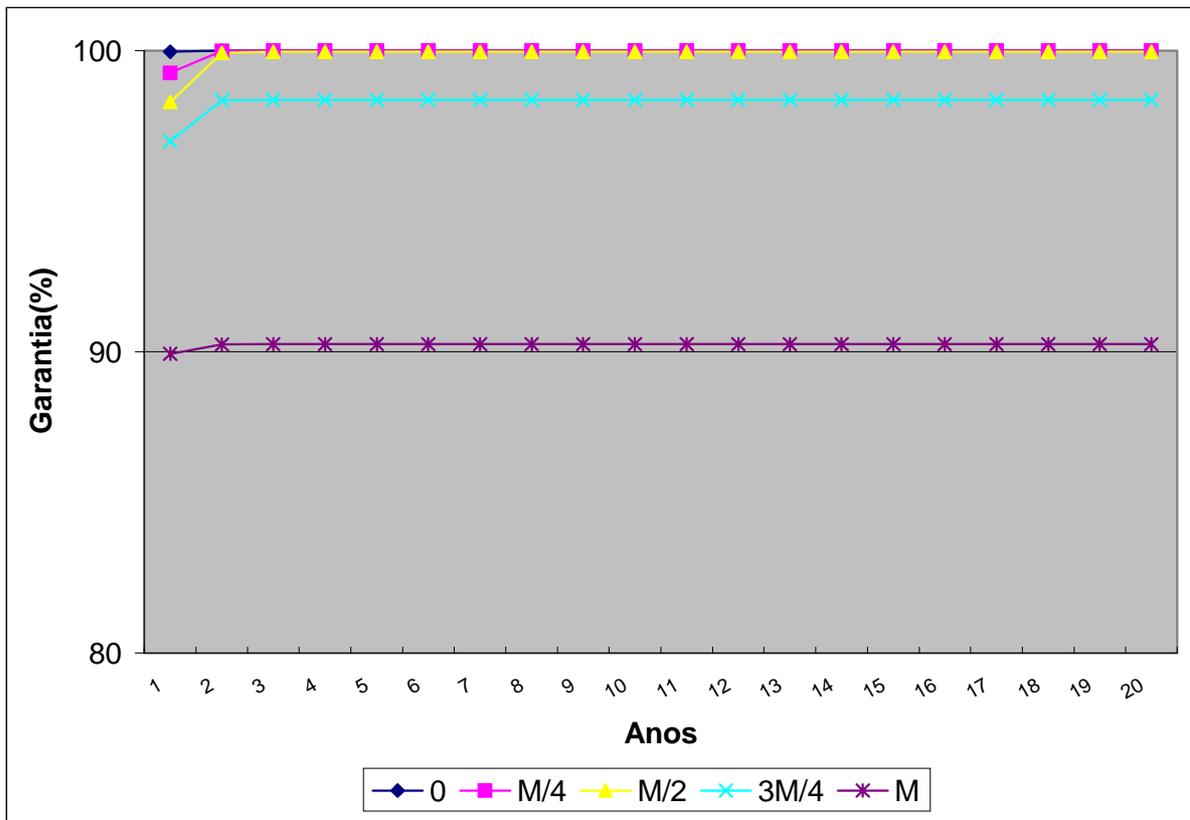


Figura 8.2 - Análise Probabilística da Garantia do Reservatório - fase transiente (M= Qr95)

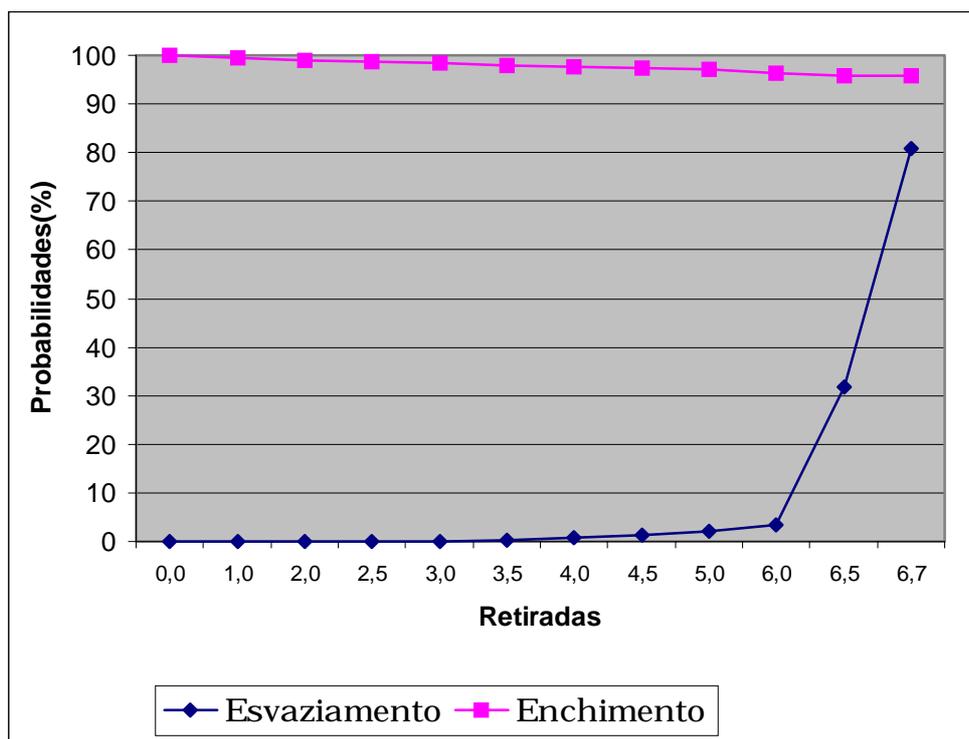


**Quadro 8.2 - Análise Probabilística do Enchimento do Reservatório na Fase Transiente. Reservatório inicialmente seco.**

ANO	RETIRADA (M = Q95)				
	0	M/4	M/2	3M/4	M
1	99.96	99.27	98.29	96.99	89.94
2	100.00	99.99	99.92	98.34	90.25
3	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
4	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
5	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
6	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
7	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
8	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
9	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
10	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
11	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
12	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
13	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
14	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
15	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
16	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
17	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
18	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
19	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26
20	100.00	100.00	99.96	98.36	90.26

M = Retirada anual (hm<sup>3</sup>)

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



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

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

RETIRADA (hm <sup>3</sup> )	ESVAZIAMENTO (%)	ENCHIMENTO (%)
0.0	0	99.9
1.0	0	99.5
2.0	0	99
2.5	0	98.7
3.0	0	98.4
3.5	0.2	98
4.0	0.7	97.7
4.5	1.3	97.3
5.0	2	97
6.0	3.5	96.2
6.5	31.8	95.9
6.7	80.9	95.7
6.8	100	95.6



MONTGOMERY WATSON



**ANEXO A**

---



MONTGOMERY WATSON



## HIDROGRAMAS PARA 1000 ANOS

---



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
	0100	51583	43,000	0,00	0,00
	0110	51583	43,000	0,00	0,00
	0120	51583	43,000	0,00	0,00
	0130	51583	43,000	0,00	0,00
	0140	51583	43,000	0,00	0,00
	0150	51583	43,000	0,00	0,00
	0200	51583	43,000	0,00	0,00
	0210	51583	43,000	0,00	0,00
	0220	51583	43,000	0,00	0,00
	0230	51583	43,000	0,00	0,00
	0240	51583	43,000	0,00	0,00
	0250	51583	43,000	0,00	0,00
	0300	51583	43,000	0,00	0,00
	0310	51583	43,000	0,00	0,00
	0320	51583	43,000	0,00	0,00
	0330	51583	43,000	0,00	0,00
	0340	51583	43,000	0,00	0,00
	0350	51583	43,000	0,01	0,00
	0400	51583	43,000	0,03	0,00
	0410	51583	43,000	0,07	0,00
	0420	51583	43,000	0,15	0,00
	0430	51583	43,000	0,29	0,00
	0440	51583	43,000	0,50	0,01
	0450	51584	43,000	0,82	0,01
	0500	51584	43,000	1,26	0,02
	0510	51585	43,000	1,87	0,04
	0520	51587	43,000	2,68	0,06
	0530	51589	43,000	3,75	0,09
	0540	51591	43,001	5,16	0,14
	0550	51595	43,001	7,00	0,19
	0600	51600	43,001	9,36	0,27
	0610	51606	43,002	12,37	0,38
	0620	51614	43,002	16,15	0,51
	0630	51625	43,003	20,87	0,69
	0640	51639	43,004	26,84	0,92
	0650	51656	43,005	34,36	1,21
	0700	51679	43,007	44,09	1,59
	0710	51709	43,009	57,73	2,08
	0720	51747	43,011	74,31	2,71
	0730	51796	43,015	95,39	3,52
	0740	51858	43,019	120,03	4,54
	0750	51935	43,024	148,27	5,82
	0800	52030	43,031	180,01	7,38
	0810	52143	43,039	215,23	9,26
	0820	52270	43,040	254,63	11,40



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0830	52436	43,059	297,25	14,10
01 Jan 00	0840	52619	43,071	344,43	17,12
01 Jan 00	0850	52829	43,086	394,17	20,60
01 Jan 00	0900	53068	43,102	446,57	24,54
01 Jan 00	0910	53336	43,121	500,12	28,97
01 Jan 00	0920	53633	43,141	552,76	33,88
01 Jan 00	0930	53958	43,164	603,31	39,25
01 Jan 00	0940	54309	43,188	651,24	45,05
01 Jan 00	0950	54684	43,213	694,26	51,24
01 Jan 00	1000	55080	43,241	733,81	57,78
01 Jan 00	1010	55493	43,269	767,55	64,61
01 Jan 00	1020	55922	43,299	796,99	71,70
01 Jan 00	1030	56362	43,329	820,89	78,97
01 Jan 00	1040	56811	43,360	839,88	86,38
01 Jan 00	1050	57265	43,391	854,53	93,89
01 Jan 00	1100	57722	43,423	864,67	101,44
01 Jan 00	1110	58179	43,454	870,66	109,00
01 Jan 00	1120	58634	43,485	870,63	116,52
01 Jan 00	1130	59083	43,516	867,13	123,94
01 Jan 00	1140	59525	43,547	860,12	131,24
01 Jan 00	1150	59957	43,577	850,32	138,38
01 Jan 00	1200	60378	43,606	837,74	145,34
01 Jan 00	1210	60787	43,634	822,57	152,10
01 Jan 00	1220	61182	43,661	804,84	158,62
01 Jan 00	1230	61562	43,687	784,25	164,90
01 Jan 00	1240	61925	43,712	761,69	170,90
01 Jan 00	1250	62270	43,736	736,82	176,60
01 Jan 00	1300	62597	43,758	711,13	182,00
01 Jan 00	1310	62906	43,780	685,70	187,10
01 Jan 00	1320	63196	43,800	660,73	191,89
01 Jan 00	1330	63468	43,818	636,75	196,40
01 Jan 00	1340	63725	43,836	613,99	200,63
01 Jan 00	1350	63965	43,853	591,77	204,60
01 Jan 00	1400	64190	43,868	570,36	208,31
01 Jan 00	1410	64399	43,882	549,34	211,78
01 Jan 00	1420	64595	43,896	529,12	215,01
01 Jan 00	1430	64777	43,908	509,36	218,01
01 Jan 00	1440	64945	43,920	490,24	220,79
01 Jan 00	1450	65100	43,931	471,49	223,36
01 Jan 00	1500	65243	43,940	452,73	225,72
01 Jan 00	1510	65372	43,949	433,83	227,86
01 Jan 00	1520	65490	43,958	414,86	229,80
01 Jan 00	1530	65595	43,965	396,12	231,53
01 Jan 00	1540	65687	43,971	377,35	233,07
01 Jan 00	1550	65768	43,977	358,72	234,40
01 Jan 00	1600	65837	43,981	340,26	235,53
01 Jan 00	1610	65894	43,985	322,37	236,48
01 Jan 00	1620	65940	43,988	305,01	237,24
01 Jan 00	1630	65975	43,991	288,07	237,82
01 Jan 00	1640	66000	43,993	271,56	238,24
01 Jan 00	1650	66016	43,994	255,51	238,49
01 Jan 00	1700	66021	43,994	240,15	238,58
01 Jan 00	1710	66018	43,994	225,25	238,52
01 Jan 00	1720	66005	43,993	210,96	238,32
01 Jan 00	1730	65985	43,992	197,26	237,98



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	1740	65957	43,990	184,24	237,52
01 Jan 00	1750	65921	43,987	171,91	236,93
01 Jan 00	1800	65879	43,984	160,17	236,23
01 Jan 00	1810	65830	43,981	149,01	235,43
01 Jan 00	1820	65775	43,977	138,46	234,52
01 Jan 00	1830	65715	43,973	128,69	233,53
01 Jan 00	1840	65650	43,969	119,55	232,45
01 Jan 00	1850	65580	43,964	111,08	231,29
01 Jan 00	1900	65506	43,959	103,24	230,07
01 Jan 00	1910	65428	43,953	96,02	228,78
01 Jan 00	1920	65347	43,948	89,40	227,44
01 Jan 00	1930	65262	43,942	83,26	226,04
01 Jan 00	1940	65176	43,936	77,52	224,61
01 Jan 00	1950	65086	43,930	72,17	223,13
01 Jan 00	2000	64994	43,923	67,24	221,62
01 Jan 00	2010	64901	43,917	62,65	220,07
01 Jan 00	2020	64806	43,910	58,36	218,50
01 Jan 00	2030	64709	43,904	54,35	216,90
01 Jan 00	2040	64611	43,897	50,61	215,27
01 Jan 00	2050	64511	43,890	47,13	213,63
01 Jan 00	2100	64411	43,883	43,86	211,97
01 Jan 00	2110	64310	43,876	40,81	210,30
01 Jan 00	2120	64208	43,869	37,97	208,61
01 Jan 00	2130	64105	43,862	35,35	206,92
01 Jan 00	2140	64002	43,855	32,92	205,21
01 Jan 00	2150	63898	43,848	30,66	203,50
01 Jan 00	2200	63794	43,841	28,57	201,79
01 Jan 00	2210	63690	43,834	26,64	200,07
01 Jan 00	2220	63586	43,826	24,86	198,35
01 Jan 00	2230	63482	43,819	23,20	196,63
01 Jan 00	2240	63378	43,812	21,65	194,91
01 Jan 00	2250	63274	43,805	20,21	193,19
01 Jan 00	2300	63171	43,798	18,84	191,48
01 Jan 00	2310	63067	43,791	17,54	189,77
01 Jan 00	2320	62964	43,784	16,32	188,07
01 Jan 00	2330	62861	43,777	15,17	186,37
01 Jan 00	2340	62759	43,769	14,09	184,67
01 Jan 00	2350	62657	43,762	13,06	182,98
01 Jan 00	2400	62555	43,755	12,08	181,30
02 Jan 00	0010	62453	43,748	11,16	179,63
02 Jan 00	0020	62353	43,742	10,30	177,96
02 Jan 00	0030	62252	43,735	9,48	176,30
02 Jan 00	0040	62152	43,728	8,70	174,65
02 Jan 00	0050	62053	43,721	7,95	173,01
02 Jan 00	0100	61954	43,714	7,25	171,38
02 Jan 00	0110	61856	43,707	6,57	169,76
02 Jan 00	0120	61759	43,701	5,93	168,15
02 Jan 00	0130	61662	43,694	5,33	166,54
02 Jan 00	0140	61565	43,687	4,77	164,95
02 Jan 00	0150	61469	43,681	4,25	163,37
02 Jan 00	0200	61374	43,674	3,81	161,79
02 Jan 00	0210	61280	43,668	3,44	160,23
02 Jan 00	0220	61186	43,661	3,12	158,69
02 Jan 00	0230	61093	43,655	2,83	157,15
02 Jan 00	0240	61001	43,648	2,56	155,63



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	0250	60909	43,642	2,32	154,11
02 Jan 00	0300	60819	43,636	2,11	152,62
02 Jan 00	0310	60729	43,630	1,91	151,13
02 Jan 00	0320	60640	43,624	1,74	149,66
02 Jan 00	0330	60551	43,617	1,58	148,20
02 Jan 00	0340	60464	43,611	1,43	146,75
02 Jan 00	0350	60377	43,605	1,29	145,31
02 Jan 00	0400	60291	43,600	1,17	143,89
02 Jan 00	0410	60206	43,594	1,06	142,48
02 Jan 00	0420	60121	43,588	0,95	141,09
02 Jan 00	0430	60038	43,582	0,85	139,71
02 Jan 00	0440	59955	43,576	0,75	138,34
02 Jan 00	0450	59872	43,571	0,67	136,98
02 Jan 00	0500	59791	43,565	0,59	135,63
02 Jan 00	0510	59710	43,560	0,51	134,30
02 Jan 00	0520	59630	43,554	0,45	132,98
02 Jan 00	0530	59551	43,549	0,38	131,67
02 Jan 00	0540	59473	43,543	0,33	130,38
02 Jan 00	0550	59395	43,538	0,28	129,09
02 Jan 00	0600	59318	43,533	0,23	127,82
02 Jan 00	0610	59242	43,527	0,19	126,56
02 Jan 00	0620	59167	43,522	0,15	125,32
02 Jan 00	0630	59092	43,517	0,12	124,08
02 Jan 00	0640	59018	43,512	0,09	122,86
02 Jan 00	0650	58945	43,507	0,07	121,65
02 Jan 00	0700	58872	43,502	0,05	120,45
02 Jan 00	0710	58800	43,497	0,03	119,26
02 Jan 00	0720	58729	43,492	0,02	118,08
02 Jan 00	0730	58658	43,487	0,01	116,92
02 Jan 00	0740	58589	43,482	0,00	115,76
02 Jan 00	0750	58520	43,478	0,00	114,62
02 Jan 00	0800	58451	43,473	0,00	113,49
02 Jan 00	0810	58383	43,468	0,00	112,37
02 Jan 00	0820	58316	43,464	0,00	111,26
02 Jan 00	0830	58250	43,459	0,00	110,17
02 Jan 00	0840	58184	43,454	0,00	109,08
02 Jan 00	0850	58119	43,450	0,00	108,00
02 Jan 00	0900	58054	43,446	0,00	106,94
02 Jan 00	0910	57991	43,441	0,00	105,88
02 Jan 00	0920	57927	43,437	0,00	104,84
02 Jan 00	0930	57865	43,433	0,00	103,80
02 Jan 00	0940	57803	43,428	0,00	102,78
02 Jan 00	0950	57741	43,424	0,00	101,77
02 Jan 00	1000	57681	43,420	0,00	100,76
02 Jan 00	1010	57621	43,416	0,00	99,77
02 Jan 00	1020	57561	43,412	0,00	98,78
02 Jan 00	1030	57502	43,408	0,00	97,81
02 Jan 00	1040	57444	43,404	0,00	96,84
02 Jan 00	1050	57386	43,400	0,00	95,89
02 Jan 00	1100	57329	43,396	0,00	94,94
02 Jan 00	1110	57272	43,392	0,00	94,01
02 Jan 00	1120	57216	43,388	0,00	93,08
02 Jan 00	1130	57160	43,384	0,00	92,16
02 Jan 00	1140	57105	43,380	0,00	91,25
02 Jan 00	1150	57051	43,376	0,00	90,35

Page: 4



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	1200	56997	43,373	0,00	89,46
02 Jan 00	1210	56943	43,369	0,00	88,58
02 Jan 00	1220	56890	43,365	0,00	87,70
02 Jan 00	1230	56838	43,362	0,00	86,84
02 Jan 00	1240	56786	43,358	0,00	85,98
02 Jan 00	1250	56735	43,355	0,00	85,13
02 Jan 00	1300	56684	43,351	0,00	84,29
02 Jan 00	1310	56634	43,348	0,00	83,46
02 Jan 00	1320	56584	43,344	0,00	82,64
02 Jan 00	1330	56535	43,341	0,00	81,82
02 Jan 00	1340	56486	43,338	0,00	81,01
02 Jan 00	1350	56437	43,334	0,00	80,22
02 Jan 00	1400	56389	43,331	0,00	79,42
02 Jan 00	1410	56342	43,328	0,00	78,64
02 Jan 00	1420	56295	43,324	0,00	77,86
02 Jan 00	1430	56249	43,321	0,00	77,10
02 Jan 00	1440	56203	43,318	0,00	76,34
02 Jan 00	1450	56157	43,315	0,00	75,58
02 Jan 00	1500	56112	43,312	0,00	74,84
02 Jan 00	1510	56067	43,309	0,00	74,10
02 Jan 00	1520	56023	43,306	0,00	73,37
02 Jan 00	1530	55979	43,303	0,00	72,64
02 Jan 00	1540	55936	43,300	0,00	71,93
02 Jan 00	1550	55893	43,297	0,00	71,22
02 Jan 00	1600	55850	43,294	0,00	70,51
02 Jan 00	1610	55808	43,291	0,00	69,82
02 Jan 00	1620	55767	43,288	0,00	69,13
02 Jan 00	1630	55725	43,285	0,00	68,45
02 Jan 00	1640	55684	43,282	0,00	67,77
02 Jan 00	1650	55644	43,280	0,00	67,10
02 Jan 00	1700	55604	43,277	0,00	66,44
02 Jan 00	1710	55564	43,274	0,00	65,79
02 Jan 00	1720	55525	43,271	0,00	65,14
02 Jan 00	1730	55486	43,269	0,00	64,50
02 Jan 00	1740	55448	43,266	0,00	63,86
02 Jan 00	1750	55409	43,263	0,00	63,23
02 Jan 00	1800	55372	43,261	0,00	62,61
02 Jan 00	1810	55334	43,258	0,00	61,99
02 Jan 00	1820	55297	43,256	0,00	61,38
02 Jan 00	1830	55261	43,253	0,00	60,77
02 Jan 00	1840	55224	43,251	0,00	60,17
02 Jan 00	1850	55188	43,248	0,00	59,58
02 Jan 00	1900	55153	43,246	0,00	58,99
02 Jan 00	1910	55118	43,243	0,00	58,41
02 Jan 00	1920	55083	43,241	0,00	57,83
02 Jan 00	1930	55048	43,239	0,00	57,26
02 Jan 00	1940	55014	43,236	0,00	56,70
02 Jan 00	1950	54980	43,234	0,00	56,14
02 Jan 00	2000	54947	43,232	0,00	55,58
02 Jan 00	2010	54913	43,229	0,00	55,03
02 Jan 00	2020	54881	43,227	0,00	54,49
02 Jan 00	2030	54848	43,225	0,00	53,95
02 Jan 00	2040	54816	43,223	0,00	53,42
02 Jan 00	2050	54784	43,220	0,00	52,89
02 Jan 00	2100	54752	43,218	0,00	52,37

Page: 5



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	2110	54721	43,216	0,00	51,86
02 Jan 00	2120	54690	43,214	0,00	51,34
02 Jan 00	2130	54660	43,212	0,00	50,84
02 Jan 00	2140	54629	43,210	0,00	50,34
02 Jan 00	2150	54599	43,208	0,00	49,84
02 Jan 00	2200	54569	43,206	0,00	49,35
02 Jan 00	2210	54540	43,204	0,00	48,86
02 Jan 00	2220	54511	43,202	0,00	48,38
02 Jan 00	2230	54482	43,200	0,00	47,90
02 Jan 00	2240	54453	43,198	0,00	47,43
02 Jan 00	2250	54425	43,196	0,00	46,96
02 Jan 00	2300	54397	43,194	0,00	46,50
02 Jan 00	2310	54369	43,192	0,00	46,04
02 Jan 00	2320	54342	43,190	0,00	45,58
02 Jan 00	2330	54314	43,188	0,00	45,14
02 Jan 00	2340	54287	43,186	0,00	44,69
02 Jan 00	2350	54261	43,184	0,00	44,25
02 Jan 00	2400	54234	43,183	0,00	43,81
03 Jan 00	0010	54208	43,181	0,00	43,38
03 Jan 00	0020	54182	43,179	0,00	42,95
03 Jan 00	0030	54157	43,177	0,00	42,53
03 Jan 00	0040	54131	43,175	0,00	42,11
03 Jan 00	0050	54106	43,174	0,00	41,69
03 Jan 00	0100	54081	43,172	0,00	41,28
03 Jan 00	0110	54057	43,170	0,00	40,87
03 Jan 00	0120	54032	43,169	0,00	40,47
03 Jan 00	0130	54008	43,167	0,00	40,07
03 Jan 00	0140	53984	43,165	0,00	39,68
03 Jan 00	0150	53960	43,164	0,00	39,29
03 Jan 00	0200	53937	43,162	0,00	38,90
03 Jan 00	0210	53914	43,160	0,00	38,51
03 Jan 00	0220	53891	43,159	0,00	38,13
03 Jan 00	0230	53868	43,157	0,00	37,76
03 Jan 00	0240	53845	43,156	0,00	37,39
03 Jan 00	0250	53823	43,154	0,00	37,02



MONTGOMERY WATSON



## HIDROGRAMAS PARA 10000 ANOS

---



Date	Time	Reservoir Storage (m <sup>3</sup> )	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
	0100	51583	43,000	0,00	0,00
	0110	51583	43,000	0,00	0,00
	0120	51583	43,000	0,00	0,00
	0130	51583	43,000	0,00	0,00
	0140	51583	43,000	0,00	0,00
	0150	51583	43,000	0,00	0,00
	0200	51583	43,000	0,00	0,00
	0210	51583	43,000	0,00	0,00
	0220	51583	43,000	0,00	0,00
	0230	51583	43,000	0,00	0,00
	0240	51583	43,000	0,00	0,00
	0250	51583	43,000	0,00	0,00
	0300	51583	43,000	0,00	0,00
	0310	51583	43,000	0,02	0,00
	0320	51583	43,000	0,05	0,00
	0330	51583	43,000	0,13	0,00
	0340	51583	43,000	0,27	0,00
	0350	51583	43,000	0,49	0,01
	0400	51584	43,000	0,84	0,01
	0410	51584	43,000	1,31	0,02
	0420	51585	43,000	1,93	0,04
	0430	51587	43,000	2,73	0,06
	0440	51589	43,000	3,74	0,09
	0450	51591	43,001	5,00	0,14
	0500	51595	43,001	6,55	0,19
	0510	51599	43,001	8,43	0,26
	0520	51604	43,001	10,69	0,36
	0530	51611	43,002	13,38	0,47
	0540	51620	43,003	16,59	0,61
	0550	51631	43,003	20,36	0,79
	0600	51644	43,004	24,81	1,00
	0610	51660	43,005	30,20	1,27
	0620	51679	43,007	36,66	1,58
	0630	51702	43,008	44,54	1,97
	0640	51730	43,010	54,11	2,44
	0650	51765	43,013	65,85	3,00
	0700	51807	43,015	80,55	3,70
	0710	51858	43,019	100,43	4,55
	0720	51923	43,023	124,17	5,62
	0730	52002	43,029	153,86	6,93
	0740	52101	43,036	188,51	8,55
	0750	52220	43,044	228,07	10,52
	0800	52363	43,054	272,74	12,89
	0810	52533	43,065	322,23	15,70
	0820	52722	43,076	377,40	18,88



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	0830	52964	43,095	436,82	22,82
01 Jan 00	0840	53231	43,113	501,90	27,23
01 Jan 00	0850	53534	43,134	569,88	32,25
01 Jan 00	0900	53877	43,158	640,93	37,90
01 Jan 00	0910	54258	43,184	712,99	44,21
01 Jan 00	0920	54678	43,213	783,34	51,15
01 Jan 00	0930	55136	43,245	850,53	58,71
01 Jan 00	0940	55627	43,278	913,82	66,83
01 Jan 00	0950	56150	43,314	970,12	75,46
01 Jan 00	1000	56699	43,352	1021,29	84,54
01 Jan 00	1010	57271	43,392	1064,23	94,00
01 Jan 00	1020	57861	43,432	1100,62	103,75
01 Jan 00	1030	58465	43,474	1129,10	113,72
01 Jan 00	1040	59078	43,516	1150,25	123,84
01 Jan 00	1050	59695	43,559	1165,53	134,05
01 Jan 00	1100	60314	43,601	1174,47	144,27
01 Jan 00	1110	60930	43,644	1177,66	154,45
01 Jan 00	1120	61539	43,685	1172,76	164,52
01 Jan 00	1130	62138	43,727	1163,42	174,42
01 Jan 00	1140	62725	43,767	1149,84	184,11
01 Jan 00	1150	63296	43,806	1132,54	193,55
01 Jan 00	1200	63850	43,845	1111,79	202,71
01 Jan 00	1210	64386	43,882	1087,90	211,56
01 Jan 00	1220	64901	43,917	1061,35	220,08
01 Jan 00	1230	65395	43,951	1031,76	228,23
01 Jan 00	1240	65865	43,983	1000,35	236,00
01 Jan 00	1250	66311	44,012	966,51	245,28
01 Jan 00	1300	66730	44,037	932,23	256,14
01 Jan 00	1310	67123	44,060	898,71	266,31
01 Jan 00	1320	67489	44,082	866,01	275,81
01 Jan 00	1330	67831	44,102	834,84	284,68
01 Jan 00	1340	68150	44,121	805,49	292,94
01 Jan 00	1350	68447	44,138	777,16	300,62
01 Jan 00	1400	68723	44,154	750,30	307,77
01 Jan 00	1410	68978	44,170	724,30	314,39
01 Jan 00	1420	69215	44,184	699,50	320,52
01 Jan 00	1430	69434	44,196	675,43	326,18
01 Jan 00	1440	69635	44,208	652,14	331,39
01 Jan 00	1450	69819	44,219	629,28	336,16
01 Jan 00	1500	69986	44,229	606,21	340,51
01 Jan 00	1510	70138	44,238	582,82	344,42
01 Jan 00	1520	70273	44,246	559,22	347,92
01 Jan 00	1530	70391	44,253	535,75	351,00
01 Jan 00	1540	70494	44,259	511,96	353,66
01 Jan 00	1550	70581	44,264	487,99	355,92
01 Jan 00	1600	70653	44,268	463,95	357,77
01 Jan 00	1610	70709	44,272	440,47	359,23
01 Jan 00	1620	70751	44,274	417,50	360,31
01 Jan 00	1630	70778	44,276	394,80	361,01
01 Jan 00	1640	70791	44,277	372,56	361,36
01 Jan 00	1650	70792	44,277	350,88	361,37
01 Jan 00	1700	70779	44,276	330,11	361,05
01 Jan 00	1710	70755	44,274	309,84	360,41
01 Jan 00	1720	70719	44,272	290,31	359,48
01 Jan 00	1730	70672	44,270	271,55	358,27



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
01 Jan 00	1740	70615	44,266	253,72	356,79
01 Jan 00	1750	70549	44,262	236,83	355,07
01 Jan 00	1800	70473	44,258	220,68	353,13
01 Jan 00	1810	70390	44,253	205,30	350,96
01 Jan 00	1820	70299	44,248	190,75	348,61
01 Jan 00	1830	70201	44,242	177,29	346,07
01 Jan 00	1840	70097	44,236	164,68	343,37
01 Jan 00	1850	69987	44,229	152,96	340,52
01 Jan 00	1900	69872	44,222	142,14	337,54
01 Jan 00	1910	69753	44,215	132,19	334,45
01 Jan 00	1920	69630	44,208	123,09	331,26
01 Jan 00	1930	69503	44,201	114,64	327,99
01 Jan 00	1940	69374	44,193	106,74	324,63
01 Jan 00	1950	69242	44,185	99,39	321,22
01 Jan 00	2000	69108	44,177	92,60	317,74
01 Jan 00	2010	68972	44,169	86,30	314,22
01 Jan 00	2020	68834	44,161	80,39	310,66
01 Jan 00	2030	68696	44,153	74,87	307,07
01 Jan 00	2040	68556	44,145	69,72	303,44
01 Jan 00	2050	68415	44,136	64,93	299,80
01 Jan 00	2100	68274	44,128	60,43	296,15
01 Jan 00	2110	68133	44,120	56,22	292,48
01 Jan 00	2120	67991	44,111	52,30	288,80
01 Jan 00	2130	67849	44,103	48,68	285,13
01 Jan 00	2140	67707	44,094	45,33	281,45
01 Jan 00	2150	67566	44,086	42,22	277,79
01 Jan 00	2200	67424	44,078	39,33	274,13
01 Jan 00	2210	67284	44,069	36,67	270,49
01 Jan 00	2220	67144	44,061	34,22	266,86
01 Jan 00	2230	67005	44,053	31,93	263,26
01 Jan 00	2240	66866	44,045	29,79	259,67
01 Jan 00	2250	66729	44,037	27,79	256,11
01 Jan 00	2300	66592	44,029	25,90	252,58
01 Jan 00	2310	66457	44,021	24,12	249,07
01 Jan 00	2320	66322	44,013	22,44	245,58
01 Jan 00	2330	66189	44,005	20,86	242,13
01 Jan 00	2340	66057	43,997	19,37	239,17
01 Jan 00	2350	65925	43,987	17,94	237,00
01 Jan 00	2400	65794	43,978	16,59	234,83
02 Jan 00	0010	65663	43,969	15,33	232,67
02 Jan 00	0020	65533	43,960	14,13	230,52
02 Jan 00	0030	65404	43,952	12,99	228,38
02 Jan 00	0040	65275	43,943	11,91	226,25
02 Jan 00	0050	65146	43,934	10,87	224,13
02 Jan 00	0100	65019	43,925	9,90	222,02
02 Jan 00	0110	64892	43,916	8,97	219,92
02 Jan 00	0120	64766	43,908	8,10	217,84
02 Jan 00	0130	64640	43,899	7,28	215,76
02 Jan 00	0140	64516	43,890	6,52	213,70
02 Jan 00	0150	64392	43,882	5,83	211,66
02 Jan 00	0200	64269	43,873	5,23	209,62
02 Jan 00	0210	64146	43,865	4,73	207,60
02 Jan 00	0220	64025	43,857	4,28	205,60
02 Jan 00	0230	63905	43,848	3,89	203,61
02 Jan 00	0240	63786	43,840	3,54	201,64



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	0250	63667	43,832	3,22	199,68
02 Jan 00	0300	63550	43,824	2,94	197,74
02 Jan 00	0310	63433	43,816	2,69	195,82
02 Jan 00	0320	63318	43,808	2,46	193,91
02 Jan 00	0330	63204	43,800	2,25	192,02
02 Jan 00	0340	63090	43,792	2,06	190,15
02 Jan 00	0350	62978	43,785	1,88	188,29
02 Jan 00	0400	62867	43,777	1,71	186,45
02 Jan 00	0410	62756	43,769	1,55	184,63
02 Jan 00	0420	62647	43,762	1,41	182,82
02 Jan 00	0430	62539	43,754	1,26	181,03
02 Jan 00	0440	62431	43,747	1,13	179,26
02 Jan 00	0450	62325	43,740	1,00	177,50
02 Jan 00	0500	62219	43,732	0,88	175,76
02 Jan 00	0510	62115	43,725	0,77	174,03
02 Jan 00	0520	62011	43,718	0,67	172,32
02 Jan 00	0530	61909	43,711	0,58	170,63
02 Jan 00	0540	61807	43,704	0,49	168,95
02 Jan 00	0550	61707	43,697	0,42	167,29
02 Jan 00	0600	61607	43,690	0,35	165,64
02 Jan 00	0610	61508	43,683	0,29	164,01
02 Jan 00	0620	61411	43,677	0,23	162,40
02 Jan 00	0630	61314	43,670	0,18	160,80
02 Jan 00	0640	61218	43,663	0,14	159,21
02 Jan 00	0650	61123	43,657	0,10	157,64
02 Jan 00	0700	61029	43,650	0,07	156,09
02 Jan 00	0710	60936	43,644	0,04	154,55
02 Jan 00	0720	60843	43,638	0,02	153,02
02 Jan 00	0730	60752	43,631	0,01	151,51
02 Jan 00	0740	60662	43,625	0,00	150,02
02 Jan 00	0750	60572	43,619	0,00	148,54
02 Jan 00	0800	60483	43,613	0,00	147,07
02 Jan 00	0810	60396	43,607	0,00	145,62
02 Jan 00	0820	60309	43,601	0,00	144,19
02 Jan 00	0830	60223	43,595	0,00	142,76
02 Jan 00	0840	60137	43,589	0,00	141,35
02 Jan 00	0850	60053	43,583	0,00	139,96
02 Jan 00	0900	59969	43,577	0,00	138,58
02 Jan 00	0910	59887	43,572	0,00	137,21
02 Jan 00	0920	59805	43,566	0,00	135,86
02 Jan 00	0930	59724	43,560	0,00	134,52
02 Jan 00	0940	59643	43,555	0,00	133,19
02 Jan 00	0950	59564	43,549	0,00	131,88
02 Jan 00	1000	59485	43,544	0,00	130,58
02 Jan 00	1010	59407	43,539	0,00	129,29
02 Jan 00	1020	59330	43,533	0,00	128,01
02 Jan 00	1030	59253	43,528	0,00	126,75
02 Jan 00	1040	59178	43,523	0,00	125,50
02 Jan 00	1050	59103	43,518	0,00	124,26
02 Jan 00	1100	59029	43,513	0,00	123,03
02 Jan 00	1110	58955	43,508	0,00	121,82
02 Jan 00	1120	58882	43,503	0,00	120,62
02 Jan 00	1130	58810	43,498	0,00	119,43
02 Jan 00	1140	58739	43,493	0,00	118,25
02 Jan 00	1150	58669	43,488	0,00	117,08



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	1200	58599	43,483	0,00	115,93
02 Jan 00	1210	58529	43,478	0,00	114,79
02 Jan 00	1220	58461	43,474	0,00	113,65
02 Jan 00	1230	58393	43,469	0,00	112,53
02 Jan 00	1240	58326	43,464	0,00	111,42
02 Jan 00	1250	58259	43,460	0,00	110,32
02 Jan 00	1300	58193	43,455	0,00	109,23
02 Jan 00	1310	58128	43,451	0,00	108,16
02 Jan 00	1320	58064	43,446	0,00	107,09
02 Jan 00	1330	58000	43,442	0,00	106,03
02 Jan 00	1340	57936	43,437	0,00	104,99
02 Jan 00	1350	57874	43,433	0,00	103,95
02 Jan 00	1400	57812	43,429	0,00	102,93
02 Jan 00	1410	57750	43,425	0,00	101,91
02 Jan 00	1420	57689	43,420	0,00	100,90
02 Jan 00	1430	57629	43,416	0,00	99,91
02 Jan 00	1440	57570	43,412	0,00	98,92
02 Jan 00	1450	57510	43,408	0,00	97,95
02 Jan 00	1500	57452	43,404	0,00	96,98
02 Jan 00	1510	57394	43,400	0,00	96,02
02 Jan 00	1520	57337	43,396	0,00	95,08
02 Jan 00	1530	57280	43,392	0,00	94,14
02 Jan 00	1540	57224	43,388	0,00	93,21
02 Jan 00	1550	57168	43,385	0,00	92,29
02 Jan 00	1600	57113	43,381	0,00	91,38
02 Jan 00	1610	57058	43,377	0,00	90,48
02 Jan 00	1620	57004	43,373	0,00	89,59
02 Jan 00	1630	56951	43,370	0,00	88,70
02 Jan 00	1640	56898	43,366	0,00	87,83
02 Jan 00	1650	56846	43,362	0,00	86,96
02 Jan 00	1700	56794	43,359	0,00	86,10
02 Jan 00	1710	56742	43,355	0,00	85,25
02 Jan 00	1720	56691	43,352	0,00	84,41
02 Jan 00	1730	56641	43,348	0,00	83,58
02 Jan 00	1740	56591	43,345	0,00	82,75
02 Jan 00	1750	56542	43,341	0,00	81,94
02 Jan 00	1800	56493	43,338	0,00	81,13
02 Jan 00	1810	56444	43,335	0,00	80,33
02 Jan 00	1820	56396	43,331	0,00	79,54
02 Jan 00	1830	56349	43,328	0,00	78,75
02 Jan 00	1840	56302	43,325	0,00	77,98
02 Jan 00	1850	56255	43,322	0,00	77,21
02 Jan 00	1900	56209	43,319	0,00	76,44
02 Jan 00	1910	56164	43,315	0,00	75,69
02 Jan 00	1920	56118	43,312	0,00	74,94
02 Jan 00	1930	56074	43,309	0,00	74,20
02 Jan 00	1940	56029	43,306	0,00	73,47
02 Jan 00	1950	55985	43,303	0,00	72,75
02 Jan 00	2000	55942	43,300	0,00	72,03
02 Jan 00	2010	55899	43,297	0,00	71,32
02 Jan 00	2020	55856	43,294	0,00	70,62
02 Jan 00	2030	55814	43,291	0,00	69,92
02 Jan 00	2040	55772	43,288	0,00	69,23
02 Jan 00	2050	55731	43,286	0,00	68,55
02 Jan 00	2100	55690	43,283	0,00	67,87



Date	Time	Reservoir Storage (K cu m)	Reservoir Elevation (m)	Inflow (cms)	Outflow (cms)
02 Jan 00	2110	55650	43,280	0,00	67,20
02 Jan 00	2120	55610	43,277	0,00	66,54
02 Jan 00	2130	55570	43,275	0,00	65,88
02 Jan 00	2140	55531	43,272	0,00	65,23
02 Jan 00	2150	55492	43,269	0,00	64,59
02 Jan 00	2200	55453	43,266	0,00	63,95
02 Jan 00	2210	55415	43,264	0,00	63,32
02 Jan 00	2220	55377	43,261	0,00	62,69
02 Jan 00	2230	55340	43,259	0,00	62,08
02 Jan 00	2240	55303	43,256	0,00	61,46
02 Jan 00	2250	55266	43,254	0,00	60,86
02 Jan 00	2300	55230	43,251	0,00	60,26
02 Jan 00	2310	55194	43,249	0,00	59,66
02 Jan 00	2320	55158	43,246	0,00	59,07
02 Jan 00	2330	55123	43,244	0,00	58,49
02 Jan 00	2340	55088	43,241	0,00	57,91
02 Jan 00	2350	55053	43,239	0,00	57,34
02 Jan 00	2400	55019	43,237	0,00	56,78
03 Jan 00	0010	54985	43,234	0,00	56,22
03 Jan 00	0020	54951	43,232	0,00	55,66
03 Jan 00	0030	54918	43,230	0,00	55,11
03 Jan 00	0040	54885	43,227	0,00	54,57
03 Jan 00	0050	54853	43,225	0,00	54,03
03 Jan 00	0100	54820	43,223	0,00	53,50
03 Jan 00	0110	54789	43,221	0,00	52,97
03 Jan 00	0120	54757	43,219	0,00	52,45
03 Jan 00	0130	54726	43,216	0,00	51,93
03 Jan 00	0140	54695	43,214	0,00	51,42
03 Jan 00	0150	54664	43,212	0,00	50,91
03 Jan 00	0200	54634	43,210	0,00	50,41
03 Jan 00	0210	54603	43,208	0,00	49,91
03 Jan 00	0220	54574	43,206	0,00	49,42
03 Jan 00	0230	54544	43,204	0,00	48,93
03 Jan 00	0240	54515	43,202	0,00	48,45
03 Jan 00	0250	54486	43,200	0,00	47,97

**Consórcio**

---



**MONTGOMERY WATSON**

