

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

AÇUDE PÚBLICO DIAMANTINO II

TOMO II - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

SHS- ne Consultoria e
Projeto de Engenharia LTDA

FORTALEZA- CE
ABRIL DE 1999

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

AÇUDE PÚBLICO DIAMANTINO II

TOMO II - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

Lote. 01431 - Prep (X) Scan (X) Index ()
Projeto Nº 1527:2/03/B
Volume /
Qtd A4 79 Qtd. A3
Qtd A2 Qtd A1
Qtd A0 Outros



SHS NORDESTE - Consultoria e
Projetos de Engenharia Ltda

**FORTALEZA
ABRIL/1999**

SM-ne

1

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

AÇUDE PÚBLICO DIAMANTINO II

TOMO II - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
VOLUME 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

ABRIL/1999



sho-ne

ÍNDICE

ÍNDICE

PÁGINAS

| | |
|---|-----------|
| APRESENTAÇÃO | 5 |
| 1 – MEMÓRIA DE CÁLCULOS HIDROLÓGICOS | 7 |
| 1.1 - INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA..... | 9 |
| 1.2.1 - Principais Parâmetros..... | 9 |
| 1 2 1 1 - <i>Temperatura</i> | 9 |
| 1 2 1 2 - <i>Umidade Relativa</i> | 11 |
| 1 2 1 3 - <i>Insolação Média</i> | 12 |
| 1 2 1 4 - <i>Nebulosidade</i> | 13 |
| 1 2 1 5 - <i>Precipitação Média</i> | 14 |
| 1 2 1 6 - <i>Evapotranspiração potencial média</i> | 15 |
| 1.2.2 - Balanço Hídrico..... | 16 |
| 1.2.3 - Classificação do Clima..... | 18 |
| 1 2 3 1 - <i>Classificação segundo Thornthwaite</i> | 18 |
| 1 2.4 - Sinopse Climatológica..... | 19 |
| 1.3 – REGIME HIDROLÓGICO MÉDIO | 19 |
| 1.3.1 - Metodologia | 19 |
| 1 3 1 1 – <i>Pluviometra média mensal</i> | 20 |
| 1 3 1 2 - <i>Fluviometra</i> | 23 |
| 1.4 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO | 28 |
| 1 4 1 - Introdução | 28 |
| 1 4.2 - Metodologia..... | 28 |
| 1 4 2 1 - <i>Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico</i> | 28 |
| 1 4 2 2 - <i>O Diagrama Triangular de Regulanzção</i> | 31 |
| 1.4.3 - Resultados..... | 31 |
| 1.5 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO | 36 |
| 1.5.1 - Introdução | 36 |
| 1.5.2 – Abordagem Metodológica | 36 |
| 1.5 3 – Precipitação de Projeto | 37 |
| 1 5 3 1 - <i>Análise de Frequência de Séne Anual de Precipitações Máximas Diárias</i> | 37 |
| 1 5 3 2 - <i>Método das Isozonas (TORRICO.1975)</i> | 46 |
| 1 5 3 3 - <i>Precipitação Efetiva</i> | 49 |
| 1.5.4 - Hidrogramas de Projeto | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 1.6 – RESULTADOS FINAIS..... | 53 |
| 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS..... | 62 |
| 2.1 – TOMADA D'ÁGUA, GALERIA E CAIXA DE DISSIPACÃO..... | 63 |
| 2.1.1 - Diâmetro da Galeria. | 63 |
| 2.1.2 - Tomada de Água e Caixa de Dissipação..... | 63 |
| 2.2 - FOLGA..... | 64 |
| 2.3 – COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM..... | 65 |
| 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULOS GEOTÉCNICOS..... | 66 |
| 3.1 - AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE TALUDES..... | 67 |
| 3.1.1 - Hipóteses e Conclusões..... | 67 |
| 3.1.2 - Tabelas e Gráficos..... | 68 |

APRESENTAÇÃO

Este relatório consubstancia os trabalhos referentes ao Projeto Executivo da Barragem Diamantino II, objeto do Contrato No 015/98 entre a SRH – Secretaria de recursos hídricos do Estado do Ceará e a SHS Nordeste Consultora e Projetos de Engenharia Ltda

O trabalho como um todo foi assim organizado

TOMO I - ESTUDOS BÁSICOS

- Volume 1 – Topografia da Bacia Hidráulica
- Volume 2 – Estudos Complementares de Geotecnia

TOMO II - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Volume 1 – Memorial Descritivo do Projeto
- Volume 2 – Desenhos
- **Volume 3 – Memória de Cálculo**
- Volume 4 – Especificações, Quantitativos e Orçamento
- Volume 5 – Relatório Síntese

TOMO III - ESTUDOS AMBIENTAIS

- Volume 1 – Cadastro
- Volume 2 – Estudo de Impacto Ambiental - EIA
- Volume 3 – Relatório de Impacto Ambiental – RIMA
- Volume 4 – Plano de Reassentamento

1 – MEMÓRIA DE CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

1.1 - INTRODUÇÃO

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

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

Em seguida, nos estudos sobre o regime hidrológico médio da bacia hidrográfica, coletou-se e analisou-se as informações a respeito da pluviometria média mensal e anual, deflúvio médio anual e análise da variabilidade interanual

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais. Como a bacia hidrográfica não possui dados fluviométricos observados, a estação Granja, no rio Coreau, serviu para estimativa dos parâmetros referentes ao escoamento superficial

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

Escolhida a dimensão do açude, elaborou-se os estudos de laminação para a cheia de 1 000 anos, para dimensionamento do sangradouro, e para a cheia de 10 000 anos, para garantir que a barragem não seja galgada nessa cheia, dimensionando a cota do coroamento nesse sentido

1.2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia a ser desenvolvida visa dar subsídios às etapas subsequentes dos estudos a serem realizados para a construção da Barragem Diamantino II

Devido à inexistência de estações meteorológicas na bacia hidrográfica, a caracterização da hidroclimatologia da região onde será construída a barragem Diamantino II baseou-se na estação de Sobral. Esta estação não será utilizada para caracterizar a precipitação da região, sendo utilizados postos pluviométricos na bacia hidrográfica. A caracterização hidroclimatológica será feita utilizando-se as Normais Climatológicas do INEMET(1992)¹, resultante das medições realizadas durante os anos de 1961 a 1990

1.2.1 - Principais Parâmetros

1.2.1.1 - Temperatura

A distribuição temporal de temperaturas diárias mostra pequenas variações para três pontos discretos de monitoramento realizadas às 12 00, 18 00 e 24 00 do tempo do meridiano de Greenwich -TMG-, sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas na estação meteorológica, fazendo-se uso da fórmula estabelecida pela Organização Meteorológica Mundial -OMM-

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{\text{MÁX}} + T_{\text{MÍN}}}{5}$$

| | | |
|-------|-------------------|------------------------------------|
| onde. | T_{comp} | Temperatura média compensada |
| | T_{12} | Temperatura observada às 12 00 TMG |
| | T_{24} | Temperatura observada às 24 00 TMG |
| | $T_{\text{MÁX}}$ | Temperatura máxima do dia |
| | $T_{\text{MÍN}}$ | Temperatura mínima do dia |

¹INEMET 1992 INVENTARIO DE ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS

Tabela 1.1 - Temperaturas Médias Máximas, Médias Mínimas e Médias Compensadas (°C) na Estação de Sobral - CE

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | MÉDIA |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Máxima | 33,8 | 32,9 | 30,1 | 31,1 | 31,2 | 31,6 | 33,0 | 38,8 | 35,8 | 35,9 | 35,6 | 34,0 | 33,7 |
| Comp. | 26,7 | 27,1 | 26,2 | 27,5 | 26,2 | 24,9 | 26,4 | 27,2 | 26,3 | 26,7 | 27,1 | 26,6 | 26,6 |
| Mínima | 23,6 | 2,0 | 22,5 | 22,6 | 21,3 | 21,5 | 21,2 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 22,0 | 23,3 | 22,0 |

FONTE: INEMET (1992)

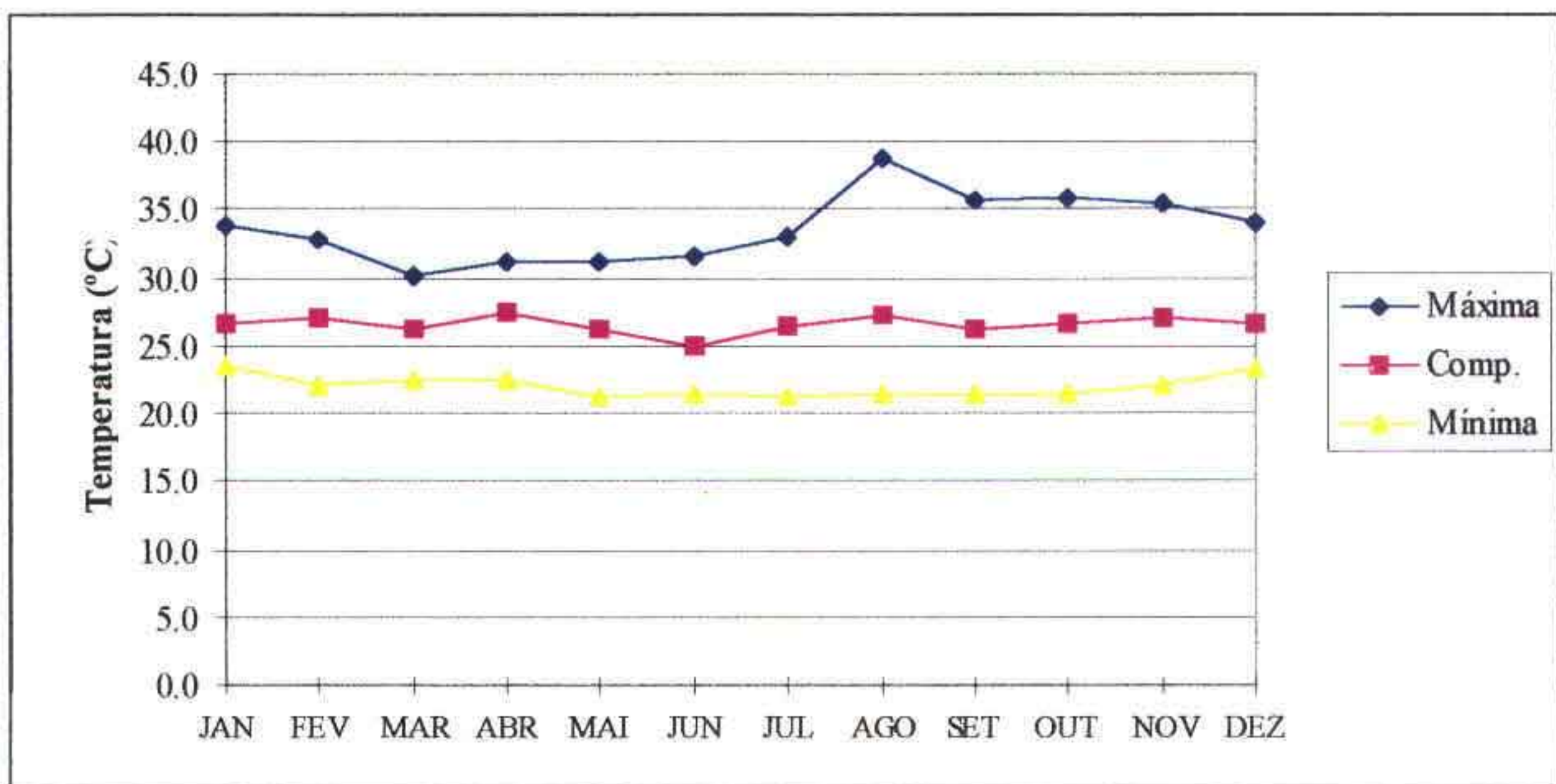


Figura 1.1 - Temperaturas Médias Máximas, Médias Mínimas e Médias Compensadas na Estação de Sobral - CE

A temperatura média compensada apresenta uma pequena variação de 2,6 °C, isso para os meses de junho (24,9 °C) e abril (27,5 °C). As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, no mês de agosto (38,8 °C) e julho (21,2 °C), conforme se observa no Tabela 1.1 e na Figura 1.1.

1 2 1 2 - Umidade Relativa

A umidade relativa média possui uma variação máxima de 25% ocorrida entre os meses de abril (80%) e novembro (55%), como pode ser verificado no Tabela 1 2 e na Figura 1 2

Tabela 1.2 - Umidade Relativa Média na Estação de Sobral - CE

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | MÉDIA |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| % | 69 | 74 | 81 | 85 | 80 | 74 | 66 | 55 | 55 | 58 | 57 | 61 | 68 |

FONTE INEMET (1992)

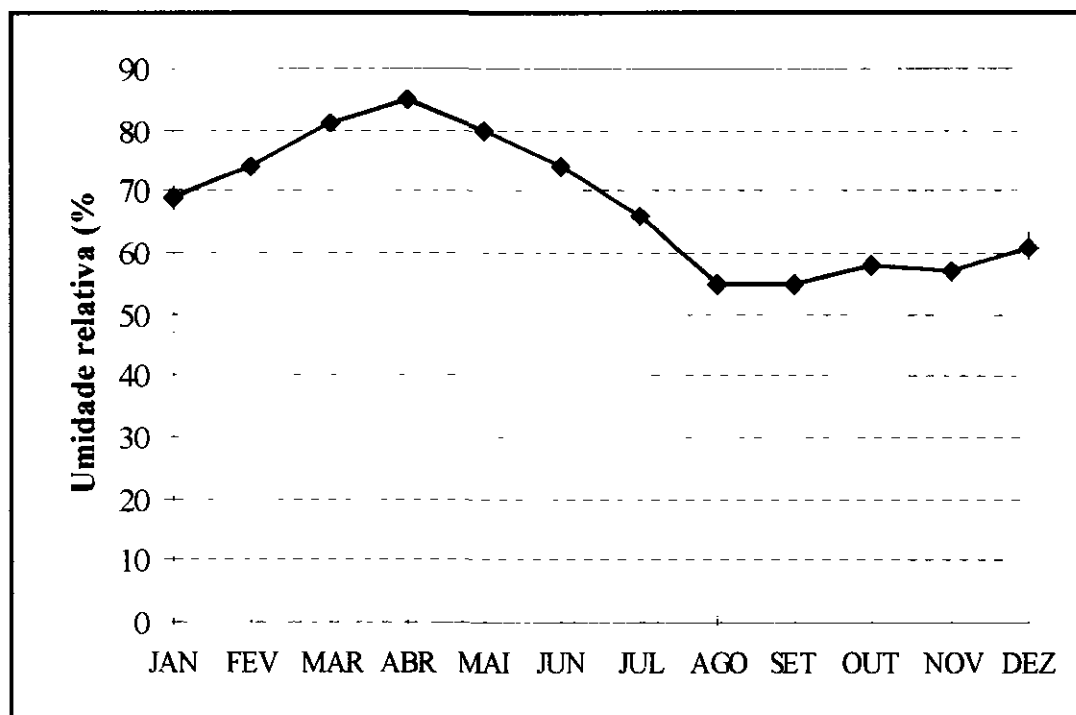


Figura 1.2 - Umidade Relativa Média na estação de Sobral - CE.

1 2 1 3 - Insolação Média

O Tabela 1 3 e a Figura 1 3 mostram, respectivamente, o número de horas médio de exposição solar na estação de Sobral - CE e sua distribuição mensal. Em termos médios anuais têm-se 2416,6 horas de exposição, podendo-se concluir que cerca de 55,2 % dos dias do ano possuem incidência solar direta (admitindo-se que o dia está composto por 12 horas de luz diurna e 12 horas de luz noturna). Durante os meses de julho, agosto, setembro e outubro ocorrem os maiores valores de horas de insolação, os menores valores ocorrem no trimestre fevereiro/março/abril. O mês de agosto apresenta o maior índice de insolação (268,2 horas) e o mês de fevereiro o menor (143,5 horas).

Tabela 1.3 - Insolação Média na Estação de Sobral - CE

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| horas | 188.1 | 143.5 | 155.0 | 151.7 | 189.3 | 195.5 | 234.7 | 268.2 | 232.2 | 233.4 | 221.8 | 203.2 | 2416.6 |

FONTE INEMET (1992)

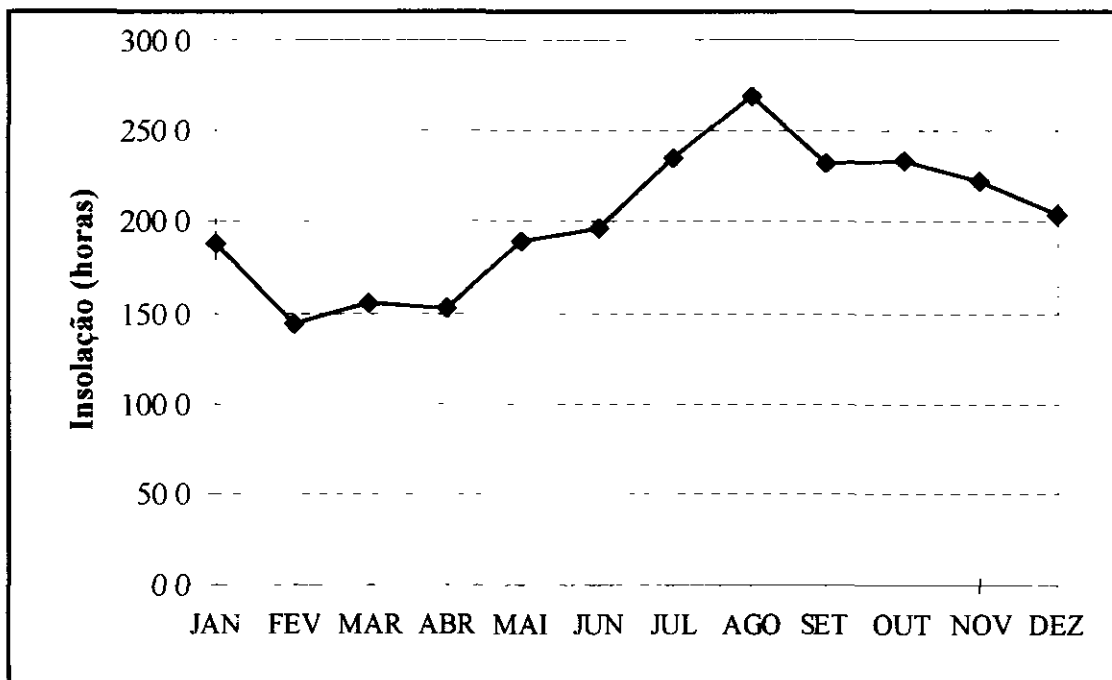


Figura 1.3 - Insolação total média na estação de Sobral - CE

1 2 1 4 - Nebulosidade

Na estação de Sobral - CE apresenta-se uma variação máxima na nebulosidade de 4,0, sendo os meses de maior índice de nebulosidade fevereiro, março e abril (7,0) e os de menores agosto e setembro (3,0) Esta variável é avaliada por um fator adimensional que varia entre 0 e 10 O Tabela 1 4 e a Figura 1 4 permitem observar a variação temporal desta variável

Tabela 1.4 - Nebulosidade na Estação de Sobral - CE

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | MÉDIA |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 0-10 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,3 |

FONTE INEMET (1992)

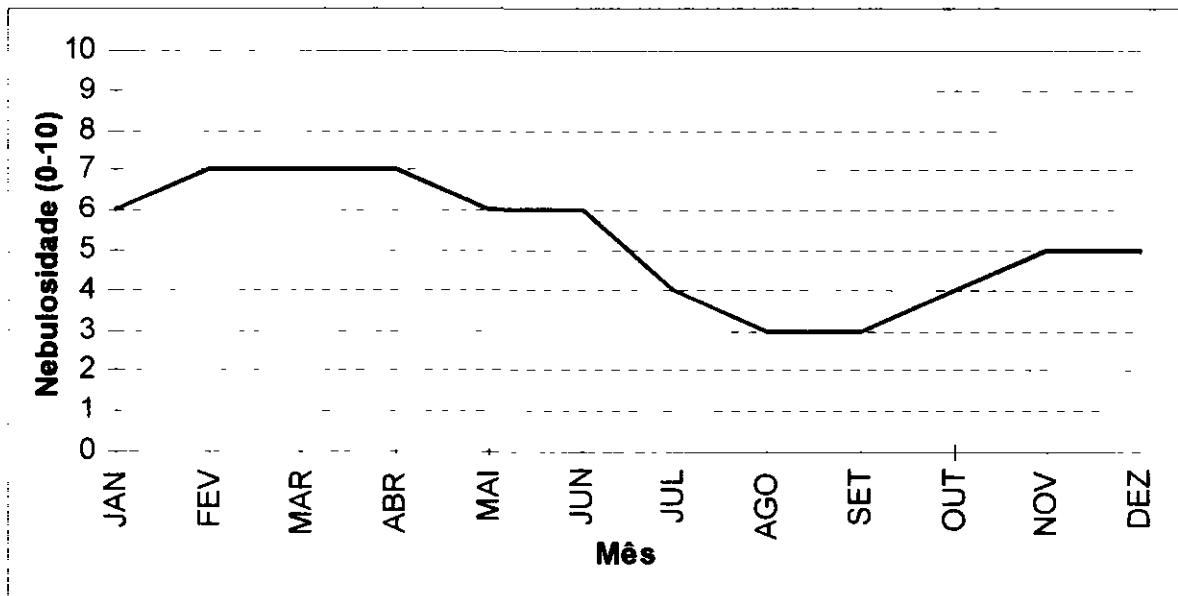


Figura 1 4 - Nebulosidade na estação de Sobral - CE

1.2.1.5 - Precipitação Média

A precipitação média anual observada na bacia do Rio Inhanduba é de 961 mm. As precipitações estão concentradas no primeiro semestre onde ocorre, aproximadamente, 97,3% do total anual, o trimestre mais chuvoso é fevereiro/março/abril com 69,3% do total, o trimestre menos chuvoso é agosto/setembro/outubro onde precipita pouco mais do 0,9% do total anual. O mês mais chuvoso é março (265,1mm) e no mês de setembro ocorre o menor índice de precipitação (0,5mm). A distribuição temporal da precipitação média mensal é apresentada no Tabela 1.5 e na Figura 1.5.

Tabela 1.5 - Precipitação Total na bacia do rio Inhanduba em Diamantino II - CE

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| P (mm) | 87.0 | 164.1 | 265.1 | 237.2 | 135.0 | 35.0 | 12.1 | 3.0 | 1.8 | 0.5 | 3.8 | 16.8 |

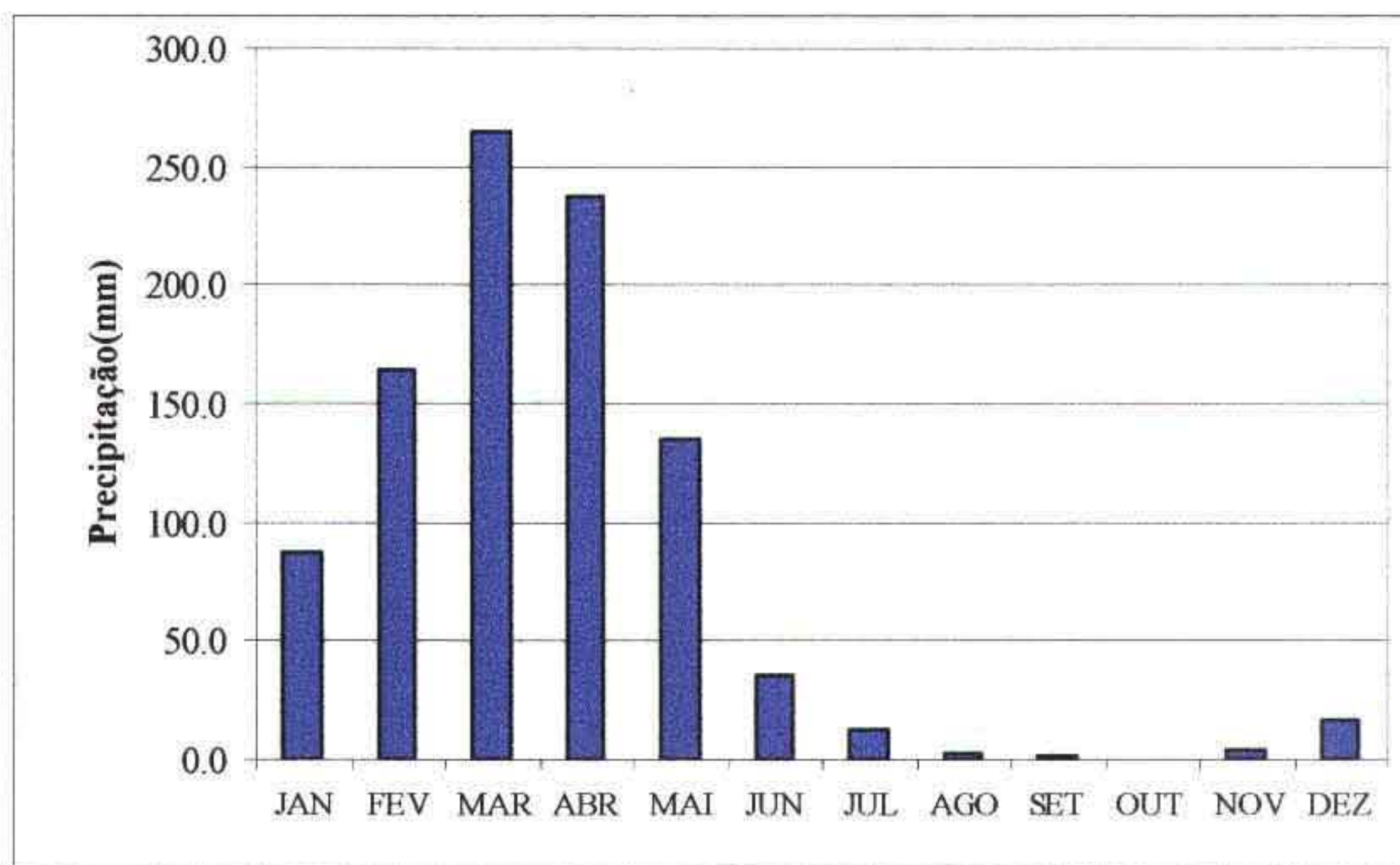


Figura 1.5 - Precipitação mensal sobre a bacia do Inhanduba em Diamantino II

1 2 1 6 - Evapotranspiração potencial média

Como estimativa da evapotranspiração média, foi utilizada a equação de Hargreaves² mostrada abaixo. Esta fornece a ETP em função da Temperatura média compensada, umidade relativa do ar e de um coeficiente de correção que depende da latitude do local considerado

$$ETP = F (100,0-U)^{1/2} 0,158 (32+1,8T)$$

F - Fator dependente da latitude (adimensional)

T - Temperatura média compensada em °C

U - Umidade relativa do ar (%)

Tabela 1.6 - Evapotranspiração potencial média mensal para a bacia do Rio Inhanduba

| Mês | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| (mm) | 167 | 141 | 128 | 107 | 115 | 117 | 146 | 185 | 188 | 196 | 193 | 186 | 1873 |

FONTE HARGREAVES (1974)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evapotranspiração corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (196 mm). O trimestre março/abril/maio possui o menor índice de evaporação, ocorrendo o mínimo em março com 107 mm.

²HARGREAVES, G. H. 1974. POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION REQUIREMENTS FOR NORTH-EAST OF BRAZIL, UTAH STATE UNIVERSITY

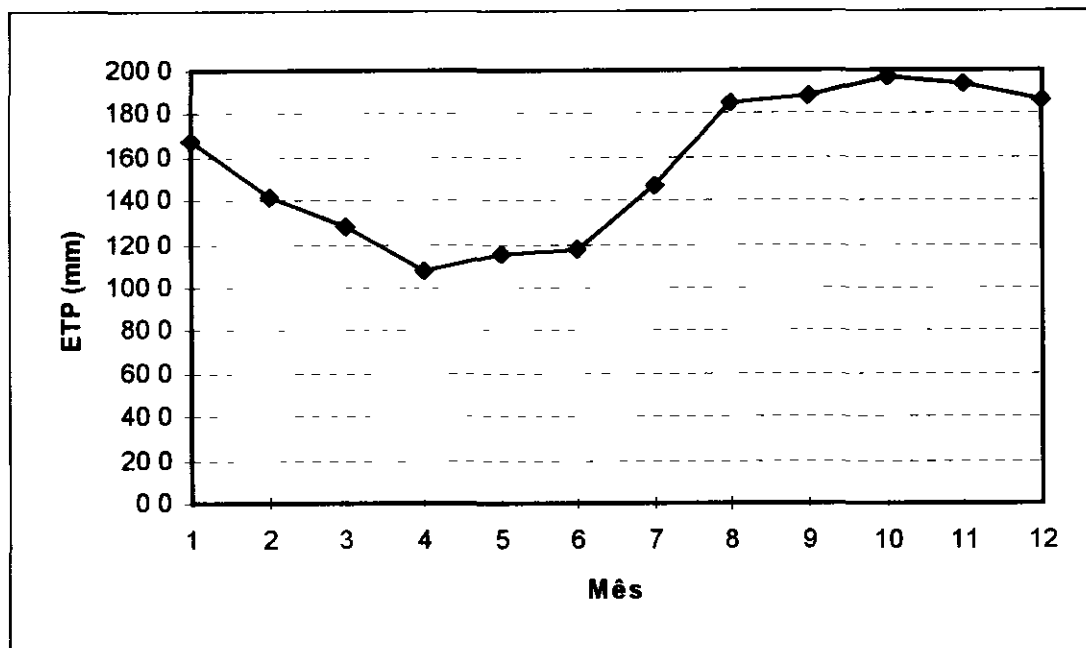


Figura 1.6 - Evapotranspiração potencial média mensal

1.2.2 - Balanço Hídrico

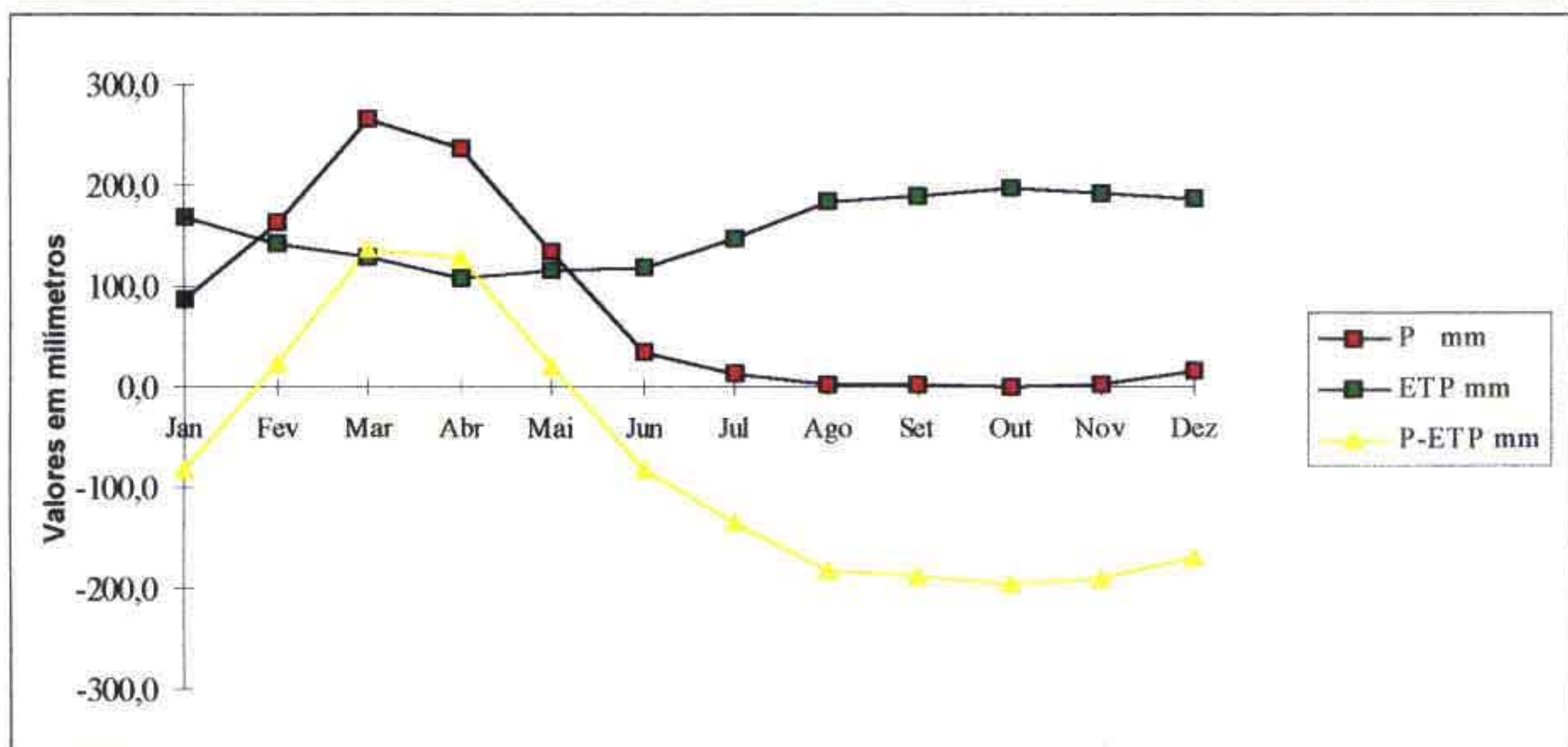
O balanço hídrico climático -BHC- permite estimar as disponibilidades de água no solo para as plantas. O BHC baseia-se na aplicação do princípio da conservação da massa através de um volume de controle com uma capacidade finita de armazenamento. A aplicação do BHC permite conhecer a magnitude dos volumes (ou lâminas) de água transferidos entre cada uma das variáveis que compõe esse balanço.

Essas variáveis são a precipitação pluvial, o déficit hídrico, a evapotranspiração potencial, a variação no armazenamento de água no solo e o excesso hídrico. Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather (1955), e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para realizar um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm, obtém-se a Tabela 1.7. A Figura 1.7 apresenta as variáveis Precipitação, Evaporação e sua diferença.

Tabela 1.7 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite & Mather

| Mês | P (mm) | ETP (mm) | P-ETP (mm) | Neg (mm) | ARM (mm) | ALT (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|-----|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jan | 87,0 | 167,3 | -80,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 87,0 | 80,3 | 0,00 |
| Fev | 164,1 | 141,0 | 23,1 | 142,0 | 23,1 | 23,1 | 141,0 | 0,0 | 0,00 |
| Mar | 265,1 | 128,7 | 136,3 | 0,0 | 100,0 | 76,9 | 128,7 | 0,0 | 59,42 |
| Abr | 237,2 | 107,5 | 129,7 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 107,5 | 0,0 | 129,71 |
| Mai | 135,0 | 115,2 | 19,9 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 115,2 | 0,0 | 19,86 |
| Jun | 35,0 | 117,5 | -82,5 | 82,5 | 44,0 | -56,0 | 91,0 | 26,5 | 0,00 |
| Jul | 12,1 | 146,7 | -134,7 | 217,2 | 11,0 | -33,0 | 45,1 | 101,7 | 0,00 |
| Ago | 3,0 | 185,1 | -182,0 | 399,2 | 2,0 | -9,0 | 12,0 | 173,0 | 0,00 |
| Set | 1,8 | 188,5 | -186,7 | 586,0 | 0,0 | -2,0 | 3,8 | 184,7 | 0,00 |
| Out | 0,5 | 196,3 | -195,8 | 781,8 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 195,8 | 0,00 |
| Nov | 3,8 | 193,3 | -189,5 | 971,3 | 0,0 | 0,0 | 3,8 | 189,5 | 0,00 |
| Dez | 16,8 | 186,1 | -169,4 | 1140,6 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 169,4 | 0,00 |
| ANO | 961,3 | 1873,2 | -911,9 | | 380,1 | 0,0 | 752,3 | 1120,9 | 209,0 |


Figura 1.7 - Balanço Hídrico

1 2 3 - Classificação do Clima

1 2 3 1 - Classificação segundo Thornthwaite

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

- Índice de aridez:

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial. Este índice apresentou o valor 60 a partir dos dados do Balanço Hídrico.

- Índice de umidade

O índice de umidade é o excesso de água (Exc) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), sendo igual este índice igual a 11.

- Índice efetivo de umidade

Este índice reflete o excesso ou déficit de água ao longo do ano, apresentando um valor igual a -25.

Os dados para a área em estudo, mostram um clima seco e sub-úmido tipo D, semi-úmido, com índice hídrico variando entre -20% e -40%, sub-tipo S, com moderado excesso de água no inverno, tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (DSA'a')

1.2.4 - Sinopse Climatológica

| | |
|---|------------|
| • Pluviometria Total Média Anual (sobre a bacia) | 961,3 mm |
| • Evaporação Total Média Anual | 1873,21 mm |
| • Nebulosidade Média Anual | 5,25 |
| • Insolação Total Média Anual | 2416,6 h |
| • Umidade Relativa Média Anual | 67,9% |
| • Temperatura Média Anual Média das Máximas | 33,7 °C |
| • Temperatura Média Anual Média das Médias | 26,6 °C |
| • Temperatura Média Anual Média das Mínimas | 22,0 °C |
| • Classificação Climática | DSA'a' |

1.3 – REGIME HIDROLÓGICO MÉDIO

O presente capítulo visa obter uma avaliação qualitativa e quantitativa da disponibilidade natural de água decorrente do escoamento superficial sobre a bacia do Rio Inhanduba até a seção da barragem de Diamantino II

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude Diamantino II foi realizada objetivando fornecer elementos para a caracterização do regime de escoamento médio para a simulação de sua operação, visando o dimensionamento do reservatório

Próximo à região de estudo, numa bacia vizinha e com características físicas semelhantes, existe a estação fluviométrica de Granja, localizada no Rio Coreau. Procedeu-se a análise dos registros observados no posto Granja a fim de utilizar os parâmetros obtidos na simulação do escoamento afluente à seção de Diamantino II

1.3.1 - Metodologia

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

Especificamente para este estudo, existe um posto fluviométrico em uma bacia hidrográfica vizinha com características hidroclimatológicas semelhantes. Optou-se por utilizar as vazões médias mensais contidas nos arquivos do DNAEE para caracterizar o regime de escoamento médio na bacia estudada. Foram calculadas as lâminas escoadas em Granja e

foram utilizados estes valores como representativos da vazão específica para a seção onde será construída a barragem Diamantino II

Assim, multiplicando-se esta vazão específica pela área da bacia do Rio Inhanduba (106,0km²), obteve-se a vazão afluyente á seção considerada

1 3 1 1 – Pluviometria média mensal

A estação utilizada neste estudo para caracterizar a pluviometria média sobre a bacia é a estação de Tucunduba A sua localização e dados referência de codificação do DNAEE encontra-se na Tabela 1 8 abaixo A série de precipitação média sobre a bacia de contribuição do reservatório Diamantino II e apresentada na Tabela 1 9

Tabela 1.8 - Localização da estação pluviométrica e códigos

| Nome da estação | Código do DNAEE | Código da SUDENE | Latitude | Longitude | Altitude |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------|-----------|----------|
| Ac Tucunduba | 00340012 | 2769315 | 03°10'00" | 40°26'00" | 80.0 |

Tabela 1.9 - Pluviometria média mensal (mm) na bacia hidrográfica do Reservatório Diamantino II

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| 1913 | 0,0 | 134,8 | 339,5 | 310,2 | 282,1 | 63,9 | 42,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 | 1181,8 |
| 1914 | 224,9 | 117,6 | 106,9 | 223,6 | 63,6 | 34,9 | 4,7 | 13,7 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 792,7 |
| 1915 | 18,0 | 13,0 | 18,8 | 92,5 | 21,1 | 9,8 | 0,1 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 46,2 | 219,8 |
| 1916 | 104,9 | 239,8 | 396,1 | 238,9 | 43,3 | 24,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 15,5 | 29,5 | 1092,0 |
| 1917 | 351,6 | 353,6 | 562,3 | 445,3 | 600,7 | 71,2 | 0,0 | 0,0 | 14,0 | 23,0 | 15,9 | 59,0 | 2496,6 |
| 1918 | 161,6 | 111,3 | 552,3 | 115,1 | 217,3 | 221,4 | 24,8 | 0,0 | 45,5 | 0,0 | 0,0 | 70,7 | 1520,0 |
| 1919 | 49,0 | 66,1 | 23,4 | 19,2 | 60,2 | 4,0 | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,5 | 231,7 |
| 1920 | 2,0 | 78,3 | 654,0 | 272,7 | 121,1 | 26,4 | 17,6 | 49,8 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 51,3 | 1276,8 |
| 1921 | 25,1 | 147,5 | 286,0 | 271,9 | 425,2 | 28,8 | 15,6 | 0,0 | 3,0 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1204,4 |
| 1922 | 23,9 | 30,8 | 94,3 | 285,1 | 116,7 | 34,7 | 25,6 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 61,2 | 0,0 | 674,8 |
| 1923 | 100,4 | 342,4 | 208,4 | 301,8 | 122,7 | 39,9 | 15,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1130,8 |
| 1924 | 190,1 | 229,3 | 416,7 | 406,8 | 252,1 | 166,5 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,5 | 1678,0 |
| 1925 | 198,9 | 180,8 | 218,2 | 190,7 | 108,0 | 43,6 | 12,9 | 14,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 967,4 |
| 1926 | 85,1 | 291,3 | 381,9 | 349,5 | 169,8 | 25,7 | 6,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1310,0 |
| 1927 | 66,8 | 112,0 | 196,7 | 328,5 | 93,4 | 43,9 | 7,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,2 | 854,4 |
| 1928 | 106,7 | 67,9 | 225,6 | 257,6 | - | 25,2 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 683,0 |
| 1929 | 149,8 | 326,9 | 344,0 | 311,7 | 64,5 | 17,4 | 7,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 90,7 | 1312,8 |
| 1930 | 74,1 | 252,4 | 476,6 | 211,2 | 75,4 | 106,4 | 12,6 | 6,3 | 0,0 | - | - | - | 1215,0 |
| 1931 | 139,8 | 292,6 | 260,6 | 193,4 | 71,7 | 29,9 | 4,6 | 0,0 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 995,4 |
| 1932 | 70,0 | 105,7 | 161,6 | 46,1 | 0,0 | 37,7 | 23,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 444,5 |
| 1933 | 170,5 | 245,2 | 202,5 | 323,7 | 84,1 | 10,1 | 7,5 | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 15,2 | 1061,1 |
| 1934 | 65,2 | 279,3 | 378,1 | 347,1 | 188,5 | 36,6 | 0,0 | 0,0 | 8,5 | 0,0 | 2,5 | 86,9 | 1392,7 |
| 1935 | 176,7 | 191,6 | 252,3 | 535,0 | 242,9 | 98,0 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1499,7 |
| 1936 | 35,7 | 207,1 | 72,7 | 126,6 | 77,6 | 4,6 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 527,3 |
| 1937 | 16,3 | 181,8 | 99,9 | 189,9 | 125,0 | 51,0 | 13,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 676,9 |
| 1938 | 82,7 | 16,0 | 354,1 | 190,0 | 84,9 | 24,7 | 9,3 | 12,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 774,4 |
| 1939 | 25,0 | 150,8 | 284,7 | 163,7 | 87,6 | 13,4 | 29,2 | 0,0 | 13,6 | 10,2 | 0,0 | 6,6 | 784,8 |
| 1940 | 209,0 | 167,8 | 236,8 | 235,6 | 117,3 | 24,4 | 23,4 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1017,8 |
| 1941 | 15,5 | 57,8 | 220,8 | 133,4 | 19,3 | 40,8 | 7,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 495,4 |
| 1942 | 106,1 | 89,1 | 213,0 | 103,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 51,8 | 563,3 |
| 1943 | 63,5 | 41,6 | 107,6 | 168,9 | 79,8 | 0,0 | 18,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,8 | 112,3 | 604,7 |
| 1944 | 63,0 | 105,8 | 303,3 | 212,2 | 99,6 | 12,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 72,7 | 869,0 |
| 1945 | 178,9 | 334,7 | 295,0 | 227,2 | 153,0 | 29,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1217,8 |
| 1946 | 146,0 | 128,4 | 149,5 | 210,0 | 53,0 | 16,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 14,0 | 726,9 |
| 1947 | 0,0 | 246,0 | 250,0 | 195,0 | 128,0 | 49,0 | 16,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 121,0 | 0,0 | 1005,0 |
| 1948 | 50,0 | 150,0 | 415,0 | 116,0 | 97,0 | 23,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 851,0 |
| 1949 | 44,0 | 165,0 | 213,0 | 156,0 | 194,0 | 33,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 805,0 |

Tabela 1.9 – Pluviometria média mensal (mm) na bacia hidrográfica do Reservatório Diamantino II (Continuação)

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| 1950 | 87,0 | 77,0 | 378,0 | 303,0 | 67,0 | 14,0 | 26,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 952,0 |
| 1951 | 0,0 | 0,0 | 94,0 | 118,0 | 77,0 | 12,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,0 | 344,0 |
| 1952 | 75,0 | 98,0 | 246,0 | 187,0 | 102,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,0 | 761,0 |
| 1953 | 52,0 | 135,0 | 150,0 | 197,0 | 62,0 | 26,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 622,0 |
| 1954 | 0,0 | 159,0 | 169,0 | 134,0 | 25,0 | 48,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 535,0 |
| 1955 | 132,0 | 145,0 | 122,0 | 242,0 | 112,0 | 12,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 780,0 |
| 1956 | 26,0 | 242,0 | 285,5 | 218,0 | 32,0 | 28,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 837,5 |
| 1957 | 135,0 | 91,0 | 263,4 | 280,0 | 160,0 | 20,0 | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 954,4 |
| 1958 | - | 0,0 | 30,0 | 60,0 | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,0 | 133,0 |
| 1959 | 63,0 | 129,0 | 356,0 | 81,0 | 79,0 | 27,0 | 0,0 | 9,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 744,0 |
| 1960 | 0,0 | 43,0 | 325,0 | 191,0 | 8,0 | 32,0 | 30,0 | 0,0 | - | 0,0 | 0,0 | 69,0 | 698,0 |
| 1961 | 47,0 | 254,0 | 326,0 | 120,0 | 195,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 942,0 |
| 1962 | 81,3 | 122,8 | 510,6 | 360,0 | 90,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 50,0 | 1234,7 |
| 1963 | 132,0 | 107,0 | 523,8 | 506,0 | 113,0 | 0,0 | 33,0 | 29,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 144,0 | 1587,8 |
| 1964 | 277,0 | 478,3 | 436,8 | 302,3 | 231,7 | 32,6 | 59,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,0 | 1838,9 |
| 1965 | 129,0 | 81,4 | 324,2 | 658,7 | 227,1 | 105,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1525,7 |
| 1966 | 0,3 | 215,9 | 181,7 | 133,6 | 218,0 | 97,4 | 51,5 | 0,0 | 12,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 911,8 |
| 1967 | 173,1 | 407,5 | 545,9 | 478,4 | 323,0 | 8,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1936,1 |
| 1968 | 133,3 | 182,1 | 374,3 | 463,7 | 472,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1626,1 |
| 1969 | 94,4 | 170,8 | 177,3 | 207,8 | 82,1 | 0,0 | 44,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 776,4 |
| 1970 | 24,0 | 65,8 | 157,1 | 94,5 | 24,6 | 0,0 | 24,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 390,1 |
| 1971 | 25,2 | 117,3 | 226,2 | 122,4 | 153,6 | 43,0 | 31,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 718,7 |
| 1972 | 20,0 | 43,5 | 127,7 | 196,0 | 163,2 | 15,0 | 0,0 | 48,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 613,7 |
| 1973 | 196,1 | 179,4 | 393,5 | 331,7 | 146,8 | 70,6 | 15,0 | 8,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1341,1 |
| 1974 | 139,3 | 243,7 | 410,4 | 400,5 | 237,3 | 125,2 | 29,1 | 0,0 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1606,5 |
| 1975 | 0,0 | 491,0 | 329,4 | 470,6 | 414,7 | 52,0 | 72,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1829,7 |
| 1976 | 0,0 | 188,5 | 222,9 | 230,3 | 23,4 | 1,6 | 14,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,0 | 0,0 | 702,3 |
| 1977 | 92,6 | 262,6 | 104,0 | 276,1 | 189,9 | 60,0 | 19,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1004,8 |
| 1978 | 105,0 | 138,1 | 144,9 | 203,4 | 137,1 | 45,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 773,6 |
| 1979 | 37,6 | 119,9 | 127,5 | 181,9 | 61,6 | 47,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 576,3 |
| 1980 | 65,0 | 317,0 | 151,3 | 33,3 | 55,5 | 8,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 630,6 |
| 1981 | 14,2 | 31,3 | 305,1 | 64,7 | 187,2 | 0,0 | 0,0 | 17,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,4 | 656,7 |
| 1982 | 128,1 | 72,8 | 258,9 | 296,2 | 69,1 | 9,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 834,2 |
| 1983 | 0,0 | 54,6 | 78,5 | 63,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 196,1 |
| 1984 | 100,5 | 96,9 | 256,9 | 368,4 | 297,6 | 46,0 | 12,6 | 0,0 | 0,0 | - | 5,2 | 0,0 | 1184,1 |
| MEDIA | 87,0 | 164,1 | 265,1 | 237,2 | 135,0 | 35,0 | 12,1 | 3,0 | 1,8 | 0,5 | 3,8 | 16,8 | 961,3 |
| DESVP | 73,5 | 108,5 | 140,2 | 128,8 | 114,8 | 39,2 | 15,5 | 9,3 | 6,5 | 3,0 | 16,3 | 30,7 | 448,3 |
| CV | 0,84 | 0,66 | 0,53 | 0,54 | 0,85 | 1,12 | 1,28 | 3,06 | 3,65 | 6,25 | 4,28 | 1,83 | 0,47 |

O hietograma médio para a bacia de contribuição do açude Diamantino II encontra-se na Figura 1.8.

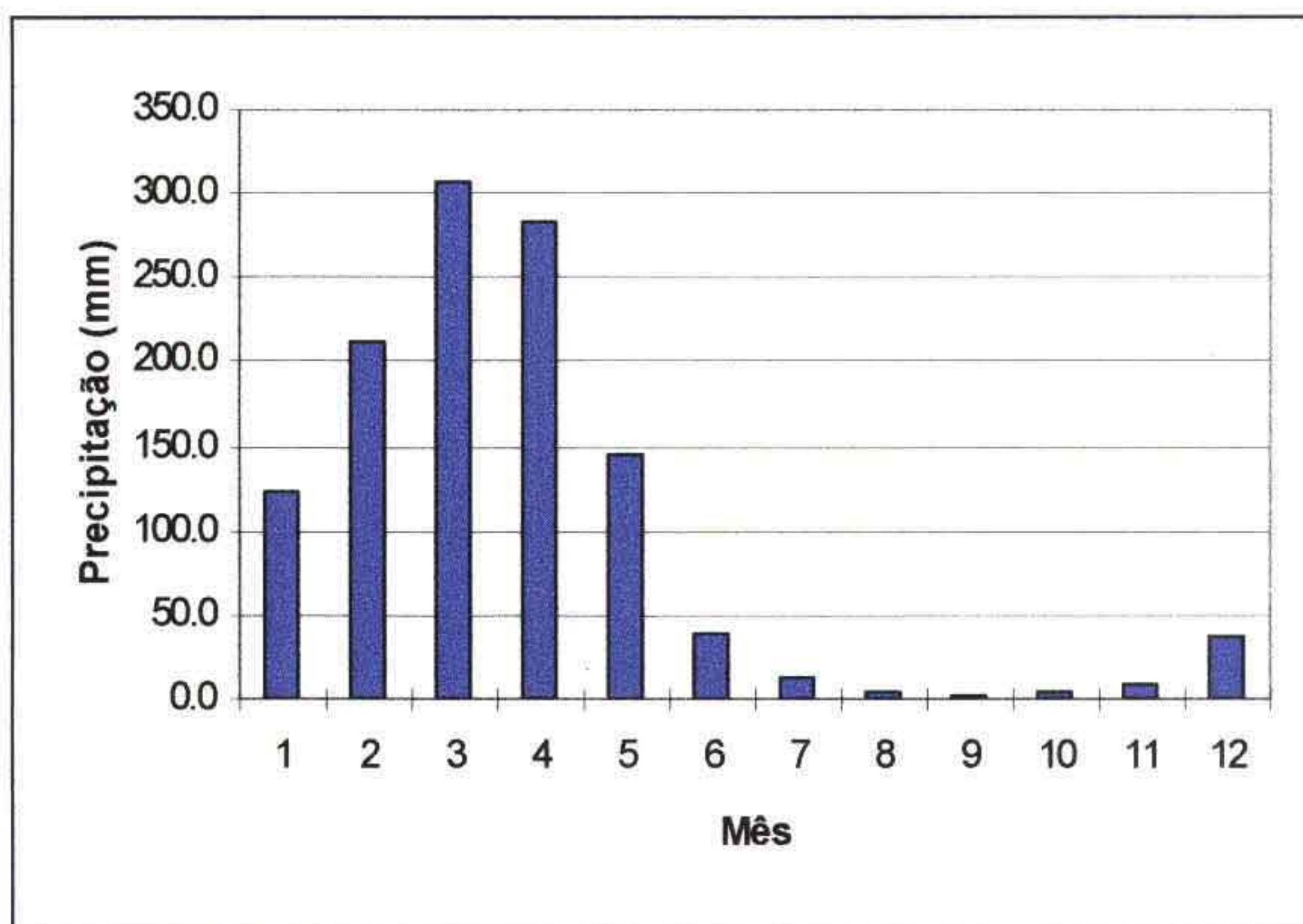


Figura 1.8 - Hietograma Médio para a bacia de contribuição do açude Diamantino II

1.3.1.2 - Fluviometria

A série fluviométrica a nível mensal para a estação Granja está apresentada abaixo nas Tabelas 1.10 e 1.11.

Os valores de vazão média mensal, em m^3/s , para a seção de Inhanduba são apresentados na Tabela 1.12.

Tabela 1.10 – Vazão média mensal observada (m³/s) da estação Granja

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|------|-------|
| 1969 | 1,41 | 1,51 | 4,24 | 81,80 | 35,34 | 4,38 | 4,24 | 1,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1970 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,03 | 1,89 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1971 | 0,00 | 1,51 | 28,27 | 140,22 | 63,61 | 13,15 | 1,41 | 1,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1972 | 0,00 | 0,00 | 2,83 | 20,45 | 25,44 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1973 | 5,65 | 15,11 | 79,16 | 186,96 | 76,33 | 21,91 | 9,89 | 5,65 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1974 | 22,62 | 66,48 | 117,32 | - | 163,97 | 103,71 | 19,79 | 5,65 | 1,46 | 1,41 | 1,46 | 1,41 |
| 1975 | 1,41 | 33,24 | 124,39 | 84,72 | 132,87 | 24,83 | 14,14 | 4,24 | 1,46 | 1,41 | 0,00 | 1,41 |
| 1976 | 1,41 | 34,75 | 79,16 | 103,71 | 16,96 | 5,84 | 2,83 | 1,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1977 | 2,83 | 25,69 | 36,75 | 75,95 | 65,02 | 14,61 | 5,65 | 2,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1978 | 7,07 | 10,58 | 11,31 | 37,98 | 28,27 | 5,84 | 2,83 | 1,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1979 | 0,00 | 6,04 | 11,31 | 5,84 | 9,89 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,92 | 15,55 |
| 1980 | 9,89 | 28,71 | 74,92 | 4,38 | 2,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1981 | 0,00 | 0,00 | 49,47 | 33,59 | 5,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1982 | 0,00 | 3,12 | 40,60 | 53,70 | 8,13 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1983 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 2,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1984 | 0,00 | 0,94 | 51,80 | 175,00 | 137,00 | 13,20 | 2,81 | 0,98 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1985 | 15,40 | 196,00 | 307,00 | 505,00 | 270,00 | 53,20 | 24,50 | 8,55 | 4,52 | 2,39 | 1,18 | 5,79 |
| 1986 | 13,70 | 88,50 | 333,00 | 447,00 | 188,00 | 55,30 | 20,40 | 8,82 | 4,87 | 2,74 | 1,79 | 1,13 |
| 1987 | 2,47 | 5,34 | 152,00 | 49,60 | 17,70 | 6,48 | 2,95 | 1,42 | 0,54 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| 1988 | 5,81 | 13,10 | 90,20 | 261,00 | 206,00 | 30,10 | 12,80 | 4,68 | 1,89 | 0,97 | 0,59 | 1,57 |
| 1989 | 4,47 | 4,62 | 82,60 | 324,00 | 174,00 | 33,30 | 18,90 | 7,68 | 3,23 | 2,25 | 1,41 | 19,80 |
| 1990 | 4,32 | 20,80 | 67,40 | 50,70 | 31,10 | 9,96 | 4,85 | 2,28 | 0,85 | 0,32 | 0,00 | 0,00 |
| 1991 | 0,00 | 35,10 | 99,00 | 86,50 | 63,70 | 8,99 | 2,99 | 1,28 | 0,82 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |
| 1992 | 2,45 | 9,02 | 11,30 | 24,60 | 2,35 | 0,86 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1993 | 0,00 | 0,00 | 12,60 | 6,51 | 5,12 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tabela 1.11 – Lâmina escoada média mensal

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOT |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 1969 | 1,0 | 1,0 | 3,0 | 56,0 | 25,0 | 3,0 | 3,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 93,0 |
| 1970 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 6,2 | 1,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,8 |
| 1971 | 0,0 | 1,0 | 20,0 | 96,0 | 45,0 | 9,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 173,0 |
| 1972 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 14,0 | 18,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,0 |
| 1973 | 4,0 | 10,0 | 56,0 | 128,0 | 54,0 | 15,0 | 7,0 | 4,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 279,0 |
| 1974 | 16,0 | 44,0 | 83,0 | - | 116,0 | 71,0 | 14,0 | 4,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 352,0 |
| 1975 | 1,0 | 22,0 | 88,0 | 58,0 | 94,0 | 17,0 | 10,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 296,0 |
| 1976 | 1,0 | 23,0 | 56,0 | 71,0 | 12,0 | 4,0 | 2,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 170,0 |
| 1977 | 2,0 | 17,0 | 26,0 | 52,0 | 46,0 | 10,0 | 4,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 159,0 |
| 1978 | 5,0 | 7,0 | 8,0 | 26,0 | 20,0 | 4,0 | 2,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 73,0 |
| 1979 | 0,0 | 4,0 | 8,0 | 4,0 | 7,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 11,0 | 37,0 |
| 1980 | 7,0 | 19,0 | 53,0 | 3,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 84,0 |
| 1981 | 0,0 | 0,0 | 35,0 | 23,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 62,0 |
| 1982 | 0,0 | 2,1 | 29,2 | 37,4 | 5,9 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 75,3 |
| 1983 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 |
| 1984 | 0,0 | 0,6 | 37,3 | 121,9 | 98,6 | 9,2 | 2,0 | 0,7 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 270,6 |
| 1985 | 11,1 | 132,0 | 221,0 | 351,9 | 194,4 | 37,1 | 17,6 | 6,2 | 3,1 | 1,7 | 0,8 | 4,2 | 981,1 |
| 1986 | 9,9 | 59,6 | 239,8 | 311,5 | 135,4 | 38,5 | 14,7 | 6,4 | 3,4 | 2,0 | 1,2 | 0,8 | 823,0 |
| 1987 | 1,8 | 3,6 | 109,4 | 34,6 | 12,7 | 4,5 | 2,1 | 1,0 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 170,2 |
| 1988 | 4,2 | 8,8 | 64,9 | 181,9 | 148,3 | 21,0 | 9,2 | 3,4 | 1,3 | 0,7 | 0,4 | 1,1 | 445,2 |
| 1989 | 3,2 | 3,1 | 59,5 | 225,8 | 125,3 | 23,2 | 13,6 | 5,5 | 2,3 | 1,6 | 1,0 | 14,3 | 478,3 |
| 1990 | 3,1 | 14,0 | 48,5 | 35,3 | 22,4 | 6,9 | 3,5 | 1,6 | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 136,3 |
| 1991 | 0,0 | 23,6 | 71,3 | 60,3 | 45,9 | 6,3 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 211,1 |
| 1992 | 1,8 | 6,1 | 8,1 | 17,1 | 1,7 | 0,6 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,8 |
| 1993 | 0,0 | 0,0 | 9,1 | 4,5 | 3,7 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 18,7 |
| média | 2,9 | 16,1 | 53,5 | 80,0 | 49,5 | 11,4 | 4,3 | 1,7 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 218,7 |
| Desv pad | 4,1 | 28,3 | 61,5 | 96,7 | 56,2 | 16,5 | 5,5 | 2,1 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,5 | 245,3 |
| cv | 1,4 | 1,8 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,7 | 1,1 |

Tabela 1.12 – Vazão média mensal calculada (m³/s) afluyente à seção Diamantino II no Rio Inhanduba

| ANO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1969 | 0,04 | 0,04 | 0,12 | 2,29 | 0,99 | 0,12 | 0,12 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1970 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1971 | 0,00 | 0,04 | 0,79 | 3,93 | 1,78 | 0,37 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1972 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,57 | 0,71 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1973 | 0,16 | 0,42 | 2,22 | 5,23 | 2,14 | 0,61 | 0,28 | 0,16 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1974 | 0,63 | 1,86 | 3,28 | - | 4,59 | 2,90 | 0,55 | 0,16 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 1975 | 0,04 | 0,93 | 3,48 | 2,37 | 3,72 | 0,70 | 0,40 | 0,12 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,04 |
| 1976 | 0,04 | 0,97 | 2,22 | 2,90 | 0,47 | 0,16 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1977 | 0,08 | 0,72 | 1,03 | 2,13 | 1,82 | 0,41 | 0,16 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1978 | 0,20 | 0,30 | 0,32 | 1,06 | 0,79 | 0,16 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1979 | 0,00 | 0,17 | 0,32 | 0,16 | 0,28 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,44 |
| 1980 | 0,28 | 0,80 | 2,10 | 0,12 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1981 | 0,00 | 0,00 | 1,39 | 0,94 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1982 | 0,00 | 0,09 | 1,16 | 1,53 | 0,23 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1983 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1984 | 0,00 | 0,03 | 1,48 | 4,99 | 3,90 | 0,38 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1985 | 0,44 | 5,58 | 8,75 | 14,39 | 7,69 | 1,52 | 0,70 | 0,24 | 0,13 | 0,07 | 0,03 | 0,16 |
| 1986 | 0,39 | 2,52 | 9,49 | 12,74 | 5,36 | 1,58 | 0,58 | 0,25 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,03 |
| 1987 | 0,07 | 0,15 | 4,33 | 1,41 | 0,50 | 0,18 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1988 | 0,17 | 0,37 | 2,57 | 7,44 | 5,87 | 0,86 | 0,36 | 0,13 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,04 |
| 1989 | 0,13 | 0,13 | 2,35 | 9,23 | 4,96 | 0,95 | 0,54 | 0,22 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,56 |
| 1990 | 0,12 | 0,59 | 1,92 | 1,44 | 0,89 | 0,28 | 0,14 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 1991 | 0,00 | 1,00 | 2,82 | 2,46 | 1,82 | 0,26 | 0,09 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1992 | 0,07 | 0,26 | 0,32 | 0,70 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1993 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,19 | 0,15 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Média | 0,11 | 0,68 | 2,12 | 3,27 | 1,96 | 0,47 | 0,17 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| Desv pad | 0,16 | 1,20 | 2,43 | 3,95 | 2,23 | 0,68 | 0,22 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,14 |
| Cv | 1,43 | 1,76 | 1,15 | 1,21 | 1,14 | 1,45 | 1,28 | 1,20 | 1,66 | 1,83 | 2,04 | 2,65 |

A Figura 19 mostra o hidrograma médio mensal, em m^3/s , afluente ao açude Diamantino II

Assim, os parâmetros mais importantes que caracterizam o escoamento médio anual na bacia hidrográfica do Rio Inhanduba são

- Lâmina Escoda Média anual 218,7 mm
- Coeficiente de escoamento 22%
- Coeficiente de Variação dos deflúvios anuais 1,1

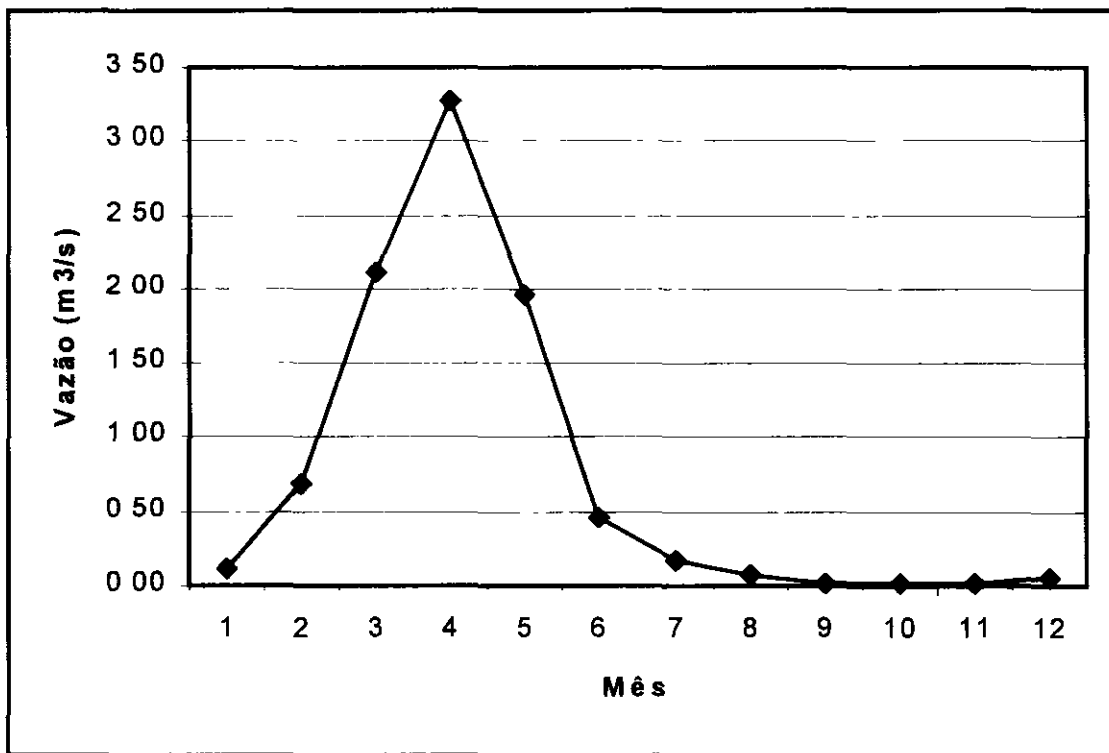


Figura 1.9 - Hidrograma médio mensal na seção Diamantino II

1.4 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

1.4.1 - Introdução

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

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são

- 1 análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Diamantino II,
- 2 estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Diamantino II

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

1.4.2 - Metodologia

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o método desenvolvido por Campos (1990), que soluciona a equação do balanço hídrico diretamente baseado em algumas premissas teóricas adequadas às condições específicas do regime hidroclimatológico do semi-árido do Nordeste Brasileiro. Tal metodologia é descrita sumariamente no item seguinte.

1.4.2.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

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

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

com

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

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

onde

Z_t = volume armazenado no início do ano t ,

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ,

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

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

K = capacidade do reservatório,

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t

Representando-se a bacia hidrográfica por

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

h - altura d'água

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

Supondo um modelo mutuamente exclusivo com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990)³, a saber

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

$$Z_U = Z_t + I_t \quad \text{p/ } Z_t + I_t \leq K$$

³ CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMI-TENTES TESE PARA CONCURSO DE PROF TITULAR UFC

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

$$D_S = \text{MAX}(Z_t + I_t - K, 0)$$

onde Z_U é o volume armazenado no final da estação e D_S o volume sangrado no ano t

4 Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por

a) divide-se M e E em L partes (no caso $L=6$),

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

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

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

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

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

VOLUME UTILIZADO

$$D_M = Z_1 - Z_2$$

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

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

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

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

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

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

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha h_3^3$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_E = Z_3 - Z_2$$

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

- 5 Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado,
- 6 Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1

1.4.2.2 - O Diagrama Triangular de Regularização

O método do Diagrama Triangular baseia-se no balanço de massas de um reservatório para um período longo

$$\sum I = \sum M + \sum S + \sum E + Z$$

onde $\sum I$, $\sum M$, $\sum S$, $\sum E$ representam as somas dos volumes afluente, retirado, sangrado e evaporado, enquanto Z representa a diferença entre os volumes final e inicial do reservatório. Dividindo-se a equação de balanço de massas acima por N, N suficientemente grande, obtêm-se

$$\mu = E \{M\} + E \{S\} + E \{E\}$$

onde $E \{ \}$ representa o operador, valor esperado e μ o deflúvio afluente médio. Pela última equação verifica-se que o volume afluente divide-se em três componentes, o que sugere o uso do Diagrama Triangular para estabelecer como esta divisão se processa em função dos parâmetros estatísticos dos deflúvios e das características do reservatório (CAMPOS, 1990)⁴

1.4.3 - Resultados

As características do escoamento estabelecidas no estudo de deflúvios foram utilizadas aqui para a geração de séries sintéticas de vazão, a saber

- lâmina média escoada 218,7 mm

⁴ CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC

- volume afluente médio escoado (μ) 23.182 hm³/ano
- coeficiente de variação (CV) 1,1

Para aplicação dos dois métodos faz-se necessário a determinação do fator de forma α , lâmina evaporada na estação seca e fator adimensional de evaporação e de capacidade. No caso do fator adimensional de capacidade, este é variável uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 35303,0$$

$$E = 996,0 \text{ mm}$$

$$f_E = \frac{3 \alpha^{1/3} E}{\mu^{1/3}} \rightarrow f_E = 0,343$$

Com base nestes valores utilizou-se a solução direta da equação do balanço hídrico para o estudo incremental de capacidades do açude Diamantino II. Na Tabela 1.13 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_K . A Figura 1.10 apresenta as curvas de regulação para o reservatório, que nada mais é que a representação gráfica dos valores apresentados na Tabela 1.13.

**Tabela 1.13 - Estudo incremental de capacidades do açude Diamantino II
90% de Garantia. (CAMPOS, 1990)⁵**

| Cota (m) | K (hm ³) | $f_K = K/\mu$ | %LIB | LIB (hm ³ /ano) | %EV | EV (hm ³ /ano) | %SG | SG (hm ³ /ano) | dM/dK | Q90 (m ³ /s) |
|----------|----------------------|---------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------------|
| 54,0 | 6.304 | 0,28 | 7,94 | 1.775 | 9,78 | 2.186 | 82,28 | 18.393 | ----- | 0,058 |
| 55,0 | 9.393 | 0,42 | 11,25 | 2.515 | 12,86 | 2.874 | 75,89 | 16.963 | 0,239 | 0,082 |
| 56,0 | 13.262 | 0,59 | 15,08 | 3.370 | 16,13 | 3.606 | 68,79 | 15.377 | 0,221 | 0,111 |
| 57,0 | 18.039 | 0,81 | 19,74 | 4.413 | 19,51 | 4.363 | 60,75 | 13.585 | 0,219 | 0,147 |
| 58,0 | 24.173 | 1,08 | 22,87 | 5.115 | 23,87 | 5.339 | 53,26 | 11.913 | 0,114 | 0,169 |

LIB - VOLUME LIBERADO

SG - VOLUME SANGRADO

EV - VOLUME EVAPORADO

K = capacidade do reservatório

dM/dK = ganho de regularização com o aumento de capacidade do reservatório

Q90 = vazão regularizada com 90% de garantia

⁵ CAMPOS, J. N. B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC.

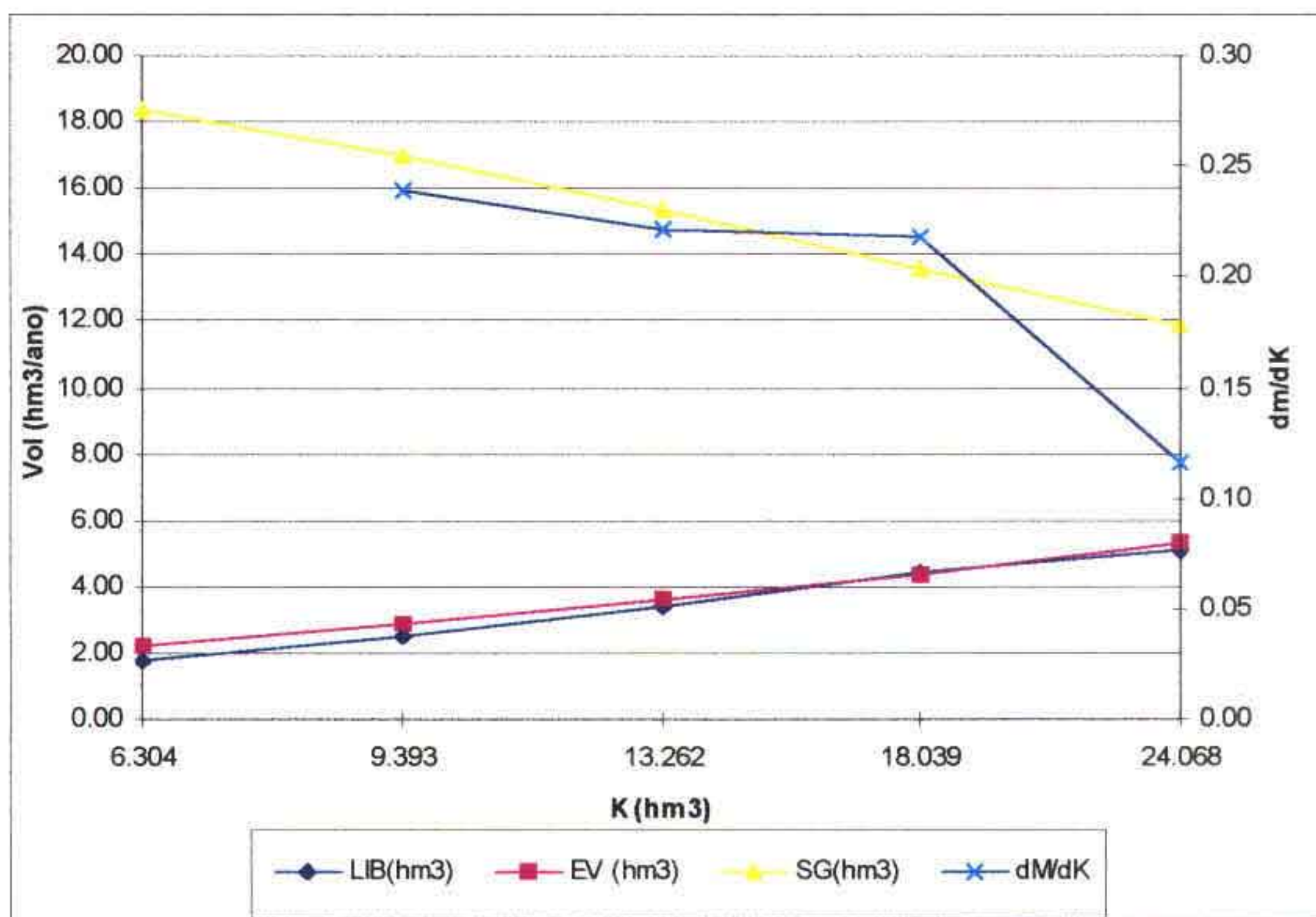


Figura 1.10 - Curvas de Regulação do Reservatório Diamantino II

Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização com $f_E=0,34$; $f_K = 0,80$ (cota da soleira = 57,0 m) e $CV = 1,1$; obtêm-se um volume de $4,44 \text{ hm}^3$ regularizado anualmente, ou em termos de vazão regularizada, $Q_{90} = 0,149 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico (Tabela 1.13). A Figura 1.11 apresenta o Diagrama Triangular ($CV = 1,1$) e nele o caso da Barragem Diamantino II.

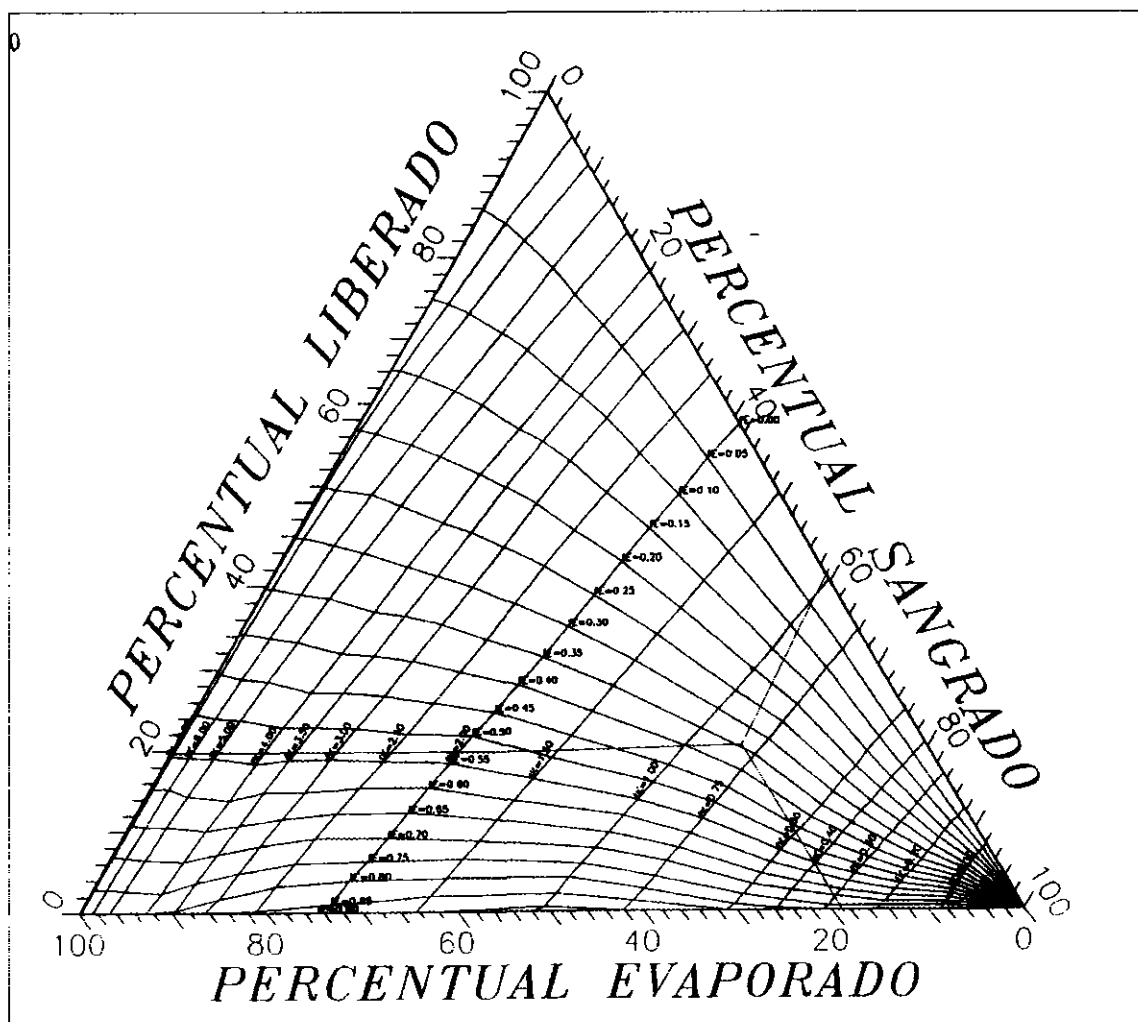


Figura 1 11 - Diagrama Triangular de Regularização para CV=1,1. Açude Diamantino II

A determinação do tamanho do reservatório foi realizada com base na eficiência hidrológica, mas também tendo como base o custo total da barragem. A interpretação dos dados sobre a eficiência hidrológica do reservatório juntamente com as limitações de custo da barragem sugerem como cota da soleira do sangradouro a cota 57,0m, o que corresponde a um volume máximo de 18,089 hm³

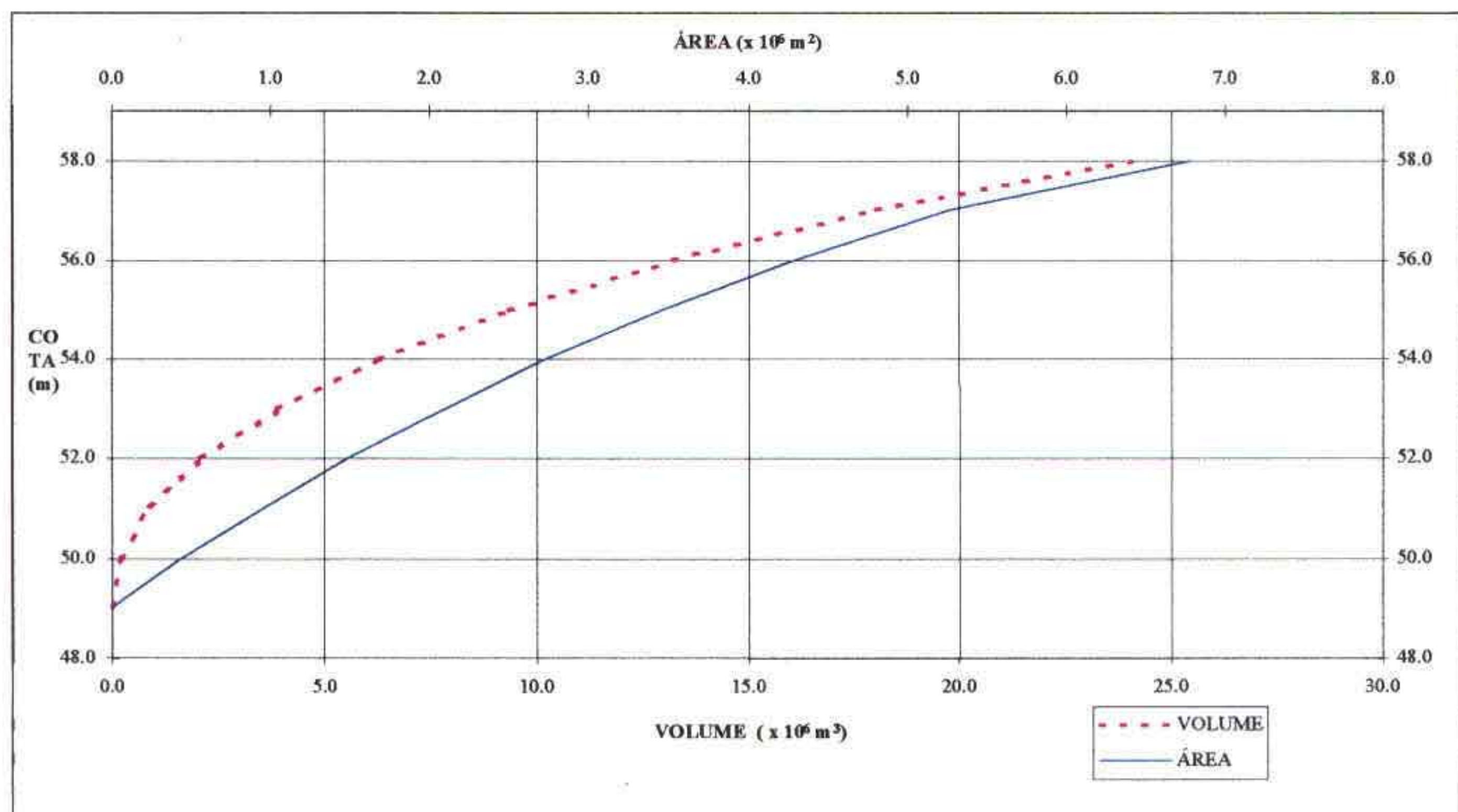


Figura 1.12 - Curva cota-área-volume do reservatório Diamantino II

TABELA COTA X ÁREA X VOLUME DO AÇUDE DIAMANTINO II

| COTA (m) | ÁREA (m ²) | VOLUME (m ³) |
|----------|------------------------|--------------------------|
| 49,00 | 0,00 | 0,00 |
| 50,00 | 428 417,14 | 214 208,57 |
| 51,00 | 945 409,81 | 901 122,05 |
| 52,00 | 1 481 990,70 | 2 114 822,30 |
| 53,00 | 2 084 294,29 | 3 897 964,80 |
| 54,00 | 2 728 186,63 | 6 304 205,26 |
| 55,00 | 3 449 766,76 | 9 393 181,95 |
| 56,00 | 4 288 032,54 | 13 262 081,60 |
| 57,00 | 5 266 195,83 | 18 039 195,79 |
| 58,00 | 6 792 403,00 | 24 068 495,20 |

1.5 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

1.5.1 - Introdução

Este capítulo apresenta os resultados do estudo hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Inhanduba com vistas à avaliação da cheia de projeto para o reservatório Diamantino II e dimensionamento da obra de extravasamento. Como já foi citado anteriormente, a bacia em estudo drena uma área de 106,0 km².

1.5.2 – Abordagem Metodológica

O método escolhido para a definição da cheia de projeto é um método de transformação chuva-deflúvio. As diversas etapas de cálculo da cheia de projeto são a escolha da chuva de projeto, do hietograma utilizado, e a definição da precipitação efetiva. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1⁶.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Rio Inhanduba foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo concebido 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 $T_r = 1000$ e 10000 anos ($T_r =$ tempo de retorno).

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial nos interflúvios (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia do Rio Inhanduba, 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 Propagação do hidrograma afluente no reservatório Inhanduba pelo método de Pulls

⁶US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 1990 HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USERS MANUAL, 415 p

1 5.3 – Precipitação de Projeto

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia do Rio Inhanduba foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas. O hietograma adotado baseia-se na curva intensidade-duração-frequência derivada a partir do Método de Torga Torrico, descrito no item 1 5 3 2.

1 5 3 1 - Análise de Frequência de Série Anual de Precipitações Máximas Diárias

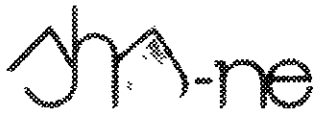
Foram selecionadas duas estações pluviométricas para o estudo de chuvas máximas diárias a partir de séries anuais. A localização e identificação destas estações estão mostradas abaixo na Tabela 1.14.

Tabela 1.14 - Identificação e localização das estações pluviométricas

| Nome da estação | Código do DNAEE | Código da SUDENE | Latitude | Longitude | Altitude |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------|-----------|----------|
| Ac Tucunduba | 00340012 | 2769315 | 03°10'00" | 40°26'00" | 80,0 |
| Ac S Vicente | 00340010 | 2769847 | 03°24'00" | 40°16'00" | 110,0 |

Foi utilizado o programa EXVAL98, uma extensão do programa EXVAL90, desenvolvido pelo professor Thomas P. Ballesteros da Universidade de New Hampshire para estimativa das precipitações máximas diárias de acordo com diversas distribuições de probabilidade. A diferença em relação ao programa original foi a inclusão do período de retorno de 10000 anos, bem como a utilização de chamadas às rotinas MSIMSL atualizadas.

Selecionou-se a distribuição Log-Pearson Tipo III. A seguir são mostrados os relatórios com os resultados do programa, inclusive com a série de 72 valores de chuva máxima diária entre os anos de 1913 e 1984.

**ESTAÇÃO 2769315 - Acude Tucunduba**

Est Ac Tucunduba

SAMPLE SIZE = 72

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 65 03 STD DEV = 15 93 COEF OF SKEW = 2888

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4 14455 STD DEV = 25093 COEF OF SKEW = -2483

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1 79995 STD DEV = 10897 COEF OF SKEW = -2455

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 | 65 03 | 63 09 | 64 27 | 62 50 | 60 62 | 64 27 | 63 75 |
| 2 33 | 67 89 | 65 99 | 67 13 | 65 35 | 63 40 | 67 13 | 66 64 |
| 5 00 | 78 52 | 78 02 | 78 23 | 77 71 | 77 03 | 78 25 | 78 20 |
| 10 00 | 85 64 | 87 28 | 86 06 | 87 78 | 90 27 | 86 09 | 86 61 |
| 20 00 | 91 58 | 95 85 | 92 86 | 97 44 | 105 11 | 92 88 | 94 02 |
| 50 00 | 98 36 | 106 65 | 100 93 | 109 94 | 127 98 | 100 91 | 102 93 |
| 100 00 | 102 95 | 114 64 | 106 57 | 119 31 | 148 34 | 106 51 | 109 21 |
| 200 00 | 107 20 | 122 57 | 111 94 | 128 65 | 171 83 | 111 83 | 115 22 |
| 500 00 | 112 43 | 133 10 | 118 74 | 140 97 | 208 62 | 118 54 | 122 84 |
| 1000 00 | 116 16 | 141 14 | 123 71 | 150 27 | 241 56 | 123 44 | 128 43 |
| 10000 00 | 127 53 | 168 82 | 139 60 | 181 18 | 393 03 | 138 99 | 146 20 |

FREQUENCY DISTRIBUTION

| CLASS INTERVAL | TRUNCATED PROBABILITY | 2-PARAMETER NORMAL (mm) | 3-PARAMETER LOGNORMAL (mm) | TYPE I LOGNORMAL (mm) | TYPE I LOG-EXTREMAL (mm) | PEARSON EXTREMAL (mm) | LOG PEARSON TYPE III (mm) | TYPE III (mm) |
|------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 0 | 00000 | 0 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 1 | 12500 | 46 71 | 47 27 | 47 04 | 47 76 | 48 06 | 47 13 | 47 65 |
| 2 | 25000 | 54 29 | 53 27 | 53 94 | 53 20 | 52 36 | 54 03 | 53 20 |
| 3 | 37500 | 59 96 | 58 24 | 59 31 | 57 84 | 56 33 | 59 41 | 57 95 |
| 4 | 50000 | 65 03 | 63 09 | 64 27 | 62 50 | 60 62 | 64 39 | 62 69 |
| 5 | 62500 | 70 11 | 68 34 | 69 39 | 67 71 | 65 81 | 69 52 | 67 97 |
| 6 | 75000 | 75 78 | 74 72 | 75 30 | 74 30 | 73 00 | 75 44 | 74 58 |
| 7 | 87500 | 83 36 | 84 20 | 83 52 | 84 60 | 85 86 | 83 67 | 84 79 |
| 8 | 1 00000 | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY |
| CHI-SQUARE VALUE | | 8 889 | 3 111 | 6 889 | 4 000 | 13 111 | 6 889 | 4 000 |

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14 067

**Açude São Vicente - 2769847**

SAMPLE SIZE = 49

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 60.76 STD DEV = 19.03 COEF OF SKEW = 2.584

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.05575 STD DEV = 3.3019 COEF OF SKEW = -3.672

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.76139 STD DEV = 1.4340 COEF OF SKEW = -3.686

FREQUENCY DISTRIBUTION

| RETURN PERIOD (YRS) | TRUNCATED NORMAL (mm) | 2-PARAMETER LOGNORMAL (mm) | 3-PARAMETER LOGNORMAL (mm) | TYPE I EXTREMAL (mm) | TYPE I EXTREMAL (mm) | LOG PEARSON TYPE III (mm) | LOG PEARSON TYPE III (mm) |
|---------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2.00 | 60.76 | 57.73 | 59.94 | 57.77 | 54.82 | 59.94 | 58.90 |
| 2.33 | 64.17 | 61.25 | 63.36 | 61.26 | 58.23 | 63.37 | 62.43 |
| 5.00 | 76.92 | 76.41 | 76.62 | 76.39 | 75.71 | 76.64 | 76.70 |
| 10.00 | 85.49 | 88.66 | 85.96 | 88.71 | 93.76 | 85.99 | 87.24 |
| 20.00 | 92.68 | 100.44 | 94.09 | 100.53 | 115.10 | 94.10 | 96.63 |
| 50.00 | 100.94 | 115.91 | 103.75 | 115.83 | 150.09 | 103.73 | 107.97 |
| 100.00 | 106.56 | 127.79 | 110.54 | 127.30 | 183.12 | 110.48 | 116.02 |
| 200.00 | 111.81 | 139.97 | 117.03 | 138.72 | 223.26 | 116.91 | 123.72 |
| 500.00 | 118.31 | 156.68 | 125.29 | 153.79 | 289.98 | 125.08 | 133.51 |
| 1000.00 | 122.97 | 169.88 | 131.36 | 165.19 | 353.33 | 131.08 | 140.68 |
| 10000.00 | 137.41 | 218.22 | 151.00 | 203.01 | 680.97 | 150.35 | 163.39 |



FREQUENCY DISTRIBUTION

| CLASS INTERVAL | TRUNCATED PROBABILITY | 2-PARAMETER NORMAL (mm) | 3-PARAMETER LOGNORMAL (mm) | TYPE I LOGNORMAL (mm) | TYPE I EXTREMAL (mm) | LOG- EXTREMAL (mm) | PEARSON TYPE III (mm) | LOG PEARSON TYPE III (mm) |
|------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 0 | 00000 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| 1 | 14286 | 40 44 | 40 58 | 40 63 | 40 82 | 40 85 | 40 87 | 40 41 |
| 2 | 28571 | 49 98 | 47 89 | 49 48 | 48 05 | 46 31 | 49 74 | 46 85 |
| 3 | 42857 | 57 33 | 54 40 | 56 56 | 54 47 | 51 77 | 56 83 | 52 84 |
| 4 | 57143 | 64 18 | 61 26 | 63 38 | 61 29 | 58 26 | 63 66 | 59 45 |
| 5 | 71429 | 71 53 | 69 59 | 70 92 | 69 64 | 67 35 | 71 23 | 67 84 |
| 6 | 85714 | 81 07 | 82 13 | 81 10 | 82 46 | 84 12 | 81 43 | 81 30 |
| 7 | 1 00000 | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY | INFINITY |
| CHI-SQUARE VALUE | | 1 714 | 4 857 | 2 000 | 5 143 | 11 714 | 2 000 | 6 000 |

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12 592

SÉRIES DE MÁXIMAS CHUVAS DIÁRIAS

Açude Tucunduba - 2769315

| MONTH | DAY | WAT YR | RETURN PERIOD | | WEIBULL | HAZEN | GRINGORTEN | CHEGODAYEV | CUNNANE |
|-------|------|--------|----------------------|------|---------|-------|------------|------------|---------|
| | | | PEAK VALUE (mm) | RANK | | | | | |
| 3 | 1913 | | 48 00 | 61 | 1 20 | 1 19 | 1 19 | 1 19 | 1 19 |
| 3 | 1914 | | 74 00 | 20 | 3 65 | 3 69 | 3 69 | 3 68 | 3 68 |
| 12 | 1915 | | 35 20 | 72 | 1 01 | 1 01 | 1 01 | 1 01 | 1 01 |
| 2 | 1916 | | 81 30 | 13 | 5 62 | 5 76 | 5 74 | 5 70 | 5 73 |
| 5 | 1917 | | 80 00 | 15 | 4 87 | 4 97 | 4 95 | 4 93 | 4 95 |
| 3 | 1918 | | 62 20 | 39 | 1 87 | 1 87 | 1 87 | 1 87 | 1 87 |
| 2 | 1919 | | 40 00 | 68 | 1 07 | 1 07 | 1 07 | 1 07 | 1 07 |
| 3 | 1920 | | 66 30 | 27 | 2 70 | 2 72 | 2 72 | 2 71 | 2 71 |
| 5 | 1921 | | 66 30 | 28 | 2 61 | 2 62 | 2 62 | 2 61 | 2 62 |
| 4 | 1922 | | 61 00 | 45 | 1 62 | 1 62 | 1 62 | 1 62 | 1 62 |
| 2 | 1923 | | 55 50 | 53 | 1 38 | 1 37 | 1 37 | 1 37 | 1 37 |
| 3 | 1924 | | 63 90 | 35 | 2 09 | 2 09 | 2 09 | 2 09 | 2 09 |
| 3 | 1925 | | 74 50 | 19 | 3 84 | 3 89 | 3 89 | 3 87 | 3 88 |
| 4 | 1926 | | 69 60 | 24 | 3 04 | 3 06 | 3 06 | 3 05 | 3 06 |
| 4 | 1927 | | 61 20 | 43 | 1 70 | 1 69 | 1 69 | 1 70 | 1 69 |
| 4 | 1928 | | 51 20 | 59 | 1 24 | 1 23 | 1 23 | 1 23 | 1 23 |
| 3 | 1929 | | 92 50 | 5 | 14 60 | 16 00 | 15 82 | 15 40 | 15 70 |
| 3 | 1930 | | 68 50 | 26 | 2 81 | 2 82 | 2 82 | 2 82 | 2 82 |
| 2 | 1931 | | 51 60 | 58 | 1 26 | 1 25 | 1 25 | 1 25 | 1 25 |
| 2 | 1932 | | 60 60 | 46 | 1 59 | 1 58 | 1 58 | 1 58 | 1 58 |
| 2 | 1933 | | 65 90 | 29 | 2 52 | 2 53 | 2 53 | 2 52 | 2 52 |
| 12 | 1934 | | 61 10 | 44 | 1 66 | 1 66 | 1 66 | 1 66 | 1 66 |
| 3 | 1935 | | 85 00 | 11 | 6 64 | 6 86 | 6 83 | 6 77 | 6 81 |
| 3 | 1936 | | 38 60 | 70 | 1 04 | 1 04 | 1 04 | 1 04 | 1 04 |
| 3 | 1937 | | 65 30 | 30 | 2 43 | 2 44 | 2 44 | 2 44 | 2 44 |
| 2 | 1938 | | 62 50 | 38 | 1 92 | 1 92 | 1 92 | 1 92 | 1 92 |
| 2 | 1939 | | 64 10 | 32 | 2 28 | 2 29 | 2 29 | 2 28 | 2 28 |
| 2 | 1940 | | 61 60 | 42 | 1 74 | 1 73 | 1 74 | 1 74 | 1 74 |
| 2 | 1941 | | 50 30 | 60 | 1 22 | 1 21 | 1 21 | 1 21 | 1 21 |
| 12 | 1942 | | 63 50 | 36 | 2 03 | 2 03 | 2 03 | 2 03 | 2 03 |
| 11 | 1943 | | 56 30 | 52 | 1 40 | 1 40 | 1 40 | 1 40 | 1 40 |
| 12 | 1944 | | 63 00 | 37 | 1 97 | 1 97 | 1 97 | 1 97 | 1 97 |
| 4 | 1945 | | 52 00 | 56 | 1 30 | 1 30 | 1 30 | 1 30 | 1 30 |
| 4 | 1946 | | 46 00 | 64 | 1 14 | 1 13 | 1 13 | 1 14 | 1 14 |
| 10 | 1947 | | 64 00 | 33 | 2 21 | 2 22 | 2 21 | 2 21 | 2 21 |
| 2 | 1948 | | 54 00 | 54 | 1 35 | 1 35 | 1 35 | 1 35 | 1 35 |
| 12 | 1949 | | 62 00 | 41 | 1 78 | 1 78 | 1 78 | 1 78 | 1 78 |
| 2 | 1950 | | 58 00 | 49 | 1 49 | 1 48 | 1 49 | 1 49 | 1 49 |
| 2 | 1951 | | 52 00 | 57 | 1 28 | 1 27 | 1 28 | 1 28 | 1 28 |
| 4 | 1952 | | 59 00 | 47 | 1 55 | 1 55 | 1 55 | 1 55 | 1 55 |
| 3 | 1953 | | 48 00 | 62 | 1 18 | 1 17 | 1 17 | 1 17 | 1 17 |
| 3 | 1954 | | 69 00 | 25 | 2 92 | 2 94 | 2 94 | 2 93 | 2 93 |
| 3 | 1955 | | 71 00 | 23 | 3 17 | 3 20 | 3 20 | 3 19 | 3 19 |
| 2 | 1956 | | 96 00 | 2 | 36 50 | 48 00 | 46 23 | 42 59 | 45 13 |
| 4 | 1957 | | 64 00 | 34 | 2 15 | 2 15 | 2 15 | 2 15 | 2 15 |

| MONTH | DAY | WAT | YR | RETURN PERIOD | | WEIBULL | HAZEN | GRINGORTEN | CHEGODAYEV | CUNNANE |
|-------|-----|-----|------|----------------------|------|---------|--------|------------|------------|---------|
| | | | | PEAK VALUE (mm) | RANK | | | | | |
| 2 | | | 1958 | 39 00 | 69 | 1 06 | 1 05 | 1 05 | 1 05 | 1 05 |
| 2 | | | 1959 | 46 00 | 65 | 1 12 | 1 12 | 1 12 | 1 12 | 1 12 |
| 12 | | | 1960 | 83 00 | 12 | 6 08 | 6 26 | 6 24 | 6 19 | 6 22 |
| 12 | | | 1961 | 75 00 | 18 | 4 06 | 4 11 | 4 11 | 4 09 | 4 10 |
| 12 | | | 1962 | 92 40 | 6 | 12 17 | 13 09 | 12 97 | 12 70 | 12 89 |
| 12 | | | 1963 | 90 00 | 9 | 8 11 | 8 47 | 8 43 | 8 32 | 8 40 |
| 10 | | | 1964 | 78 20 | 17 | 4 29 | 4 36 | 4 36 | 4 34 | 4 35 |
| 11 | | | 1965 | 90 40 | 8 | 9 13 | 9 60 | 9 54 | 9 40 | 9 50 |
| 12 | | | 1966 | 93 40 | 4 | 18 25 | 20 57 | 20 26 | 19 57 | 20 06 |
| 2 | | | 1967 | 74 00 | 21 | 3 48 | 3 51 | 3 51 | 3 50 | 3 50 |
| 2 | | | 1968 | 98 30 | 1 | 73 00 | 144 00 | 128 79 | 103 43 | 120 33 |
| 2 | | | 1969 | 72 80 | 22 | 3 32 | 3 35 | 3 35 | 3 34 | 3 34 |
| 2 | | | 1970 | 37 00 | 71 | 1 03 | 1 02 | 1 02 | 1 02 | 1 02 |
| 2 | | | 1971 | 47 00 | 63 | 1 16 | 1 15 | 1 15 | 1 15 | 1 15 |
| 12 | | | 1972 | 64 90 | 31 | 2 35 | 2 36 | 2 36 | 2 36 | 2 36 |
| 12 | | | 1973 | 92 00 | 7 | 10 43 | 11 08 | 10 99 | 10 81 | 10 94 |
| 12 | | | 1974 | 95 00 | 3 | 24 33 | 28 80 | 28 17 | 26 81 | 27 77 |
| 12 | | | 1975 | 78 90 | 16 | 4 56 | 4 65 | 4 63 | 4 61 | 4 63 |
| 11 | | | 1976 | 58 30 | 48 | 1 52 | 1 52 | 1 52 | 1 52 | 1 52 |
| 10 | | | 1977 | 80 40 | 14 | 5 21 | 5 33 | 5 32 | 5 28 | 5 31 |
| 3 | | | 1978 | 45 10 | 66 | 1 11 | 1 10 | 1 10 | 1 10 | 1 10 |
| 11 | | | 1979 | 85 60 | 10 | 7 30 | 7 58 | 7 54 | 7 46 | 7 52 |
| 12 | | | 1980 | 41 00 | 67 | 1 09 | 1 08 | 1 08 | 1 09 | 1 08 |
| 10 | | | 1981 | 56 50 | 50 | 1 46 | 1 45 | 1 46 | 1 46 | 1 46 |
| 10 | | | 1982 | 56 40 | 51 | 1 43 | 1 43 | 1 43 | 1 43 | 1 43 |
| 12 | | | 1983 | 62 20 | 40 | 1 83 | 1 82 | 1 82 | 1 82 | 1 82 |
| 12 | | | 1984 | 54 00 | 55 | 1 33 | 1 32 | 1 32 | 1 32 | 1 32 |



Açude São Vicente - 2769847

| MONTH DAY | WAT YR (mm) | RETURN PERIOD | | | HAZEN | GRINGORTEN | CHEGODAYEV | CUNNANE |
|-----------|-----------------|---------------|------|---------|-------|------------|------------|---------|
| | | PEAK VALUE | RANK | WEIBULL | | | | |
| 3 | 1920 | 33 70 | 48 | 1 04 | 1 03 | 1 03 | 1 04 | 1 03 |
| 5 | 1921 | 50 00 | 33 | 1 52 | 1 51 | 1 51 | 1 51 | 1 51 |
| 4 | 1922 | 36 40 | 44 | 1 14 | 1 13 | 1 13 | 1 13 | 1 13 |
| 2 | 1923 | 80 00 | 8 | 6 25 | 6 53 | 6 50 | 6 42 | 6 47 |
| 3 | 1924 | 63 30 | 23 | 2 17 | 2 18 | 2 18 | 2 18 | 2 18 |
| 3 | 1925 | 64 00 | 22 | 2 27 | 2 28 | 2 28 | 2 28 | 2 28 |
| 4 | 1926 | 90 00 | 3 | 16 67 | 19 60 | 19 19 | 18 30 | 18 92 |
| 2 | 1932 | 24 50 | 49 | 1 02 | 1 01 | 1 01 | 1 01 | 1 01 |
| 2 | 1933 | 60 70 | 26 | 1 92 | 1 92 | 1 92 | 1 92 | 1 92 |
| 12 | 1934 | 64 20 | 21 | 2 38 | 2 39 | 2 39 | 2 39 | 2 39 |
| 3 | 1935 | 48 30 | 34 | 1 47 | 1 46 | 1 46 | 1 47 | 1 46 |
| 3 | 1936 | 42 40 | 37 | 1 35 | 1 34 | 1 34 | 1 35 | 1 34 |
| 3 | 1937 | 42 40 | 38 | 1 32 | 1 31 | 1 31 | 1 31 | 1 31 |
| 2 | 1938 | 40 00 | 41 | 1 22 | 1 21 | 1 21 | 1 21 | 1 21 |
| 2 | 1939 | 63 00 | 24 | 2 08 | 2 09 | 2 08 | 2 08 | 2 08 |
| 2 | 1940 | 59 00 | 27 | 1 85 | 1 85 | 1 85 | 1 85 | 1 85 |
| 2 | 1941 | 36 30 | 45 | 1 11 | 1 10 | 1 10 | 1 11 | 1 10 |
| 2 | 1948 | 36 00 | 47 | 1 06 | 1 05 | 1 05 | 1 06 | 1 06 |
| 12 | 1949 | 65 00 | 20 | 2 50 | 2 51 | 2 51 | 2 51 | 2 51 |
| 2 | 1950 | 83 00 | 6 | 8 33 | 8 91 | 8 83 | 8 67 | 8 79 |
| 2 | 1951 | 48 00 | 35 | 1 43 | 1 42 | 1 42 | 1 42 | 1 42 |
| 4 | 1952 | 40 00 | 42 | 1 19 | 1 18 | 1 18 | 1 18 | 1 18 |
| 3 | 1953 | 36 50 | 43 | 1 16 | 1 15 | 1 15 | 1 16 | 1 15 |
| 3 | 1954 | 42 00 | 40 | 1 25 | 1 24 | 1 24 | 1 24 | 1 24 |
| 3 | 1955 | 66 00 | 19 | 2 63 | 2 65 | 2 65 | 2 64 | 2 65 |
| 2 | 1956 | 72 60 | 15 | 3 33 | 3 38 | 3 37 | 3 36 | 3 37 |
| 4 | 1957 | 36 20 | 46 | 1 09 | 1 08 | 1 08 | 1 08 | 1 08 |
| 2 | 1959 | 55 20 | 29 | 1 72 | 1 72 | 1 72 | 1 72 | 1 72 |
| 12 | 1961 | 42 10 | 39 | 1 28 | 1 27 | 1 27 | 1 28 | 1 27 |
| 12 | 1962 | 77 50 | 12 | 4 17 | 4 26 | 4 25 | 4 22 | 4 24 |
| 12 | 1963 | 81 00 | 7 | 7 14 | 7 54 | 7 49 | 7 37 | 7 45 |
| 10 | 1964 | 79 60 | 9 | 5 56 | 5 76 | 5 74 | 5 68 | 5 72 |
| 12 | 1966 | 78 20 | 11 | 4 55 | 4 67 | 4 65 | 4 62 | 4 64 |
| 2 | 1967 | 75 30 | 14 | 3 57 | 3 63 | 3 62 | 3 61 | 3 62 |
| 2 | 1968 | 100 50 | 2 | 25 00 | 32 67 | 31 49 | 29 06 | 30 75 |
| 2 | 1969 | 62 00 | 25 | 2 00 | 2 00 | 2 00 | 2 00 | 2 00 |
| 2 | 1970 | 70 00 | 16 | 3 13 | 3 16 | 3 16 | 3 15 | 3 15 |
| 2 | 1971 | 83 60 | 5 | 10 00 | 10 89 | 10 77 | 10 51 | 10 70 |
| 12 | 1972 | 52 40 | 32 | 1 56 | 1 56 | 1 56 | 1 56 | 1 56 |
| 12 | 1973 | 55 20 | 30 | 1 67 | 1 66 | 1 66 | 1 66 | 1 66 |
| 12 | 1974 | 107 20 | 1 | 50 00 | 98 00 | 87 71 | 70 57 | 82 00 |
| 12 | 1975 | 79 40 | 10 | 5 00 | 5 16 | 5 14 | 5 09 | 5 13 |
| 11 | 1976 | 45 00 | 36 | 1 39 | 1 38 | 1 38 | 1 38 | 1 38 |
| 10 | 1977 | 70 00 | 17 | 2 94 | 2 97 | 2 97 | 2 96 | 2 96 |
| 11 | 1979 | 53 40 | 31 | 1 61 | 1 61 | 1 61 | 1 61 | 1 61 |
| 12 | 1980 | 66 90 | 18 | 2 78 | 2 80 | 2 80 | 2 79 | 2 80 |
| 10 | 1981 | 86 00 | 4 | 12 50 | 14 00 | 13 80 | 13 35 | 13 67 |
| 10 | 1982 | 77 00 | 13 | 3 85 | 3 92 | 3 91 | 3 89 | 3 90 |
| 12 | 1983 | 56 00 | 28 | 1 79 | 1 78 | 1 78 | 1 78 | 1 78 |

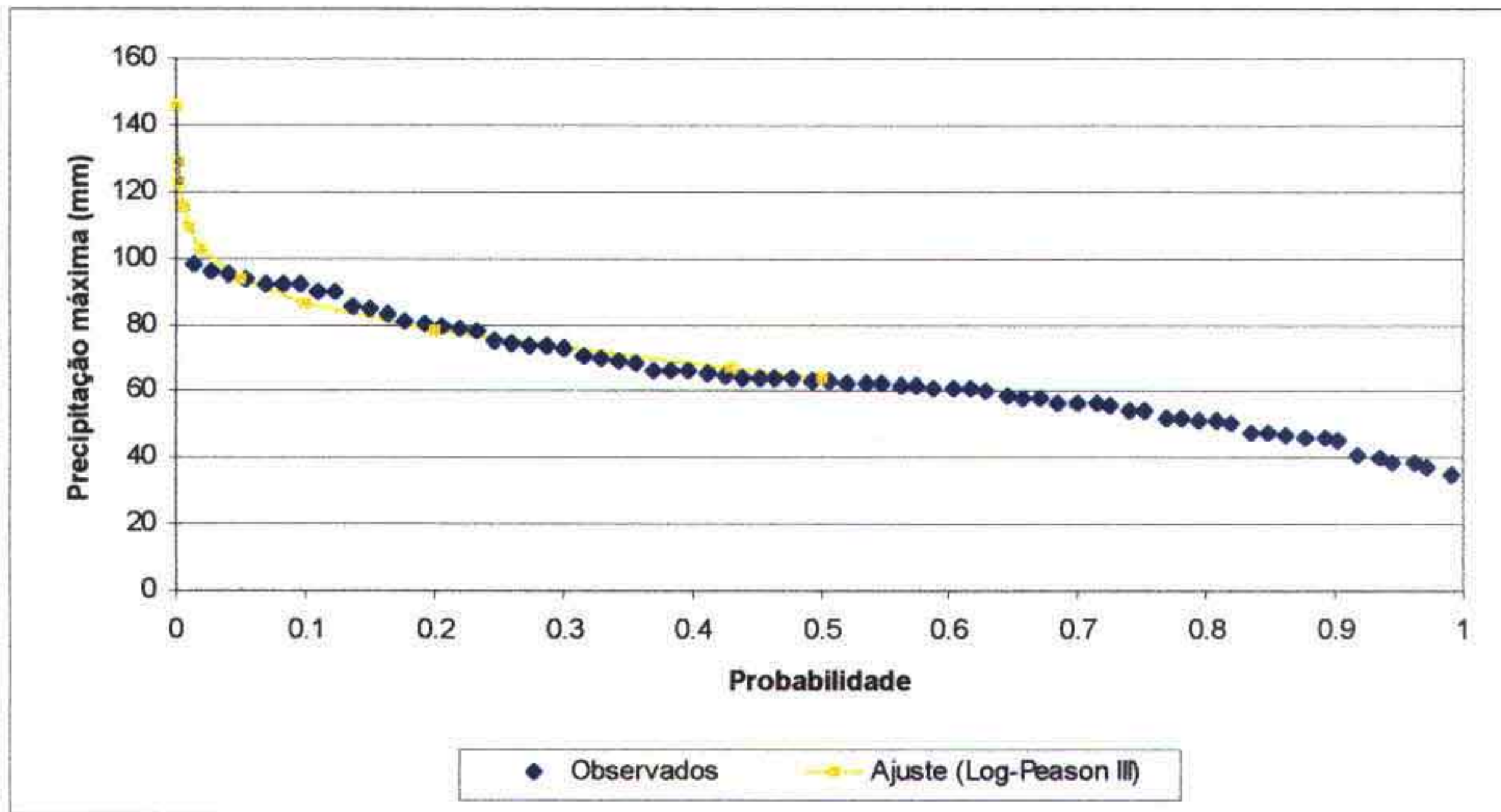


Figura 1.13 - Gráfico do ajuste da distribuição Log-Pearson III aos dados de chuva máxima diária da estação Açude Tucunduba

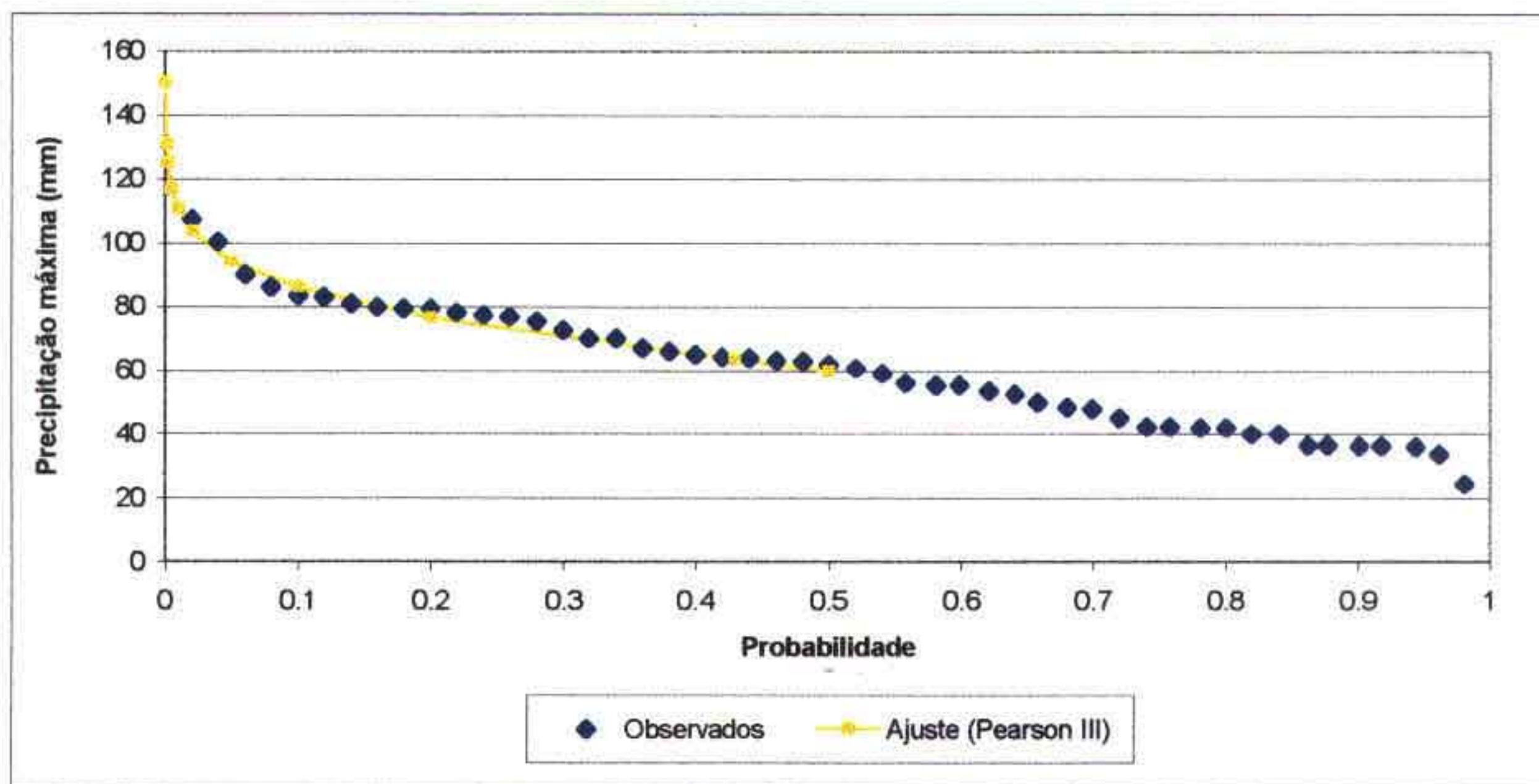


Figura 1.14 - Gráfico do ajuste da distribuição Pearson III aos dados de chuva máxima diária da estação Açude São Vicente

1 5 3 2 - Método das Isozonas (TORRICO, 1975)⁷

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

- multiplicar a chuva de um dia de duração por 1 10 para obter-se a chuva de 24 horas,
- determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - a barragem de Inhanduba está localizada dentro da isozona C,
- 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,
- plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias

Aplicou-se a metodologia acima descrita para o posto pluviométrico 00340012 (Açude Tucunduba), o qual, além de ser considerado representativos da área de interesse, possui a série mais extensa para o estudo de frequências. Estes resultados são apresentados na Tabela 1 15 e Figura 1 15

Tabela 1.15 - Precipitação Pontual correspondente a diversas durações

| Duração | 5 min | 15 min | 60 min | 2 h | 3 h | 6 h | 12 h | 24 h |
|-------------------|-------|--------|--------|------|------|-------|-------|-------|
| P(mm) - TR 50 | 9 1 | 24 5 | 43 9 | 59 0 | 67 9 | 83 0 | 98 1 | 113 2 |
| P(mm) - TR 100 | 9 0 | 26 0 | 47 3 | 63 2 | 72 5 | 88 4 | 104 3 | 120 1 |
| P(mm) - TR 1000 | 10 6 | 29 1 | 52 6 | 71 9 | 83 2 | 102 6 | 121 9 | 141 3 |
| P (mm) - TR 10000 | 12 1 | 32 5 | 58 2 | 80 6 | 93 7 | 116 1 | 138 4 | 160 8 |

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

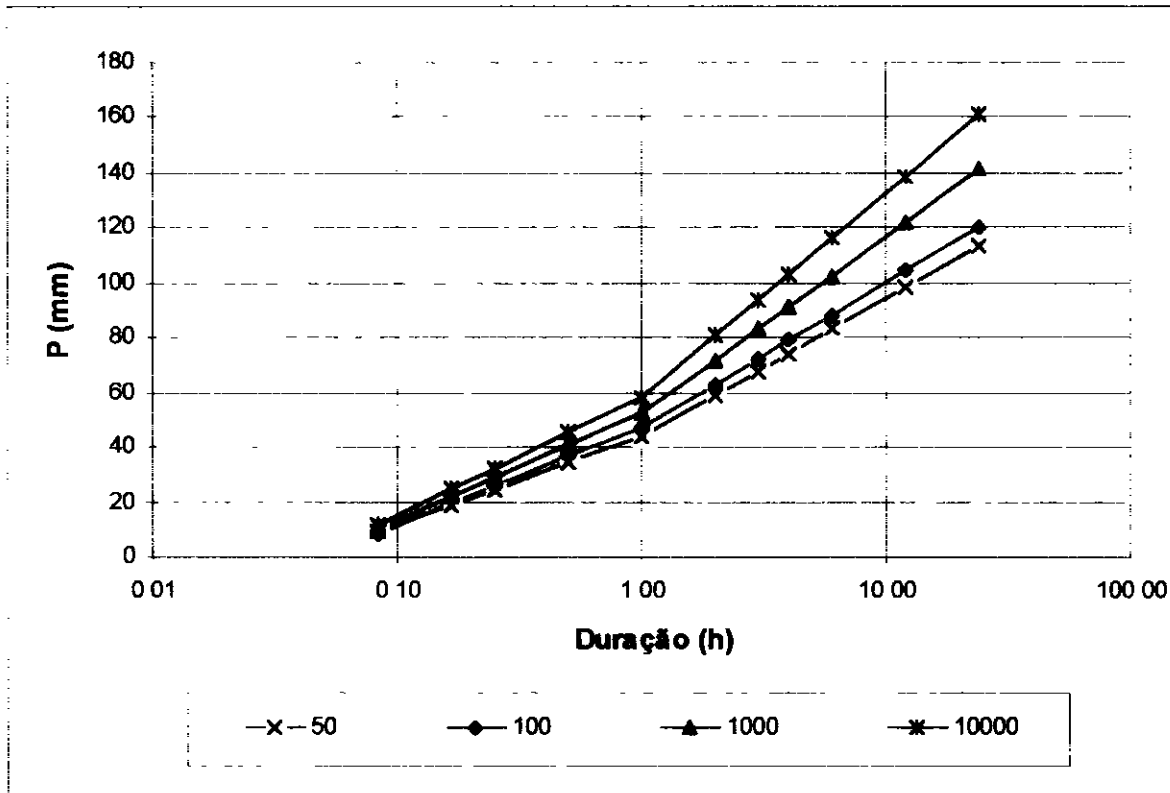


Figura 1.15 - Curva Altura de chuva x duração x Frequência (TR= 50, 100, 1000, 10000 anos)

O hietograma reduzido baseia-se nas curvas altura-duração-frequência citadas, sendo ajustado à área da bacia usando a seguinte equação

$$P_A = P_0 \left(1 - W \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \right)$$

onde $W = 0,22$ (coeficiente regional para zonas ándas e semi-ándas);

P_A = Precipitação sobre toda a área,

P_0 = Chuva pontual,

$A = 106 \text{ km}^2$ (área da bacia hidrográfica a montante da barragem do Inhanduba);

$A_0 = 25 \text{ km}^2$ (área base para chuva pontual),

O resultado da aplicação da equação acima à bacia do Inhanduba é apresentado abaixo na Tabela 1 16 e na Figura 1 16

Tabela 1.16 - Precipitação reduzida sobre a bacia do Inhanduba ($A=106\text{km}^2$) até a barragem

| Duração | 5 min | 15 min | 60 min | 2 h | 3 h | 6 h | 12 h | 24 h |
|-------------------|-------|--------|--------|------|------|-------|-------|-------|
| P(mm) – TR 50 | 7 8 | 21 1 | 37 9 | 50 9 | 58 5 | 71 5 | 84 6 | 97 6 |
| P(mm) - TR 100 | 7 8 | 22 4 | 40 8 | 54 5 | 62 5 | 76 2 | 89 9 | 103 6 |
| P(mm) - TR 1000 | 9 1 | 25 1 | 45 3 | 62 0 | 71 7 | 88 4 | 105 1 | 121 8 |
| P (mm) – TR 10000 | 10 4 | 28 0 | 50 2 | 69 5 | 80 8 | 100 0 | 119 3 | 138 6 |

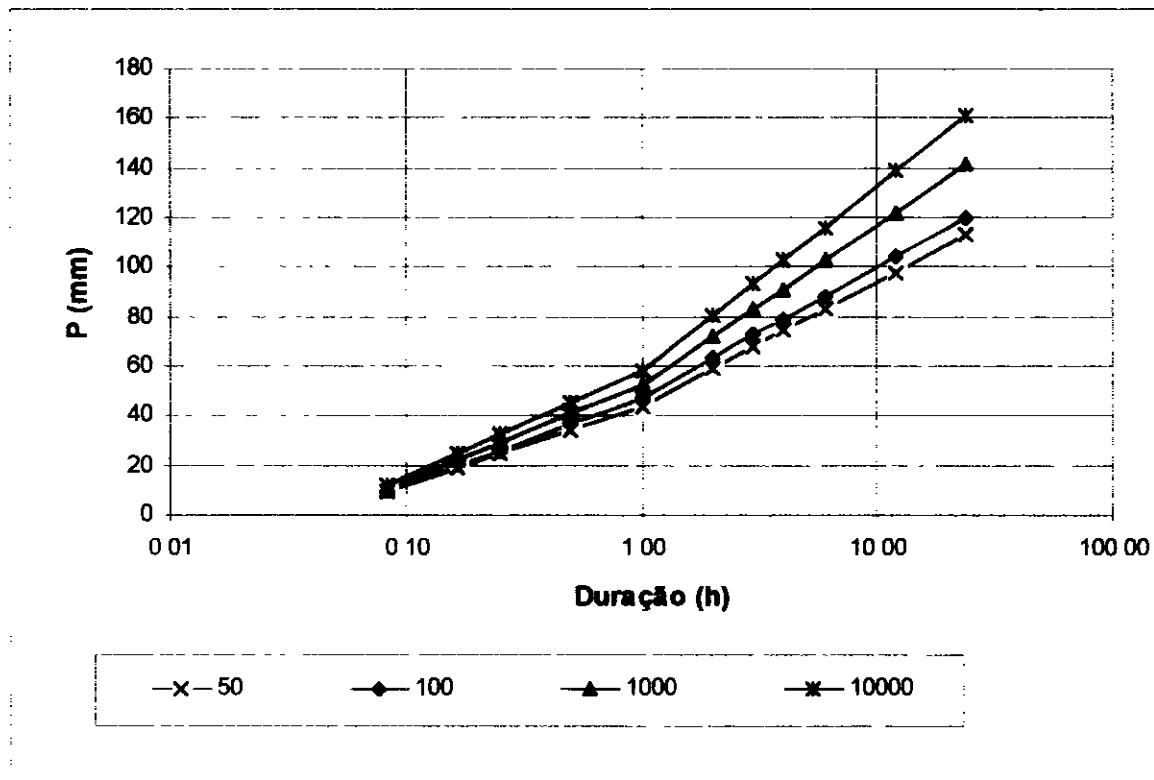


Figura 1.16- Curva Altura de chuva - duração - frequência reduzida (TR= 50, 100, 1000 e 10000 anos)

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 tempestade (tempestade 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)

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

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

onde P_n é a precipitação para a duração de n minutos

1 5 3 3 - Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se à interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não produz escoamento superficial, ou seja, precipitação efetiva

O cálculo das perdas de precipitação podem ser usadas nos componentes do modelo HEC-1 hidrograma unitário e onda cinemática. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia). Por outro lado, no caso da onda cinemática, estas perdas podem ser especificadas para cada plano de escoamento, sendo assumidas uniformemente distribuídas sobre estes planos.

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

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

onde CN varia de 30 a 100 e foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura para condições de umidade antecedente normal (AMC II). Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CN's 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) através de tabelas publicadas na literatura especializada

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

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

Estimou-se a área de abrangência de cada tipo de solo sobre a bacia hidrográfica com auxílio do mapa de zonas físicas homogêneas publicadas no Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. A Tabela 1.17 apresenta as frações da área da bacia com os respectivos CNs. A média ponderada dos CNs resultou num valor igual a 78 para toda a bacia hidrográfica estudada.

Tabela 1.17 - Distribuição dos tipos de solo na bacia do Rio Inhanduba

| Tipo de solo | Área (km ²) | Fração da área da Bacia (%) | CN |
|--------------|-------------------------|-----------------------------|----|
| A | 31,4 | 29,6% | 65 |
| B | 11,9 | 11,2% | 76 |
| C | 57,2 | 54,0% | 84 |
| D | 5,6 | 5,3% | 88 |
| | 106,0 | 100,0% | 78 |

1.5.4 - Hidrogramas de Projeto

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 1 000 km², e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro o T_{LAG} .

Este parâmetro, T_{LAG} , é igual à defasagem (*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

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

onde Q_p = é a vazão de pico (m^3/s) e

t_p = tempo de pico do hidrograma (h)

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 $\Delta t = 0,20 t_p$, não devendo exceder $0,25 t_p$. Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas

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

onde T_c = é o tempo de concentração da sub-bacia. O HEC-1 sugere que $\Delta t \leq 0,29 T_{LAG}$. Para cálculo do hidrograma de projeto por esta metodologia, é necessário uma estimativa do tempo de concentração de cada sub-bacia.

O hidrograma utilizado tem uma duração de 24h, muito maior que o tempo de concentração da bacia, o que oferece uma maior segurança no que diz respeito ao volume total afluente para dimensionamento da obra de extravasamento do reservatório. O tempo de concentração da bacia foi estimado pela fórmula do Califórnia Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich

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

onde T_c = tempo de concentração em minutos,

L = comprimento do maior talvegue em km,

ΔH = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório

Seção Barragem Diamantino II

$L = 21,0 \text{ km}$

$\Delta H = 43,0 \text{ m}$

o que resulta $TC = 7,52 \text{ h}$, $TLAG = 4,51 \text{ h}$

1.6 – RESULTADOS FINAIS

O hidrograma SCS para a bacia foi calculado a partir dos dados básicos apresentados na Tabela 1 18

As características do hidrograma da cheia milenar são observadas nas Tabelas 1 19 e 1 20 e nas Figuras 1 17 a 1 24, de tal forma que a vazão máxima afluente à seção considerada possui um pico de $190,2 \text{ m}^3/\text{s}$ que ocorrerá 17,25 horas após o início do evento chuvoso, considerando-se aqui um hietograma de forma triangular com duração de 24 horas

As características do hidrograma da cheia decamilenar são observadas na Tabela 1 21 e nas Figuras 1 25 a 1 28, de tal forma que a vazão máxima na seção considerada possui um pico de $233,2 \text{ m}^3/\text{s}$ que ocorrerá 17,25 horas após o início do evento chuvoso, considerando-se aqui um hietograma de forma triangular com duração de 24 horas

Considerou-se o sangradouro nas cotas 56,0 e 57,0 metros, de forma aproximadamente retangular escavado em rocha com largura variando entre 60 e 120 m e coeficiente de descarga igual a 1,40 O cálculo do amortecimento produzido pelo reservatório na cheia de 10 000 anos tem o único objetivo de verificar o não galgamento da barragem

Tabela 1.18 – Dados básicos para o cálculo do hidrograma pelo método do SCS

| Seção | Área (km^2) | Comprimento do maior Talvegue (km) | TC (horas) | Tlag (horas) | V (m/s) | CN |
|------------------------|---------------------------|--|---------------|-----------------|------------|----|
| Barragem Diamantino II | 106,0 | 21,00 | 7,52 | 4,51 | 0,78 | 78 |

Tabela 1.19 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com $T_r=1000$ anos (Sangradouro escavado em rocha $C=1.4$; Q_p afluyente = 190,16 m^3/s ; cota da soleira = 56,0 m)

| L (m) | Q_p amortecida (m^3/s) | Cota da soleira (m) | Cota de pico (m) | Lâmina máxima (m) |
|------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 60,00 | 60,06 | 56,00 | 56,80 | 0,80 |
| 80,00 | 70,61 | 56,00 | 56,73 | 0,73 |
| 100,00 | 79,67 | 56,00 | 56,69 | 0,69 |
| 120,00 | 87,25 | 56,00 | 56,65 | 0,65 |

Tabela 1.20 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com $T_r=1000$ anos (Sangradouro escavado em rocha $C=1.4$; Q_p afluyente = 190.16 m^3/s ; cota da soleira = 57,0 m)

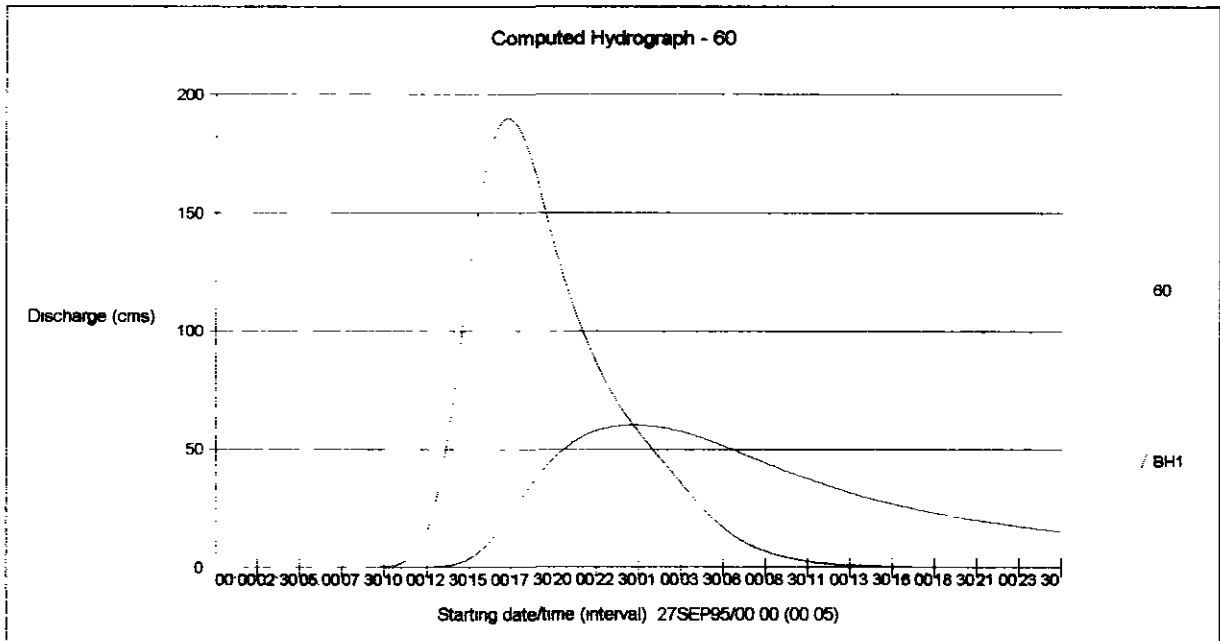
| L (m) | Q_p amortecida (m^3/s) | Cota da soleira (m) | Cota de pico (m) | Lâmina máxima (m) |
|------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 60,00 | 47,62 | 57,00 | 57,68 | 0,68 |
| 80,00 | 56,99 | 57,00 | 57,64 | 0,64 |
| 100,00 | 64,86 | 57,00 | 57,60 | 0,60 |
| 120,00 | 71,89 | 57,00 | 57,57 | 0,57 |

Tabela 1.21 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluente com $T_r=10\ 000$ anos (Sangradouro escavado em rocha $C=1.4$, Q_p afluente = 233,22 m³/s; cota da soleira = 57,0 m)

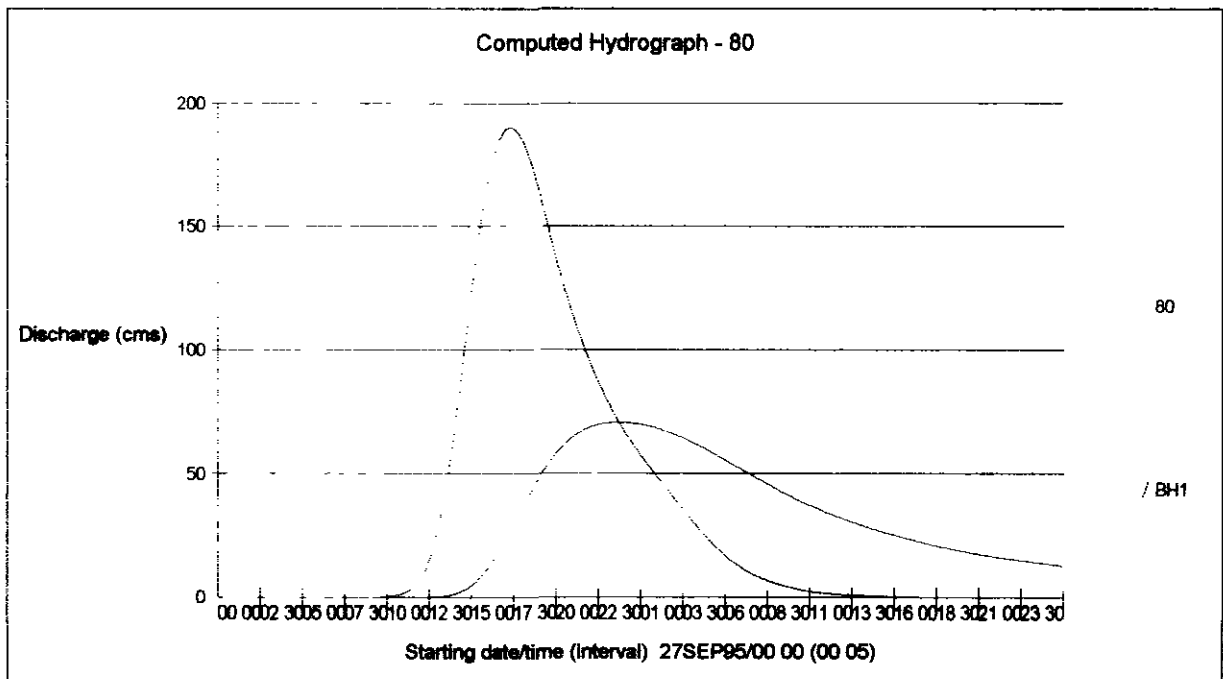
| L (m) | Q_p amortecida (m³/s) | Cota da soleira (m) | Cota de pico (m) | Lâmina máxima (m) |
|------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 60,00 | 62,45 | 57,00 | 57,82 | 0,82 |
| 80,00 | 74,39 | 57,00 | 57,76 | 0,76 |
| 100,00 | 84,52 | 57,00 | 57,71 | 0,71 |
| 120,00 | 93,32 | 57,00 | 57,68 | 0,68 |

Tabela 1.22 - Cotas máximas para o sangradouro escavado em rocha com 100 m de largura

| Tempo de Retorno (Anos) | Cota da soleira (m) | Cota de pico (m) | Lâmina máxima (m) |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1000 | 57,00 | 57,60 | 0,60 |
| 10000 | 57,00 | 57,71 | 0,71 |



**Figura 1.17 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II
(TR 1000anos; Cota 56,0m; L = 60m)**



**Figura 1.18 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II
(TR 1000anos; Cota 56,0m; L = 80m)**

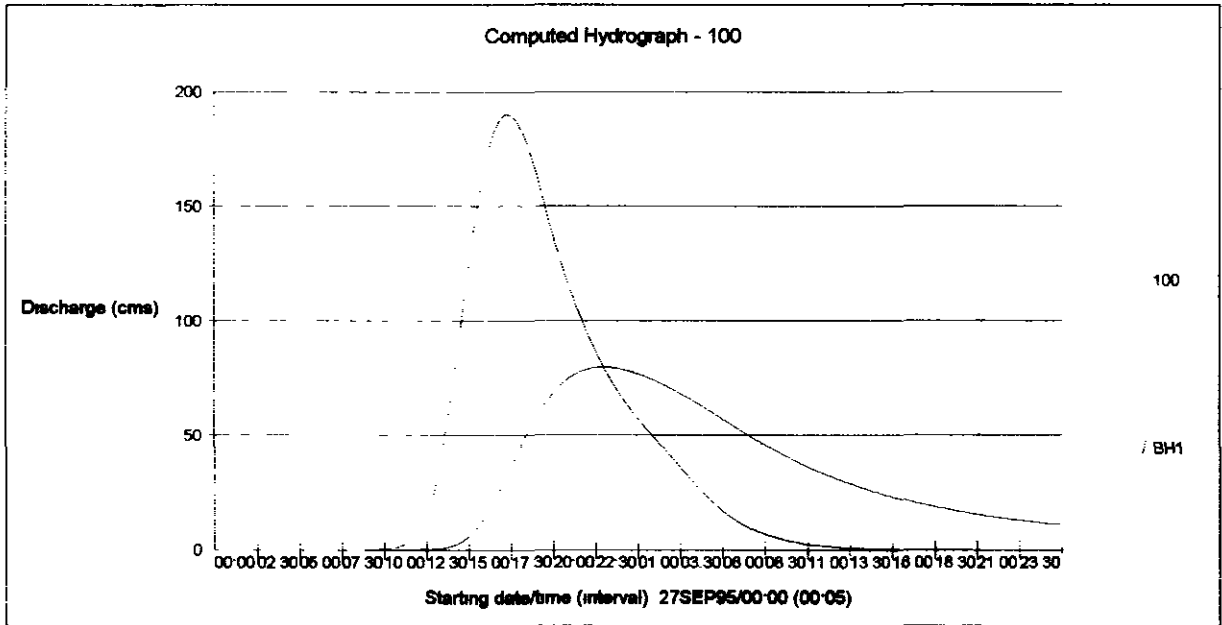


Figura 1.19 – Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 1000anos; Cota 56,0m; L = 100m)

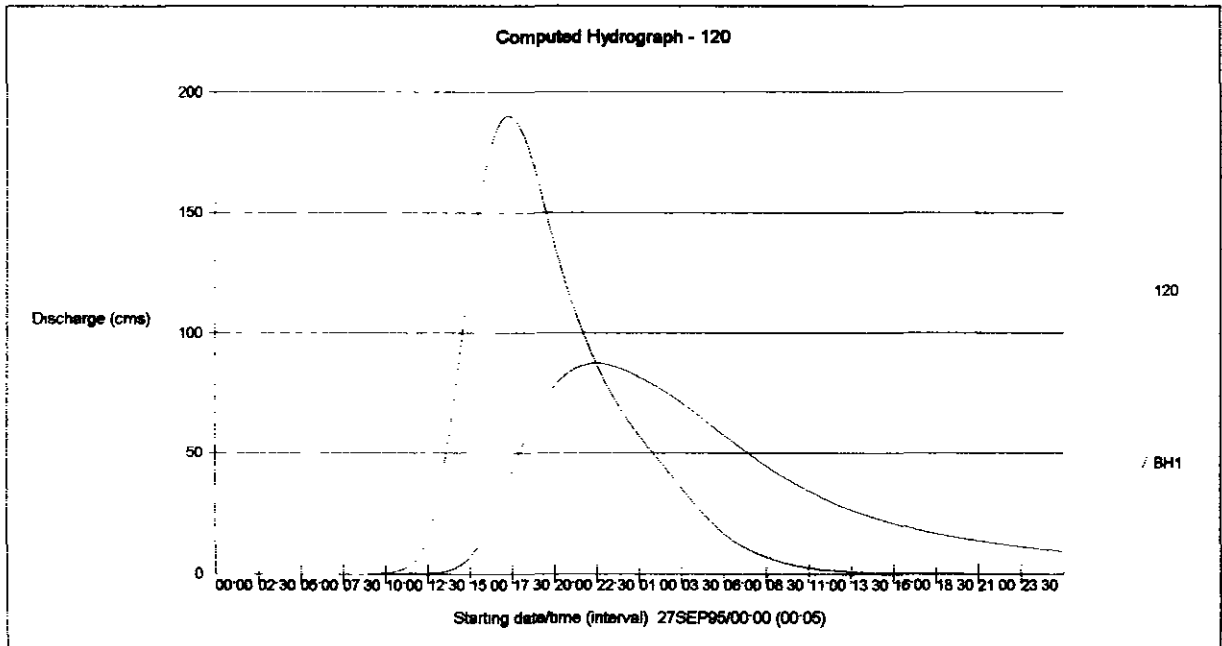


Figura 1.20 – Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 1000anos; Cota 56,0m; L = 120m)

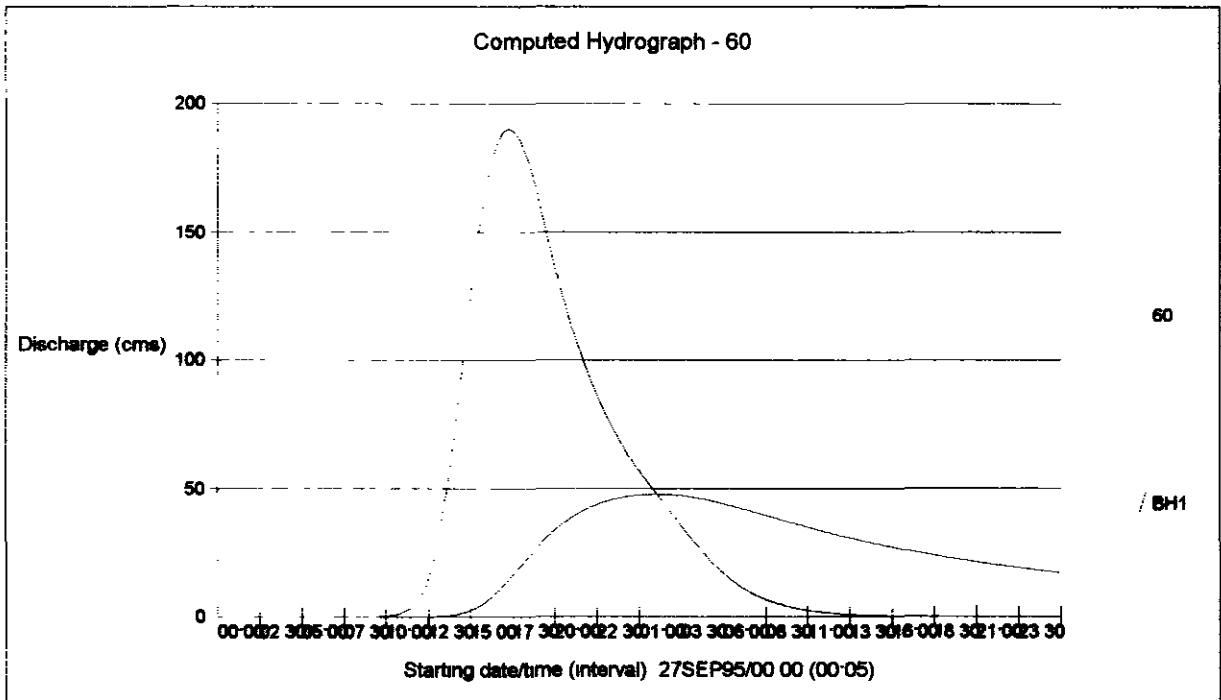


Figura 1.21 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 1000anos; Cota 57,0m; L = 60m)

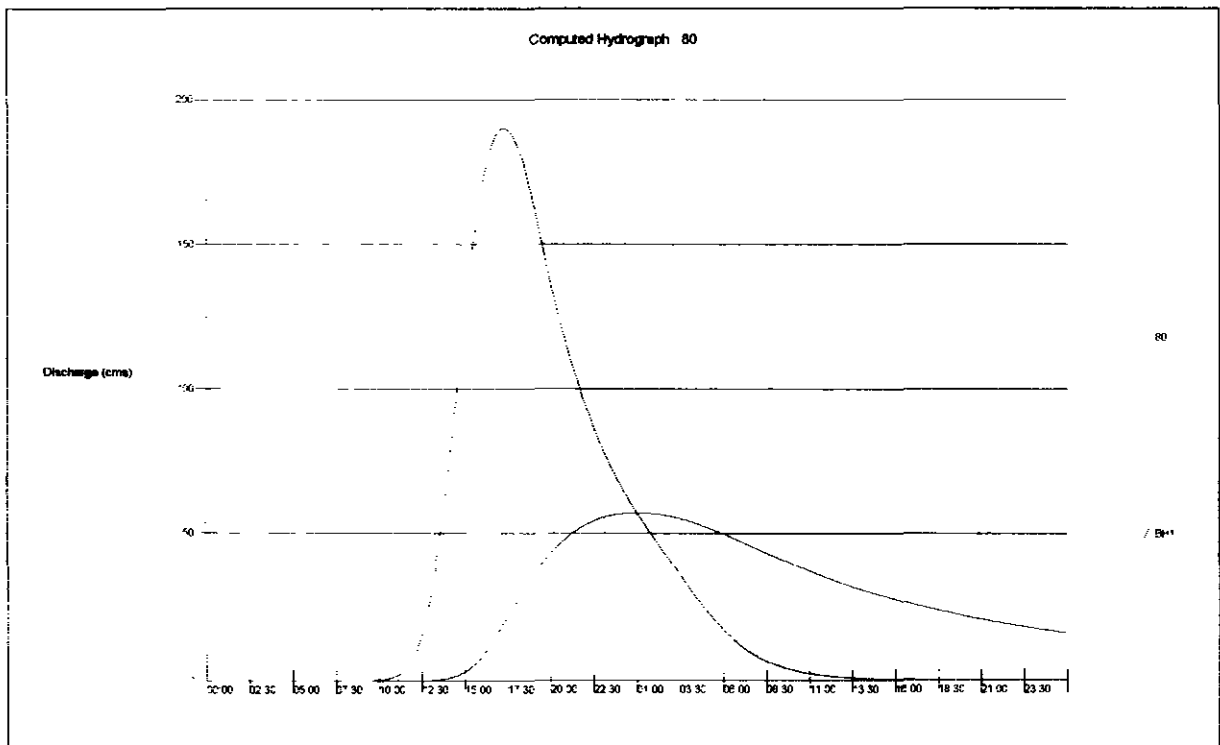
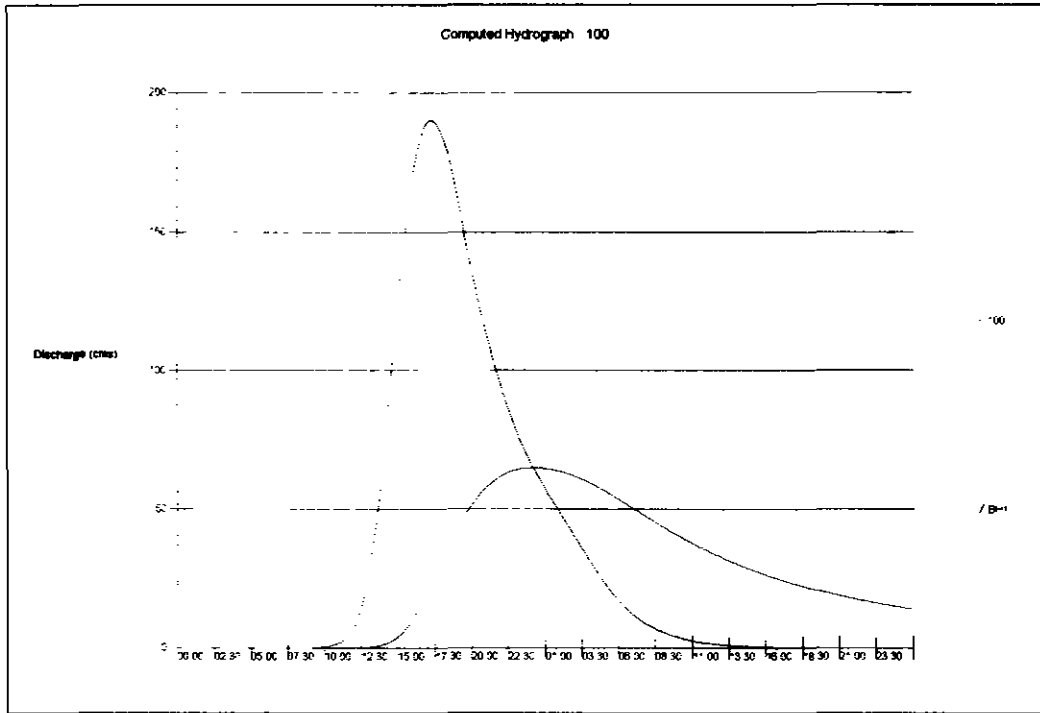
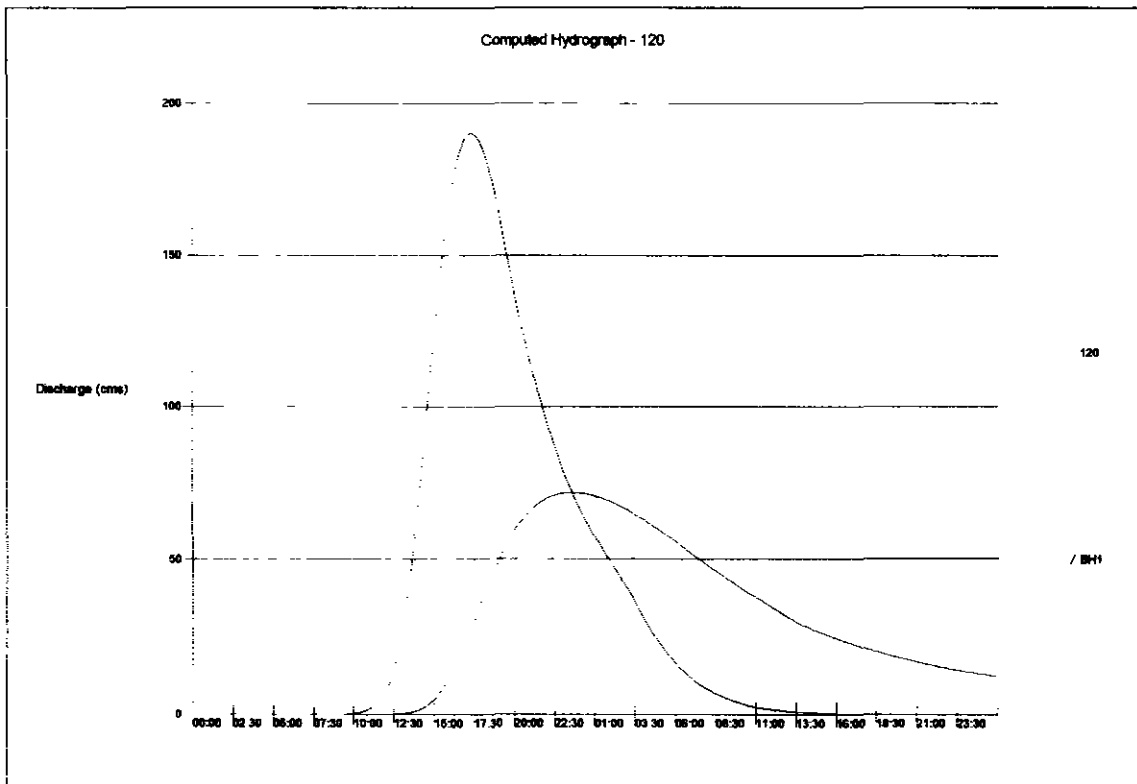


Figura 1.22 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 1000anos; Cota 57,0m; L = 80m)



**Figura 1.23 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II
(TR 1000anos; Cota 57,0m; L = 100m)**



**Figura 1.24 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II
(TR 1000anos; Cota 57,0m; L = 120m)**

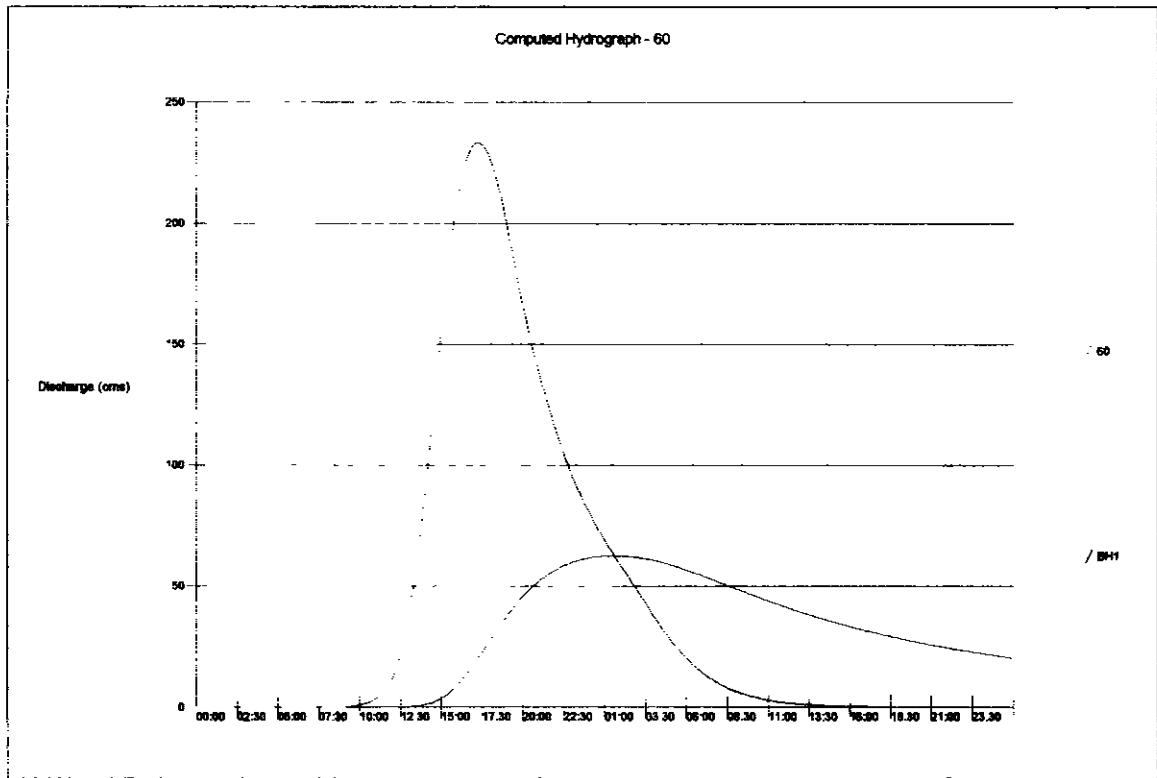


Figura 1.25 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 10000anos; Cota 57,0m; L = 60m)

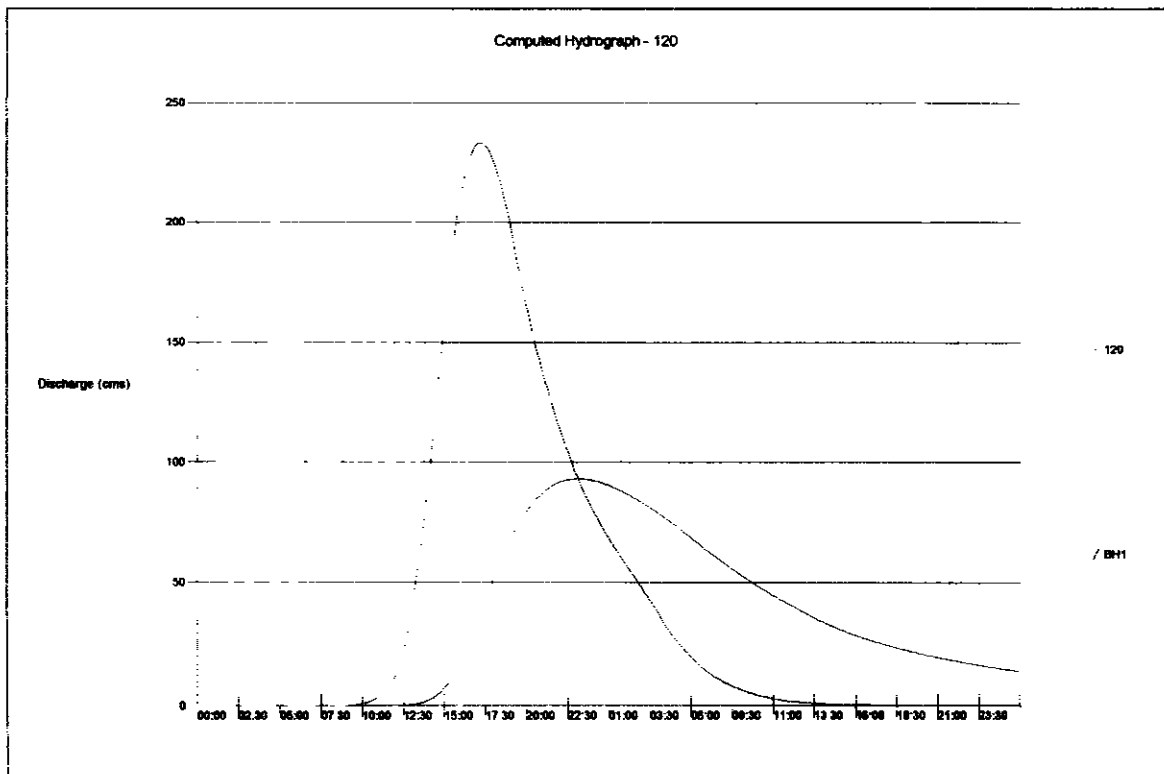


Figura 1.26 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 10000anos; Cota 57,0m; L = 80m)

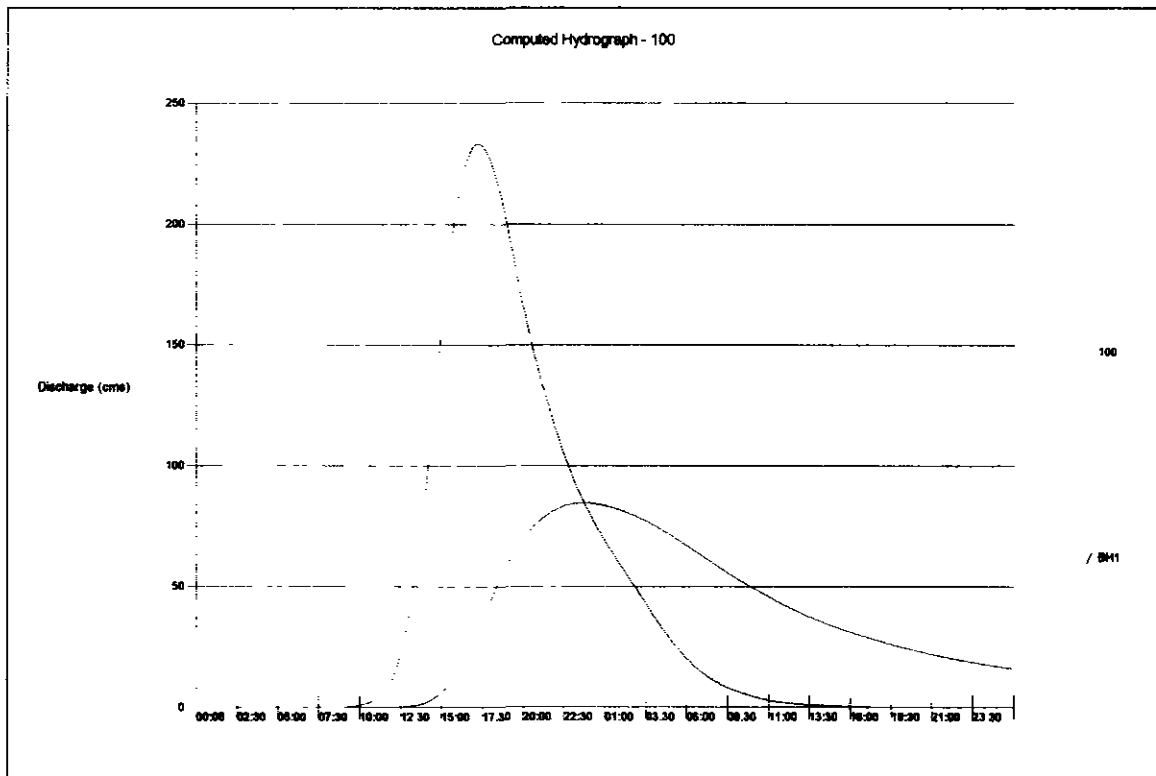


Figura 1.27 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 10000anos; Cota 57,0m; L = 100m)

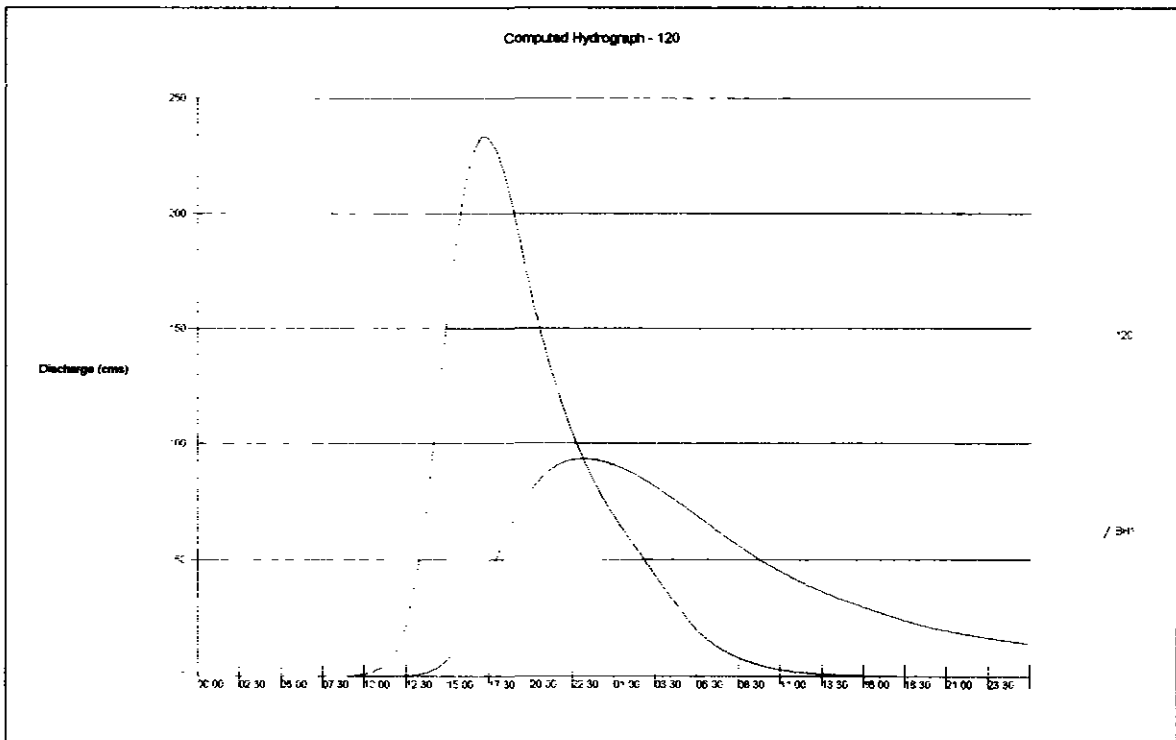


Figura 1.28 –Hidrogramas Simulados - Barragem Diamantino II (TR 10000anos; Cota 57,0m; L = 120m)

2 – MEMÓRIA DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS

2.1 – TOMADA D'ÁGUA, GALERIA E CAIXA DE DISSIPACÃO

2.1.1 - Diâmetro da Galeria

O diâmetro da galeria foi determinado com a hipótese de, mesmo se o nível d'água estiver na cota 53,00, (que corresponde a um volume reservado de 4 milhões de metros cúbicos, ou seja, aproximadamente 20% do volume do açude na cota do vertedouro) a galeria deixa escoar uma vazão de 500 litros por segundo, que é 3,3 vezes maior que a vazão regularizada. Esta hipótese se justifica, pois uma necessidade instantânea de vazão pode ocorrer devido, por exemplo, a uma demanda de água excepcional para atender à áreas irrigadas a jusante.

Considerando-se o diâmetro da galeria de 50 centímetros, o comprimento da tubulação mais o comprimento equivalente às perdas localizadas na tomada d'água e nas válvulas totalmente abertas de 100 metros, utilizando-se a fórmula de Hazen-Williams com coeficiente $C=100$ (material da tubulação ferro fundido), para a vazão de 500 litros por segundo, obteve-se uma perda de carga de 2,0 metros.

Assim o nível d'água no reservatório deverá estar 2,0 metros acima da cota das válvulas de saída.

Desta forma fica fixado o diâmetro da galeria em 50 centímetros.

A vazão regularizada calculada para o reservatório com vertedouro na cota 57,00 é de 149 litros por segundo. Assim, a válvula borboleta deverá estar regulada para esta vazão, só abrindo-se completamente na hipótese mostrada acima.

2.1.2 - Tomada de Água e Caixa de Dissipação

A tomada d'água será constituída por uma caixa com grade de onde sai a tubulação de ferro fundido de 500 mm de diâmetro. No final da tubulação será colocado uma redução de 500 para 400 mm e depois dessa um registro de gaveta e uma válvula borboleta, ambos de 400 mm. A jusante da válvula haverá uma caixa de dissipação de energia. Os desenhos referentes à tomada d'água podem ser vistos no TOMO IV – Volume 2 – Desenhos.

2.2 - FOLGA

A folga (f) é a diferença entre a cota do coroamento e a cota do nível máximo de água

Foram feitas duas estimativas da folga, uma pelos critérios do livro "Design of Small Dams" - 1965, e a outra pela formulação do "Roteiro para Projeto de Pequenos Açudes" de Vieira, Gouveia Neto, Miranda e Malveira – 1996

Para ambas formulações foi considerado um "fetch" igual a 1 600 metros (0,875 milhas) A altura da onda pela formulação do "Small Dams", considerando um vento de 50 milhas por hora resultou em 0,80m Da tabela da pg 204 do "Small Dams" pode-se interpolar os seguintes valores

- "freeboard" (f) normal = 1,20m
- "freeboard" (f) mínimo = 0,90m

Pela formulação de Vieira et all a altura da onda pode ser calculada por

$$h = 0,75 + 0,34 * F^{1/2} - 0,26 * F^{1/4}$$

Sendo

h altura da onda em m,

F "fetch" em km

Para F = 1,4 km tem-se h = 0,87m

A Velocidade (v) em m/s da onda é dada por

$$v = 1,5 + 2 * h$$

Assim v é igual a 3,24m/s

A folga (f) é dada por

$$f = 0,75 * h + \frac{v^2}{2g}$$

Isto é $f = 1,18\text{m}$

Considerando que por ambas as formulações a folga mínima está entre 0,90m e 1,18m, adotou-se o maior dos dois valores, isto é 1,18m

2.3 – COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Considerando o estudo de laminação de enchentes, pode-se observar que a lâmina de água máxima, para o período de recorrência de 1 000 anos, para vertedouro escavado em rocha de 60 metros de largura, na cota 57,00, é de 0,68m. Nas mesmas condições, porém para período de recorrência de 10 000 anos a lâmina máxima é de 0,82m

Assim, considerando a folga calculada de 1,18m, ter-se-ia para 1 000 anos de período de recorrência a seguinte cota de coroamento da barragem (terra e enrocamento)

- Cota do coroamento = cota do vertedouro + lâmina máxima + folga
- Cota do coroamento = $57,00 + 0,60 + 1,18 = 58,78$
- Para 10 000 anos de período de recorrência tem-se
- Cota do coroamento = $57,00 + 0,71 + 1,18 = 58,89$
- Cota do coroamento adotada no projeto da barragem de terra ou de enrocamento = 59,00

3 - MEMÓRIA DE CÁLCULOS GEOTÉCNICOS

3.1 - AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE TALUDES

3.1.1 - Hipóteses e Conclusões

A análise da estabilidade de taludes foi realizada utilizando o método das fatias (Metodo Sueco), baseado no balanço de forças em sub-domínios (fatias) de hipotéticas superfícies circulares de deslizamento

O talude de montante foi verificado para três situações (i) final de construção, (ii) reservatório cheio, e (iii) esvaziamento rápido. Em cada situação foram avaliadas superfícies em três regiões distintas, a saber (a) talude, (b) do coroamento pelo corpo do maciço, e (c) do coroamento à fundação passando pelo corpo do maciço

O talude de jusante também foi avaliado para três situações hipotéticas (i) final de construção, (ii) reservatório cheio, e, como situação crítica, (iii) filtro inoperante, que pode vir a ocorrer devido à colmatação. As três regiões supra-citadas também foram investigadas para o talude de jusante

Os valores de parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos foram admitidos a partir das características dos solos e de informações da literatura especializada⁸. De modo particular, a coesão das argilas foi calculada a partir da equação de Skempton⁹, em função das pressões efetivas e do índice de plasticidade, este sim determinado em laboratório. Os resultados obtidos podem ser vistos na tabela abaixo

⁸ Ensaios de Solos pelo U S Bureau of Reclamation in Carvalho, L H "Curso de Barragens de Terra", DNOCS, Fortaleza, 1980, p 82

⁹ Skempton, 1967

**RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE
DE TALUDES DA BARRAGEM DIAMANTINO II**

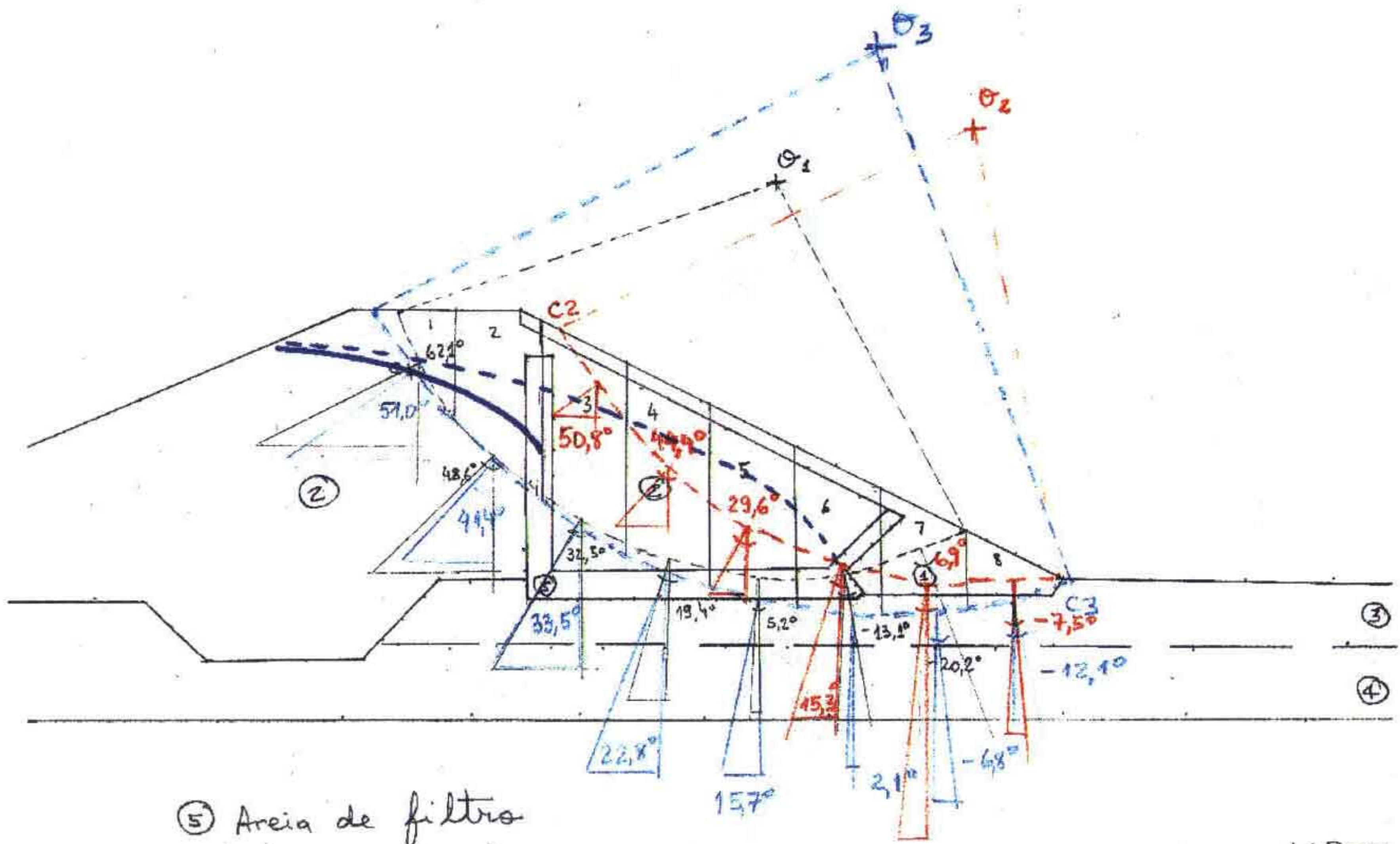
| Talude | Situação | FS | Região crítica |
|---------------|---------------------|-----------|-----------------------|
| Montante | Final de construção | 1,84 | Talude |
| Montante | Reservatório cheio | 1,45 | Coroamento a fundação |
| Montante | Esvaziamento rápido | 1,31 | Coroamento a fundação |
| Jusante | Final de construção | 1,53 | Talude |
| Jusante | Reservatório cheio | 1,53 | Talude |
| Jusante | Filtro inoperante | 1,40 | Talude |

Os resultados obtidos demonstram que, em tese, a barragem apresenta estabilidade para as hipóteses admitidas. O talude de montante apresenta fator de segurança mínimo de 1,31 (hipótese de esvaziamento rápido) e máximo de 1,84, enquanto o talude de jusante apresenta valores extremos de 1,40 (hipótese de filtro inoperante) e 1,53. Estes valores extremos permitem-nos pressupor dimensionamento adequado da barragem Diamantino II, mesmo considerando-se que os valores de coesão e ângulo de atrito interno foram inferidos da literatura especializada.

3.1.2 - Tabelas e Gráficos

Os resultados nos gráficos e tabelas são mostrados a seguir

DIAMANTINO II - JUSANTE



⑤ Areia de filtro

ESCALA 1:200

000072

| Barragem | Diamantino II | no | Material | P,sec kN/m3 | P sat kN/m3 | P,sub kN/m3 | C (kN/m2) | ang atr (o) | ang atr (rad) | IP |
|-------------|---------------------|----|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|-----|
| Talude | Montante | 1 | np-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Final de construção | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS = | 1,84 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Reg crítica | Talude | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1

FS = 1,96

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B,poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|----------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 46,5 | 4,4 | 0,00 | 5,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 100,94 | 3,29 | 14,46 | 40,11 | 73,22 |
| 2 | 35,6 | 3,9 | 4,48 | 6,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 195,05 | 7,17 | 27,95 | 91,56 | 113,54 |
| 3 | 25,2 | 3,3 | 5,12 | 6,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 217,00 | 9,42 | 31,10 | 113,36 | 92,39 |
| 4 | 14,4 | 3,2 | 5,12 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 211,08 | 9,45 | 30,25 | 118,04 | 52,49 |
| 5 | 10,0 | 3,0 | 5,12 | 4,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 169,68 | 8,11 | 24,32 | 96,48 | 29,47 |
| 6 | -6,8 | 3,1 | 4,63 | 1,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 105,93 | 4,90 | 15,18 | 60,73 | -12,54 |
| 7 | -9,7 | 2,1 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 20,46 | 0,00 | 0,00 | 14,12 | -3,45 |
| Soma | | | | | | | | | 1020,14 | | 143,26 | 534,41 | 345,12 |

Região Coroamento a fundação C2

FS = 1,92

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|----------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| 1 | 46,5 | 3,7 | 0,00 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 29,57 | 1,15 | 4,24 | 11,75 | 21,45 |
| 2 | 55,5 | 4,9 | 4,48 | 6,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 212,79 | 6,22 | 30,49 | 69,59 | 175,37 |
| 3 | 42,3 | 4,8 | 5,12 | 13,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 347,11 | 10,36 | 49,74 | 148,23 | 233,61 |
| 4 | 30,8 | 3,5 | 5,12 | 15,88 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 406,52 | 14,50 | 50,73 | 201,60 | 208,15 |
| 5 | 23,4 | 3,3 | 5,12 | 13,48 | 3,00 | 0,00 | 0,05 | 6,5 | 399,67 | 14,36 | 47,39 | 169,96 | 158,73 |
| 6 | 13,7 | 3,1 | 5,12 | 9,88 | 5,10 | 0,00 | 0,05 | 6,5 | 366,19 | 14,01 | 43,42 | 164,85 | 86,73 |
| 7 | 5,3 | 3,0 | 5,12 | 6,28 | 4,80 | 1,50 | 0,05 | 6,5 | 314,64 | 0,00 | 0,00 | 232,53 | 29,06 |
| 8 | -3,7 | 3,1 | 5,12 | 2,38 | 4,80 | 2,10 | 0,05 | 6,5 | 248,32 | 0,00 | 0,00 | 183,92 | -16,02 |
| 9 | -12,7 | 3,2 | 4,65 | 0,03 | 4,80 | 0,15 | 0,05 | 6,5 | 164,15 | 0,00 | 0,00 | 118,86 | -36,09 |
| 10 | -21,2 | 3,3 | 0,00 | 0,00 | 4,80 | 0,00 | 0,05 | 6,5 | 83,30 | 2,99 | 9,88 | 35,98 | -30,12 |
| 11 | -30,5 | 2,2 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,05 | 6,5 | 17,35 | 0,94 | 2,06 | 6,93 | -8,81 |
| Soma | | | | | | | | | 2588,61 | | 237,94 | 1344,19 | 822,06 |

Região Talude C3

FS = 1,84

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|---------------|-----------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | 50,5 | 4,0 | 1,92 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 36,28 | 0,00 | 0,00 | 16,16 | 27,99 |
| 2 | 40,5 | 4,1 | 5,12 | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 140,11 | 3,76 | 15,41 | 61,51 | 91,00 |
| 3 | 29,0 | 3,2 | 5,12 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 193,34 | 6,65 | 21,27 | 97,63 | 93,73 |
| 4 | 9,6 | 3,1 | 5,12 | 5,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 187,43 | 6,65 | 20,62 | 106,70 | 31,26 |
| 5 | 5,9 | 3,0 | 5,12 | 2,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 128,28 | 4,70 | 14,11 | 73,67 | 13,19 |
| 6 | -13,9 | 3,2 | 2,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 40,91 | 0,00 | 0,00 | 27,81 | -9,83 |
| Soma | | | | | | | | | 728,36 | | 71,41 | 383,48 | 247,34 |

Estab talud/Mont-final constr

000073

| Barragem | Diamantino II | no | Material | P,sec kN/m3 | P,sat kN/m3 | P,sub kN/m3 | C (kN/m2) | ang str (o) | ang str (rad) | IP |
|-------------|----------------------|----|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|-----|
| Talude: | Montante | 1 | np-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Reservatório cheio | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS = | 1,45 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Reg crítica | Coroamento a fundaçã | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1
FS = 1,51

| fátia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 46,5 | 4,4 | 0,00 | 5,12 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 9,5 | 100,94 | 3,12 | 13,74 | 38,11 | 73,22 |
| 2 | 35,6 | 3,9 | 4,48 | 6,02 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,5 | 195,05 | 6,45 | 25,16 | 82,41 | 113,54 |
| 3 | 25,2 | 3,3 | 5,12 | 6,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 105,48 | 4,58 | 15,12 | 55,10 | 44,91 |
| 4 | 14,4 | 3,2 | 5,12 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 102,38 | 4,58 | 14,67 | 57,25 | 25,46 |
| 5 | 10,0 | 3,0 | 5,12 | 4,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 80,62 | 3,85 | 11,55 | 45,84 | 14,00 |
| 6 | -6,8 | 3,1 | 4,63 | 1,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 47,94 | 2,22 | 6,87 | 27,48 | -5,68 |
| 7 | -9,7 | 2,1 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 8,75 | 0,00 | 0,00 | 6,04 | -1,47 |
| Soma | | | | | | | | | 641,15 | | 87,11 | 312,23 | 263,98 |

Região Coroamento a fundação C2
FS = 1,45

| fátia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 46,5 | 3,7 | 0,00 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 9,5 | 29,57 | 1,09 | 4,03 | 11,16 | 21,45 |
| 2 | 55,5 | 4,9 | 4,48 | 6,92 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 9,5 | 212,79 | 5,76 | 28,21 | 64,37 | 175,37 |
| 3 | 42,3 | 4,8 | 5,12 | 13,18 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,5 | 347,11 | 9,33 | 44,77 | 133,40 | 233,61 |
| 4 | 30,8 | 3,5 | 5,12 | 15,88 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 204,47 | 7,29 | 25,52 | 101,40 | 104,70 |
| 5 | 23,4 | 3,3 | 5,12 | 13,48 | 3,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 199,59 | 7,55 | 24,91 | 89,34 | 79,27 |
| 6 | 13,7 | 3,1 | 5,12 | 9,88 | 5,10 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 178,14 | 7,17 | 22,23 | 84,41 | 42,19 |
| 7 | 5,3 | 3,0 | 5,12 | 6,28 | 4,80 | 1,50 | 0,00 | 6,5 | 147,22 | 0,00 | 0,00 | 114,53 | 13,60 |
| 8 | -3,7 | 3,1 | 5,12 | 2,38 | 4,80 | 2,10 | 0,00 | 6,5 | 110,28 | 0,00 | 0,00 | 85,98 | -7,12 |
| 9 | -12,7 | 3,2 | 4,65 | 0,03 | 4,80 | 0,15 | 0,00 | 6,5 | 71,28 | 0,00 | 0,00 | 54,33 | -15,67 |
| 10 | -21,2 | 3,3 | 0,00 | 0,00 | 4,80 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 36,21 | 1,37 | 4,52 | 16,47 | -13,09 |
| 11 | -30,5 | 2,2 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 7,54 | 0,43 | 0,94 | 3,17 | -3,83 |
| Soma | | | | | | | | | 1644,21 | | 166,12 | 758,56 | 630,47 |

Região Talude C3
FS = 1,67

| fátia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 50,5 | 4,0 | 1,92 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 36,28 | 0,00 | 0,00 | 16,16 | 27,99 |
| 2 | 40,5 | 4,1 | 5,12 | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 10,5 | 65,08 | 1,66 | 6,80 | 27,14 | 42,27 |
| 3 | 29,0 | 3,2 | 5,12 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 93,05 | 3,20 | 10,24 | 46,99 | 45,11 |
| 4 | 9,6 | 3,1 | 5,12 | 5,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 89,94 | 3,19 | 9,89 | 51,20 | 15,00 |
| 5 | 5,9 | 3,0 | 5,12 | 2,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 58,87 | 2,16 | 6,48 | 33,81 | 6,05 |
| 6 | -13,9 | 3,2 | 2,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 17,49 | 0,00 | 0,00 | 11,89 | -4,20 |
| Soma | | | | | | | | | 360,77 | | 33,41 | 187,19 | 132,22 |

Estab talud/Mont-res cheio

000074

| Barragem | Diamantino II | no | Material | P,sec kN/m3 | P,sat kN/m3 | P,sub kN/m3 | C (kN/m2) | ang atr (o) | ang atr (rad) | IP |
|-------------|----------------------|----|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|-----|
| Talude | Montante | 1 | rip-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Esvaziamento rápido | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS = | 1,31 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Reg crítica | Coroamento a fundaçã | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1
FS = 1,61

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B,poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|----------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 46,5 | 4,4 | 0,00 | 5,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 100,94 | 3,29 | 14,46 | 40,11 | 73,22 |
| 2 | 35,6 | 3,9 | 4,48 | 6,02 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,5 | 195,05 | 6,45 | 25,16 | 82,41 | 113,54 |
| 3 | 25,2 | 3,3 | 5,12 | 6,58 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 10,5 | 220,26 | 8,13 | 26,83 | 97,80 | 93,78 |
| 4 | 14,4 | 3,2 | 5,12 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 10,5 | 214,21 | 7,67 | 24,56 | 95,83 | 53,27 |
| 5 | 10,0 | 3,0 | 5,12 | 4,18 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 10,5 | 171,85 | 6,16 | 18,47 | 73,28 | 29,84 |
| 6 | -6,8 | 3,1 | 4,63 | 1,37 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 10,5 | 106,80 | 3,70 | 11,48 | 45,92 | -12,65 |
| 7 | -9,7 | 2,1 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 8,75 | 0,00 | 0,00 | 6,04 | -1,47 |
| Soma | | | | | | | | | 1017,86 | | 120,96 | 441,40 | 349,54 |

Região Coroamento a fundação C2
FS = 1,31

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|----------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 46,5 | 3,7 | 0,00 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 9,5 | 29,57 | 1,09 | 4,03 | 11,16 | 21,45 |
| 2 | 55,5 | 4,9 | 4,48 | 6,92 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,5 | 212,79 | 5,60 | 27,44 | 62,63 | 175,37 |
| 3 | 42,3 | 4,8 | 5,12 | 13,18 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 9,5 | 353,38 | 8,97 | 43,04 | 128,27 | 237,83 |
| 4 | 30,8 | 3,5 | 5,12 | 15,88 | 0,35 | 0,00 | 0,20 | 10,5 | 413,91 | 11,81 | 41,32 | 164,21 | 211,94 |
| 5 | 23,4 | 3,3 | 5,12 | 13,48 | 3,00 | 0,00 | 0,20 | 6,5 | 411,49 | 12,45 | 41,08 | 147,35 | 163,42 |
| 6 | 13,7 | 3,1 | 5,12 | 9,88 | 5,10 | 0,00 | 0,15 | 6,5 | 375,32 | 12,84 | 39,81 | 151,17 | 88,89 |
| 7 | 5,3 | 3,0 | 5,12 | 6,28 | 4,80 | 1,50 | 0,00 | 6,5 | 147,22 | 0,00 | 0,00 | 114,53 | 13,60 |
| 8 | -3,7 | 3,1 | 5,12 | 2,38 | 4,80 | 2,10 | 0,00 | 6,5 | 110,28 | 0,00 | 0,00 | 85,98 | -7,12 |
| 9 | -12,7 | 3,2 | 4,65 | 0,03 | 4,80 | 0,15 | 0,00 | 6,5 | 71,28 | 0,00 | 0,00 | 54,33 | -15,67 |
| 10 | -21,2 | 3,3 | 0,00 | 0,00 | 4,80 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 36,21 | 1,37 | 4,52 | 16,47 | -13,09 |
| 11 | -30,5 | 2,2 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 7,54 | 0,43 | 0,94 | 3,17 | -3,83 |
| Soma | | | | | | | | | 2169,00 | | 202,20 | 939,27 | 872,79 |

Região Talude C3
FS = 1,41

| fatia | angulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|---------------|-----------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | 50,5 | 4,0 | 1,92 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 36,28 | 0,00 | 0,00 | 16,16 | 27,99 |
| 2 | 40,5 | 4,1 | 5,12 | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 10,5 | 141,60 | 3,80 | 15,58 | 52,84 | 91,96 |
| 3 | 29,0 | 3,2 | 5,12 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 10,5 | 196,06 | 6,74 | 21,57 | 79,20 | 95,05 |
| 4 | 9,6 | 3,1 | 5,12 | 5,08 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 10,5 | 190,01 | 6,74 | 20,90 | 91,94 | 31,69 |
| 5 | 5,9 | 3,0 | 5,12 | 2,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 58,87 | 2,16 | 6,48 | 33,81 | 6,05 |
| 6 | 13,9 | 3,2 | 2,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,5 | 17,49 | 0,00 | 0,00 | 11,89 | 4,20 |
| Soma | | | | | | | | | 640,30 | | 64,52 | 286,84 | 248,54 |

Estab talud/Mont esv rapido

000075

| Sarragem | Diamantino II | no | Material | P _{sec} kN/m ³ | P _{sat} kN/m ³ | P _{sub} kN/m ³ | C (kN/m ²) | ang atr (o) | ang atr (rad) | IP |
|-------------|---------------------|----|--------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------|---------------|-----|
| Talude | Montante | 1 | np-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Final de construção | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS ≈ | 1,53 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Rãg crítica | Talude | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |
| | | 5 | areia filtro | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 32,0 | 0,559 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1
FS ≈ 1,79

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m ²) | A2 (m ²) | A3 (m ²) | A4 (m ²) | A5 (m ²) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m ²) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 62,1 | 4,4 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 74,93 | 2,44 | 10,74 | 20,24 | 66,22 |
| 2 | 48,6 | 4,3 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,00 | 9,5 | 299,16 | 7,98 | 34,30 | 114,22 | 224,40 |
| 3 | 32,5 | 3,5 | 1,65 | 15,63 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 9,5 | 369,05 | 13,60 | 47,60 | 179,70 | 198,29 |
| 4 | 19,4 | 3,2 | 1,65 | 17,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 368,26 | 16,49 | 52,77 | 200,54 | 122,32 |
| 5 | 5,2 | 4,3 | 1,65 | 13,95 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 9,5 | 313,42 | 0,00 | 0,00 | 195,04 | 28,41 |
| 6 | -13,1 | 3,1 | 1,65 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 1,94 | 0,00 | 9,5 | 203,37 | 0,00 | 0,00 | 114,36 | -46,09 |
| 7 | -20,2 | 3,1 | 3,84 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 9,5 | 72,20 | 0,00 | 0,00 | 47,45 | -24,93 |
| Soma | | | | | | | | | | 1700,38 | | 145,40 | 871,65 | 568,61 |

Região Talude C2
FS ≈ 1,53

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m ²) | A2 (m ²) | A3 (m ²) | A4 (m ²) | A5 (m ²) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m ²) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 50,8 | 4,2 | 1,20 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 39,09 | 1,33 | 5,60 | 14,26 | 30,29 |
| 2 | 44,4 | 4,4 | 1,65 | 7,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 173,03 | 5,64 | 24,79 | 71,37 | 121,06 |
| 3 | 29,6 | 3,7 | 1,65 | 9,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 214,43 | 8,30 | 30,73 | 107,64 | 105,91 |
| 4 | 15,3 | 3,2 | 1,65 | 8,06 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 0,00 | 9,5 | 206,46 | 0,00 | 0,00 | 114,97 | 54,48 |
| 5 | 6,9 | 3,1 | 7,62 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 136,30 | 0,00 | 0,00 | 94,75 | 16,37 |
| 6 | -7,5 | 3,1 | 2,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 44,15 | 0,00 | 0,00 | 30,65 | -5,76 |
| Soma | | | | | | | | | | 813,45 | | 61,12 | 433,65 | 322,35 |

Região Coroamento a fundação C3
FS ≈ 1,92

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m ²) | A2 (m ²) | A3 (m ²) | A4 (m ²) | A5 (m ²) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m ²) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 51,0 | 4,7 | 0,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 118,30 | 3,61 | 16,95 | 42,98 | 91,94 |
| 2 | 41,4 | 4,2 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,00 | 9,5 | 299,16 | 10,21 | 42,87 | 129,56 | 197,84 |
| 3 | 33,5 | 3,5 | 1,65 | 16,53 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 9,5 | 386,79 | 15,84 | 55,43 | 186,22 | 213,49 |
| 4 | 22,8 | 3,3 | 1,65 | 17,85 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 9,5 | 390,32 | 0,00 | 0,00 | 207,74 | 151,25 |
| 5 | 15,7 | 3,2 | 1,65 | 13,50 | 0,15 | 0,00 | 3,00 | 0,00 | 9,5 | 348,11 | 13,58 | 43,44 | 209,41 | 94,20 |
| 6 | 2,1 | 3,1 | 1,65 | 8,05 | 1,50 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 8,0 | 275,91 | 11,11 | 34,43 | 193,07 | 10,11 |
| 7 | -6,8 | 3,1 | 8,52 | 0,00 | 2,10 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 187,24 | 7,54 | 23,37 | 130,19 | 22,17 |
| 8 | 12,1 | 4,0 | 4,20 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 80,09 | 2,50 | 10,00 | 54,83 | 16,79 |
| Soma | | | | | | | | | | 2085,93 | | 226,49 | 1154,00 | 719,87 |

| Barragem | Diamantino II | no | Material | P,sec kN/m3 | P,sat kN/m3 | P,sub kN/m3 | C (kN/m2) | ang atr (o) | ang atr (rad) | IP |
|-------------|--------------------|----|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|-----|
| Talude | Montante | 1 | np-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Reservatório cheio | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS = | 1,53 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Reg crítica | Talude | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |
| | | 5 | areia filtro | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 32,0 | 0,559 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1
FS = 1,76

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 62,1 | 4,4 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 10,5 | 75,30 | 2,33 | 10,25 | 19,33 | 66,55 |
| 2 | 48,6 | 4,3 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,10 | 10,5 | 300,69 | 7,21 | 31,02 | 103,33 | 225,55 |
| 3 | 32,5 | 3,5 | 1,65 | 15,63 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 9,5 | 369,05 | 13,60 | 47,60 | 179,70 | 198,29 |
| 4 | 19,4 | 3,2 | 1,65 | 17,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 368,26 | 16,49 | 52,77 | 200,54 | 122,32 |
| 5 | 5,2 | 4,3 | 1,65 | 13,95 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 9,5 | 313,42 | 0,00 | 0,00 | 195,04 | 28,41 |
| 6 | -13,1 | 3,1 | 1,65 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 1,94 | 0,00 | 9,5 | 203,37 | 0,00 | 0,00 | 114,36 | -46,09 |
| 7 | -20,2 | 3,1 | 3,84 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 9,5 | 72,20 | 0,00 | 0,00 | 47,45 | -24,93 |
| Soma | | | | | | | | | | 1702,28 | | 141,64 | 869,74 | 570,09 |

Região Talude C2
FS = 1,53

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 50,8 | 4,2 | 1,20 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 39,09 | 1,33 | 5,60 | 14,26 | 30,29 |
| 2 | 44,4 | 4,4 | 1,65 | 7,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 173,05 | 5,64 | 24,80 | 71,39 | 121,08 |
| 3 | 29,6 | 3,7 | 1,65 | 9,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,5 | 214,46 | 8,31 | 30,73 | 107,66 | 105,93 |
| 4 | 15,3 | 3,2 | 1,65 | 8,06 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 0,00 | 9,5 | 206,49 | 0,00 | 0,00 | 114,99 | 54,49 |
| 5 | 6,9 | 3,1 | 7,62 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 136,30 | 0,00 | 0,00 | 94,75 | 16,37 |
| 6 | -7,5 | 3,1 | 2,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 44,15 | 0,00 | 0,00 | 30,65 | -5,76 |
| Soma | | | | | | | | | | 813,55 | | 61,13 | 433,70 | 322,40 |

Região Coroamento a fundação C3
FS = 1,89

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 51,0 | 4,7 | 0,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 10,5 | 118,90 | 3,44 | 16,19 | 41,04 | 92,41 |
| 2 | 41,4 | 4,2 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,10 | 10,5 | 300,72 | 9,23 | 38,78 | 117,21 | 198,87 |
| 3 | 33,5 | 3,5 | 1,65 | 16,53 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 9,5 | 386,79 | 15,84 | 55,43 | 186,22 | 213,49 |
| 4 | 22,8 | 3,3 | 1,65 | 17,85 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 9,5 | 390,32 | 0,00 | 0,00 | 207,74 | 151,25 |
| 5 | 15,7 | 3,2 | 1,65 | 13,50 | 0,15 | 0,00 | 3,00 | 0,00 | 9,5 | 348,11 | 13,58 | 43,44 | 209,41 | 94,20 |
| 6 | 2,1 | 3,1 | 1,65 | 8,05 | 1,50 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 8,0 | 275,91 | 11,11 | 34,43 | 193,07 | 10,11 |
| 7 | -6,8 | 3,1 | 8,52 | 0,00 | 2,10 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 187,24 | 7,54 | 23,37 | 130,19 | -22,17 |
| 8 | -12,1 | 4,0 | 4,20 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 80,09 | 2,50 | 10,00 | 54,83 | 16,79 |
| Soma | | | | | | | | | | 2088,09 | | 221,64 | 1139,71 | 721,37 |

Estab talud/Jus-res cheio

000077

| Barragem | Diamantino II | no | Material | P,sec kN/m3 | P,sat kN/m3 | P,sub kN/m3 | C (kN/m2) | ang atr (o) | ang atr (rad) | IP |
|-------------|-------------------|----|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|-----|
| Talude. | Montante | 1 | np-rap | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 35,0 | 0,611 | 0,0 |
| Situação | Filtro inoperante | 2 | maciço SC | 18,79 | 20,17 | 10,36 | Skempton | 30,0 | 0,524 | 9,0 |
| FS = | 1,40 | 3 | aluvião SC | 16,72 | 17,35 | 7,54 | Skempton | 26,0 | 0,454 | 4,0 |
| Reg crítica | Talude | 4 | alt rocha | 15,08 | 15,57 | 5,76 | 0,00 | 38,0 | 0,663 | 0,0 |
| | | 5 | areia filtro | 16,12 | 17,10 | 7,29 | 0,00 | 32,0 | 0,559 | 0,0 |

Região Coroamento e corpo C1
FS = 1,54

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 62,1 | 4,4 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 9,5 | 74,91 | 2,20 | 9,66 | 18,21 | 66,21 |
| 2 | 48,6 | 4,3 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,15 | 10,5 | 300,69 | 6,81 | 29,30 | 97,59 | 225,55 |
| 3 | 32,5 | 3,5 | 1,65 | 15,63 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,20 | 10,5 | 370,93 | 10,93 | 38,27 | 144,50 | 199,30 |
| 4 | 19,4 | 3,2 | 1,65 | 17,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 10,5 | 370,15 | 12,43 | 39,78 | 151,18 | 122,95 |
| 5 | 5,2 | 4,3 | 1,65 | 13,95 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 10,0 | 314,21 | 0,00 | 0,00 | 195,53 | 28,48 |
| 6 | -13,1 | 3,1 | 1,65 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 1,94 | 0,00 | 8,0 | 201,78 | 0,00 | 0,00 | 113,47 | -45,73 |
| 7 | -20,2 | 3,1 | 3,84 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 6,5 | 70,96 | 0,00 | 0,00 | 46,63 | -24,50 |
| Soma | | | | | | | | | | 1703,64 | | 117,02 | 767,10 | 672,26 |

Região Talude C2
FS = 1,40

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 50,8 | 4,2 | 1,20 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 9,5 | 39,09 | 1,27 | 5,32 | 13,55 | 30,29 |
| 2 | 44,4 | 4,4 | 1,65 | 7,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 10,0 | 173,50 | 5,09 | 22,38 | 64,41 | 121,39 |
| 3 | 29,6 | 3,7 | 1,65 | 9,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 10,0 | 215,01 | 7,08 | 26,19 | 91,74 | 106,20 |
| 4 | 15,3 | 3,2 | 1,65 | 8,06 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 0,10 | 9,0 | 205,96 | 0,00 | 0,00 | 103,23 | 54,35 |
| 5 | 6,9 | 3,1 | 7,62 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 136,30 | 0,00 | 0,00 | 94,75 | 16,37 |
| 6 | -7,5 | 3,1 | 2,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 44,15 | 0,00 | 0,00 | 30,65 | -5,76 |
| Soma | | | | | | | | | | 814,00 | | 53,89 | 398,33 | 322,84 |

Região Coroamento a fundação C3
FS = 1,78

| fatia | ângulo (o) | L (m) | A1 (m2) | A2 (m2) | A3 (m2) | A4 (m2) | A5 (m2) | B, poro pr | umid (%) | Peso (kN/m) | C (kN/m2) | Fc (kN/m) | Fatr (kN/m) | Ft (kN/m) |
|-------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 51,0 | 4,7 | 0,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 10,0 | 118,60 | 3,44 | 16,15 | 40,94 | 92,17 |
| 2 | 41,4 | 4,2 | 0,40 | 12,44 | 0,00 | 0,00 | 2,76 | 0,15 | 10,2 | 300,23 | 8,71 | 36,57 | 110,52 | 198,55 |
| 3 | 33,5 | 3,5 | 1,65 | 16,53 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,20 | 10,5 | 388,77 | 12,73 | 44,57 | 149,74 | 214,57 |
| 4 | 22,8 | 3,3 | 1,65 | 17,85 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,10 | 10,2 | 391,70 | 0,00 | 0,00 | 187,63 | 151,79 |
| 5 | 15,7 | 3,2 | 1,65 | 13,50 | 0,15 | 0,00 | 3,00 | 0,00 | 10,0 | 349,01 | 13,61 | 43,56 | 209,95 | 94,44 |
| 6 | 2,1 | 3,1 | 1,65 | 8,05 | 1,50 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 9,0 | 277,38 | 11,17 | 34,62 | 194,09 | 10,16 |
| 7 | -6,8 | 3,1 | 8,52 | 0,00 | 2,10 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 6,5 | 187,24 | 7,54 | 23,37 | 130,19 | 22,17 |
| 8 | -12,1 | 4,0 | 4,20 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,5 | 80,09 | 2,50 | 10,00 | 54,83 | 16,79 |
| Soma | | | | | | | | | | 2093,02 | | 208,82 | 1077,89 | 722,73 |

F:stab talud/Jus filtro inop

0000.8

Barragem: Diamantino II

| Talude | Situação | FS | Região crítica |
|----------|---------------------|------|-----------------------|
| montante | final de construção | 1,84 | Talude |
| montante | reservatório cheio | 1,45 | Coroamento a fundação |
| montante | rebaixamento rápido | 1,31 | Coroamento a fundação |
| juvante | final de construção | 1,53 | Talude |
| juvante | reservatório cheio | 1,53 | Talude |
| juvante | filtro inoperante | 1,40 | Talude |