



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0001070015

**TÍTULO:**

PROJETO DA NOVA ESTRUTURA VERTEDOURA ENSEJANDO AUMENTAR A CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DA BARRAGEM DO BATENTE ENTRE OS MUNICÍPIOS DE OCARA E MORADA NOVA

**SUBTÍTULO:**

APRESENTAÇÃO / HIDROLOGIA / ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS / MEDIÇÃO E PAGAMENTO / ORÇAMENTO;CRONOGRAMA

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO DA NOVA ESTRUTURA VERTEDOURA ENSEJANDO  
AUMENTAR A CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DA  
BARRAGEM DO BATENTE ENTRE OS MUNICÍPIOS DE OCARA  
E MORADA NOVA

TOMO I

APRESENTAÇÃO  
HIDROLOGIA  
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS  
MEDIÇÃO E PAGAMENTO  
ORÇAMENTO  
CRONOGRAMA

Lote. 01185 - Prep  Scan ( ) Index ( )

Projeto N° 01071021C

Volume \_\_\_\_\_

Qtd A1 \_\_\_\_\_ Qtd A3 \_\_\_\_\_

Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_

Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

Fevereiro de 2001

GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ



## ÍNDICE

	Páginas
<b>CAPÍTULO 1 - APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1 - APRESENTAÇÃO	6
1 1 - Metodologia de Trabalho	6
1 2 - Ficha Resumo da Obra	8
<b>CAPÍTULO 2 - HIDROLOGIA.....</b>	<b>10</b>
1 – HIDROLOGIA	11
1 1 - Introdução	11
2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA	12
3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	16
3 1 - Dados Utilizados	16
3 2 - Caracterização do Regime Pluviométrico	16
4 1 - Estudo de Deflúvios	27
4 2 - Simulação da Operação do Reservatório	34
5 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	39
5 1 - Estudo das Cheias de Projeto	39
5 2 - Análise do Dimensionamento Hidrológico do Sangradouro	47
6 - ESTUDO DE REGULARIZAÇÃO - ALTERNATIVA NA COTA 101,0	54
6 1 - Parâmetros utilizados	54
ANEXOS	58
<b>CAPÍTULO 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>80</b>
1 – INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS	81
2 - ESCAVAÇÕES	81
2 1 - Classificação das Escavações	81
2 2 - Rip-Rap	86
2 3 - Fundação das Estruturas de Concreto	88
2 4 - Proteção Para o Talude de Jusante	91
2 5 - Sistema de Drenagem Jusante	91
2 6 - Meio fio de Concreto Sobre o Coroamento da Barragem	92
3 – SERVIÇOS EM CONCRETO	92
3 1- Generalidades	92
3 2 - Composição do Concreto	92
3 3 - Classes do Concreto	93
3 4 – Proporção das Misturas	95
3 5 – Consistência do Concreto	95
3 6 – Trabalhabilidade do Concreto	95
3 7 – Materiais	96
3 8 – Dosagem e Mistura do Concreto	101
3 9 – Transporte do Concreto	107
3 10 – Lançamento	108
3 11 – Adensamento do Concreto	111
3 12 – Juntas	112
3 13 – Cura do Concreto	114
3 14 – Controle	115

3 15 – Acabamentos	117
3 16 – Medição e Pagamento	118
3 17 – Especificações Complementares	119
3 18 – Formas e Escoramentos	123
3 20 - Dispositivos de Vedação	128
<b>4 - SERVIÇOS ESPECIAIS</b>	<b>129</b>
4 1 - Tratamento Sub-Superficial da Fundação	129
4 1 11 - Caldas a utilizar	136
4 2 - Ancoragem de Estruturas de Concreto	137
4 3 - Drenagem das Estruturas de Concreto	139
<b>CAPÍTULO 4 - NORMAS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO .....</b>	<b>141</b>
1 1 - Gneralidades	142
1 2 - Serviços Preliminares	143
1 3 - Escavações	144
1.4 - Serviços em Concreto .....	146
1 5 - Fornecimento, Colocação e Retirada de Formas e Escoramento	148
1 6 - Armaduras	149
1 7 - Meio Fio de Concreto no Coroamento Da Barragem	149
1 8 - Drenagem	150
1 9 - Tratamento Subsuperficial da Fundação	150
1 10 - Ancoragens das Estruturas de Concreto	151
<b>CAPÍTULO 5 - ORÇAMENTO E CRONOGRAMA FÍSICO E FINANCEIRO.....</b>	<b>152</b>

## 1 - APRESENTAÇÃO

O trabalho ora apresentado foi elaborado cumprindo preceitos contratuais que objetivam a elevação estocástica do reservatório da barragem do Batente

Aproveitando o momento convém seja aludido o processo histórico que envolveu a concretização do projeto da barragem do rio Pirangí. O Projeto Básico serviu para a contratação dos serviços em Dezembro de 1994, o certame licitatório foi vencido pela Construtora Britânia S/A, propondo a remuneração de R\$ 985 377,51 pela execução dos trabalhos e prazo de 270 dias. Motivo outros fez com que este contrato fosse rescindido, fazendo com que a Barragem do Batente fosse a nova licitação. Entrementes, foi contratada a firma AGUASOLOS Consultora de Engenharia Ltda, em 26/04/1995, através do Contrato 31/95-SRH, para a execução dos serviços de Consultoria para Supervisão e Acompanhamento da Construção e Elaboração do Cadastro. O novo processo licitatório foi vencido pela firma Tenda Construções, e contratados os serviços através do instrumento de contrato 03/98-SRH, datado de 10/02/1998, com o valor de R\$ 966 159,96

O segundo contrato para construção, também foi rescindido e o contrato de Supervisão e Consultoria findo

### 1.1 - Metodologia de Trabalho

A TSA, vencedora de licitação específica, foi contratada para avaliar sob o prisma técnico e econômico a possibilidade de elevação da capacidade do reservatório. Foi tomado como ponto de partida e elemento chave de comparação, os custos decorrentes da implantação do vertedor, mantidos os parâmetros do Projeto Executivo

Barragem em solo com coroamento na elevação 102,5 (atualmente o aterro encontra-se concluído na elevação 103,50)

Vertedor

- Estrutura em concreto com perfil tipo "CREAGER", soleira na elevação 99
- Canal a céu aberto em rocha até a elevação 96,0, com largura de 185 m
- Descarga Milenar  $Q = 2\,091,89 \text{ m}^3/2$
- Lâmina Máxima de Sangria 3,0 m
- Descarga Unitária  $11,28 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
- Velocidade no Canal de Aproximação 1,53 m/s
- Velocidade no pé da estrutura 12,03 m/s

Galeria com tubo de aço envolvido por concreto estrutural na elevação 95,0, localizado sob o muro guia do vertedor margem direita do canal

Estes custos são apresentados no orçamento em anexo, parte integrante deste projeto, onde serão feitas as correlações entre a solução proposta e a estrutura retro referida. Será avaliado o potencial hídrico da bacia, o custo da estrutura proposta e finalmente custo da unidade armazenada.

A coleta de dados foi o passo inicial. Informações fluviográficas consistentes do rio Pirangí, foram obtidas na obra d'arte da BR-116, distrito de Cristais, disponibilizados pela CPRM Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. O posto localiza-se a jusante do local onde está assente o barramento, e apresentam leitura de vazões com picos diários inferiores aos valores encontrados para a descarga milenar de projeto. A amostra representa um intervalo de tempo inferior a 100 anos, assim foi procedido o estudo hidrológico a seguir descrito.

O presente Estudo Hidrológico tem como objetivo principal fornecer elementos para a verificação do novo dimensionamento do reservatório e as estruturas hidráulicas de descarga.

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

Em seguida, na caracterização do regime hidrológico médio da bacia hidrográfica, coletaram-se e analisaram-se as informações a respeito da pluviometria média mensal e anual, deflúvio médio anual e análise da sua variabilidade interanual

Na análise das vazões regularizadas pelo açude foram realizadas várias simulações do balanço hídrico, considerando uma garantia anual de 90%, tendo em vista as alternativas economicamente viáveis da altura máxima da barragem

Em seguida, foram apresentados os estudos de cheias de 1 000 e 10 000 anos de período de retorno. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se um 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 da cheia de TR 1 000, para verificação do dimensionamento do sangradouro, e da cheia de TR 10 000, para garantir que a barragem não seja galgada nesta situação

A seguir é apresentada a ficha técnica da obra nos moldes do projeto da AGUASOLOS

## 1.2 - Ficha Resumo da Obra

### I- IDENTIFICAÇÃO

Denominação Barragem do Batente  
Estado Ceará  
Municípios Morada Nova e Ocara  
Sistema Pirangí  
Rio Barrado Pirangí

### II- PROJETO E CONSTRUÇÃO

Proprietário ESTADO DO CEARÁ/SRH  
Autor do Projeto AGUASOLOS  
Data do Projeto Março/95  
Empresa Construtora TENDA Construções Ltda  
Contrato 03/98/SRH  
Início Fevereiro/98  
Término Novembro/98

### III- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Volume Acumulado  $28,9 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Área da Bacia Hidráulica (cota 102) 1 444,0 ha  
 Bacia Hidrográfica 1 369,20 Km<sup>2</sup>  
 Precipitação Média Anual 739,00 mm  
 Evaporação Média Anual 2 374,50 mm

### IV- BARRAGEM PRINCIPAL

Tipo de Barragem Mista  
 Cota do Coroamento 102,50  
 Altura Máxima da Barragem 12,50 m  
 Extensão da Barragem pelo Coroamento 840,00 m  
 Largura do Coroamento 5,00 m  
 Volume do Maciço 188 985,00 m<sup>3</sup>  
 Talude de Montante 2,5 1 e 2,0 1  
 Talude de Jusante 2,0 1

### V- TOMADA D'ÁGUA

Tipo Galeria com tubo envelopado  
 Diâmetro 500 mm  
 Comprimento 45,0 m  
 Localização est 09 do eixo do Sangradouro

### VI- CURVA COTA x VOLUME

COTA	VOLUME (m <sup>3</sup> )	COTA	VOLUME (m <sup>3</sup> )
90	20 000,00	96	8 458 250,00
91	112 000,00	97	13 492 750,00
92	294 125,00	98	20 154 875,00
93	823 750,00	99	28.977 375,00
94	2 037 875,00	100	40 104 750,00
95	4 573 000,00	101	52 692 750,00

Isto posto, verificou-se que a cota mais atraente para a nova estrutura seria a elevação 101, como poderá ser observado nos estudos que se seguem

## 1 – HIDROLOGIA

### 1.1 - Introdução

O presente Estudo Hidrológico tem como objetivo principal fornecer os elementos para a verificação do 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 meteorológicas representativas da região estudada

Em seguida, na caracterização do 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 sua variabilidade interanual

Na análise da regularização de vazões pelo açude foram realizadas várias simulações do balanço hídrico, considerando uma garantia anual de 90%, tendo em vista as alternativas economicamente viáveis da altura máxima da barragem

Em seguida, foram apresentados os estudos de cheias de 1 000 anos e 10 000 anos de período de retorno. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se um 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 da cheia de 1 000 anos, para verificação do dimensionamento do sangradouro, e da cheia de 10 000 anos, para garantir que a barragem não seja galgada nesta situação

## 2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

Devido à inexistência de estações meteorológicas na bacia hidrográfica, a caracterização da hidroclimatologia da região da barragem Batente baseou-se na estação de Jaguaruana (Latitude 4°47'N, Longitude 37°36' W) Esta estação não será utilizada para caracterizar a precipitação da região, sendo utilizados outros postos pluviométricos situados no interior da bacia hidrográfica. A caracterização hidroclimatológica será feita utilizando-se as Normais Climatológicas do INEMET(1992)<sup>1</sup>, resultante das medições realizadas durante os anos de 1961 a 1990.

A temperatura média compensada apresenta uma pequena variação de 4,1°C, isso para os meses de fevereiro (24,0°C) e novembro (28,1°C). As médias máximas e médias mínimas extremas ocorrem, respectivamente, no mês de outubro (34,1°C) e agosto (21,1°C). A umidade relativa média possui uma variação máxima de 15% ocorrida entre os meses de abril (82%) e outubro (55%).

Na estação de Jaguaruana observa-se uma variação máxima na nebulosidade de 5,0, sendo que o mês de maior índice de nebulosidade é março (8,0) e os de menores são agosto e setembro (3,0). Esta variável é avaliada por um fator adimensional que varia entre 0 e 10.

Em termos médios anuais têm-se 2800,2 horas de insolação, podendo-se concluir que cerca de 63,9% 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 agosto, setembro, outubro e dezembro ocorrem os maiores valores de horas de insolação, o mínimo ocorre em junho seguido pelos valores no trimestre fevereiro/março/abril. O mês de agosto apresenta o maior índice de insolação (296,8 horas).

---

<sup>1</sup>INEMET, 1992. INVENTÁRIO DE ESTAÇÕES HIDROCLIMATOLÓGICAS

A precipitação média anual observada na região da bacia Hidrográfica do Açude Batente é de 800 mm. As precipitações estão concentradas no primeiro semestre onde ocorre, aproximadamente, 95% do total anual, o trimestre mais chuvoso é fevereiro/março/abril/maio com 68% do total, o trimestre menos chuvoso é agosto/setembro/outubro onde precipita pouco mais do 3,7% do total anual. O mês mais chuvoso é março (146,7 mm) e no mês de setembro ocorre o menor índice de precipitação (2.1 mm).

Estas relações são ilustradas nas figuras 2a a 2e. Nestas figuras observa-se uma relação direta da insolação, velocidade do vento com a evaporação medida no tanque classe A, já que os dois primeiros parâmetros influenciam fisicamente para o incremento da evaporação em condições onde não há limitação do suprimento de água.

Como estimativa da evapotranspiração média, foi utilizada a equação de Hargreaves<sup>2</sup> 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 2.1 - Evapotranspiração potencial média mensal para a região de Jaguaruana - CE

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
mm	174,0	146,0	132,0	112,0	135,0	119,0	135,0	167,0	176,0	184,0	177,0	189,0	1846,0

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

O trimestre que apresenta os maiores valores de evapotranspiração corresponde a outubro/novembro/dezembro, ocorrendo o máximo em dezembro (189mm). O trimestre abril/maio/junho possui o menor índice de evaporação, ocorrendo o mínimo em abril com 112 mm.

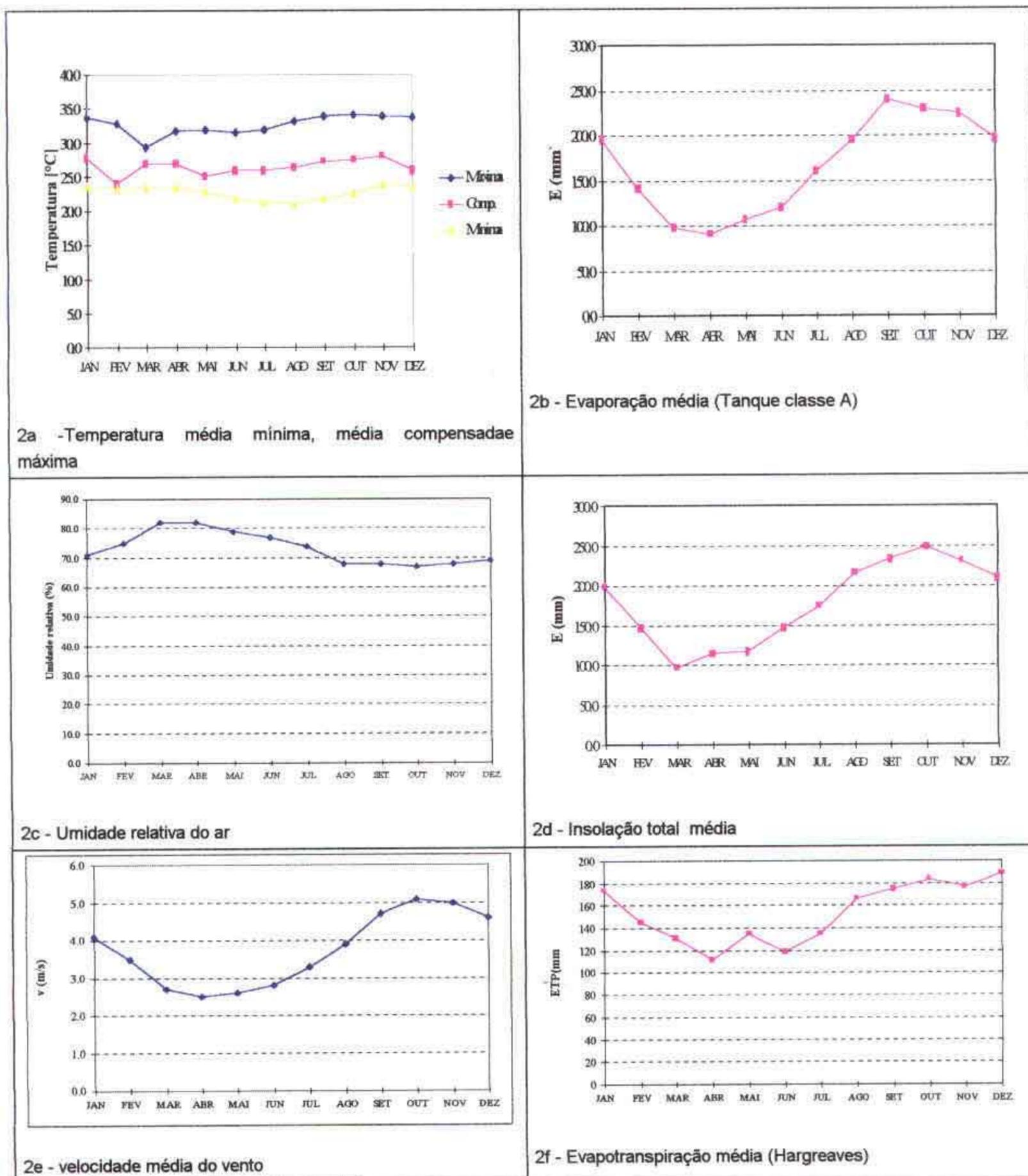


Figura 2 - Gráficos de alguns parâmetros climatológicos importantes

**Tabela 2 2 - Temperaturas Médias Máximas, Médias Mínimas e Médias Compensadas (°C)  
na estação de Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Máxima	33 8	32 9	29 4	31 8	32 0	31 5	32 0	33 2	34 0	34 1	34 0	33 7	32 7
Comp	27 9	24 0	26 9	26 9	25 2	26 1	26 0	26 4	27 3	27 5	28 1	26 0	26 5
Mínima	23 7	23 5	23 5	23 4	22 9	21 8	21 2	21 1	21 8	22 6	23 8	23 5	22 7

FONTE INEMET (1992)

**Tabela 2 3 - Umidade Relativa Média na estação de Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
%	71 0	75 0	82 0	82 0	79 0	77 0	74 0	68 0	68 0	67 0	68 0	69 0	73 3

FONTE INEMET (1992)

**Tabela 2 4 - Insolação Média na estação Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Horas	255 3	194 4	180 4	198 9	220 7	121 5	236 9	280 5	268 2	296 8	271 5	275 1	2800 2

FONTE INEMET (1992)

**Tabela 2 5 - Nebulosidade na estação Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
0-10	6 0	7 0	8 0	7 0	6 0	5 0	4 0	3 0	3 0	4 0	4 0	5 0	5 2

FONTE INEMET (1992)

**Tabela 2 6 - Velocidade do vento na estação Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
v(m/s)	4 1	3 5	2 7	2 5	2 6	2 8	3 3	3 9	4 7	5 1	5 0	4 6	3 7

FONTE INEMET (1992)

**Tabela 2 7 - Evaporação média estação Jaguaruana - CE**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Evp(mm)	198 0	148 0	97 0	115 0	118 0	148 0	175 0	216 0	235 0	249 0	231 0	211 0	2141 0

FONTE PERH (1992)

### 3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

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

#### 3.1 - Dados Utilizados

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

Foram utilizados 2 postos neste estudo, próximos à área de interesse, (bacia do Rio Pirangi em Batente com um área de 1438,3 km<sup>2</sup>) A tabela 3.1 mostra a identificação das estações utilizadas e sua localização

**Tabela 3.1 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS - IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO**

POSTO	CÓDIGO DNAEE	CÓDIGO SUDENE	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	MÉDIA ANUAL (mm)
			LAT N	LONG W		
Olho d' Água	00438035	2892531	4° 45'	38° 51'	150,00	807,9
Boa Água	00438014	2892679	4° 50'	38° 37'	120,00	807,4

FONTE PERH (1992)

#### 3.2 - Caracterização do Regime Pluviométrico

##### 3.2.1 - Nível Anual

A área de estudo apresenta média pluviométrica igual 800 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,38

Uma análise frequencial foi realizada para os postos listados anteriormente, sendo testadas várias distribuições, e escolhida a Normal como a mais adequada, sendo seus parâmetros estimados pelo método dos momentos. A Tabela 3.2 resume esta análise de frequência.

**TABELA 3.2 - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS. DISTRIBUIÇÃO NORMAL.**

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)				
		10	100	200	500	1000
00438035	50	1239,7	1586,3	1672,5	1779,2	1855,8
00438014	27	1268,4	1674,9	1779,8	1912,2	2009,1

### 3.2.2 - Nível Mensal

A análise da distribuição temporal mostra a concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a cerca de 90% do total anual.

A nível trimestral nota-se mais ainda a gravidade da concentração temporal, onde constata-se que cerca de 60% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre Fevereiro/Março/Abril e Março/Abril/Maio. Nestes trimestres os meses de março corresponde mais frequentemente ao mais chuvoso, com cerca de 25% do total anual.

Na Tabela 3.3 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), enquanto que na Tabela 3.4 apresenta-se um resumo da análise de frequência utilizando a série de totais mensais para os meses mais chuvosos, março, nos postos considerados. Os períodos de retorno utilizados variam de 10 a 1000 anos, com totais pluviométricos obtidos por ajustamento da distribuição Pearson III.

**TABELA 3.3 - ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÉRIE DE VALORES MÉDIOS MENSAIS**

CÓDIGO	MÊS MAIS CHUVOSO			TRIMESTRE MAIS CHUVOSO			SEMESTRE MAIS CHUVOSO		
	MÊS	Mm	%	TRI	mm	%	S	mm	%
00438035	MARCO	199,0	26,1	FMA	505,9	62,8	1	718,1	89,1
00438014	MARCO	210,1	24,6	MAM	490,8	60,8	1	733,5	90,9

**TABELA 3.4 - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA A NÍVEL MENSAL. MÊS MAIS CHUVOSO. DISTRIBUIÇÃO PEARSON III.**

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)					MÊS
		10	100	200	500	1000	
00438035	56	342,7	476,3	511,8	557,1	590,4	MARÇO
00438014	27	319,9	430,0	458,8	495,3	522,2	MARÇO

### 3 2 3 - Nível Diário

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

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

Diversas distribuições teóricas podem ser utilizadas para descrever as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Pearson III, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se na Tabela 3.5. A seguir são apresentadas as séries utilizadas e os resultados do ajuste das diversas distribuições de frequência para os máximos das séries de anuais.

**TABELA 3.5 - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE MÁXIMOS DIÁRIOS DE CHUVA.  
DISTRIBUIÇÃO PEARSON III.**

CÓDIGO	Nº. ANOS	TR (ANOS)				
		50	100	500	1000	10000
00438035	50	131,8	147,2	185,3	202,8	265,9
00438014	27	130,4	145,8	184,2	202,0	268,3

**ESTAÇÃO 2892531 (00438035) - SÉRIE DE PLUVIOMETRIA MÁXIMA**

MONTH	WAT	YR	PEAK VALUE mm	RANK	RETURN PERIOD				
					WEIBULL	HAZEN	GRINGORTEN	CHEGODAYEV	CUNNANE
4	1933		146.50	1	51.00	100.00	89.50	72.00	83.67
3	1934		65.30	26	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
5	1935		65.50	25	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04
12	1936		65.60	23	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
2	1937		65.60	24	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
2	1938		60.00	36	1.42	1.41	1.41	1.41	1.41
5	1939		65.00	29	1.76	1.75	1.75	1.76	1.76
2	1940		64.50	31	1.65	1.64	1.64	1.64	1.64
5	1941		70.70	16	3.19	3.23	3.22	3.21	3.22
2	1942		72.90	14	3.64	3.70	3.70	3.68	3.69
11	1943		66.40	21	2.43	2.44	2.44	2.43	2.44
12	1944		39.00	8	6.38	6.67	6.63	6.55	6.61
5	1945		92.00	6	8.50	9.09	9.01	8.84	8.96
5	1946		82.00	10	5.10	5.26	5.24	5.20	5.23
5	1946		61.00	34	1.50	1.49	1.49	1.50	1.49
3	1949		59.20	38	1.34	1.33	1.33	1.34	1.34
4	1950		60.00	37	1.38	1.37	1.37	1.37	1.37
4	1951		68.50	18	2.83	2.86	2.85	2.85	2.85
2	1952		59.10	39	1.31	1.30	1.30	1.30	1.30
3	1953		60.40	35	1.46	1.45	1.45	1.45	1.45
4	1954		45.50	48	1.06	1.05	1.05	1.06	1.05
2	1956		69.00	17	3.00	3.03	3.03	3.02	3.02
2	1957		76.40	12	4.25	4.35	4.34	4.31	4.33
3	1961		78.00	11	4.64	4.76	4.75	4.71	4.74
3	1962		72.40	15	3.40	3.45	3.44	3.43	3.44
3	1963		75.00	13	3.92	4.00	3.99	3.97	3.96
4	1964		65.00	30	1.70	1.69	1.70	1.70	1.70
4	1965		47.00	47	1.09	1.08	1.08	1.08	1.08
4	1967		58.20	40	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
4	1968		51.00	45	1.13	1.12	1.12	1.13	1.13
4	1969		97.60	4	12.75	14.29	14.08	13.62	13.94
3	1970		56.00	41	1.24	1.23	1.24	1.24	1.24
5	1971		66.70	19	2.68	2.70	2.70	2.70	2.70
3	1972		55.00	42	1.21	1.20	1.21	1.21	1.21
4	1973		82.20	9	5.67	5.88	5.86	5.79	5.84
4	1974		91.10	7	7.29	7.69	7.64	7.52	7.61
3	1975		53.20	44	1.16	1.15	1.15	1.15	1.15
3	1976		42.10	49	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03
4	1977		65.20	27	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
2	1978		65.20	28	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
4	1979		50.10	46	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10
3	1980		133.70	2	25.50	33.33	32.13	29.65	31.38
3	1981		66.00	22	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
4	1982		66.60	20	2.55	2.56	2.56	2.56	2.56
2	1983		64.00	32	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
4	1984		54.30	43	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18
4	1985		62.40	33	1.55	1.54	1.54	1.54	1.54
4	1986		117.40	3	17.00	20.90	19.58	18.67	19.31
6	1987		37.00	50	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
4	1988		97.40	5	10.20	11.11	10.99	10.72	10.91

### ESTAÇÃO 2892679 (00438014) - SÉRIE DE PLUVIOMETRIA MÁXIMA

MONTH	WAT	YR	PEAK VALUE mm	RANK	WEIBULL	RETURN PERIOD			CUNNAME
						HAZEN	GRINGORTEN	CHRGODAYEV	
5		1962	66 00	9	3 11	3 18	3 17	3 15	3 16
4		1963	64 20	12	2 33	2 35	2 35	2 34	2 34
4		1964	78 00	5	5 60	6 00	5 95	5 83	5 91
4		1965	63 20	13	2 15	2 16	2 16	2 16	2 16
4		1966	48 30	20	1 40	1 38	1 39	1 39	1 39
2		1967	76 30	7	4 00	4 15	4 13	4 09	4 12
3		1968	49 20	19	1 47	1 46	1 46	1 47	1 46
4		1969	86 00	4	7 00	7 71	7 62	7 41	7 56
3		1970	61 40	15	1 87	1 86	1 86	1 86	1 86
3		1971	129 80	1	28 00	54 00	48 43	39 14	45 33
12		1972	47 20	22	1 27	1 26	1 26	1 26	1 26
4		1973	46 80	23	1 22	1 20	1 20	1 21	1 20
4		1974	76 60	6	4 67	4 91	4 88	4 81	4 86
5		1975	45 40	24	1 17	1 15	1 15	1 16	1 15
2		1976	36 20	28	1 08	1 06	1 06	1 07	1 06
2		1977	61 20	16	1 75	1 74	1 74	1 75	1 74
6		1978	41 60	25	1 12	1 10	1 10	1 11	1 11
3		1979	35 20	27	1 04	1 02	1 02	1 03	1 02
3		1980	67 60	8	3 50	3 60	3 59	3 56	3 58
3		1981	60 60	17	1 65	1 64	1 64	1 64	1 64
3		1982	48 20	21	1 33	1 32	1 32	1 32	1 32
2		1983	65 60	10	2 80	2 84	2 84	2 82	2 83
4		1984	54 40	18	1 56	1 54	1 54	1 55	1 55
5		1985	101 40	3	9 33	10 80	10 59	10 15	10 46
4		1986	115 80	2	14 00	18 00	17 38	16 12	17 00
3		1987	64 60	11	2 55	2 57	2 57	2 56	2 57
12		1988	62 00	14	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00

**ESTAÇÃO 2892531 (00438035)- ANÁLISE DE FREQUÊNCIA**

SAMPLE SIZE = 50

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 70.00 STD DEV = 20.80 COEF OF SKEW = 1.7998

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.21226 STD DEV = 2.6310 COEF OF SKEW = 7.220

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.82936 STD DEV = 1.1426 COEF OF SKEW = 7.224

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	70.00	67.51	65.34	66.74	64.78	64.30	65.43
2.33	73.73	70.77	68.55	70.54	67.97	67.58	68.57
5.00	87.66	84.41	83.50	87.05	83.76	83.40	83.20
10.00	97.02	95.02	96.83	100.50	99.29	97.63	96.39
20.00	104.87	104.94	110.64	113.40	116.89	112.09	110.29
50.00	113.89	117.61	130.14	130.10	144.37	131.79	130.45
100.00	120.03	127.10	146.11	142.61	169.13	147.25	147.48
200.00	125.75	136.64	163.34	155.08	198.02	163.26	166.40
500.00	132.83	149.45	188.31	171.53	243.81	185.35	194.93
1000.00	137.92	159.38	209.11	183.96	285.33	202.80	219.69
10000.00	153.63	194.42	292.52	225.24	480.92	265.90	328.74

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	0.0000	00	00	00	00	00	00	00
1	14286	47.79	50.98	51.28	48.23	51.26	49.77	50.84
2	28571	58.22	58.17	56.94	56.13	56.65	53.18	56.31
3	42857	66.25	64.39	62.40	63.14	61.90	57.36	61.55
4	57143	73.74	70.78	68.56	70.57	68.00	62.74	67.42
5	71429	81.77	78.35	76.55	79.69	76.31	70.33	75.04
6	85714	92.21	89.40	89.59	93.68	91.08	83.31	87.52
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		21.680	15.800	11.880	14.120	11.040	17.760	11.600

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 12.592

**ESTAÇÃO 2892679 (00438014) - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA**

SAMPLE SIZE = 27

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 64.92 STD DEV = 22.59 COEF OF SKEW = 1.3410

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.12173 STD DEV = 3.1985 COEF OF SKEW = 4.509

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.79004 STD DEV = 1.3890 COEF OF SKEW = 4.535

RETURN PERIOD (YRS)	FREQUENCY DISTRIBUTION						
	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	64.92	61.67	60.71	61.50	58.75	60.12	60.21
2.33	68.99	65.32	64.44	65.85	62.48	63.95	63.79
5.00	84.25	81.08	81.12	84.76	81.67	81.31	80.34
10.00	94.62	93.91	95.37	100.16	101.57	96.08	95.24
20.00	103.44	106.41	109.76	114.94	125.21	110.71	111.02
50.00	113.75	123.13	129.72	134.06	164.15	130.42	134.21
100.00	120.90	136.25	145.90	148.39	201.08	145.84	154.11
200.00	127.68	149.98	163.27	162.67	246.14	161.87	176.63
500.00	136.24	169.31	188.46	181.50	321.38	184.16	211.40
1000.00	142.51	185.01	209.49	195.74	393.16	201.98	242.39
10000.00	162.59	245.86	295.30	243.01	767.81	269.35	387.95

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	20000	45.91	47.11	46.47	44.21	45.99	43.72	46.38
2	40000	59.20	56.87	55.90	55.77	54.17	52.08	54.99
3	60000	70.64	66.87	66.03	67.76	64.20	61.86	64.51
4	80000	83.93	80.71	80.73	84.76	81.67	76.58	78.89
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.778	3.185	3.556	6.889	2.074	2.815	1.333

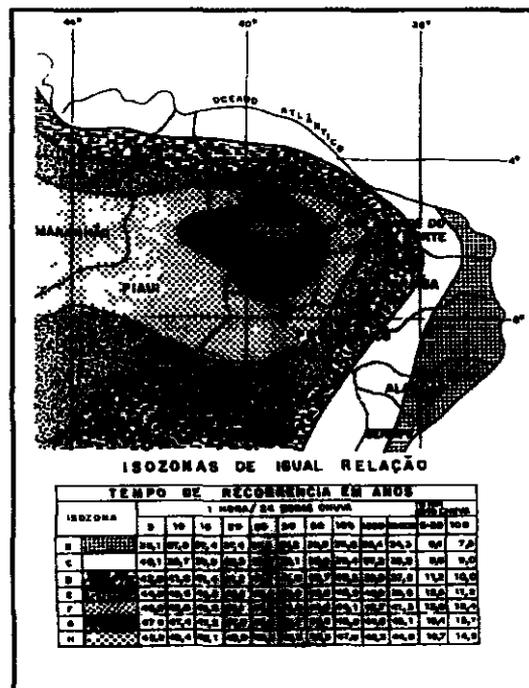
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.486

3 2 4 - Método das Isozonas (TORRICO, 1975) <sup>3</sup>

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

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

- 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 do Batente está localizada dentro da isozona D,
- 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



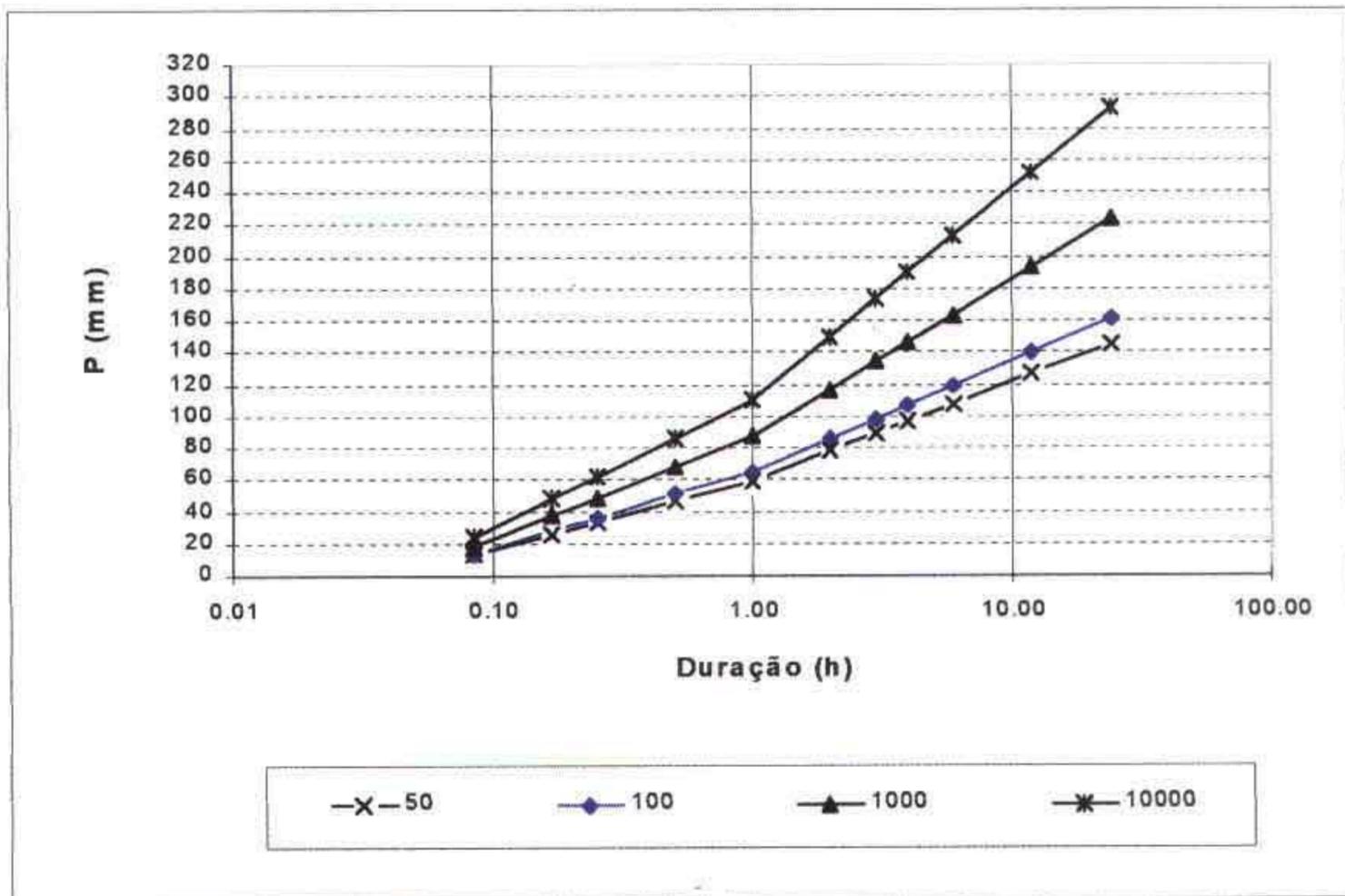
**FIGURA 3.1 - MÉTODO DAS ISOZONAS DE TABORGA**

<sup>3</sup>TORRICO, J T, 1975 PRATICAS HIDROLÓGICAS, 2ª Ed, TRANSCOM, RIO DE JANEIRO

Aplicou-se a metodologia acima descrita para o posto pluviométrico 00438035 (Olho D' Água), o qual, além de ser considerado representativos da área de interesse, possuía a série mais extensa para o estudo de frequências. Estes resultados são apresentados na Tabela 3.6 e Figura 3.2.

**Tabela 3.6 - 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	13.5	33.6	59.0	77.8	88.7	107.5	126.2	145.0
P(mm) - TR 100	13.5	36.4	65.3	86.4	98.7	119.8	140.9	162.0
P(mm) - TR 1000	18.6	48.8	87.0	116.7	134.0	163.7	193.4	223.1
P (mm) - TR 10000	24.4	62.2	110.0	149.8	173.1	212.9	252.7	292.5



**Figura 3.2 - Curva Altura de chuva - duração - 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:

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

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

$P_A$  = Precipitação sobre toda a área;

$P_o$  = Chuva pontual;

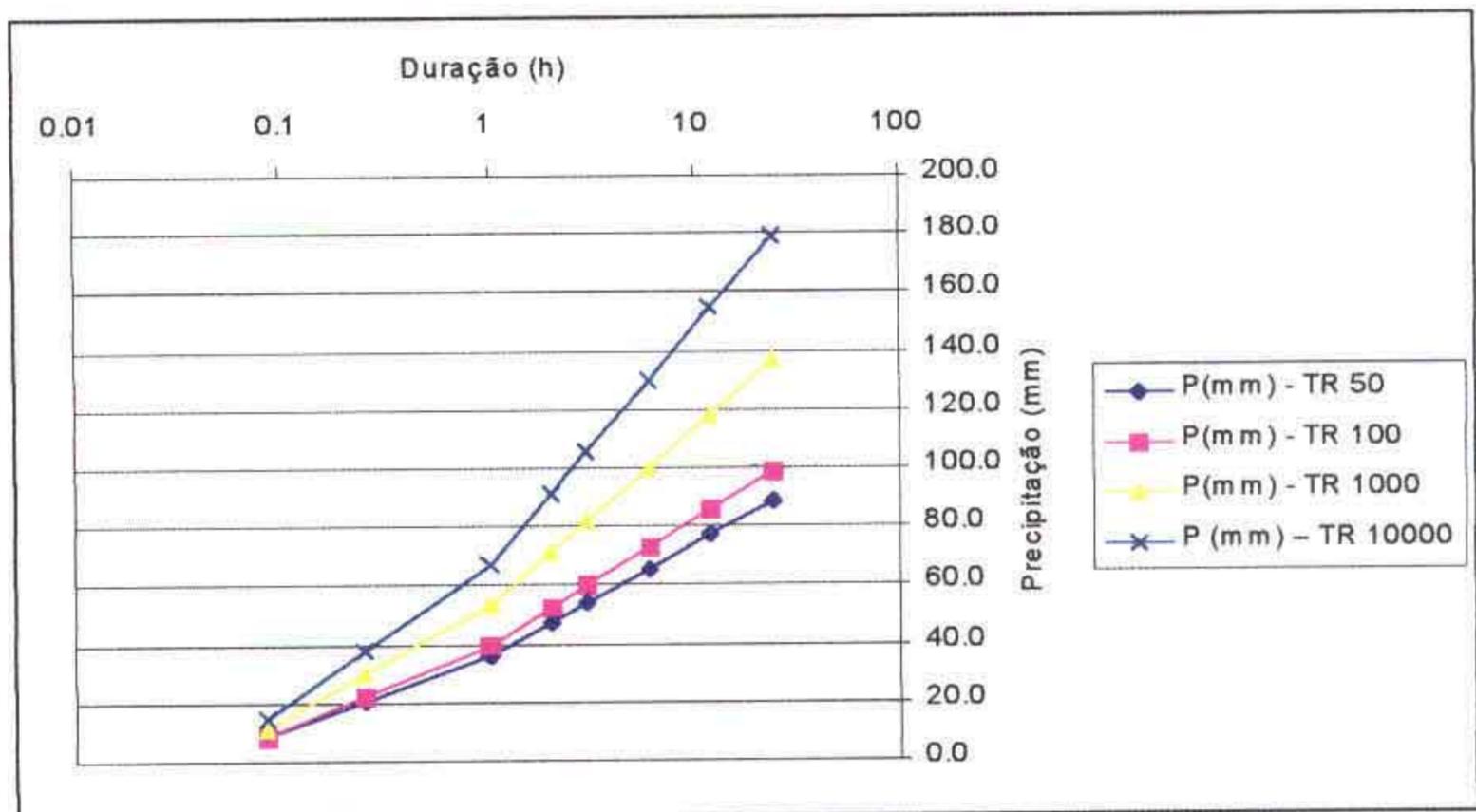
$A = 1438,3 \text{ km}^2$  (área da bacia hidrográfica a montante da barragem Batente);

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

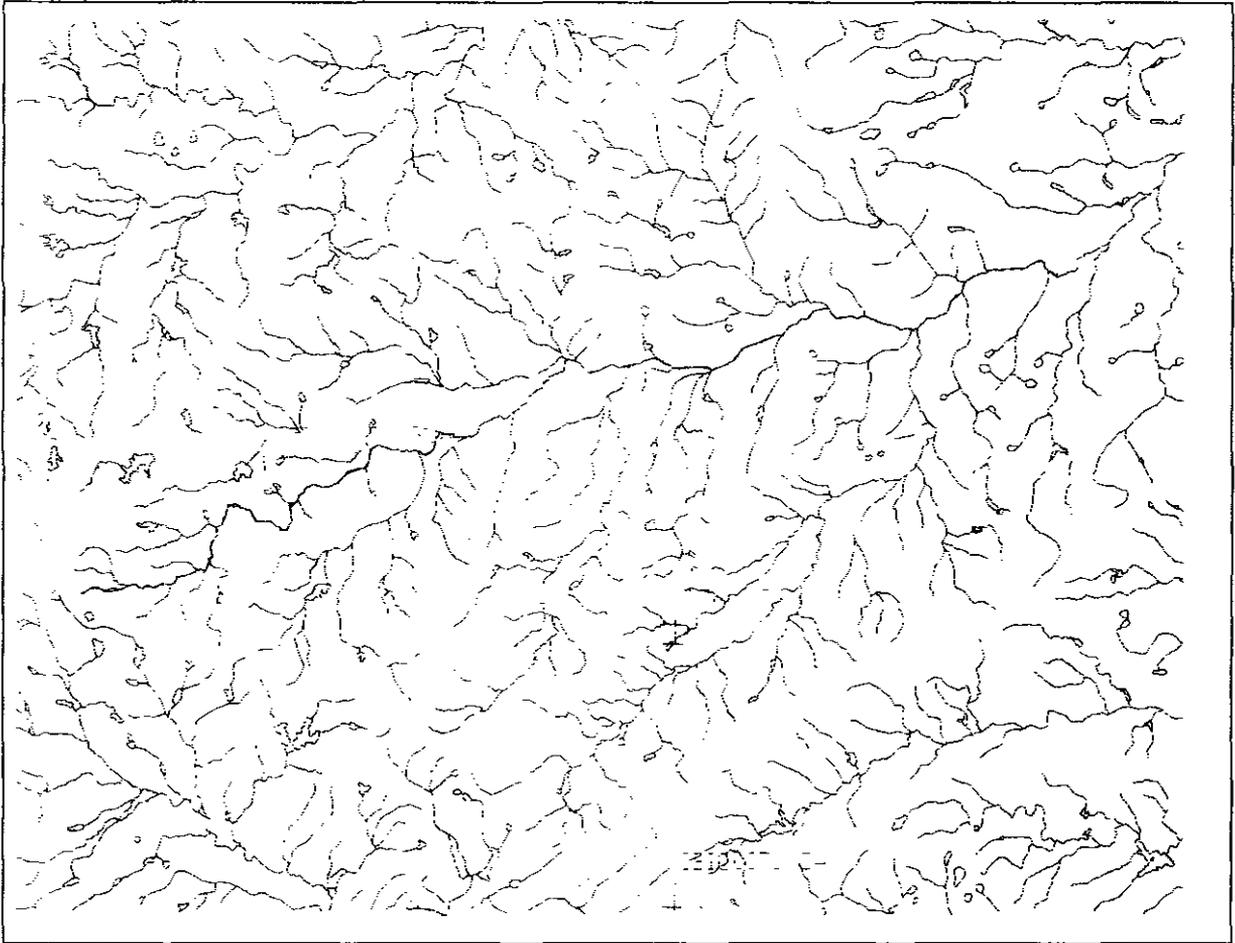
O resultado da aplicação da equação acima à bacia hidrográfica estudada é apresentado abaixo na Tabela 3.7 e na Figura 3.3.

**Tabela 3.7 - Precipitação reduzida sobre a bacia do Açude Batente ( $A= 1438,3 \text{ km}^2$ )**

Duração	5 min	15 min	60 min	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
<b>P(mm) - TR 50</b>	8.3	20.6	36.2	47.7	54.4	65.9	77.3	88.9
<b>P(mm) - TR 100</b>	8.3	22.3	40.0	52.9	60.5	73.4	86.3	99.3
<b>P(mm) - TR 1000</b>	11.4	29.9	53.3	71.5	82.1	100.3	118.5	136.7
<b>P (mm) - TR 10000</b>	15.0	38.1	67.4	91.8	106.1	130.5	154.9	179.2



**Figura 3.3 - Curva Altura de chuva - duração - Frequência reduzida (TR= 50, 100, 1000 e 10000 anos)**



**Figura 3.4 - Bacia Hidrográfica do Açude Batente mostrando a posição dos principais postos pluviométricos**

## **4 - REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES**

### **4.1 - Estudo de Deflúvios**

O presente capítulo visa obter uma avaliação qualitativa e quantitativa da disponibilidade natural de água escoada superficialmente sobre a bacia do Rio Pirangi até a seção da barragem do Batente

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude Batente foi realizada objetivando fornecer elementos para a caracterização do regime hidrológico médio, servindo como parâmetro para o modelo de operação simulada do balanço hídrico no reservatório. Este modelo visa, primordialmente, estimar as vazões regularizadas do açude batente para as alternativas de volume máximo analisadas

#### **4.1.1 - Metodologia**

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

No local da Barragem estudada não há registros de vazão. Assim, existem duas alternativas para obtenção das séries de deflúvios

- 1 Transferência de informações de vazões de bacias semelhantes (no caso o posto fluviométrico Caio Prado),
- 2 Aplicação de um modelo chuva-deflúvio

Especificamente, existe o posto fluviométrico de Caio Prado, nas proximidades da bacia hidrográfica estudada. Devido à homogeneidade do regime pluviométrico entre as duas bacias optou-se por estimar os deflúvios no Rio Pirangi a partir dos deflúvios em Caio Prado

A série de deflúvios afluentes a seção Caio Prado já havia sido estendida utilizando o modelo MODHAC<sup>4</sup>, cujos resultados no PERH-CE demonstraram uma boa adequação aos dados observados na bacia hidrográfica em questão. Esta série foi recentemente atualizada pelo Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas, chegando até o ano de 1996.

#### 4.1.2 - Série de Vazões afluentes

Abaixo é apresentada a série de lâminas afluentes estimadas, em mm, ao açude Batente. A série de vazões afluentes, em m<sup>3</sup>/s, é mostrada também na tabela 4.2, acompanhada das estatísticas mais relevantes como média, desvio padrão, máximos médios anuais e mensais e quantis.

As principais características do regime hidrológico médio da bacia hidrográfica são resumidas a seguir:

- Coeficiente de Escoamento  $\simeq 10\%$
- Lâmina Escuada Média  $\simeq 83$  mm
- Volume escoado médio  $\simeq 119.09$  hm<sup>3</sup>/ano
- Coeficiente de Variação  $\simeq 1,25$

O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 10%.

---

<sup>4</sup> MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - A. E. L. Lanna & M. Schwarzbach - 1989. Publicação de Recursos Hídricos 21 - Instituto de Pesquisas Hidráulicas I.P.H. - U.F.R.G.S.

**TABELA 4 6 - LÂMINA MEDIA (mm) ESCOADA AFLUENTE A BARRAGEM DE BATENTE**

Deflúvios (mm)	Totais Mensais												Total Anual
	Ano	Jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	
1912	0 0	11 6	17 9	19 4	13 6	7 1	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	71 6
1913	0 0	0 0	2 0	33 0	13 3	5 7	5 3	0 9	0 0	0 0	0 0	0 0	60 3
1914	0 0	0 2	0 4	2 7	32 6	4 8	4 5	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	45 2
1915	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1916	0 0	0 0	0 1	1 6	32 2	3 2	0 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	38 0
1917	0 2	28 8	108 9	10 1	69 3	14 7	12 1	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	246 1
1918	0 0	0 0	0 0	0 5	0 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 9
1919	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2
1920	0 0	0 0	22 2	7 3	3 7	3 6	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 2
1921	0 0	0 2	93 8	52 9	112 4	17 7	15 0	8 4	0 2	0 0	0 0	0 0	300 5
1922	0 0	0 0	0 1	60 7	47 3	9 4	8 6	1 6	0 0	0 0	0 0	0 0	127 8
1923	0 0	18 2	2 4	11 8	4 0	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 5
1924	14 1	12 9	109 0	200 1	34 3	18 3	16 7	5 9	0 0	0 0	0 0	0 0	411 2
1925	0 0	0 0	81 9	79 2	12 7	8 8	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	183 7
1926	0 0	0 0	61 8	39 5	33 9	9 1	1 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	146 2
1927	0 0	0 0	0 2	0 2	0 8	0 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 7
1928	0 0	0 0	0 0	0 0	17 9	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 1
1929	0 0	0 1	0 5	18 4	3 1	0 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	22 5
1930	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2
1931	0 0	0 0	0 3	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 4
1932	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
1933	0 0	0 0	0 1	52 7	5 2	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	59 3
1934	0 0	0 0	35 2	18 6	37 2	9 6	4 5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	105 0
1935	0 0	0 0	0 3	17 9	11 3	4 7	4 6	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	39 2
1936	0 0	0 0	0 3	0 0	0 1	0 5	0 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 5
1937	0 0	0 1	0 3	16 4	23 5	10 1	4 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	54 5
1938	0 0	0 0	18 7	42 8	6 7	6 2	0 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	75 1
1939	0 0	21 6	46 9	5 6	6 0	1 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	82 0
1940	0 0	0 0	0 1	72 9	60 7	15 1	12 2	6 2	0 0	0 0	0 0	0 0	167 2
1941	0 0	0 0	4 0	1 3	1 9	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	7 2
1942	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
1943	0 0	0 0	0 0	12 4	2 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 5
1944	0 0	0 0	0 1	16 3	17 3	5 0	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	40 1
1945	0 0	5 5	2 0	27 3	35 9	7 7	8 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	88 4
1946	0 0	0 1	0 6	3 8	2 2	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 9
1947	0 0	0 0	31 1	47 5	49 6	10 1	4 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	143 3
1948	0 0	0 0	1 1	1 2	2 0	2 5	0 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	7 6

1949	00	00	19 5	33 3	22 9	7 7	3 4	00	00	00	00	00	86 8
1950	00	00	26 4	153 4	40 4	15 5	7 3	02	00	00	00	00	243 2
1951	00	00	00	2 0	1 1	22 0	2 8	00	00	00	00	00	28 0
1952	00	00	01	0 4	1 4	1 0	00	00	00	00	00	00	2 9
1953	00	00	00	0 1	12 4	2 2	0 2	00	00	00	00	00	14 9
1954	00	00	00	0 0	0 1	0 3	0 0	00	00	00	00	00	0 5
1955	00	00	02	31 7	35 3	6 3	1 1	00	00	00	00	00	74 6
1956	00	02	8 4	58 4	5 2	0 4	0 0	00	00	00	00	00	72 6
1957	00	00	19 9	48 9	7 9	4 9	0 1	00	00	00	00	00	81 7
1958	00	00	00	0 0	0 2	0 3	0 0	00	00	00	00	00	0 5
1959	00	02	13 5	24 0	5 2	4 7	0 5	00	00	00	00	00	48 1
1960	00	00	91 2	38 0	10 7	8 6	1 4	00	00	00	00	00	149 9
1961	00	26 2	60 3	74 0	13 2	12 0	5 2	00	00	00	00	00	191 0
1962	00	00	23 0	41 7	6 5	4 5	0 1	00	00	00	00	00	75 8
1963	01	0 5	92 6	32 8	14 5	9 1	1 6	00	00	00	00	00	151 1
1964	9 4	18 4	58 9	121 6	76 5	18 3	18 3	15 7	4 3	00	00	00	341 5
1965	00	00	00	78 8	14 6	45 4	10 9	2 4	00	00	00	00	152 2
1966	00	00	00	0 0	0 1	0 4	0 3	00	00	00	00	00	0 9
1967	00	00	9 2	51 7	35 4	8 7	5 5	0 4	00	00	00	00	110 9
1968	00	00	8 1	2 0	38 9	5 7	1 6	00	00	00	00	00	56 3
1969	00	00	0 1	43 6	4 5	4 7	16 4	5 0	00	00	00	00	74 3
1970	00	00	0 1	0 1	0 2	0 0	0 0	00	00	00	00	00	0 4
1971	00	00	0 1	9 9	12 5	16 9	5 1	1 3	00	00	00	00	45 8
1972	00	00	00	0 0	0 3	0 0	0 0	00	00	00	00	00	0 3
1973	00	00	13 8	91 0	39 0	21 0	13 1	7 7	0 1	00	00	00	185 7
1974	51 9	28 8	109 5	165 1	191 5	66 8	17 8	8 6	0 2	00	00	00	640 2
1975	00	00	14 8	2 3	12 3	4 8	5 0	2 2	00	00	00	00	41 3
1976	00	00	0 4	1 0	0 8	0 0	0 0	00	00	00	00	00	2 2
1977	00	01	0 5	10 0	94 7	13 6	10 0	5 4	00	00	00	00	134 4
1978	00	01	0 5	0 3	0 7	1 0	0 1	00	00	00	00	00	2 7
1979	00	00	00	0 0	0 2	0 6	0 0	00	00	00	00	00	0 8
1980	00	36 0	36 2	5 7	1 8	0 0	0 0	00	00	00	00	00	79 7
1981	00	00	70 6	11 9	4 8	0 2	0 0	00	00	00	00	00	87 5
1982	00	00	0 2	0 7	0 9	0 3	0 0	00	00	00	00	00	2 1
1983	00	01	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	00	00	00	00	00	0 3
1984	00	00	00	33 0	78 4	19 9	9 4	1 8	00	00	00	00	142 6
1985	00	5 2	106 5	67 5	55 0	24 8	18 0	13 1	1 9	00	00	00	291 9
1986	00	02	48 1	101 3	46 2	15 6	14 3	4 8	00	00	00	00	230 5
1987	00	00	0 1	7 0	2 0	0 0	0 1	00	00	00	00	00	9 2
1988	00	00	00	64 0	67 4	10 2	7 6	0 4	00	00	00	00	149 6
1989	00	00	00	31 0	29 7	7 5	29 6	4 4	00	00	00	00	102 2
1990	00	00	0 1	0 0	0 4	0 4	0 0	0 0	00	00	00	00	0 9

1991	00	00	01	06	198	17	00	00	00	00	00	00	22 2
1992	00	39	12	19	11	00	00	00	00	00	00	00	8 1
1993	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0 0
1994	00	01	38	28 9	26 1	51 8	19 8	40	00	00	00	00	134 5
1995	00	00	00	23 3	17 0	15 7	50	07	00	00	00	00	61 8
1996	01	01	02	42 2	16 3	4 8	02	00	00	00	00	00	63 9
Média	09	26	17 4	28 4	20 7	7 5	40	12	01	00	00	00	82 8
DP	5 9	7 3	31 0	39 1	30 2	11 2	6 1	2 9	0 5	00	00	00	105 6
CV	6 527	2 840	1 779	1 379	1 458	1 483	1 519	2 318	6 367	9 165	7 033	4 865	1 275
Mínimo	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0 0
Máximo	51 9	36 0	109 5	200 1	191 5	66 8	29 6	15 7	4 3	00	00	0 1	640 2

Deflúvios (m <sup>3</sup> /s)	Totais Mensais												Média Anual
	Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	
1912	0 003	6 425	9 952	10 751	7 545	3 914	1 135	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 310
1913	0 009	0 009	1 084	18 329	7 405	3 137	2 957	0 513	0 000	0 000	0 000	0 002	2 787
1914	0 017	0 106	0 214	1 475	18 068	2 651	2 479	0 055	0 000	0 000	0 000	0 000	2 089
1915	0 000	0 000	0 000	0 006	0 001	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 003	0 001
1916	0 012	0 021	0 072	0 898	17 871	1 759	0 476	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	1 759
1917	0 130	15 992	60 456	5 588	38 432	8 133	6 692	1 113	0 000	0 000	0 000	0 001	11 378
1918	0 001	0 013	0 011	0 250	0 194	0 004	0 000	0 004	0 000	0 000	0 000	0 000	0 040
1919	0 082	0 002	0 000	0 000	0 003	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 007
1920	0 000	0 000	12 327	4 055	2 075	2 014	0 183	0 000	0 000	0 000	0 000	0 002	1 721
1921	0 003	0 088	52 022	29 369	62 395	9 833	8 317	4 641	0 105	0 000	0 000	0 000	13 898
1922	0 000	0 000	0 032	33 705	26 231	5 210	4 799	0 911	0 000	0 000	0 000	0 002	5 908
1923	0 002	10 126	1 331	6 532	2 233	0 604	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001	0 000	1 736
1924	7 810	7 135	60 469	111 038	19 054	10 171	9 239	3 257	0 000	0 000	0 000	0 000	19 014
1925	0 001	0 001	45 461	43 964	7 020	4 878	0 630	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	8 496
1926	0 000	0 008	34 284	21 921	18 832	5 040	1 068	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	6 763
1927	0 000	0 003	0 085	0 090	0 455	0 330	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 080
1928	0 000	0 000	0 010	0 026	9 930	0 049	0 008	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 835
1929	0 001	0 038	0 285	10 225	1 695	0 219	0 019	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	1 040
1930	0 006	0 003	0 001	0 070	0 000	0 008	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 007
1931	0 004	0 008	0 164	0 046	0 000	0 009	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 019
1932	0 001	0 001	0 027	0 002	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 002
1933	0 001	0 004	0 034	29 253	2 880	0 732	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	2 742
1934	0 000	0 007	19 513	10 322	20 649	5 307	2 488	0 000	0 000	0 000	0 000	0 003	4 857
1935	0 000	0 013	0 171	9 959	6 270	2 622	2 578	0 135	0 000	0 000	0 000	0 000	1 812
1936	0 000	0 013	0 164	0 014	0 073	0 295	0 249	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 067
1937	0 000	0 028	0 180	9 114	13 065	5 588	2 261	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	2 520
1938	0 005	0 000	10 361	23 723	3 711	3 450	0 414	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 472
1939	0 001	11 970	25 998	3 123	3 318	1 067	0 000	0 000	0 000	0 001	0 000	0 000	3 790
1940	0 003	0 009	0 054	40 424	33 698	8 374	6 797	3 425	0 002	0 000	0 000	0 000	7 732
1941	0 000	0 008	2 192	0 742	1 040	0 038	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 335
1942	0 000	0 028	0 015	0 017	0 002	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001	0 000	0 005
1943	0 001	0 024	0 014	6 862	1 120	0 035	0 003	0 000	0 000	0 000	0 000	0 011	0 673
1944	0 013	0 007	0 061	9 064	9 627	2 757	0 737	0 000	0 000	0 000	0 000	0 004	1 856
1945	0 004	3 057	1 121	15 152	19 895	4 285	4 448	1 093	0 000	0 000	0 000	0 000	4 088
1946	0 002	0 064	0 324	2 111	1 228	0 077	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 317
1947	0 001	0 015	17 272	26 377	27 548	5 619	2 632	0 000	0 000	0 000	0 003	0 069	6 628
1948	0 001	0 000	0 592	0 660	1 130	1 383	0 467	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 353
1949	0 000	0 006	10 839	18 493	12 691	4 261	1 891	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	4 015
1950	0 000	0 004	14 640	85 103	22 392	8 626	4 070	0 097	0 000	0 000	0 000	0 000	11 244
1951	0 002	0 000	0 001	1 135	0 629	12 222	1 559	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001	1 296

1952	0 001	0 002	0 028	0 247	0 775	0 542	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 002	0 133
1953	0 000	0 000	0 008	0 039	6 859	1 223	0 123	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 688
1954	0 002	0 017	0 023	0 011	0 072	0 160	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 024
1955	0 002	0 014	0 126	17 594	19 572	3 505	0 598	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001	3 451
1956	0 000	0 065	4 673	32 388	2 900	0 244	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 358
1957	0 001	0 001	11 044	27 138	4 393	2 713	0 049	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 778
1958	0 000	0 000	0 001	0 004	0 103	0 170	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 023
1959	0 006	0 117	7 482	13 328	2 894	2 601	0 290	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	2 226
1960	0 000	0 000	50 610	21 092	5 951	4 787	0 754	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	6 933
1961	0 010	14 565	33 457	41 042	7 339	6 648	2 909	0 019	0 000	0 000	0 000	0 000	8 832
1962	0 001	0 003	12 782	23 167	3 589	2 480	0 054	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 506
1963	0 037	0 272	51 386	18 179	8 035	5 042	0 886	0 000	0 000	0 000	0 000	0 002	6 987
1964	5 238	10 220	32 694	67 467	42 430	10 169	10 172	8 686	2 399	0 000	0 000	0 000	15 789
1965	0 002	0 003	0 013	43 752	8 083	25 169	6 062	1 346	0 000	0 000	0 000	0 000	7 036
1966	0 000	0 001	0 013	0 027	0 062	0 224	0 154	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 040
1967	0 000	0 013	5 096	28 707	19 661	4 829	3 044	0 198	0 000	0 000	0 000	0 000	5 129
1968	0 003	0 003	4 498	1 111	21 568	3 136	0 903	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	2 602
1969	0 001	0 001	0 044	24 204	2 518	2 592	9 107	2 765	0 017	0 000	0 000	0 000	3 437
1970	0 007	0 014	0 039	0 080	0 097	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 020
1971	0 006	0 006	0 036	5 474	6 916	9 376	2 850	0 739	0 000	0 000	0 000	0 000	2 117
1972	0 001	0 008	0 001	0 002	0 145	0 018	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 010	0 015
1973	0 011	0 008	7 640	50 507	21 661	11 626	7 252	4 292	0 067	0 000	0 000	0 000	8 589
1974	28 826	15 974	60 747	91 634	106 242	37 068	9 877	4 748	0 124	0 000	0 000	0 001	29 604
1975	0 002	0 002	8 193	1 255	6 807	2 685	2 767	1 217	0 000	0 000	0 000	0 001	1 911
1976	0 000	0 021	0 221	0 531	0 427	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 100
1977	0 002	0 068	0 285	5 569	52 556	7 528	5 574	3 019	0 000	0 000	0 000	0 000	6 217
1978	0 000	0 050	0 286	0 193	0 374	0 563	0 053	0 000	0 000	0 000	0 000	0 002	0 127
1979	0 000	0 001	0 008	0 006	0 134	0 309	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 038
1980	0 001	19 997	20 067	3 145	1 011	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	3 685
1981	0 000	0 000	39 160	6 623	2 669	0 112	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 004	4 047
1982	0 002	0 013	0 131	0 364	0 486	0 190	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 099
1983	0 000	0 049	0 088	0 008	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 012
1984	0 001	0 010	0 021	18 329	43 520	11 034	5 239	0 994	0 001	0 000	0 000	0 000	6 596
1985	0 010	2 874	59 072	37 481	30 529	13 761	9 972	7 261	1 028	0 000	0 000	0 003	13 499
1986	0 003	0 132	26 677	56 229	25 631	8 635	7 938	2 679	0 000	0 000	0 000	0 000	10 660
1987	0 000	0 004	0 060	3 863	1 099	0 022	0 053	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 425
1988	0 000	0 001	0 016	35 486	37 387	5 641	4 207	0 249	0 000	0 000	0 000	0 002	6 916
1989	0 003	0 003	0 017	17 215	16 459	4 176	16 423	2 433	0 000	0 000	0 000	0 008	4 728
1990	0 005	0 001	0 052	0 003	0 242	0 213	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 043
1991	0 000	0 002	0 046	0 348	10 987	0 939	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	1 027
1992	0 001	2 138	0 693	1 050	0 630	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 376
1993	0 000	0 001	0 006	0 002	0 001	0 001	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001
1994	0 001	0 028	2 127	16 023	14 477	26 763	10 997	2 206	0 000	0 000	0 000	0 001	6 219
1995	0 004	0 008	0 016	12 949	9 440	8 714	2 775	0 371	0 000	0 000	0 000	0 000	2 856
1996	0 032	0 057	0 118	23 421	9 056	2 688	0 084	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	2 955
Média	0 498	1 436	9 666	15 733	11 485	4 176	2 232	0 688	0 044	0 000	0 000	0 002	3 830
D P	3 270	4 101	17 297	21 824	16 845	6 233	3 411	1 604	0 282	0 000	0 000	0 008	4 913

C.V.	6 566	2 857	1 789	1 387	1 467	1 492	1 528	2 332	6 405	9 220	7 075	4 893	1 283
Mínimo	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 001
Máximo	28 826	19 997	60 747	111 038	106 242	37 068	16 423	8 686	2 399	0 001	0 003	0 069	29 604
Quantis (90)	0 012	5 078	37 210	40 795	29 337	10 034	7 663	2 731	0 000	0 000	0 000	0 003	8 735
Quantis (75)	0 004	0 050	10 839	23 421	18 068	5 307	2 909	0 249	0 000	0 000	0 000	0 001	5 908
Quantis (50)	0 001	0 008	0 214	6 623	5 951	2 601	0 414	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	2 520
Quantis (25)	0 000	0 002	0 028	0 250	0 629	0 170	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 133
Quantis (10)	0 000	0 000	0 009	0 009	0 066	0 001	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 019

## 4.2 - Simulação da Operação do Reservatório

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 impacto do aumento da capacidade do açude Batente na regularização anual do mesmo reservatório, isto é, qual o ganho efetivo em termos de volume de água disponível ao longo da sua vida útil.

Os objetivos centrais deste capítulo são

- 1 análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para o Reservatório Batente,
- 2 estimativa das perdas por evaporação e sangria nos dois cenários, cota 99,0 e cota 100,0

### 4.2.1 - Metodologia

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

#### 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

$\alpha$  - 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)<sup>5</sup>, a saber

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

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

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

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

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

<sup>5</sup> CAMPOS, J N B 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMI-TENTES TESE PARA CONCURSO DE PROF TITULAR UFC

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**

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

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

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

**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

## 4.2.2 - Resultados

### **Parâmetros utilizados**

As características da série de vazões afluentes ao açude Batente e os parâmetros utilizados na simulação da operação são os seguintes

#### **Barragem Batente**

- Área da Bacia hidrográfica 1438,3 km<sup>2</sup>
  - Lâmina média escoada anual 83 mm
  - Volume afluente médio escoado ( $\mu$ ) 119,091 hm<sup>3</sup>/ano
  - Fator de forma da bacia hidráulica ( $\alpha$ ) 29850
  - Coeficiente de variação (CV) 1,25
  - Evaporação durante a estação seca (E) 1,053 m
  - Fator de capacidade ( $f_k$ ) 0,25 (cota 99,0) e 0,34 (cota 100,0)

### **Análise do reservatório Batente**

No caso da *Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico*, as características do regime hidrológico foram utilizadas para a geração da série de vazões afluente ao reservatório. Para aplicação deste método faz-se necessário a determinação do fator de forma  $\alpha$ , da lâmina evaporada e do fator adimensional de capacidade. O fator adimensional de capacidade é variável, uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 29850$$

$$E = 0,8 \cdot (175,0 + 216,0 + 235,0 + 249,0 + 231,0 + 211,0)$$

$$E = 1053 \text{ mm}$$

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

$$f_E = 0,20$$

Com base nestes valores utilizou-se a solução direta da equação do balanço hídrico para o estudo incremental de capacidades do açude Batente Na Tabela 5.1 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de  $f_K$ , assim como a vazão regularizada com 90% de garantia

**QUADRO 4.1 - ESTUDO INCREMENTAL DE CAPACIDADES DO AÇUDE  
BATENTE 90% DE GARANTIA**

Cota	%Evp	%Sng	%Lib	K	$f_K$	$f_E$	Q90	Q90
	(%)	(%)	(%)	(hm <sup>3</sup> )			(hm <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /s)
99,0	5,36	85,83	8,81	28.977	0,25	0,2	10.650	0,34
100,0	6,69	81,68	11,64	40.105	0,34	0,2	14.083	0,45

LIB - VOLUME LIBERADO (em % do volume afluente)

SNG - VOLUME SANGRADO (em % do volume afluente)

EVP - VOLUME EVAPORADO (em % do volume afluente)

K = capacidade do reservatório

Q90 = vazão regularizada com 90% de garantia

A interpretação dos dados sobre a eficiência hidrológica do reservatório mostra que houve um ganho considerável, 20% a mais, de regularização quando incrementou-se a capacidade do reservatório Batente. Passamos de 370 l/s para 450 l/s regularizados anualmente, com um risco de falha de 10%, quando foi elevada a cota máxima de sangria para 100,0 m

## 5 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

### 5.1 - Estudo das Cheias de Projeto

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

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

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

#### 5.1.1 - Metodologia

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

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hidrograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento.

no sangradouro. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1<sup>6</sup>

As relações chuva-deflúvio para a bacia do açude Batente foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia, foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondentes a 1 000 anos ( $T_r$  = tempo de retorno)

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

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

#### 5 1 1 1 - Precipitação

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

Utilizou-se o método de Taborga para calcular a chuva de projeto. A Tabela 5 1 apresenta a chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1 000 anos e 10 000 anos.

---

<sup>6</sup>US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 1980 HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USERS MANUAL, 415 p

**Tabela 5.1 - Chuva de Projeto Adotada (mm)**

Duração	5 min	15 min	60 min	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
P(mm) - TR 1000	11 4	29 9	53 3	71 5	82 1	100 3	118 5	136 7
P (mm) - TR 10000	15 0	38 1	67 4	91 8	106 1	130 5	154 9	179 2

O hietograma de projeto tem uma duração igual 24 horas, bem maior que o tempo de concentração da bacia para considerar efeitos do volume de cheia no dimensionamento do sangradouro. Foi estimado aqui pela fórmula do Califórnia Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich

$$T_c = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

onde  $T_c$  = tempo de concentração em minutos,  $L$  = comprimento do maior talvegue em km,  $\Delta H$  = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório. Logo, para a bacia do Batente tem-se

Seção Batente  $L = 12,8 \text{ km}$

$\Delta H = 110,0 \text{ m}$

**Tabela 5.2 - Parâmetros para determinação do hidrograma**

BACIA	AREA (km <sup>2</sup> )	Compr. Talvegue principal (km)	Declividade (m/km)	TC (h)	Tlag (h)	CN	Velocidade média (m/s)
Batente	3438,3	70,92	1,55	21,35	12,81	73	0,92

Os dados mostrados acima são as características básicas determinadas para o cálculo da vazão e tempos de pico do hidrograma de cheia

#### 5.1.1.2 - Precipitação Efetiva

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

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

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

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

A equação de escoamento do SCS é dada por

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

onde Q = escoamento

P = precipitação

S = capacidade máxima de armazenamento do solo

I<sub>a</sub> = perdas antes do início do escoamento

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

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

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

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

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

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

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

#### CONDIÇÕES SECAS

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

#### CONDIÇÕES ÚMIDAS

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

Alternativamente, os  $CNs$  para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas<sup>7</sup>

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

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos com pouco silte e argilla
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundo que o do tipo A e com permeabilidade superior à média

<sup>7</sup> PONCE, V M , 1989 ENGINEERING HYDROLOGY PRINCIPLES AND PRACTICES PRENTICE HALL, NEW JERSEY. 640 P

- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial

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

A chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1 000 anos foi aquela correspondente a uma duração de 24 horas a fim de considerar a influência do volume da cheia na definição do pico do hidrograma. O HEC-1 utiliza estes dados para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada). Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas das alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através das equações do HYDRO-35 (National Weather Service, 1977). A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método curva número

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

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

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

### 5.1.1.3 - Distribuição dos Grupos de Solos Hidrológicos

A bacia hidrográfica do açude Batente é recoberta com as seguintes proporções dos grupos de solos hidrológicos do SCS. Estes valores foram obtidos através da planimetria das áreas das zonas de permeabilidade produzida no Plano Estadual dos Recursos Hídricos e pela estimativa das condições de uso do solo e umidade antecedente (AMC II). A média ponderada do CN sobre toda a bacia hidrográfica ficou igual a 73

**Tabela 5.2 - PROPORÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS HIDROLÓGICOS (SCS)**

SOLOS	AREAS (%)	
	Subbacia1	CN
B	66%	70
C	34%	80
TOTAL	100%	73

#### 5 1 1 4 - Hidrograma Unitário

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido pela possibilidade de ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro o TLAG. Este parâmetro, TLAG, é igual ao intervalo de tempo (*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

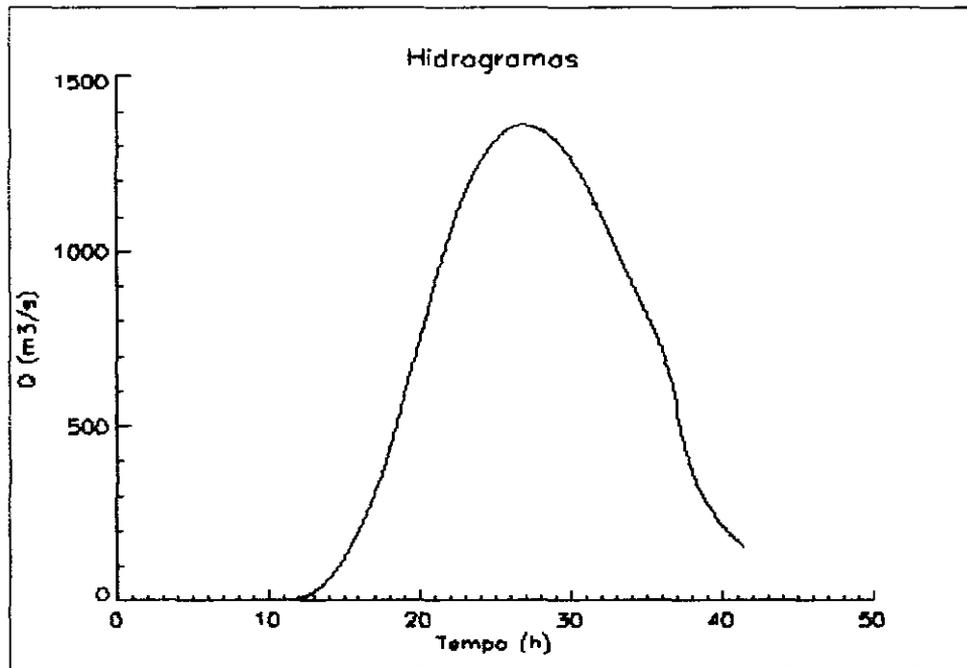
$$Q_p = 208 \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

onde  $Q_p$  é a vazão de pico ( $m^3/s$ ),  $t_p$  = tempo de pico do hidrograma (h),  $A$  = área da bacia em  $km^2$  e  $\Delta t$  = o intervalo de cálculo em horas ( $\Delta t = tc/6$ )

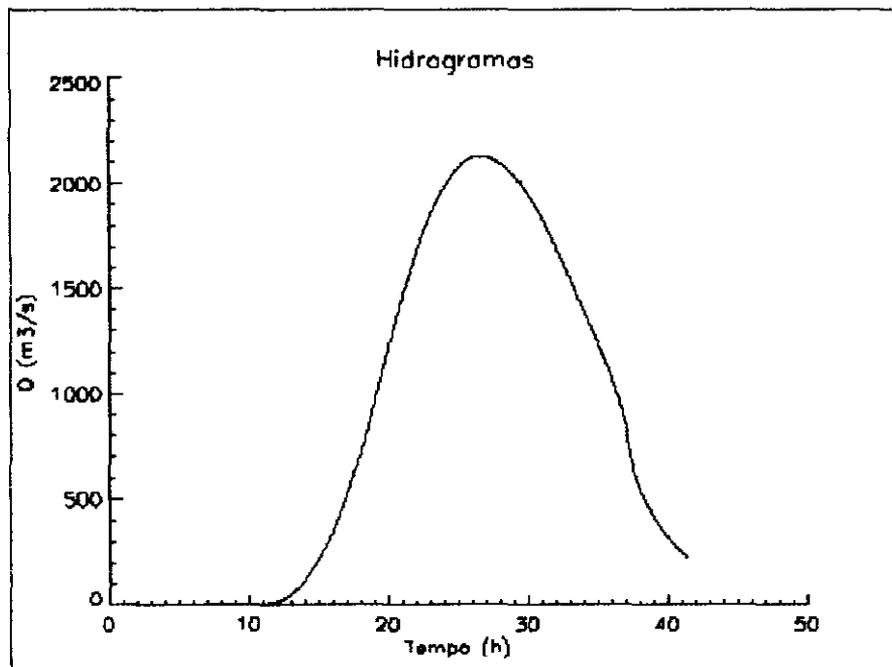
#### 5 1 2 - Resultados

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por sua localização, capacidade e finalidades. Assim, dentro desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 1 000 anos e verificar posteriormente para o hietograma de 10 000 anos.

Os hidrogramas afluentes para os tempos de retorno 1 000 e 10 000 anos encontram-se apresentados nas Figuras 5 1 e 5 2. Os picos do hidrograma afluentes ao açude Batente associado aos tempos de retorno 1 000 e 10 000 anos foram respectivamente de 1 344,0  $m^3/s$  e 2 103,9  $m^3/s$ .



**FIGURA 5.1 - HIDROGRAMA AFLUENTE ASSOCIADO AO TEMPO DE RETORNO  
1 000 ANOS  
AÇUDE BATENTE**



**FIGURA 5.2 - HIDROGRAMA AFLUENTE ASSOCIADO AO TEMPO DE RETORNO  
10 000 ANOS  
AÇUDE BATENTE**

## 5 2 - Análise do Dimensionamento Hidrológico do Sangradouro

Nas análises do dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1 000 anos, calculando-se a laminação correspondente para cada alternativa de sangradouro, fornecendo, finalmente, elementos suficientes para a determinação da cota de coroamento da barragem. A cheia decamilenar servirá apenas para verificar a condição de não galgamento da barragem, isto é, não considerando folga para esta frequência de cheia. A partir destes princípios, apresenta-se neste capítulo a alternativa estudada para dimensionamento hidrológico do sangradouro da barragem.

### 5 2 1 - Propagação da Cheia no Reservatório

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

A equação discretizada da continuidade é dada por

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

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

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

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

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

### 5.2.2 - Sangradouro tipo perfil Creager

Neste estudo foi considerado o dimensionamento de um sangradouro tipo perfil Creager cuja equação geral é do tipo

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

Onde

$Z$  = cota (m),

$S$  = armazenamento ( $m^3$ ),

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ ),

$C$  = coeficiente de descarga,

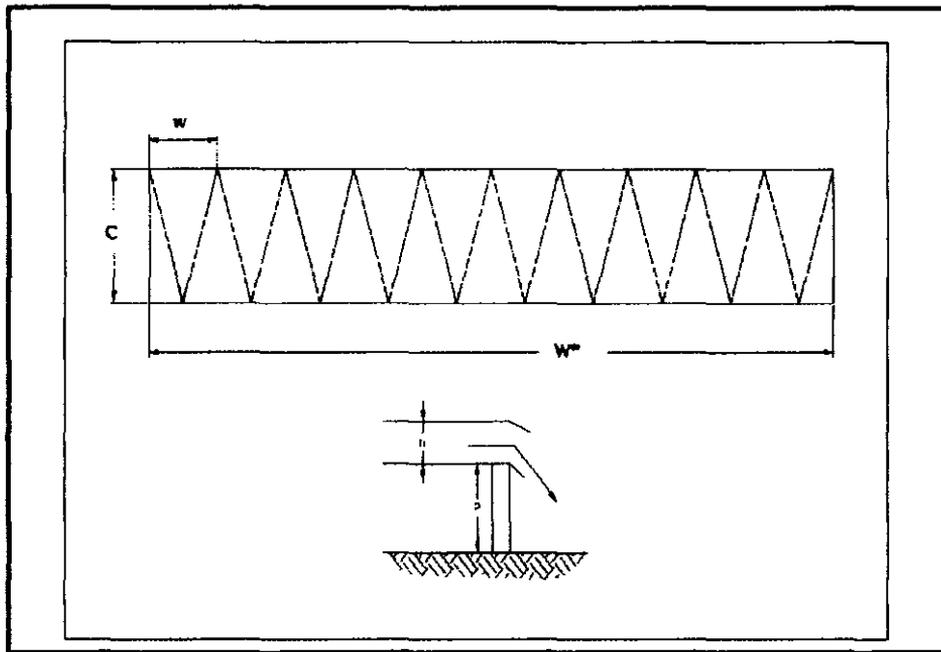
$L$  = largura do sangradouro (m),

$Z_w$  = cota da soleira do sangradouro

### 5.2.3 - Sangradouro tipo Labirinto

Também foi estudada a alternativa da construção de um sangradouro tipo Labirinto, cujas dimensões e principais parâmetros são descritos a seguir

Os dados geométricos das alternativas para o sangradouro tipo labirinto são mostrados no esquema é da figura 5.3. As dimensões são mostradas na Tabela 5.3



**Figura 5.3 - Esquema do sangradouro tipo Labirinto**

**Tabela 5.3 - Dados Geométricos da alternativa de sangradouro labirinto**

A	B	C	W''	W	P	w/p
0 60	18.40	18,00	180 00	10 0	4 00	2 50

A relação Lâmina x Descarga (figura 5 4) do sangradouro labirinto foi aqui obtida segundo a metodologia de MAGALHÃES<sup>8</sup>, obedecendo todos os critérios de dimensionamento impostos, ou seja

- relação  $l/w$  entre 1 e 8,
- relação  $h/p$  menor que 0,6,
- relação  $w/p$  maior ou igual a 2,0,
- $\alpha/\alpha_{\max} \geq 0,8$ , sendo  $\alpha_{\max} = \arcsen(w/l)$  com  $l = 4 A + 2 B$

<sup>8</sup> MAGALHÃES, A P , O DESCARREGADOR EM LABIRINTO DA BARRAGEM DO DUNGO. RBE - ANAIS SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE SIMULAÇÃO EM HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

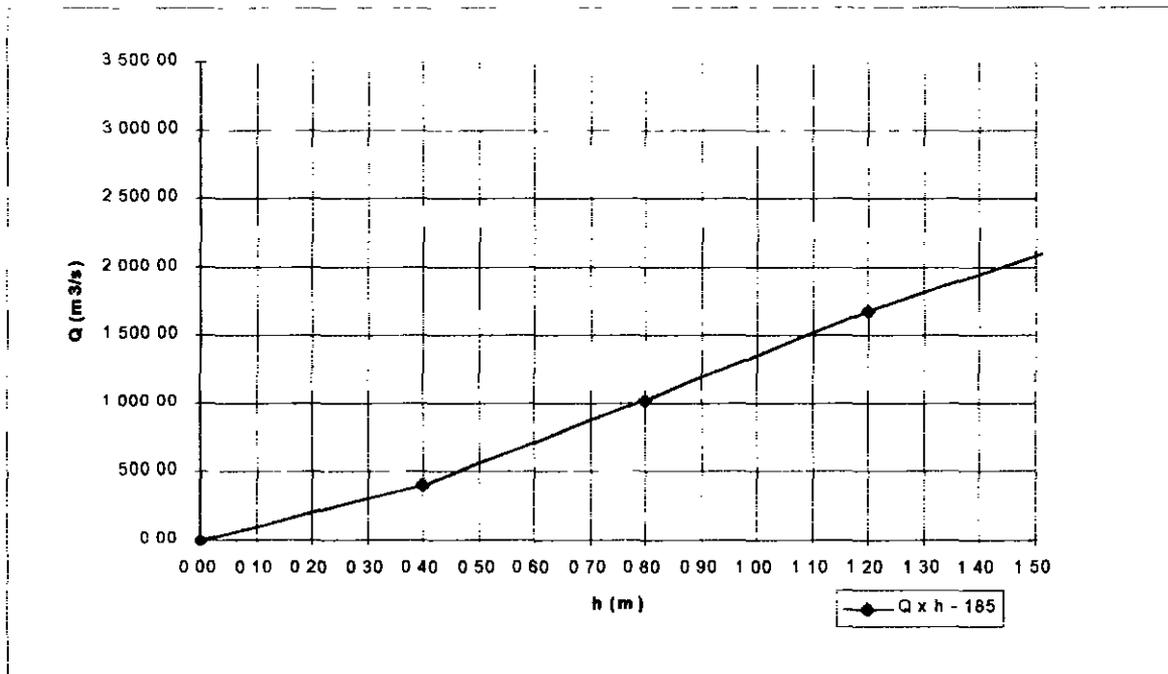


Figura 5.4 - Relação Vazão x Lâmina para o Sangradouro Labirinto

#### 5.2.4 - Principais resultados

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

Foram comparadas alternativas de sangradouro do tipo perfil creager entre as cotas 99,0 e 100,0m. Nos dois casos a lâmina máxima ficou próxima de 2,00m para a cheia milenar. De maneira a fornecer uma alternativa com maior nível de segurança para a ampliação da capacidade da barragem batente, foi simulado a laminação da cheia de projeto afluente passando sobre o um sangradouro tipo labirinto com largura de 180,0m e características geométricas descritas anteriormente. Observou-se que a lâmina máxima para a cota 100,0m foi de 0,96m, menos de 1,00m abaixo do que foi calculado para a alternativa anterior, traduzindo-se numa capacidade de descarga bem superior do sangradouro tipo labirinto

Somente foi laminada a cheia decamilenar referente ao sangradouro tipo Labirinto, considerado como alternativa mais apropriada para a elevação da cota do sangradouro de 99,0m para 100,0m

Tabela 5 4 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com  $Tr=1000$ anos (Sangradouro tipo Perfil Creager  $C=2,18$ ,  $Q_p$  afluyente =  $1\,344,0\text{ m}^3/\text{s}$ , cota da soleira =  $99,0\text{ m}$  e  $100,0\text{ m}$ )

L (m)	$Q_p$ amortecida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cota da soleira (m)	Cota de pico (m)	Lâmina máxima (m)
185,00	1151,81	99,0	101,01	2,01
185,00	1122,06	100,0	101,98	1,98

Tabela 5 5- Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com  $Tr=1000$ anos (Sangradouro tipo Labirinto,  $Q_p$  afluyente =  $1344,0\text{ m}^3/\text{s}$ , cota da soleira =  $100,0\text{ m}$ )

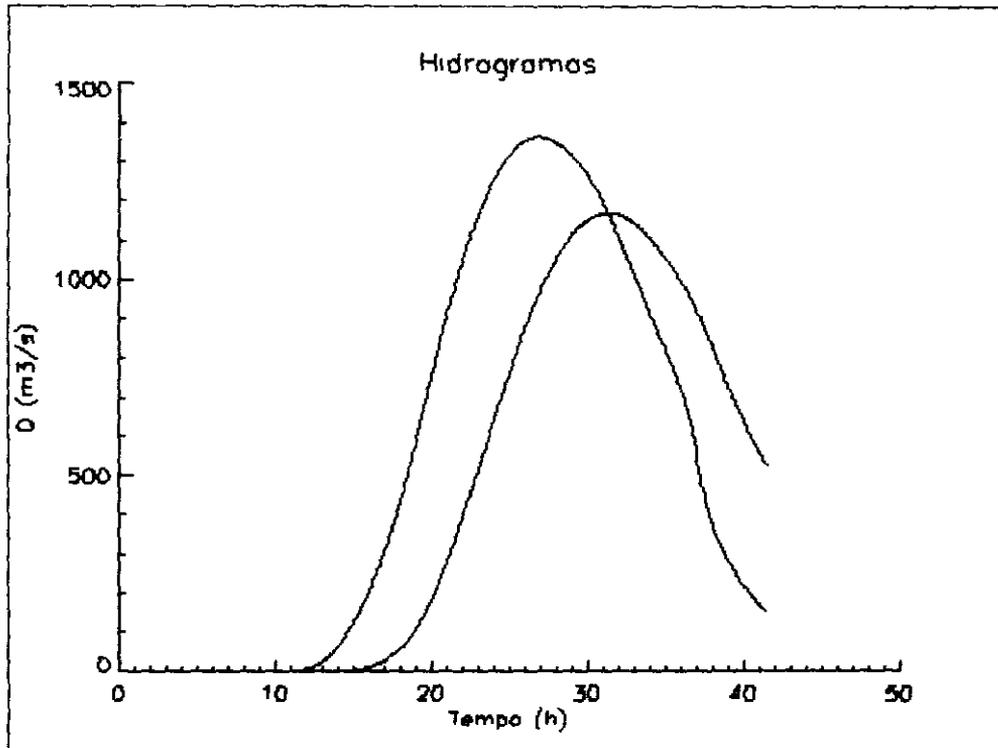
L (m)	$Q_p$ amortecida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cota da soleira (m)	Cota de pico (m)	Lâmina máxima (m)
180	1287,88	100	100,96	0,96

Tabela 5 6- Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com  $Tr=10000$ anos (Sangradouro tipo Labirinto,  $Q_p$  afluyente =  $2103,96\text{ m}^3/\text{s}$ , cota da soleira =  $100,0\text{ m}$ )

L (m)	$Q_p$ amorteci da ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cota da soleira (m)	Cota de pico (m)	Lâmina máxima (m)
180	1986,74	100	101,42	1,42

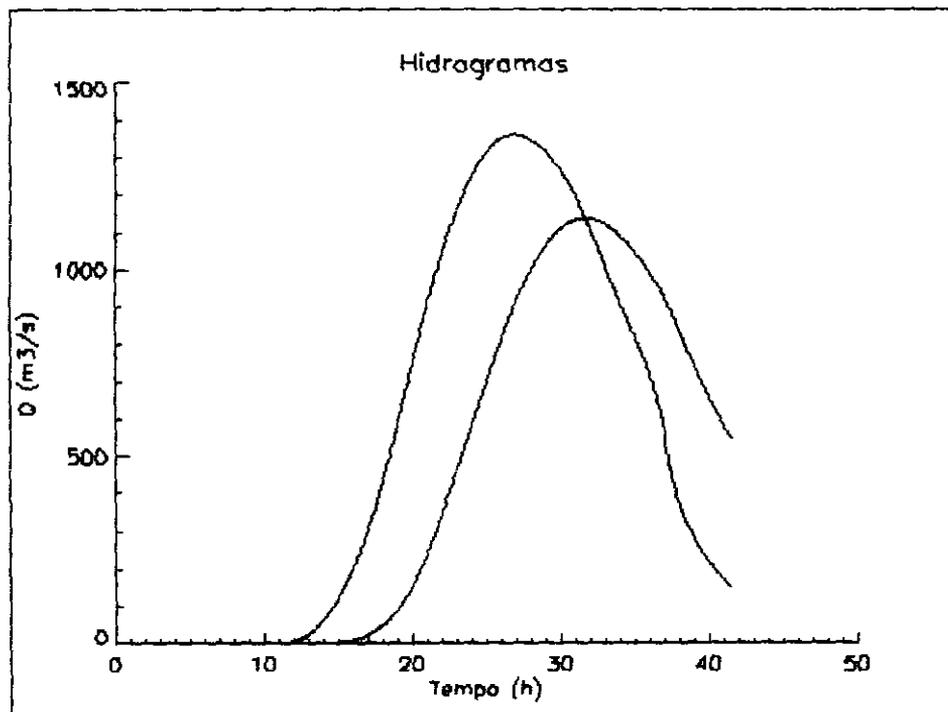
As Figuras 5 5 e 5 6 mostram os hidrogramas afluentes e efluentes com  $1\,000$  anos de tempo de retorno para as cotas  $99,0$  e  $100,0\text{ m}$  da alternativa referente ao sangradouro tipo Perfil Creager

Foi efetuada, como dito acima, a simulação da cheia decamilenar para a alternativa selecionada, o sangradouro tipo labirinto, com o objetivo de verificar o não galgamento da barragem por esta cheia. As Tabelas 5 6 e 5 7, bem como as figuras 5 7 e 5 8 resumem os principais resultados encontrados



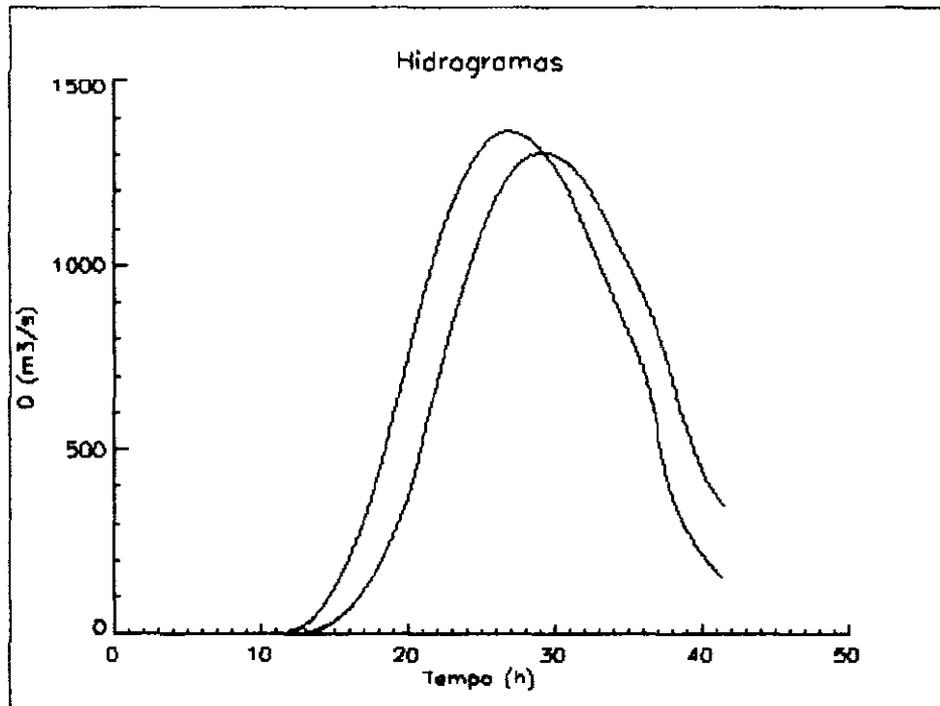
**FIGURA 5.5**

**PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - COTA SOLEIRA 99,0M  
LARGURA SANGRADOURO=185M, PERFIL CREAGER**



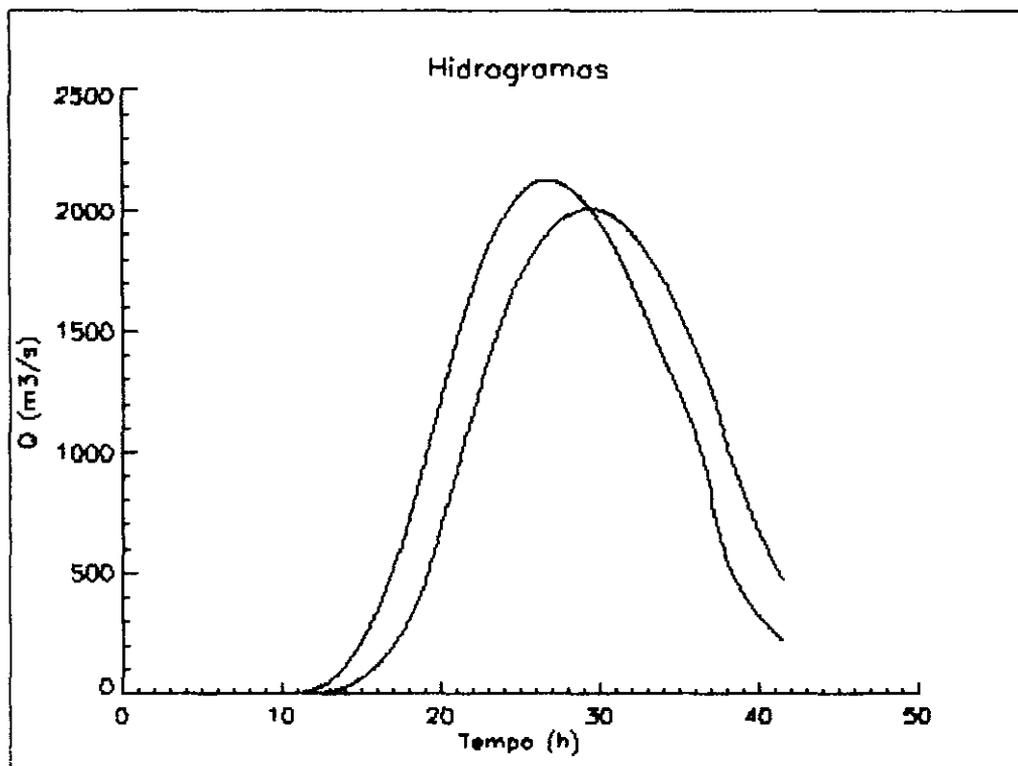
**FIGURA 5.6**

**PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - COTA SOLEIRA 100,0M  
LARGURA SANGRADOURO=180M, PERFIL CREAGER**



**FIGURA 5.7**

**PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - COTA SOLEIRA 100,0M  
LARGURA SANGRADOURO=180M, LABIRINTO**



**FIGURA 5.8**

**PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=10000 ANOS - COTA SOLEIRA 100,0M  
LARGURA SANGRADOURO=180M, LABIRINTO**

## 6 - ESTUDO DE REGULARIZAÇÃO - ALTERNATIVA NA COTA 101,0

### 6.1 - Parâmetros utilizados

As características da série de vazões afluentes ao açude Batente e os parâmetros utilizados na simulação da operação são os seguintes

#### Barragem Batente

- Área da Bacia hidrográfica 1438,3 km<sup>2</sup>
- Lâmina média escoada anual 83 mm
- Volume afluente médio escoado ( $\mu$ ) 119,091 hm<sup>3</sup>/ano
- Fator de forma da bacia hidráulica ( $\alpha$ ) 29850
- Coeficiente de variação (CV) 1,25
- Evaporação durante a estação seca (E) 1,053 m
- Fator de capacidade (fk) 0,25 (cota 99,0), 0,34 (cota 100,0) e 0,46 (cota 101,0)

**TABELA 6.1 - ESTUDO INCREMENTAL DE CAPACIDADES DO AÇUDE BATENTE  
90% DE GARANTIA**

Cota	%Evp	%Sng	%Lib	K	fk	fE	Q90	Q90
	(%)	(%)	(%)	(hm <sup>3</sup> )			(hm <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /s)
99,0	5,36	85,83	8,81	28,977	0,25	0,2	10,650	0,34
100,0	6,69	81,68	11,64	40,105	0,34	0,2	14,083	0,45
101,0	8,05	77,27	14,68	52,693	0,46	0,2	17,677	0,58

LIB - VOLUME LIBERADO (em % do volume afluente)

SNG - VOLUME SANGRADO (em % do volume afluente)

EVP - VOLUME EVAPORADO (em % do volume afluente)

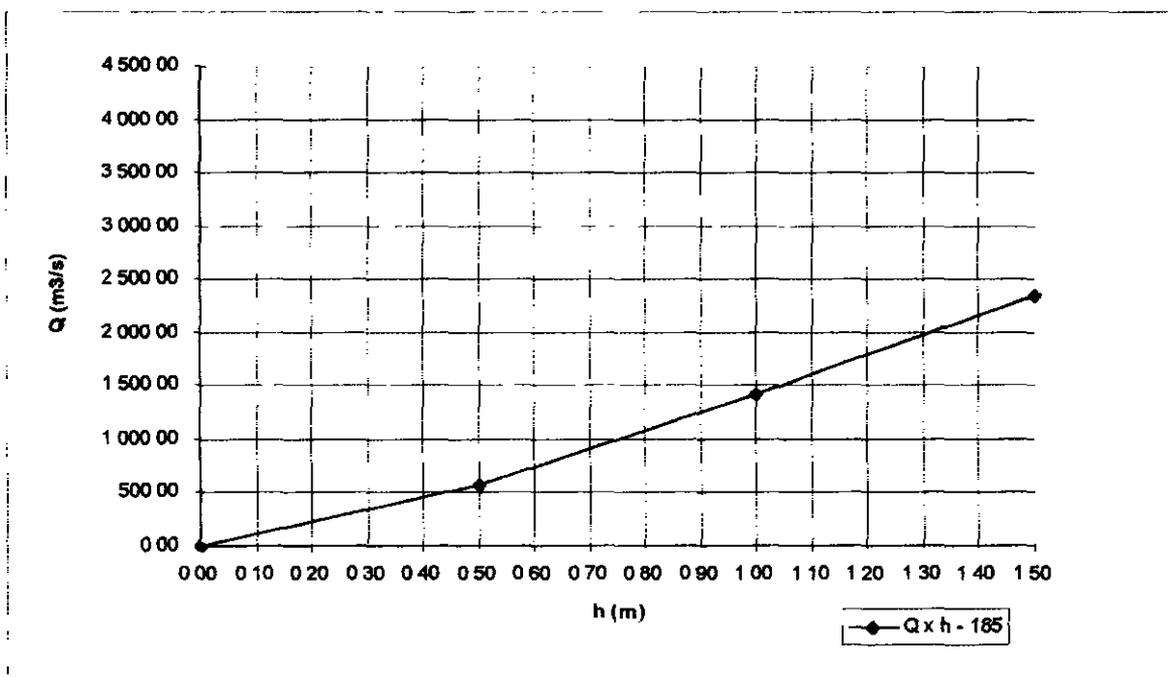
K = capacidade do reservatório

Q90 = vazão regularizada com 90% de garantia

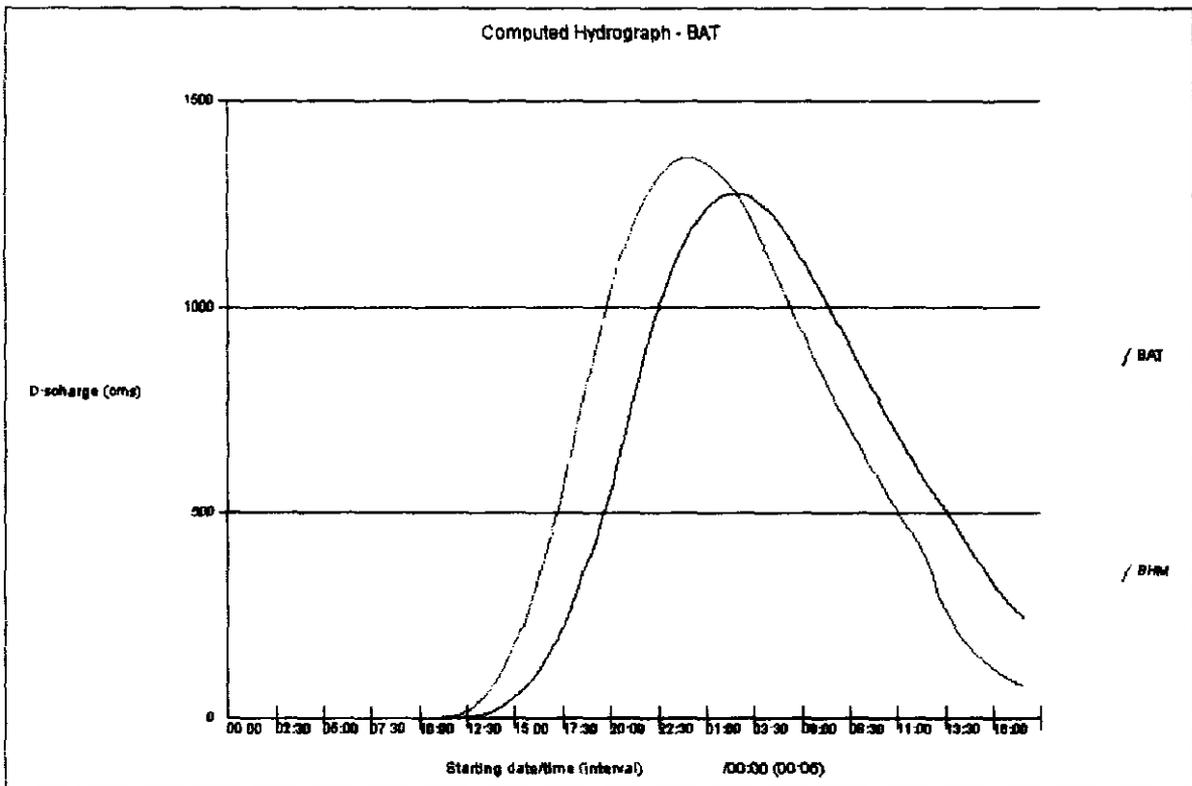
**CHEIAS MILENAR E DECAMILENAR PARA O SANGOURO LABIRINTO  
(COTA 101,0)**

**Tabela 6.2 - Dados Geométricos da alternativa de sangradouro labirinto na cota 101,0**

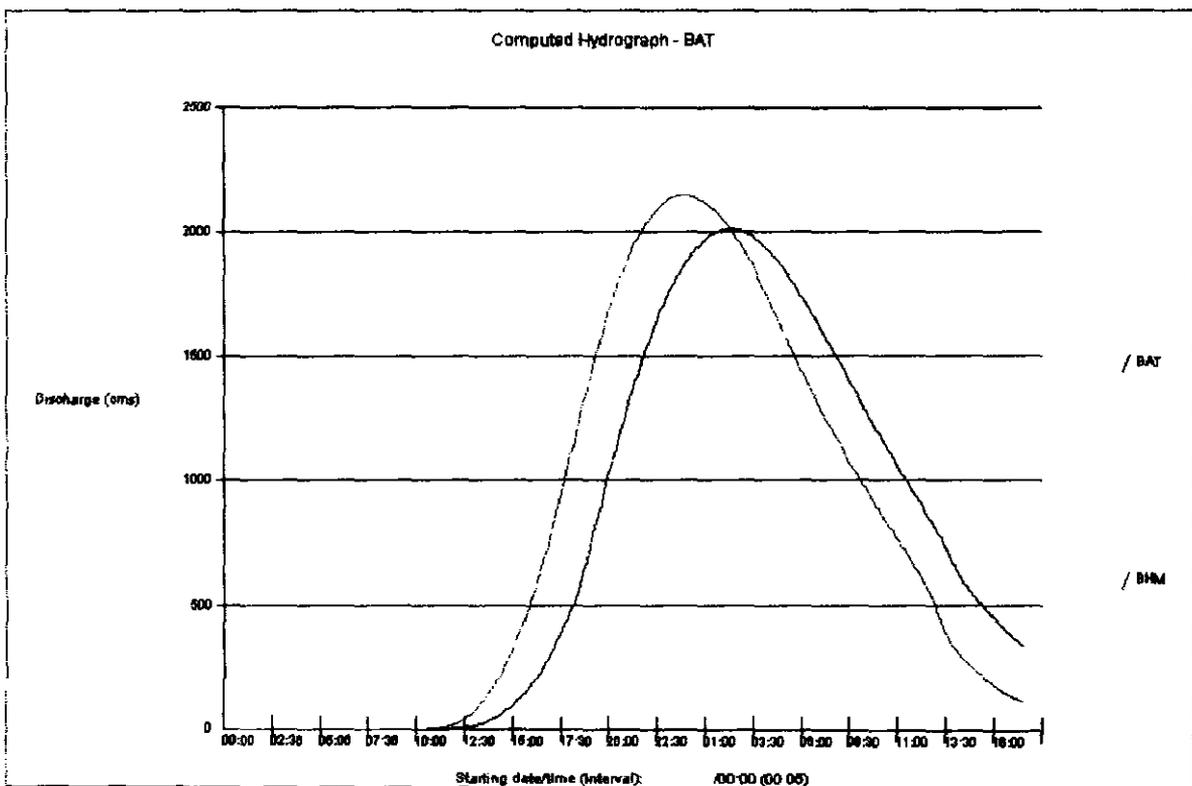
A	B	C	W'	W	P	w/p
0,60	18,40	18,00	180,00	10,0	5,00	2,00



**Figura 6.1 - Relação Vazão x Lâmina para o Sangradouro Labirinto (cota 101,0)**



**FIGURA 6.2 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=1000 ANOS - COTA SOLEIRA 101,0M LARGURA SANGRADOURO=180M, LABIRINTO**



**FIGURA 6.3 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA ASSOCIADA A TR=10000 ANOS - COTA SOLEIRA 101,0M LARGURA SANGRADOURO=180M, LABIRINTO**

Tabela 6 3 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com  $Tr=1000$ anos (Sangradouro tipo Labirinto,  $Q_p$  afluyente =  $1344,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , cota da soleira =  $101,0 \text{ m}$ )

L (m)	$Q_p$ amortecida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cota da soleira (m)	Cota de pico (m)	Lâmina máxima (m)
180	1275,65	101,0	101,91	0,91

Tabela 6 4 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com  $Tr=10000$ anos (Sangradouro tipo Labirinto,  $Q_p$  afluyente =  $2103,96 \text{ m}^3/\text{s}$ , cota da soleira =  $101,0 \text{ m}$ )

L (m)	$Q_p$ amortecida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cota da soleira (m)	Cota de pico (m)	Lâmina máxima (m)
180	2009,7	101,0	102,32	1,32

## ANEXOS

### “RESUMO”

#### CLIMATOLOGIA:

• Pluviometria Total Média Anual (sobre a bacia )	800,0 mm,
• Evaporação Total Média Anual	2141,0 mm,
• Nebulosidade Média Anual	5 2
• Insolação Total Média Anual	2800,2
• Umidade Relativa Média Anual	73,3
• Velocidade média do vento	3,7m/s
• Temperatura Média Anual Média das Máximas	32,7
• Temperatura Média Anual Média das Médias	26,5
• Temperatura Média Anual Média das Mínimas	22,7

#### REGIME HIDROLÓGICO MÉDIO DA BACIA E CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

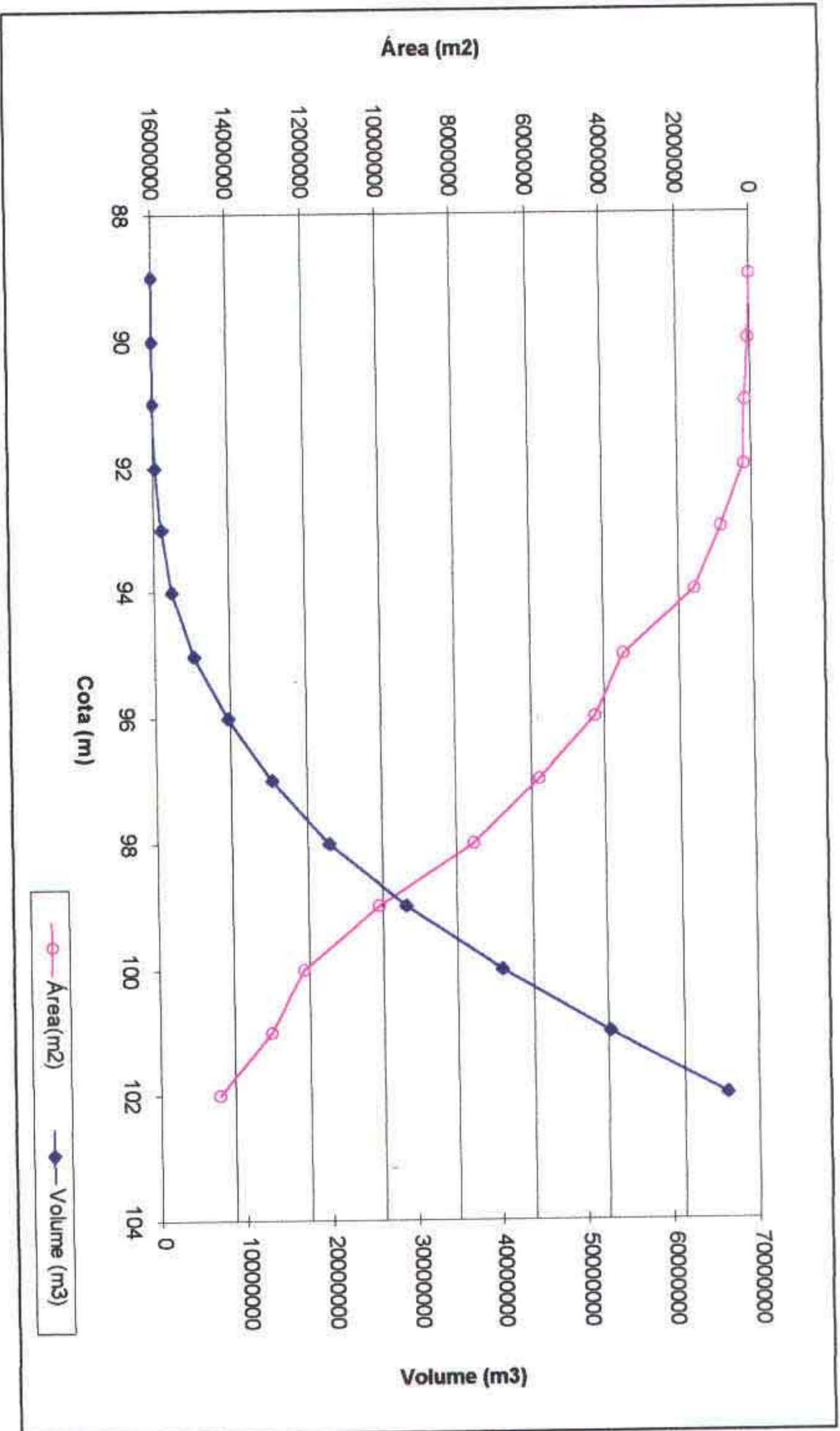
• Área da Bacia Hidrográfica	1438,3 km <sup>2</sup> ,
• Coeficiente de Escoamento	10,0%,
• Volume afluente médio anual	109,1 hm <sup>3</sup>
• Lâmina Escuada Média	83 mm,
• Coeficiente de Variação dos deflúvios	1,25,
• Capacidade total do reservatório	40,104 hm <sup>3</sup>
• Volume regularizável anual com 90% de garantia	0,45 m <sup>3</sup> /s,

## DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

• Tipo de sangradouro	Labirinto,
• Largura do sangradouro	180,00 m,
• Cota do sangradouro	100,0 m,
• Vazão de pico afluente ( $T_r=1\ 000$ anos)	1344,0 m <sup>3</sup> /s,
• Vazão de pico amortecida ( $T_r=1\ 000$ anos)	1287,8 m <sup>3</sup> /s,
• Altura da lâmina vertente ( $T_r=1\ 000$ anos)	0,96 m,
• Vazão de pico afluente de verificação ( $T_r=10\ 000$ anos)	2103,9 m <sup>3</sup> /s,
• Vazão de pico amortecida de verificação ( $T_r=10\ 000$ anos)	1986,7 m <sup>3</sup> /s;
• Altura da lâmina vertente de verificação ( $T_r=10\ 000$ anos)	1,41m

**TABELA COTA X ÁREA X VOLUME**

Cota(m)	Área(m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
89 0	0 0	0 0
90 0	40000 0	20000 0
91 0	144000 0	112000 0
92 0	220250 0	294125 0
93 0	839000 0	823750 0
94 0	1589250 0	2037875 0
95 0	3481000 0	4573000 0
96 0	4289500 0	8458250 0
97 0	5779500 0	13492750 0
98 0	7544750 0	20154875 0
99 0	10100250 0	28977375 0
100 0	12154500 0	40104750 0
101 0	13021500 0	52692750 0
102 0	14440500 0	66423750 0



CURVA COTA - ÁREA - VOLUME DO AÇUDE BATENTE

000063

### **Capítulo 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

## **1 – INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS**

São previstas, sem entretanto se limitar, a construção das seguintes unidades de apoio para execução dos trabalhos Central de corte e dobragem de aço para os muros e Carpintaria, 45 m<sup>2</sup>, Depósito para armazenamento de cimento 36 m<sup>2</sup> e Escritório de campo para a administração da obra, 36 m<sup>2</sup> A manutenção do canteiro de obras consiste da dotação dos meios que permitam o apoio para execução das obras

## **2 - ESCAVAÇÕES**

### **2 1 - Classificação das Escavações**

#### **2 1 1 - Definições**

As escavações se classificarão de acordo com as seguintes definições Métodos de Trabalho, Programação das Operações e Natureza dos materiais a serem explorados pela CONTRATADA Esta sistemática especifica o tipo de escavação a ser remunerada pela CONTRATANTE Incluem, sem necessariamente se limitar, às seguintes operações Escavação, Carga dos materiais escavados, Perfuração, Detonação, Transporte, Lançamento dos materiais em bota-foras, pilhas de estoque ou nos locais de utilização definidas pela fiscalização da CONTRATANTE

#### **2 1 2 - Escavações em Rocha**

A classificação deste serviço abrange todos os materiais, no local de ocorrência que não possam ser desmontados pelo uso sistemático do equipamento de escavação convencional (trator de esteira de peso 30 (trinta) toneladas e potência 300 (trezentos) hp), sem o emprego sistemático de perfurações, cunhas ou explosivos Serão classificadas como escavação em rocha a remoção de todos os blocos isolados e matacões cujo volume individual seja superior a 1(um) m<sup>3</sup> As demais escavações são definidas como escavações em alteração de rocha nos locais onde serão assentes as estruturas e/ou colocação do concreto de regularização

## 2 1 3 - Escavações em Rocha na Linha do Projeto

### 2 1 3 1 - Objeto

Esta seção apresenta as diretrizes básicas a serem observadas na execução das escavações em rocha previstas para implantação da estrutura vertedoura em labirinto, incluindo todas as atividades inerentes aos serviços, tais como Serviços necessários à detonação do maciço rochoso, Carga do material detonado, Transporte até uma distância máxima medida em linha reta de 1,0 km, Lançamento do material nas proteções do talude de montante da barragem e/ou Pilhas de estoque a critério da fiscalização

### 2 1 3 2 - Diretrizes Gerais

#### - Serviços Preliminares

Previamente à execução dos trabalhos de desmonte em rocha, o topo rochoso deverá ser limpo por lâmina de trator, de forma a remover todo o material solto, solo residual e alteração de rocha Após esta limpeza será feito o levantamento topográfico da superfície de rocha, para possibilitar a aferição das quantidades Este levantamento deverá ser conferido e aprovado pela CONTRATANTE

#### - Plano de fogo

Complementando o plano de trabalho, a CONTRATADA apresentará, em um prazo mínimo de 48 horas antes das operações programadas, um plano de fogo detalhado, mostrando *Volume de escavação previsto, Malha de furos, Distribuição das cargas nos furos de desmonte, Retardos a serem usados entre linhas, Tipos de explosivos a serem empregados, Diâmetro dos furos e o destino do material escavado e/ou refugo para as áreas autorizadas de bota-fora*

A aprovação, pela CONTRATANTE, de um plano de fogo não eximirá a CONTRATADA das responsabilidades relativas à correta execução das operações de escavação

## - Operações com Explosivos e Acessórios

A CONTRATADA deverá obter das autoridades competentes as necessárias autorizações de compra, transporte, utilização e armazenamento dos explosivos. Deverá ser rigorosamente observado o "Regulamento para os Serviços de Fiscalização, Depósito e Tráfego de Produtos Controlados pelo Ministério do Exército (SFIDT)". Além das disposições previstas no referido regulamento deverão ainda ser observadas as seguintes condições

Os explosivos a serem empregados deverão ser preparados e acondicionados, por firmas especializadas e aprovadas pela CONTRATANTE

A detonação será feita exclusivamente por meio de cordel detonante com retardadores de tempo de ignição. Não será permitido o uso de espoletas elétricas

Armazenamento com previsão de estoque mínimo de 10 toneladas de explosivos a ser conservado permanentemente de modo que não ocorram atrasos nas operações de fogo por falta de explosivos. Os depósitos deverão ser localizados longe do canteiro de obras e do acampamento e devidamente fiscalizados e guardados. Apenas o pessoal autorizado terá acesso ao depósito de explosivos

A CONTRATADA deverá ter sempre os inventários atualizados do estoque, com entradas e saídas de materiais, e indicações dos locais onde foram empregados os explosivos

Explosivos deteriorados ou com prazos prescritos serão destruídos conforme exigências das Normas Oficiais que regem o assunto

## - Manuseio

As detonações somente serão realizadas sob a supervisão de pessoal experimentado, qualificado e licenciado. Danos a terceiros ou às suas propriedades, decorrentes da utilização imprópria de explosivos, serão da inteira responsabilidade da CONTRATADA. O esquema de alarme sonoro e visual, compatível com os padrões de segurança exigidos, e as consequências de eventuais acidentes serão da inteira responsabilidade da CONTRATADA. Os dispositivos de alarme deverão ser previamente aprovados pela fiscalização

## 2 1 3 3 - Requisitos Específicos

### - Furação e Bancadas

Nas escavações a jusante do vertedouro para execução de degraus, a altura máxima da bancada será de 3,00 m, e o diâmetro máximo da perfuração será, 3" Com exceção das perfuratrizes do tipo manual, todas as perfurações à rotopercussão deverão ser realizadas com perfuratrizes equipadas com dispositivo coletor de poeira na boca do furo, mecânico, a água ou químico, ou de qualquer outro meio equivalente de controle da poeira Os tanques de pressão utilizados nos equipamentos de controle de poeira deverão obedecer aos códigos de projeto aplicáveis respectivos Não será permitida a utilização de equipamento de perfuração com nível acústico superior a 119 (cento e dezenove) decibéis Todo o pessoal diretamente empregado na perfuração, deverá ser equipado com protetores de ouvido, máscaras e todos outros acessórios inerentes à segurança do trabalho Para o mesmo pessoal será obrigatório também o uso de capacetes e botas com biqueira reforçada Antes do início da perfuração da rocha, o encarregado verificará cuidadosamente que não existam minas não detonadas oriundas de fogos anteriores (negas) no local da perfuração No caso de existência de restos de explosivos de fogos anteriores, estes serão afastados cuidadosamente por pessoal competente, com jato de água (máximo 2,0 kg/cm<sup>2</sup> de pressão) A espingarda para limpeza pneumática dos furos será de latão, alumínio ou plástico, sendo terminantemente proibida a utilização de espingarda de tubo de ferro ou aço Na medida do possível, deverá ser evitada a perfuração juntamente com o carregamento dos furos com explosivos Em casos especiais, a CONTRATANTE poderá permitir o carregamento dos furos a uma distância mínima do local da perfuração igual à profundidade do furo em perfuração

### - Fogo de Contorno

Define-se como fogo de contorno, as operações de desmonte próximas aos taludes finais de escavação e visam assegurar a geometria do talude e a preservação do maciço rochoso remanescente. Técnicas de fogo de contorno por pré-fissuramento ou fogo cuidadoso ("smoth blasting"), deverão ser adotadas na escavação dos degraus do vertedor e cavas para implantação dos redentes (região da estrutura de concreto do vertedouro) O

Pré-fissuramento ("presplitting") consiste na escavação a fogo através da perfuração de furos de diâmetros, em geral, entre 2" e 3", dispostos segundo o plano especificado de corte, vertical ou inclinado, espaçados no máximo de 0,60 m, centro a centro, em função das condições da rocha. Os furos de pré-fissuramento serão carregados com cargas leves de cartuchos de dinamite colocados ao longo do eixo do furo e espaçados uniformemente e sem tamponamento, exceto na boca do furo. As cargas deverão variar em função dos testes de desmonte no campo, e os furos do pré-fissuramento serão detonados simultaneamente e imediatamente antes de serem detonadas as cargas de produção adjacentes. A escavação a "fogo cuidadoso" ("smooth blasting") consiste no desmonte através de uma berma estreita deixada em torno da área submetida às explosões de produção. Em seguida, procede-se ao desmonte da berma, através de furos de diâmetro entre 2" e 3", em geral dispostos segundo duas linhas, moderadamente carregadas e detonadas com os retardos especificados. A CONTRATADA deverá tomar todos os cuidados quando da execução de detonações próximas às estruturas de concreto e injeções de cimento. São expressamente proibidas as detonações a menos de 50 (cinquenta) metros de estruturas concretadas há menos de 7 (sete) dias. Antes da execução de detonações nas proximidades de estruturas existentes, deverão ser verificadas as condições de segurança em função da relação carga-distância. Como critério geral, contra danos às estruturas, a velocidade máxima das partículas não deverá ultrapassar a

<b>Tempo após o lançamento Do Concreto</b>	<b>Velocidade Máxima (cm/s)</b>
Até 2 horas	0,20
2 até 12 horas	0,25
12 até 24 horas	0,50
24 até 48 horas	1,00
2 até 4 dias	1,50
4 até 7 dias	2,50
> 7 dias	4,00

A CONTRATANTE se reserva do direito de aumentar ou diminuir os valores das velocidades limites ou mesmo substituir o critério ora especificado por um outro baseado em outros parâmetros. Deve ser observada a proibição do emprego de explosivos para

distâncias inferiores a 20 (vinte) metros da estrutura, o qual somente poderá ser feito com a aprovação da CONTRATANTE e após parecer de especialista em desmonte

#### - Destino dos Materiais

A atividade de escavação, engloba os serviços de carga, transporte e descarga do material. A descarga do material poderá ser feita nos seguintes locais: lançamento direto nas zonas de enrocamento ou "rip-rap" da barragem, Estoque, para uso futuro na barragem. O planejamento das escavações deverá ser orientado no sentido do máximo aproveitamento direto das escavações, minimizando as necessidades de execução de um estoque intermediário. Para estocagem de material destinado à barragem é conveniente, sempre que possível, se fazer a estocagem separada do material destinado ao "rip-rap", enrocamento e enrocamento fino. Para isso, e durante a carga, o material será classificado em função da sua granulometria e destinado ao estoque correspondente.

#### - Forma de Medições dos Serviços

A unidade de medição dos serviços de escavação será o m<sup>3</sup> medido no corte. O volume escavado será medido topograficamente, considerando-se os limites definidos no Projeto de Escavação dos degraus. Para efeito de medição e pagamento serão consideradas, na linha de projeto. Nas escavações destinadas à implantação das estruturas de concreto, qualquer sub-escavação que interfira com as posições das armaduras devem ser corrigidas. Em hipótese alguma sobre-escavações superiores a 15 (quinze) centímetros serão aceitas. O preenchimento de concreto de sobre-escavações superiores a 15 cm serão de responsabilidade da CONTRATADA, não sendo objeto de pagamento.

## 2.2 - Rip-Rap

#### - Generalidades

O rip-rap a ser construído para proteção contra ondas no talude montante da barragem, conforme indicado nos desenhos de projeto, deverá ser executado com material rochoso são e não desagregável, isento de veios alterados e outras imperfeições que

possam ocasionar a deterioração do material devido ao ciclo de secagem e molhagem. A Camada externa com 0,30 m de espessura, constituída por rocha selecionada, com graduação relativamente uniforme, com cerca de 50% em peso do material constituído de blocos com dimensões entre 0,05 e 0,20 m, e diâmetro máximo 0,20 m, conforme definido na faixa granulométrica constante destas especificações. O material será oriundo das escavações dos degraus ou de estoques.

- Normas Construtivas

### Aspectos Gerais

Os métodos construtivos a serem empregados e os cuidados a serem observados deverão assegurar

- O cumprimento da geometria definida no Projeto,
- O comportamento adequado da camada, ou seja, o de estabelecer um anteparo entre o núcleo da barragem e a zona de proteção externa, evitando o carreamento de partículas de solo pelo efeito erosivo das ondas,
- A homogeneidade da camada de proteção externa, garantindo que os fragmentos maiores de rocha estejam uniformemente distribuídos e que os fragmentos menores sirvam para preencher os espaços entre os maiores
- O rip-rap deverá ser construído em paralelo com a face externa do aterro adjacente. Independente do método construtivo a ser adotado, não será permitido desníveis entre as cotas do aterro e da zonas do rip-rap, superiores a 3,0 m

A CONTRATADA deverá remover às suas expensas, qualquer material lançado e com características conflitantes com as especificadas. Para evitar o risco do lançamento de materiais com características inadequadas, a CONTRATADA deverá promover o controle durante a carga dos materiais.

## 2.3 - Fundação das Estruturas de Concreto

### - Generalidades

O objetivo desta especificação é o de apresentar as normas técnicas que deverão orientar a execução dos trabalhos de limpeza final, preparo e tratamento das fundações das estruturas de concreto, os quais possibilitarão a liberação das superfícies para concretagem. A liberação das fundações pela CONTRATANTE é indispensável para início da construção das estruturas e o registro dos trabalhos executados constitui o documento oficial que retrata as condições do maciço sobre o qual são assentadas as referidas estruturas.

### - Limpeza da Fundação

Para os maciços rochosos das classes I e II, deverão ser removidos por meio de alavancas todos os blocos pendentes e/ou instáveis, em todas as paredes circundantes à área de escavação. Após esta operação proceder-se-á a limpeza da parede e da superfície escavada, devendo-se iniciar pela parede. Esta limpeza constará basicamente de três fases, conforme indicado a seguir:

- Primeira fase a limpeza mecânica deverá ser executada com o auxílio de equipamentos apropriados, como tratores leves, escavadeiras, pás carregadeiras, caçambas, etc., devendo ser removido todo o material grosseiro solto, bem como cunhas ou blocos instáveis, que compareçam nos taludes das escavações.
- Segunda fase limpeza com utilização das chamadas "espingardas" com jatos de ar e pressões adequadas ao tipo de fundação. O uso de jato de ar deverá ser feito cuidadosamente, varrendo-se a superfície e procurando não mantê-lo aplicado num mesmo ponto.
- Terceira fase limpeza manual, com a retirada de pequenos blocos, limpeza de cavidades preenchidas com material solto ou inconsolidado. Simultaneamente, deverá proceder-se à pesquisa de "chocos" batendo-se na rocha com marretas leves ou alavancas. Todo trecho que apresentar o ruído característico de blocos soltos, deverá ser removido com auxílio de

alavancas, picaretas ou martelo pneumático, conforme o caso, a critério da CONTRATANTE. Este trabalho deverá ser feito de maneira a evitar, tanto quanto possível, a formação de saliências ou reentrâncias maiores que 0,5 m nas superfícies de concretagem.

Para o maciço rochoso tipo III e IV, deverão ser empregados processos de limpeza mais suaves de modo a se obter uma superfície limpa, sem blocos soltos.

#### - Mapeamento Geológico-Geotécnico

Deverá ser elaborado, após conclusão das operações de limpeza de acordo com as especificações anteriormente descritas, o mapeamento geológico-geotécnico dos taludes e da superfície de fundação de cada bloco, na escala 1:100, e procedida a classificação geomecânica do maciço rochoso. Este procedimento visa orientar os tratamentos necessários a serem realizados.

As superfícies a serem mapeadas deverão ser amarradas topograficamente no campo e implantados marcos de referência horizontal e vertical, a fim de servir de orientação para execução dos trabalhos.

Na elaboração do mapeamento deverão ser utilizadas as convenções e simbologias emitidas especificamente para esta finalidade. Para a classificação geomecânica deverá ser utilizada a classificação de maciço, apresentada na tabela a seguir.

## CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇO

CLASSE	GRAU DE FRATURAMENTO (FRATURAS/m)	GRAU DE ALTERAÇÃO
I	F1 (1) a F2 (2 a 5)	Rocha Sã a Pouco Alterada (A1)
II	F2 (2 a 5 ) a F3 (6 a 10)- com fraturas oxidadas	Rocha sã a pouco alterada (A1-A2)
III	F3 (6 a 10) F4 (11 a 20)	Pouca a moderadamente Alterada(A2-A3) e Medianamente a Pouco Coerente (C2-C3)
IV	F4 (11 a 20) a F5 (>20)	Rocha Muito Alterada (A4)
V	F4(11 a 20) F5(>20)	Rocha completamente alterada (A4) (solo residual, saprolito e aluvião)

As superfícies deverão ser delimitadas em áreas geologicamente uniformes, e para cada uma dessas áreas deverão ser indicadas as seguintes características

- litologia.
- grau de alteração e coerência.
- grau de fraturamento
- classe de maciço,

Quando ocorrentes, também deverão constar dos mapeamentos as seguintes feições

- descontinuidades preenchidas, cizalhadas e alteradas, com respectiva espessura, direção e mergulho.
- natureza e características geotécnicas do material de preenchimento e das paredes,
- fendas abertas, quer naturais, quer devido à detonação, com respectiva abertura.
- pontos de emergência d'água, com vazões estimadas, e tratamento executado.
- cavidades ou bolsões de rochas desarticulados e/ou muito alterados.

- evidências de movimentação relativa, horizontal ou vertical, entre blocos de rocha do maciço,
- formas de tratamento realizado nos pisos ou taludes finais de escavação

Para cada bloco deverá ser emitido um relatório contendo o mapeamento acompanhado de documentação fotográfica

O mapeamento deverá conter, ainda, a topografia final e o registro altimétrico de pontos salientes e reentrâncias, o tipo de limpeza e tratamentos efetuados e investigações geológicas realizadas

#### 2.4 - Proteção Para o Talude de Jusante

Este serviço diz respeito ao lançamento de uma camada de brita corrida com diâmetro máximo de 50 mm que combaterá os efeitos erosivos sobre a solo da face externa do talude de jusante da barragem

A espessura final da camada será de 20 cm, apreciada a dimensão sobre uma linha paralela à superfície regularizada do solo da barragem, ou seja, a medida será feita ortogonalmente à linha externa do talude

A quantidade de finos, cuja a fração seja inferior a 4 mesh não poderá ultrapassar os 5 % da amostra total

#### 2.5 - Sistema de Drenagem Jusante

Junto à linha do talude de jusante, em um eixo paralelo ao "off set", serão implantadas calhas de concreto visando coletar e encaminhar até a calha do rio, ou início do rock fill (dreno de pé) as águas pluviais

O concreto terá resistência característica de 18 mPa

Serão construídas segundo duas geometrias detalhadas nos desenhos de projeto. As dimensões desta estrutura estão intimamente ligadas à quantidade de água a ser drenada e serão definidas pela fiscalização da CONTRATANTE.

A cada 20 metros deverá ser executada uma "recrava" de concreto de acordo com a orientação do projeto.

## 2.6 - Meio fio de Concreto Sobre o Coroamento da Barragem

Sobre o coroamento da barragem serão lançados meio fio de concreto (fck 18 mPa) da forma como orientado nos desenhos de projeto.

## 3 – SERVIÇOS EM CONCRETO

### 3.1 - Generalidades

A execução dos serviços objeto desta especificação, bem como, os materiais a serem utilizados e seu manuseio, deverão obedecer às Normas, Especificações e Métodos da ABNT em suas edições mais recentes.

Nenhum conjunto de elementos estruturais poderá ser concretado sem verificação prévia, por parte do CONTRATADA e da CONTRATANTE, da perfeita disposição, dimensões, ligações e escoramentos das formas e armaduras correspondentes, bem como, sem prévio exame da correta colocação de canalizações elétricas, hidráulicas, de chumbadores e demais peças que devam ficar embutidas na massa de concreto.

### 3.2 - Composição do Concreto

O concreto será composto de cimento Portland ou de alto forno, água, agregado miúdo e agregado graúdo. Poder-se-á utilizar, ainda, algum tipo de aditivo de comprovada eficiência e que não apresente efeitos colaterais prejudiciais à funcionalidade da obra.

### 3 3 - Classes do Concreto

#### 3 3 1 - Concreto CLASSE I

Será utilizado na concretagem das estruturas dos muros vertedouros do labirinto e muro guia lateral Próprio da ombreira esquerda em contato com o maciço terroso já executado

O fator água-cimento não deverá ser maior do que 0,56 e o teor mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup> A resistência à compressão aos 28 dias, determinada conforme o MB-3 da ABNT, deverá ser superior a 26 mPa

#### 3 3 2 - Concreto CLASSE II

Será empregado nas estruturas de concreto simples, e nos blocos de ancoragem e de apoio

O fator água-cimento não deverá exceder 0,65 em peso e o teor mínimo de cimento será de 300 kg/m<sup>3</sup>, salvo modificações impostas pela CONTRATANTE A resistência à compressão aos 28 dias, determinada conforme o MB-3 da ABNT, deverá ultrapassar 225 kg/cm<sup>2</sup>, para que se tenha fck 130 kg/cm<sup>2</sup>, de acordo com controle adotado

#### 3 3 3 - Concreto CLASSE III

Será usado para revestimento das superfícies degradadas em função do grau de alteração da rocha do substrato rochoso ou para onde for especificamente indicado O fator água-cimento não deverá ser maior do que 0,4 e o teor de cimento será de 250 kg/m<sup>3</sup>, salvo modificações imposta pela CONTRATANTE

A resistência à compressão aos 23 dias, determinada conforme a MB-3 da ABNT, deverá ultrapassar 150 kg/cm<sup>2</sup>

### 3 3 4 - Concreto CLASSE IV (CONCRETO MAGRO PARA REGULARIZAÇÃO)

É o concreto de baixo teor de cimento ( no mínimo 150 kg/m<sup>3</sup>), que será colocado com o objetivo de regularizar as superfícies sobre as quais se vão cimentar as estruturas e obter o piso adequado para o trabalho de construção das lajes ou pisos. A extensão e a espessura deste concreto magro serão as indicadas nos desenhos ou prescritas pela CONTRATANTE

A camada de concreto magro repousará sobre um piso sólido e, na medida do possível, inalterável

A espessura indicada nos desenhos poderá ser alterada nos locais das obras a critério da CONTRATANTE

### 3 3 5 - Medição

Para efeito de avaliação será computado o volume medido nas estruturas para as quais se tenha estipulado a classe do concreto utilizado e que tenham sido construídas totalmente de acordo com estas Especificações e o prescrito pela CONTRATANTE. A unidade utilizada na medição será o metro cúbico

### 3 3 6 - Pagamento

O concreto será pago ao CONTRATADA pelos preços unitários constantes das Planilhas de Quantidades, para cada uma das classes de concreto utilizado na execução das obras

O CONTRATADA deverá incluir nesses preços unitários, o custo da colocação das peças imersas ou embutidas no concreto, do fornecimento dos materiais constituintes do concreto, preparo, mão-de-obra, utilização e equipamentos, ferramentas, transportes, lançamentos, adensamento, cura e quaisquer outros serviços necessários à concretagem

Esses preços unitários não conterão o fornecimento, a dobragem, a amarração e a colocação do aço de armação, nem o fornecimento e colocação dos aparelhos de apoio

ou das juntas Fungenband ou elastômeros. Outrossim, não incluirão os custos das formas necessárias, que constituirão um item próprio de medição e pagamento

### 3.4 – Proporção das Misturas

A CONTRATANTE aprovará os traços de concreto a serem utilizados e exercerá o controle sobre a obediência aos mesmos, durante a sua preparação na obra

Os traços serão modificados, sempre que necessário, a fim de preservar a segurança e qualidade do concreto, sem que isso acarrete em ônus para a CONTRATANTE

### 3.5 – Consistência do Concreto

Serão submetidos para aprovação da CONTRATANTE os fatores água-cimento indicados pela CONTRATADA, que deverão ser os mínimos necessários para permitir um adensamento satisfatório do concreto

A consistência de água de amassamento será modificada, se necessário de uma betonada para outra, para corrigir a variação do teor de umidade dos agregados

Não será permitido adicionar água com o objetivo de compensar o endurecimento do concreto e atraso do lançamento

Concreto com excesso ou carência de água será rejeitado

A CONTRATADA não receberá nenhuma compensação por concreto rejeitado.

### 3.6 – Trabalhabilidade do Concreto

No sentido de atender às condições de concretagem, a CONTRATADA deverá determinar, a "priori", a trabalhabilidade que deve ter o concreto a fim de que possa ser elaborado, transportado, lançado e adensado sem perda de homogeneidade

A medida da trabalhabilidade deverá ser feita por meio de ensaios de abatimento (slump test), e aprovada pela CONTRATANTE

### 3.7 – Materiais

#### 3.7.1 – Cimento

O cimento a ser empregado será o Portland comum ou de alto forno, devendo satisfazer às prescrições da Especificação EB-1 ou equivalente mais atualizada da ABNT

Poderão ser empregados cimentos de alta resistência inicial, desde que atendam às prescrições da Especificação EB-2 da ABNT e seu uso seja previamente aprovado pela CONTRATANTE

Imediatamente após o recebimento na obra, o cimento deverá ser armazenado em depósitos secos, à prova d'água, adequadamente ventilados e com dispositivos para evitar absorção de umidade. Todos os lugares de armazenamento estão sujeitos à aprovação da CONTRATANTE e deverão permitir acesso para que o cimento seja inspecionado e identificado

Para evitar o envelhecimento indevido, após a chegada à obra, a CONTRATADA deverá usá-lo na ordem cronológica em que for recebido. Para isso, os silos ou pilhas de cimento deverão ser marcados com data de chegada à obra. Cimento com mais de três meses de armazenamento na obra não deverá ser usado, salvo se os ensaios comprovarem suas condições satisfatórias e a CONTRATANTE autorizar o seu emprego

O cimento não deverá ser armazenado em pilhas de mais de 10 sacos por período de até trinta dias, nem mais de 7 sacos por período de maior duração

O cimento que por qualquer motivo apresentar torrões, será considerado hidratado e só poderá ser usado em concretos não armados e em locais que não exijam do concreto resistência em corpo de prova cilíndrico de 15 x 30 cm, aos vinte e oito dias, maiores que 120 kg/cm<sup>2</sup>. Mesmo assim, sua utilização deverá ser precedida de

peneiramento com peneiras de malha de 2,4 mm e de autorização expressa da CONTRATANTE

### 3 7 2 – Agregados

Os agregados deverão satisfazer às exigência das Especificações EB-4 da ABNT e C-33 da ASTM

#### 3 7 2 1 – Agregado Graúdo

O agregado graúdo deverá ser constituído de seixo rolado, pedregulho natural ou pedra britada, resultante da britagem de rochas, necessariamente, estáveis de diâmetro mínimo igual ou superiores a 4,8 mm

O agregado graúdo deverá ser constituído por pedras duras, resistentes, duráveis e sem quantidades nocivas de impurezas

O agregado graúdo não deverá ter partículas delgadas planas ou alongadas cuja dimensão máxima seja cerca de 5 vezes a sua dimensão mínima

O diâmetro máximo do agregado graúdo a ser utilizado nas obras será sempre inferior a 15 cm e, em cada peça, não deverá ser maior do que  $\frac{1}{4}$  da menor dimensão da peça concretada, nem  $\frac{3}{4}$  do espaçamento entre as barras das armaduras

Deverão ser evitadas as britas provenientes de rochas com grande percentagem de mica e aquelas que contenham pó de pedra

Brita classificada é aquela que obedece a determinação limites de diâmetros

*Para fins práticos esta brita é classificada conforme a numeração que segue*

- **Pó de Pedra** material que passa na peneira de 2,4 mm
- **Brita N° 0** material que passa na peneira 9,5 mm e é retido na peneira de 2,4 mm

- Brita Nº 1 material que passa na peneira de 19,9 mm e é retido na peneira de 9,5 mm
- Brita Nº 2 material que passa na peneira de 38,0 mm e é retido na peneira de 19,0 mm
- Brita Nº 3 material que passa na peneira de 50,0 mm e é retido na peneira de 25,0 mm

A menos que a CONTRATANTE aprove o contrário, o agregado graúdo deverá chegar nas instalações de preparo do concreto em bitolas separadas, respeitando os seguintes limites (peneiras de malhas quadradas) prevista na Tabela 3.1

**TABELA 3.1**

Norma ASTM / ASA / USS	Abertura de Malha (mm)	Porcentagem que passam, em Peso para as Graduações indicadas			
		4,8 a 19 mm	19 a 38 mm	38 a 76 mm	76 a 152 mm
6"	152	-	-	-	90 - 100
4"	76	-	-	90 - 100	0 - 25
2"	50	-	-	20 - 55	0 - 5
1 ½"	38	-	90 - 100	0 - 10	-
1"	25	-	20 - 45	0 - 5	-
¾"	19	90 - 100	0 - 10	-	-
⅝"	9,5	30 - 55	0 - 5	-	-
Nº 4	4,8	0 - 8	-	-	-
Nº 8	2,4	0 - 2	-	-	-

A CONTRATANTE poderá, sempre que julgar conveniente, restringir as oscilações de composição granulométrica, fixando limites mais estreitos

O agregado graúdo a ser utilizado será uma mistura dos tamanhos retro indicados, em porcentagem que forneçam curva contínua

O agregado graúdo será estocado em pilhas de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar segregação, mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos devendo ser possibilitada a drenagem livre do excesso de água através de sistema de drenagem aprovado pela CONTRATANTE

Este material deverá constituir-se de fragmentos de rocha, que não possua minerais capazes de reagir com o cimento (reação álcalis agregado), fortes, duros, densos e duráveis, e as percentagens de substâncias nocivas deverão enquadrar-se no especificado a seguir, apresentando as seguintes condições

A quantidade destas não deve exceder os seguintes limites, em % do peso do material

- argila em torrões 0,25%
- material pulverulento, passando na peneira de 0,075 mm 1,00%

Conforme o fim a que se destine o concreto, o agregado graúdo deverá apresentar os seguintes valores para resistência ao esmagamento

- concreto sujeito a desgaste superficial 65%
- para outros concretos 55%

Nenhum equipamento que contenha lama, materiais impróprios, óleo nas esteiras ou pneus deverá ser operado nas pilhas de estocagem

Uma quantidade suficiente de agregados será mantida nas pilhas, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e a complementação de qualquer camada ou lance de concreto iniciado

### 3 7 2 2 – Agregado Miúdo

O agregado miúdo deverá ser constituído de areia natural quartzosa ou artificial, resultante do britagem de rochas estáveis, ou da composição de ambas e com diâmetro Máximo igual ou inferior a 4,8 mm

O agregado miúdo deverá ser constituído de partículas duras, resistente e duráveis, sem quantidades nocivas de impurezas

O agregado miúdo não deverá ter partículas delgadas, planas ou alongadas, cuja dimensão seja cerca de 5 vezes a sua dimensão mínima

A granulometria do agregado miúdo deverá estar dentro dos limites (peneiras de malhas quadradas) previstos na Tabela 3.2

**TABELA 3.2**

NORMA ASTM / ASA / USS	Abertura de Malhas (mm)	Porcentagens Individuais Retidas, em Peso (%)
Nº 4	4,8	0 – 5
Nº 8	2,4	5 – 15
Nº 16	1,2	10 – 25
Nº 30	0,6	10 – 30
Nº 50	0,3	15 – 35
Nº 100	0,15	12 – 20
Nº 200	0,075	2 - 10

CONTRATANTE fará o controle granulométrico periódico do agregado miúdo, rejeitando qualquer lote cuja curva granulométrica se afasta das zonas "ótimas" ou "utilizáveis" definidas na especificação EB-4 da ABNT

O agregado miúdo deverá ser armazenado e conservado de modo que seja evitada a introdução de materiais estranhos no concreto

Nenhum equipamento de tração que tenha lama, óleo nas esteiras ou pneus deverá ser operado nas pilhas de armazenamento. Ao ser depositado ou retirado o material, deverão ser tomadas precauções para evitar sua segregação

As pilhas de agregado miúdo deverão ser dispostas de maneira que assegurem um período mínimo de 24 horas de drenagem, antes do uso, devendo esse material chegar às instalações de preparo do concreto com umidade superficial uniforme e estável, nunca superior a 8%

A quantidade armazenada nas pilhas deverá ser suficiente para garantir a colocação contínua do concreto. Essa quantidade deverá ser mantida enquanto for necessário produzir concreto para a execução da obra.

### 3.7.3 – Água

A água utilizada no armazenamento do concreto deve provir de fonte, córrego, rio ou de outras ocorrências previamente qualificadas por meio de ensaios efetuados em laboratórios, não devendo ter quantidades prejudiciais de óleos, ácidos, álcalis, matérias orgânicas ou outras impurezas.

*A água potável é considerada de boa qualidade para utilização em concreto.*

No caso de dúvidas quanto a água a ser utilizada, a CONTRATANTE poderá exigir da CONTRATADA a realização, além de análise química, do ensaio de qualidade que deve ser um ensaio comparativo de resistência à compressão de corpos de prova com o mesmo traço, confeccionados respectivamente com a água em questão e com água potável. Não deverá haver redução de resistência superior a 10%.

### 3.7.4 – Aditivos

Quando indicado e/ou critério da CONTRATANTE, poderá ser autorizada a utilização de aditivos impermeabilizantes, aceleradores ou retardadores de pega, redutores de água e incorporadores de ar. A autorização para uso será específica para o tipo, quantidade e peça a ser concretada.

## 3.8 – Dosagem e Mistura do Concreto

### 3.8.1 – Generalidades

O concreto será dosado de modo a obter misturas trabalháveis com conteúdos mínimos de água e que, para cada estrutura, sendo devidamente curado, satisfaça às exigências de resistência mecânica e durabilidade prevista no Projeto.

Se for comprovadamente necessário, a critério da CONTRATANTE, deverá ser modificada a proporção dos ingredientes para manter a qualidade requerida por esta especificação, sem ônus para a CONTRATANTE

### 3 8 2 – Dosagem

Todos os materiais que compõem o concreto deverão ser medidos em peso É facultada a medida em volume dos agregados miúdos e graúdos, desde que sejam observadas rigorosamente as prescrições constantes das normas da ABNT

Sempre que houver concretagem a intervalos regulares, a umidade dos agregados será determinada por método preciso para efeito da necessária correção da relação água-cimento

A CONTRATADA deverá dispor na obra de equipamentos adequado para controle de umidade dos materiais, além de todos os equipamentos necessários para a dosagem racional do concreto e seu controle, inclusive formas cilíndricas metálicas em número suficiente para moldagem de corpos de acordo com as normas da ABNT

### 3 8 3 – Traços

O traço será determinado em função dos tipos de peças a serem concretadas e das condições de trabalhabilidade, resistência mecânica e durabilidade exigidas

As especificações detalhadas e as instruções de campo, relativas a cada estrutura, indicarão as resistências e condições de trabalhabilidade aplicáveis aos concretos a serem lançados

Todas as misturas serão objeto por parte da CONTRATADA de cuidadosos estudos de traço com a necessária antecedência O fabrico do concreto a aplicar em qualquer parte da obra, só poderá ser iniciado depois que o respectivo estudo de traço esteja aprovado pela CONTRATANTE

### 3 8 4 – Equipamentos

As instalações de preparo do concreto serão feitas sob inteira responsabilidade da CONTRATADA, que ao dimensioná-las deverá levar em conta o volume de serviços a executar dentro dos respectivos cronogramas, suas dificuldades, condições locais e tudo o mais que possa influir na sua capacidade de produção

Os projetos das instalações serão submetidos à aprovação da CONTRATANTE, que poderá exigir modificações

A CONTRATADA deverá providenciar pesos padrões e todo o equipamento auxiliar necessário para verificação da exatidão de cada balança e dos outros dispositivos de medição. As provas de verificação deverão ser feitas na presença da CONTRATANTE

As instalações de dosagem deverão ser tais que a imprecisão na alimentação e mistura dos materiais não exceda 1,5% para a água e cimento e 3% para qualquer tipo de agregado

As dimensões das betoneiras deverão ser compatíveis com o diâmetro dos agregados

As betoneiras, assim como todo o equipamento, deverão ser mantidos em perfeitas condições, principalmente no que se refere ao dispositivo de medição de água, que deverá ser de controle automático

A CONTRATADA deverá ter meios para identificar cada mistura, encaminhá-las ao seu destino correto e controlar sua descarga, sem que haja possibilidade de equívoco

### 3 8 5 – Mistura

O preparo do concreto no local da OBRA deverá ser feito em betoneira do tipo e capacidade aprovados pela CONTRATANTE e somente será permitida a mistura manual em casos de emergência, com a devida autorização da CONTRATANTE, desde que seja enriquecida a mistura com, pelo menos, 10% do cimento previsto no traço adotado

O concreto será misturado até ficar com aparência uniforme e com todos os componentes igualmente distribuídos

Não será permitido a mistura excessiva, que necessite de adição de água para preservar a consistência do concreto

A sequência de introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra com o propósito de se obter a máxima eficiência

Em hipótese alguma, a quantidade total de água de armazenamento será superior à prevista na dosagem, havendo sempre um valor fixo para o fator água/cimento

Os materiais serão colocados no tambor, de modo que a parte da água de amassamento seja admitida antes dos materiais secos. A ordem de entrada na betoneira será parte do agregado graúdo, cimento, areia e o restante da água de amassamento e, finalmente, o restante do agregado graúdo

Os aditivos deverão ser juntados à água em quantidades certas, antes do seu lançamento no tambor, salvo recomendações de outro procedimento, pela CONTRATANTE

O tempo de mistura, contado a partir do instante em que todos os materiais tiverem sido colocados na betoneira, dependerá do tipo de betoneira e não deverá ser inferior a

- para betoneiras de eixo vertical 1 minuto,
- para betoneiras basculantes 2 minutos,
- para betoneiras de eixo horizontal 1,5 minutos

Quando autorizadas misturas volumétricas do concreto, esta, deverá ser sempre preparada para uma quantidade inteira de sacos de cimento. Os sacos de cimento que, por qualquer razão tenham sido parcialmente usados, ou que contenham cimento endurecido, serão rejeitados. O uso de cimento proveniente de sacos usados ou rejeitados não será permitido

A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo FABRICANTE e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina

A não ser que sejam determinados de outra forma e/ou aprovados pela CONTRATANTE, os tempos de amassamento não serão inferiores aos indicados na Tabela 3.3

**TABELA 3.3**

Capacidade de Betoneira (m <sup>3</sup> )	Tempo de Amassamento
0,75	75
1,50	90
2,25	120
3,00	150
3,75	165
4,50	180

Esse tempo será contado desde o momento em que todos os materiais sólidos estiverem na betoneira, sob a condição de que toda a água de dosagem correspondente tenha sido adicionada antes de transcorrer a quarta parte do tempo de amassamento

O controle de qualidade do concreto misturado pelos caminhões betoneiras apresenta alguns problemas que não são comuns a outros tipos de misturadores de concreto. A não ser que se tomem as devidas precauções, podem ocorrer segregação e variação de consistência, a ponto de se perder o controle da relação água-cimento

A quantidade de água necessária para que se obtenha a consistência adequada é efetuada por fatores que também influenciam o aumento da temperatura do concreto. Estes fatores são as características dos ingredientes, tempo decorrido entre a central e o local da aplicação, quantidade da mistura, tempo necessário para a descarga e lançamento, condições climáticas, etc

Em circunstância diversas, tais como entrega irregular, trajetos muito longos, lançamentos pequenos e lentos em temperaturas elevadas, os problemas de se manter um certo grau de uniformidade são muito maiores

Ao se utilizar caminhões betoneiras serão dadas precauções a fim de se garantir a uniformidade do concreto em todas as betoneiras. Essas precauções são as seguintes

- a) em dias de calor, a temperatura do concreto será mantida, sempre que possível entre 21 e 27°C,  
Isso poderá ser conseguido pelos seguintes meios
  - Utilização de água fria ou gelo na mistura,
  - Manutenção dos materiais à temperatura mais baixa possível, por meio de coberturas ou molhando-se as pilhas de agregado para provocar o resfriamento por evaporação,
  - Eliminação do uso de cimento quente
- b) a central de concreto deverá ser equipada com um bom medidor de água entre o tanque e o misturador. O misturador deverá ter mostradores e totalizador,
- c) a água adicional não deverá exceder a quantidade necessária para a relação água-cimento pré-estabelecida, a fim de que se obtenha o "slump" adequado,
- d) como o carregamento dos agregados na usina geralmente é feito com uso de pá mecânica, alerta-se para a possibilidade de se ultrapassar o peso previsto na dosagem. Neste caso deverão ser feitas as devidas correções a fim de se manter o traço desejado,
- e) aferir periodicamente as balanças através do "peso padrão", ou quando a CONTRATANTE assim o determinar,
- f) durante a colocação do cimento na usina não deverá haver perda do material. Para tanto, sugere-se a utilização de um sistema eficaz, como por exemplo o "pica-saco"

### 3 9 – Transporte do Concreto

#### 3 9 1 – Generalidades

A condição principal imposta ao sistema de transporte é a de manter a homogeneidade do material

Para isso o concreto deverá ser transportado da betoneira às formas com a máxima rapidez possível, empregando-se métodos que evitem segregação e perda dos ingredientes, especialmente de água ou nata de cimento

Qualquer que seja o equipamento adotado, a CONTRATANTE deverá aprova-lo previamente

No caso de se empregar bombas para o transporte do concreto, os seguintes cuidados deverão ser tomados

- a) os agregados graúdos que permitem um melhor bombeamento são seixo rolado ou pedregulho natural,
- b) o agregado miúdo deverá conter 15 a 20% de material passando na peneira 0,2 mm e 3% na peneira 0,15 mm,
- c) o diâmetro máximo do agregado deverá ser sempre menor do que um terço do diâmetro do tubo,
- d) o consumo mínimo de cimento deverá ser 300 kg/m<sup>3</sup> de concreto,
- e) o abatimento do concreto (slump) deverá estar compreendido entre 6 e 16 cm, dependendo do tipo de bomba a ser utilizada

Quando forem utilizados caminhões betoneiras para transporte do concreto até o local das obras, será verificado periodicamente o desempenho dos mesmos, para determinar a adequação do equipamento e dos métodos aprovados, o número de rotações necessárias ao processo de mistura sem que ocorram excesso e inspeções em seu interior a fim de se verificar o desgaste das hélices ou existência de concreto residual.

Ocorre frequentemente uma considerável perda de "slump" em concretos transportados por caminhões betoneiras, especialmente em dias com temperaturas elevadas. Essa perda deverá ser mantida ao mínimo, limitando-se a velocidade em 20 rotações por minuto e mantendo na usina o "slump" máximo especificado no traço de modo que sua perda até o local de lançamento fique dentro da faixa admissível.

Em dias extremamente quentes as operações de mistura e lançamento poderão ser executados à noite, desde que previamente aprovados pela CONTRATANTE.

Todos os caminhões betoneiras deverão ser equipados com contador de rotações.

O tempo máximo permitido entre a saída do concreto da usina e o lançamento nas formas será de 60 minutos.

Não serão utilizados caminhões betoneiras com capacidade superior ao necessário, para uma determinada concretagem.

### 3 10 – Lançamento

#### 3 10 1 – Generalidades

Para cada estrutura ou parte dela, e com antecedência adequada a cada caso, a CONTRATADA apresentará a CONTRATANTE, seu plano de concretagem. De forma alguma o plano de concretagem poderá modificar as diretrizes de execução estabelecidas no Projeto.

Para obtenção do bom padrão de concreto a CONTRATADA executará sem ônus adicional para a CONTRATANTE, mata-juntas nas formas, bem como, espanadores (pastilhas) entre a ferragem e a forma, para garantia da espessura do recobrimento previsto no projeto e nas normas.

Qualquer concretagem só será iniciada após a CONTRATANTE proceder o rigoroso exame dos escoramentos, cimbres, formas, armações, chumbadores e circunstâncias locais que possam afetar a qualidade final das estruturas

A CONTRATADA deverá manter um sistema de comunicação rápido entre o local de fabricação do concreto e os de lançamento, para seu uso e da CONTRATANTE

### 3 10 2 – Meios de Lançamento

A CONTRATADA deverá providenciar equipamentos capazes de lançar adequadamente qualquer concreto especificado

Os equipamentos e métodos de lançamento só poderão ser utilizados se aprovados pela CONTRATANTE e deverão ser tais que

- possibilite o lançamento do concreto o mais próximo possível de sua posição definitiva,
- evitem a segregação dos grãos na massa do concreto. Se tal acontecer, esses agregados serão espalhados antes que o concreto seja vibrado,
- evitem queda vertical maior que 1,50 m. Quando a altura da queda for maior que 1,50 m, medidas especiais deverão ser tomadas para evitar segregação, tais como abertura de janelas nas formas para diminuir a altura de lançamento e facilitar o adensamento, colocação de trombas de chapa ou lona no interior das formas, emprego de concreto mais plástico e rico de cimento

### 3 10 3 – Lançamento Convencional

O concreto deverá ser lançado antes de decorridos 30 minutos de seu amassamento. O lançamento do concreto, que deverá ser contínuo e tão rápido quanto possível, será feito em camadas horizontais não superiores a 30 cm

Cada camada deverá ser lançada e adensada antes que a betoneira precedente tenha iniciado a pega, a fim de se evitar superfícies de separação entre as duas betoneiras

Nos locais de lançamento deverão ser previstos recursos de proteção ao concreto contra chuvas repentinas

Qualquer concreto que tenha endurecido, de tal modo que não possa ser assegurada sua colocação adequada, será refugado

Quando os lançamentos terminarem em superfícies inclinadas, a CONTRATADA adensará o concreto nessas superfícies, quando ainda plástico, de maneira que seja obtida uma inclinação uniforme e estável

#### 3 10 4 – Concreto Lançado sobre Terra

Se o concreto for lançado sobre terra, a superfície em contato com o concreto deverá estar limpa, compactada e livre de poças d'água

Antes de qualquer concretagem sobre terra será feito um lastro de pedras ou de concreto magro com espessura de 5 a 15 cm, conforme os desenhos do projeto e/ou instruções da CONTRATANTE

#### 3 10 5 – Concreto Lançado Sobre Rocha

As superfícies de rocha sobre as quais o concreto será lançado deverão estar limpas, isentas de óleos, água estagnada ou corrente, lama e detritos. Todas as superfícies de rocha, aproximadamente horizontais, serão cobertas com uma camada de argamassa de 1 cm de espessura, imediatamente antes do lançamento do concreto. A argamassa terá a mesma proporção cimento-areia do concreto. Para garantir a penetração de argamassa em todas as irregularidades da superfície, ela será espalhada e esfregada sobre rocha, por meio de vassouras duras.

Tratamentos especiais, decorrentes de situações geológicas particulares serão examinados e indicados em cada caso pela CONTRATANTE

### 3 11 – Adensamento do Concreto

O concreto deverá ser adensado até a densidade máxima praticável através de processos que provoquem a saída do ar, facilitem o arranjo interno dos agregados e melhorem o contato com as formas e as armaduras

O adensamento do concreto será feito por meio de vibradores

Qualquer tipo de vibração a ser utilizada deverá ser previamente aprovada pela **CONTRATANTE**

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores e mangueiras serão inspecionados quanto a defeitos que possam existir

Os vibradores de imersão deverão ter uma frequência não inferior a 6 000 rpm

A qualquer momento deverão haver vibradores em número suficiente para assegurar o adensamento satisfatório de todo o concreto lançado

O vibrador deverá operar no adensamento de cada lance de concreto em posição próxima da vertical, sendo que o tubo vibratório deverá penetrar de 2 a 5 cm na camada anterior

Os lances adicionais de concreto não serão superpostos até que o concreto lançado anteriormente tenha sido completamente vibrado

Os tubos vibratórios não deverão ser introduzidos a menos de 10 cm da face das formas para não deformá-la e evitar a formação de bolhas e de calda de cimento ao longo dos moldes

Deverão ser evitadas vibrações excessivas que possam causar segregação e exudação

### 3 12 – Juntas

#### 3 12 1 – Juntas de Construção (JUNTAS FRIAS)

A posição detalhada das juntas de concretagem deverá constar do plano de concretagem da CONTRATADA

As operação de manipulação do concreto junto às superfícies das camadas deverão ser as mínimas necessárias para produzir não só o adensamento requerido, como também, uma superfície suficientemente rugosa, que permita sua aderência à camada superposta

Não será permitida a vibração superficial ou qualquer outra ação que possa tornar excessivamente lisa a superfície das camadas sobre as quais será lançada outra camada

As “juntas-frias” nunca deverão ser posicionadas em locais onde as tensões tangenciais sejam elevadas e não hajam armaduras suficientes para absorve-las

As regras gerais para o bom preparo das “juntas-frias” são as seguinte

- a) retirada de calda ou nata de cimento da superfície, proveniente da subida, por ocasião da vibração de ar, água, cimento e agregados miúdos. Esta retirada deverá ser feita 4 a 12 horas após a concretagem, com jato de ar ou água até uma profundidade de 5 mm e até o aparecimento do agregado graúdo, que deverá ficar limpo,
- b) esta limpeza deverá repetir-se 24 horas antes de retomada da concretagem, para retirada do pó e dos resíduos, bem como, da película superficial hidratada do concreto e carbonatada pela água, depositados nas asperezas das superfícies,
- c) durante as 24 horas que precedem a retomada da concretagem, a superfícies deverá ser saturada de água para que o novo concreto não tenha sua água de mistura, necessária à hidratação do concreto, retirada pela absorção do

concreto velho Deverá seguir-se uma secagem para retirada de eventuais poças d'água,

- d) ao se retomar a concretagem, deverá ser colocada 1 a 2 centímetros de espessura de argamassa com o mesmo traço do concreto, porém sem o agregado graúdo Esta camada servirá para evitar formação de vazios entre o agregado graúdo e o concreto velho, já que a pedra terá sempre uma camada de ligação onde se assentar.
- e) colocar o concreto novo sobre o velho, com especial cuidado no sentido de se evitar a formação de bolsas de pedra, provenientes de falta da homogeneização devida à mistura deficiente, transporte e colocação irregular,
- f) no caso de paredes ou outros elementos em que não seja aconselhável o uso de qualquer jato para limpeza das superfícies endurecidas, as formas deverão ser executadas até o nível da junta O enchimento das formas deverão ser feito até 3 cm acima desse nível, fazendo-se a remoção do excesso no endurecimento O acabamento poderá ser feito por meio de escovas de pelo duro, ou qualquer outro meio manual adequado, até a completa remoção do concreto defeituoso Das concentrações de nata e argamassa fraca, manchas e quaisquer materiais indesejáveis, complementando-os com a lavagem cuidadosa da superfície do concreto, a fim de eliminar todos os materiais soltos

### 3 12 2 – Juntas de Dilatação e Retração

As juntas de dilatação e retração deverão ser construídas segundo orientação da CONTRATANTE

Em nenhum caso deverá ser prolongada, através de uma junta, uma peça de aço ou outro material fixo no concreto e não provido de dispositivo especial de expansão

Qualquer quantidade de concreto que eventualmente transborde sobre as formas e altere a seção da junta deverá ser removida cuidadosamente

Durante a concretagem, o material de vedação das juntas deverá ser mantido rigorosamente em sua posição

A CONTRATADA deverá substituir as suas custas quaisquer juntas que tenham sido danificadas durante a operação de concretagem

### 3 13 – Cura do Concreto

#### 3 13 1 – Generalidades

A CONTRATADA deverá levar em conta que a cura e a proteção depois de lançado fazem parte do processo de fabricação do mesmo, e que, por isso, os concretos que não tenham sido curados e protegidos como indicam esta Especificações não serão aceitos pela CONTRATANTE, podendo esta recusa-los quando as curas não tenham sido satisfatórias, não tendo a CONTRATADA direito a reclamação por esse motivo

#### 3 13 2 – Cura Convencional

Todas as superfícies de concreto expostas ao ar livre serão mantidas continuamente úmidas durante 14 dias após o lançamento do concreto

Nos casos em que as superfícies são protegidas pelas formas, o concreto será curado por umedecimento durante pelo menos sete dias

Nos lugares onde não for possível cobrir o concreto com areia, terra, serragem molhada ou material semelhante, as superfícies de concreto serão permanentemente irrigadas

A água usada na cura deverá ser limpa e livre de elementos que possam prejudicar, manchar ou descobrir o concreto

As formas de madeira serão molhadas frequentemente para impedir abertura de juntas e a evaporação através da madeira

Quando os moldes forem metálicos, especial atenção será dada à vedação das juntas

As superfícies a serem cobertas com terra somente serão curadas até ser colocado o aterro

### 3 13 3 – Cura a Vapor

A utilização de processos especiais de cura a vapor visando o endurecimento acelerado do concreto, ficará condicionado à apresentação, por parte da Contratada, de projeto detalhado do processo para aprovação pela CONTRATANTE

O processo empregado, específico para elementos pré-fabricados ou não superestrutura, deverá proporcionar adequada rapidez de execução e homogeneização do endurecimento da massa do concreto, visando antecipar a retirada das formas graças à obtenção de elevadas resistência iniciais

A eficiência do processo proposto será verificada por meio de testes iniciais em "peças-piloto"

### 3 13 4 – Cura com Impermeabilizantes

Será permitido o uso de impermeabilizantes para a cura o concreto, desde que sejam obedecidas as condições prescritas no item 3 7 4 desta Especificação

Se for usado composto impermeabilizante para a cura, os retoques só poderão ser feitos depois de terminada a cura geral das superfícies. As áreas retocadas serão umedecidas e cobertas de composto impermeabilizante, com as precauções gerais da cura

### 3 14 – Controle

A CONTRATADA fará todos os estudos e ensaios necessários e a CONTRATANTE os aprovará se os considerar satisfatórios

Se os resultados dos ensaios não forem considerados satisfatórios, a CONTRATADA demolirá e reconstruirá, às suas custas, as partes das obras que a CONTRATANTE determinar

Caso seja constatada a necessidade de verificação "in loco" da qualidade e segurança do concreto aplicado na obra, as despesas com especialistas e ensaios de materiais ou corpos de prova realizados em laboratórios idôneos e aprovados pela CONTRATANTE, ocorrerão por conta da CONTRATADA

Todos os ensaios serão realizados segundo os métodos da ABNT ou da ASTM

Caberá a CONTRATADA

- realizar todos os ensaios e investigações preliminares para determinar a qualidade dos materiais e as condições em que poderão ser empregados no concreto,
- aferir o fator água-cimento na usina fazendo a sua devida correção em função da umidade dos agregados,
- ensaiar o "slump" do concreto saído da usina em caminhão betoneira e por ocasião da colocação do concreto nas formas,
- *determinar por meio de estudos preliminares e por tentativas sucessivas, as proporções dos materiais para obtenção de concretos econômicos que possuam os requisitos de qualidade estabelecidos nestas especificações,*
- realizar, na presença da CONTRATANTE, durante o andamento das obras, todos os ensaios necessários ao controle de qualidade dos materiais e dos concretos produzidos,
- confeccionar corpos de prova durante o lançamento do concreto,
- ajustar ou substituir traços de concreto quando necessário e/ou por ordem da CONTRATANTE
- manter um registro de todos os ensaios e resultados obtidos

Na hipótese do concreto já aplicado não atender às especificações, a CONTRATANTE poderá até exigir a demolição total ou parcial da estrutura e sua reexecução Sem ônus para a contratante

Com o resultado dos ensaios proceder-se-á a determinação do coeficiente de variação no canteiro de serviço

O traçado do gráfico de controle dos resultados permitirá uma visão do conjunto dos valores obtidos e a observação das dispersões que ocorrem na qualidade da execução do concreto

O valor máximo permitido para coeficiente de variação será de 10% (dez por cento). ficando a critério da CONTRATANTE a necessidade ou não de serem feitos novos estudos de dosagem

### 3 15 – Acabamentos

#### 3 15 1 – Irregularidades no Concreto

As irregularidades causadas por deslocamento ou má colocação da forma, ou por ligamentos soltos ou madeira defeituosa da forma, bem como, “ninhos de abelhas”, serão considerados como irregularidades, e deverão ser reparados, onde ocorrerem, sem ônus para a CONTRATANTE

#### 3 15 2 – Superfícies Feitas com Formas

As superfícies sobre ou contra as quais deverá ser colocada concreto ou aterro, não necessitarão de tratamento depois da remoção da forma, excetuando a tomada d'água, os reparos dos “ninhos de abelhas” e outro concreto defeituoso, além da cura específica. *As correções das irregularidades nas superfícies, somente serão necessárias nas depressões e somente para aquelas que alteram as características estruturais da obra*

As superfícies não proeminentemente exposta à vista, tais como, as superfícies expostas dos muros de arrimo, galerias e passagens necessitarão de retificação não só para o reparo de “ninhos de abelhas”, como também, das irregularidades de superfície que entre juntas de formas excedam a 4 mm e que apresentam um dasalinhamento gradual de no máximo 6 mm/metro linear

As superfícies proeminentemente expostas à vista, necessitarão não só para o reparo de “ninhos de abelhas”, como também, das irregularidades de superfícies que entre juntas de formas excedam a 3 mm e que apresentem um desalinhamento gradual de no máximo 4 mm/metro linear

### 3 15 3 – Reparos no Concreto

A princípio não serão admitidos reparos no concreto, mas se excepcionalmente autorizados pela CONTRATANTE os reparos só poderão ser efetuados por pessoal especializado. A CONTRATADA manterá a CONTRATANTE avisada sobre a época em que qualquer reparo no concreto deverá ser feito. O reparo no concreto só poderá ser efetuado na presença do inspetor da CONTRATANTE.

As rebatidas deverão ser totalmente removidas das superfícies expostas. Onde as irregularidades das superfícies excederem aos limites específicos, as saliências deverão ser eliminadas por martelamento ou desbaste. Os custos de todos os materiais, mão-e-obra e equipamentos empregados nos reparos do concreto correrão por conta da CONTRATADA.

### 3 16 – Medição e Pagamento

O concreto será medido em m<sup>3</sup>, com base nas dimensões definidas nos desenhos do projeto.

O pagamento será efetuado pelos preços unitários do metro cúbico constantes da planilha de orçamento das obras.

Os preços unitários de concreto deverão incluir o custo de todos os materiais necessários, inclusive, forma, ferragem e escoramento, assim como o seu preparo, transporte, lançamento, adensamento, curas, acabamento e controle tecnológico.

O pagamento das juntas de dilatação/contração será efetuado a parte, pelo preço do metro linear constante na planilha de orçamento das obras.

### 3 17 – Especificações Complementares

#### 3 17 1 – Generalidades

A presente especificação refere-se à colocação de uma camada de revestimento de concreto simples, de 5 cm associado a manta texturizada de polietileno de alta densidade – (PEAD APM) de 1,00 mm de espessura conforme indicada nos desenhos ou determinados pela CONTRATANTE

#### 3 17 2 – Materiais

##### 3 17 2 1 – Concreto

Deverá o concreto a ser utilizado obedecer todas as indicações contidas no item 3 3 3 desta Especificação Deverá ter tensão característica (fck) de 18 e 26 mPa e fator água-cimento não superior a 0,45

##### 3 17 2 2 – Manta Impermeável Texturizada com POLIETILENO (PEAD APM)

Pelo seu grau de importância, tanto no que se refere as quantidades de controle de qualidade de fabricação e aplicação, a especificação deste material esta aposentado como uma especificação complementar

##### 3 17 2 3 – Equipamento

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensão de cada serviço a executar A CONTRATADA deverá apresentar a relação detalhada do equipamento a ser utilizado em cada obras ou conjunto de obras

##### 3 17 2 4 – Execução

Será de responsabilidade da Contratada o fornecimento de formas e moldes, incluindo sua fabricação, colocação, emprego e remoção, o traçado de juntas, bem como quaisquer outras operações necessárias

O revestimento poderá ser colocado manualmente ou com equipamentos mecânico, de forma tal que forneça superfícies lisas à espessura. A execução deverá ser rigorosamente controlada de forma que o concreto não seja poroso, com vazios ou ninhos

O revestimento quando lançado manualmente deverá ser acabado com desempenadeira, sobre guias, tanto no fundo como nos taludes do canal, de forma similar ao descrito no "Concrete manual" do United Bureau of Reclamation. Será executado em painéis alternados, a começar com as lajes de fundo. Cada painel terá no máximo, um comprimento longitudinal de 2,5 m, que corresponde ao local dos frutos transversais

Especial atenção deverá ser dada a cura cujo custos estão totalmente incluídos no processo de aplicação. Fissuras resultantes de cura inadequada serão motivos de rejeição do trecho devendo entretanto, a CONTRATADA, quando necessário utilizar aditivos, previamente aprovados pela CONTRATANTE, afim de melhorar as condições de cura, se o seu processo construtivo e de cura não estiver dando resultado satisfatórios

Antes da colocação do concreto de revestimento, deverão os taludes serem umedecidos. Em todos os casos o concreto para o revestimento dos canais deverá ser colocado de baixo para cima, é, primeiramente as partes inferiores do mesmo e posteriormente as superiores, a medida que avance o lançamento

Poderá ser utilizado forma deslizante, no sentido longitudinal, dotada de vibradores fixos a ela. Independentemente dos vibradores da forma, a Contratada deverá possuir vibradores de chicote, réguas, plainas e outros instrumentos necessários para o acabamento dos taludes. Poderá também efetuar o lançamento do revestimento utilizando formas que se desloquem de baixo para cima sobre réguas fixas e alinhadas, devendo, em todos os casos, colocar o concreto por camadas horizontais e devidamente vibrado

Caso o equipamento da Contratada para o revestimento dos canais não permita interromper o lançamento nos locais de estruturas típicas e especiais, será admitido que o

revestimento se efetue sem interrupção nestas seções e que seja removido posteriormente a parte necessária para que sejam alojadas as estruturas. Porém não será estimado para fins de pagamento o concreto removido ou demolido, bem como os materiais empregados e as despesas de mão-de-obra necessárias a esta operação. Além disto, nos casos em que ao promover a remoção do revestimento, a seção do canal de danifique por qualquer motivo, correrá as expensas da Contratada o seu reparo, caberá a CONTRATANTE desta antes que sejam iniciadas tarefas posteriores.

O traçado das juntas secas no concreto será feito por meio de pontas e ganchos operados manualmente pelos pedreiros que fizerem o acabamento do revestimento, gabaritos de centro de seções ou por meio de aparelhos como a forma deslizante, na qual serão colocadas ferramentas que ao correr a forma deixarão sulcos contínuos.

As juntas transversais secas serão espaçadas de 2,5 metros servindo as mesmas como lance de concretagem e as juntas longitudinais não serão duas, uma em cada talude, localizadas a 1/3 da altura total do parâmetro inclinado.

Terão as dimensões indicadas nos desenhos ou serão feitas à critério da CONTRATANTE.

Todas as ranhuras longitudinais terão a mesma inclinação do trecho do canal que esteja sendo executado, e obedecerão os desenhos do Projeto.

Os entalhes de dilatação poderão ser feitos com armações de madeira ou cortados no concreto fresco por meio de equipamento apropriados e aprovados.

### 3 17 2 5 – Controle

Compete a Contratada, executar o controle dos seus próprios serviços. Para o revestimento do canal adutor não será permitido erro maior que 2 centímetros no alisamento e nivelamento, por cada estação de 20 metros e, em um trecho contínuo de 100 metros, um máximo de 4 centímetros no alinhamento e 3 centímetros no nivelamento.

Também não serão admitidos reduções além de 20% na espessura do revestimento do canal. Compete à CONTRATANTE, o acompanhamento desses controles e verificação de sua observância.

### 3.17.3 – Medição

#### 3.17.3.1 – Concreto

A unidade de medida para computar o trabalho executado, segundo estas Especificações será um metro cúbico. Os valores serão medidos com base nos desenhos do Projeto, não sendo considerados excessos de qualquer natureza.

#### 3.17.3.2 – Juntas

Os serviços de execução das juntas são considerados inclusos nos custos do revestimento de concreto e não serão medidos separadamente para fins de pagamento.

### 3.17.4 – Pagamento

#### 3.17.4.1 – Concreto

O revestimento colocado será pago a Contratada para as quantidades medidas como acima especificados, com base no preço unitário constante nas Relações de Quantidade, para o serviço correspondente. No custo deverão estar incluídos a água necessária para umedecimento dos taludes, os materiais constantes, o preparo, a colocação e o acabamento do concreto, a abertura das juntas, bem como todos os encargos e incidências necessárias à sua execução.

### 3 18 – Formas e Escoramentos

#### 3 18 1 – Formas de Madeira

##### 3 18 1 1 – Generalidades

As formas serão executadas pela CONTRATADA com materiais aprovados pela CONTRATANTE. Serão usadas aonde quer que sejam necessárias para confinar o concreto e molda-lo segundo as linhas, dimensões e juntas exigidas pelo projeto

Quando julgar necessário a CONTRATANTE exigirá que a CONTRATADA apresente o projeto de formas para análise e aprovação

As formas terão resistência necessária para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto e serão mantidas rigidamente em posição

As formas serão suficientemente estanques para evitar a perda de argamassa. Toda vedação necessária será feita com materiais aprovados pela CONTRATANTE

As formas serão colocadas de tal modo que as marcas horizontais sejam contínuas em toda a superfície

As formas para as superfícies que serão expostas, deverão ser construídas ou revestidas de material liso como chapas de aço ou madeiras aplainadas, que não apresentem deformações ou falhas

Onde necessário, serão feitas aberturas nas formas para facilitar a inspeção, limpeza, lançamento e adensamento do concreto

As formas perdidas, necessárias à execução dos vazios previstos no projeto, deverão ser realizadas com materiais leves e imputrescíveis

Todas as aberturas temporárias nas formas, por motivos construtivos, estão sujeitos à aprovação prévia da CONTRATANTE

A qualidade de todas as formas será de responsabilidade da CONTRATADA e estará sujeita à aprovação da CONTRATANTE

### 3 18 1 2 – Parafusos de Fixação

Os parafusos maciços de fixação das formas permanecerão embutidos e deverão estender-se da face do concreto, pelo menos 2 diâmetros ou duas vezes a sua dimensão mínima

Os tirantes ocios empregados na fixação das formas deverão ser preenchidos com concreto, argamassa ou pasta de cimento

As aberturas localizadas nas superfícies permanentemente expostas ao ar deverão ser enchidas com argamassa seca. Nas paredes cujas faces vão ser cobertas de terra, as formas poderão ser fixadas empregando-se tirantes de arame, que deverão ser cortados rente à superfície do concreto, após a retirada das formas

### 3 18 1 3 – Limpeza e Untamento das Formas

Por ocasião do lançamento do concreto, as formas estarão isentas de incrustação de argamassa ou outros materiais estranhos. Antes que o concreto seja lançado, as superfícies das formas serão untadas com um tipo de óleo que impeça efetivamente a aderência e não manche as superfícies do concreto. Todos os óleos para formas deverão ser previamente aprovados pela CONTRATANTE. Após o untamento, o óleo em excesso nas superfícies das formas será removido.

A armadura do aço ou outras superfícies que necessitem de aderência de concreto, serão mantidas isentas de óleo.

### 3 18 1 4 – Remoção das Formas

A desforma da estrutura deverá ser realizada nos prazos estipulados pela NB-1, na seqüência apresentada nos planos de desforma e descimbramento previamente aprovados pela CONTRATANTE.

A aprovação do plano de desforma pela CONTRATANTE não eximirá o CONTRATADA de sua responsabilidade nesse serviço

As formas serão cuidadosamente removidas tão logo o concreto tenha endurecido e adquirido suficiente resistência, para facilitar a cura e possibilitar o preparo, o mais breve possível das imperfeições do concreto, mas nunca removidas sem autorização da CONTRATANTE

As formas serão retiradas sem produzir movimentos nem choques no concreto, recomenda-se para peças estruturais de importância o emprego de cunhas A CONTRATADA será responsável por avarias no concreto e/ou nas estruturas causadas pela remoção das formas

### 3 18 2 – Escoramentos

Os tipos de escoramentos a serem utilizados serão objeto de estudos por parte da CONTRATADA, que severa apresentar, quando do início dos trabalhos, o projeto detalhado das várias soluções propostas, quer sejam em escoramentos de madeira ou aço tubular

A CONTRATADA deverá submeter o projeto de escoramento, com os respectivos cálculos justificativos, à aprovação prévia da CONTRATANTE

O escoramento deverá ser projetado e construído de modo que receba todos os esforços atuantes sem sofrer deformações maiores que 5 mm ou à milésima parte do vão Para isso, deverão ser evitadas apoios em elementos sujeitos à flexão, bem como, adotados contraventamento para obstrução da rigidez necessária

### 3 19 – Armaduras para o Concreto Estrutural

#### 3 19 1 – Condições para Aceitação

As barras e fios de aço deverão satisfazer as condições gerais impostas pela especificação EB-03 da ABNT

As barras que não satisfizerem essas condições gerais deverão ser rejeitadas, De cada lote aceito será recolhido uma amostra representativa, que será submetida aos ensaios de recebimento

Caberá à CONTRATADA comprovar, através de certificado emitido por laboratório aceito pela CONTRATANTE, que o aço fornecido atende aos ensaios de tração e dobramento, obedecendo respectivamente aos Métodos Brasileiro MB-4 e MB-5

Caso a Fiscalização ou o próprio laboratório julguem necessário, serão realizados ensaios complementares destinados a verificar a composição química no projeto, tudo às expensas da CONTRATADA

Antes do envio de um carregamento de aço para a obra, a CONTRATADA deverá, às suas custas, fornecer à CONTRATANTE um certificado do FABRICANTE garantindo a qualidade do aço, bem como, o atestado de um laboratório aceito pela CONTRATANTE com os resultados dos ensaios em corpos de prova fornecidos pela CONTRATADA. Nenhuma partida poderá ser recebida na obra antes que a CONTRATANTE a aprove por escrito

À CONTRATANTE reserva-se o direito de exigir os ensaios que julgar convenientes para comprovar os resultados dos certificados que a CONTRATADA entregar

Quando a qualidade do aço for inaceitável, a juízo da CONTRATANTE, o mesmo deverá ser retirado da obra por conta do FABRICANTE e a responsabilidade de qualquer atraso, acarretado pela recusa do lote de aço, será de atribuição única e exclusiva da CONTRATADA

### 3 19 2 – Execução e Montagem da Armação

#### 3 19 2 1 – Limpeza

As barras de aço destinadas à confecção das armaduras, no momento de seu emprego, deverão estar perfeitamente limpas, retirando-se as crostas de barro, manchas de óleo, graxas e qualquer outro material nocivo

As barras que sobressaiam das juntas de construção deverão ser limpas e libertas de concreto endurecido, antes de prosseguir com a concretagem

No caso de, após a limpeza das barras, verificar-se que ocorreu redução da seção transversal devido à corrosão deverá ser verificada se esta redução é compatível com os padrões e tolerância exigidas para aceitação, podendo a CONTRATANTE, caso julgue necessário, exigir novos ensaios ou substituições do material, sem ônus para a contratante

### 3 19 2 2 – Cortes e Dobramentos

O corte e dobramento das barras deverão ser executados a frio, de acordo com os detalhes do projeto e as prescrições da ABNT Para isso a CONTRATADA deverá utilizar a quantidade e tipo de equipamento necessário à execução dos serviços

### 3 19 2 3 – Emendas

As emendas das barras serão sempre por justaposição e deverão ser executadas de acordo com os detalhes do projeto

**Não serão permitidas emendas por solda**

### 3 19 2 4 – Montagem e Armação

A armadura será montada no interior das formas na posição e espaçamento indicados no projeto, de tal maneira que suporte” e sem deslocamento, as operações de lançamento e vibração do concreto Será permitido para esse fim o uso de arame e tarugos de aço Nas lajes haverá amarração dos ferros em todos os cruzamentos

As posições corretas das armaduras serão garantidas por espaçadores e suportes, juntamente com as ligações entre as armaduras

Em geral, os espaçadores e suportes serão de concreto com resistência e durabilidade idênticas às do concreto da obra, podendo ser usados espaçadores e suportes

metálicos, desde que não fiquem em contato com as formas e sejam aprovados pela CONTRATANTE

Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco e não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver em processo de endurecimento

### 3 20 - Dispositivos de Vedação

#### 3 20 1 - Requisitos para Fornecimento e Colocação

Os dispositivos de vedação, Fugenband-O-22 ou similar, dispostos nas juntas de retração e de dilatação das estruturas, ou onde for indicado, deverão ser fornecidos e colocados pela CONTRATADA de acordo com os desenhos do projeto e as presentes Especificações

Trinta dias antes da data prevista para colocação dos vedantes, a CONTRATADA deve submeter à aprovação da CONTRATANTE os detalhes dos perfis que pretende utilizar, compreendendo a indicação do fabricante, dimensões, seção transversal, ligações e interseções. A CONTRATADA deve entregar também certificados do fabricante com as características dos materiais utilizados na confecção dos vedantes

A CONTRATADA deverá tomar as precauções para proteger os dispositivos de vedação durante a execução dos trabalhos e deverá reparar ou repor qualquer deles que tenha sido danificado

Os dispositivos de vedação deverão ser armazenados em lugar fresco e protegido dos raios diretos do sol e do contacto com óleos e graxas

O vedante deverá ser colocado com aproximadamente a metade de sua largura embutida no concreto, em cada lado da junta. Cuidados especiais deverão ser tomados durante a colocação e vibração de forma a garantir a perfeita aderência ao concreto, em todos os pontos ao longo da periferia da peça

No caso do vedante ser instalado no concreto, em um dos lados da junta, mais de um mês antes da data prevista para o lançamento do concreto do outro lado da junta, o vedante deverá ser protegido por recobrimento contra os raios de sol

As emendas deverão ser executadas de acordo com as especificações do fabricante e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO, de modo a garantir a estanqueidade do conjunto

#### **4 - SERVIÇOS ESPECIAIS**

As presentes especificações definem as normas, procedimentos, critérios de execução referentes aos seguintes serviços especiais previstos no Projeto

- Tratamento sub-superficial, por injeções de cimento da fundação da barragem de terra
- Drenagem das estruturas
- Ancoragem das estruturas

##### **4.1 - Tratamento Sub-Superficial da Fundação**

A fundação do vertedouro será constituída, parte em maciço tipo III/IV e parte em maciço tipo II. O maciço tipo III/IV, nesta região, apresenta grau de fraturamento F4 e perda de água da ordem de  $2 \text{ l/mxmxkg/cm}^2$ , o que significa perda de água mediana. Já o maciço tipo II apresenta grau de fraturamento variável, de F1 a F4, e perdas de água variando entre zero e  $1,0 \text{ l/mxmxkg/cm}^2$ , o que significa baixa perda de água. Em ambos os trechos, os resultados descritos indicam que a maior parte das fraturas se encontram fechadas.

Na ombreira direita, entre o vertedouro e a tomada d'água, a fundação está assente em maciços tipo III/IV e II. Nesta região, os dois tipos de maciço apresentam majoritariamente, grau de fraturamento F3. As perdas de água foram baixas, da ordem de  $1,0 \text{ l/mxmxkg/cm}^2$ .

#### 4 1 1 - Conceituação do Tratamento

Das condições descritas no item anterior, conclui-se da necessidade de adoção de uma cortina de injeções de impermeabilização para homogeneizar as permeabilidades e eliminar os maiores valores de perda de água. Esta cortina de injeções terá os furos espaçados a cada 3,00 m, e prosseguir fechando o espaçamento nos pontos onde os ensaios de perda de água e absorção de cimento recomendarem. Tendo em vista que não há nenhum condicionante geológico importante, a profundidade dos furos deverá ser de 3,5 m. A carga hidráulica sobre a fundação em alguns trechos onde a espessura de zona fraturada poderá condicionar a profundidade dos furos, não se aplicando nesta zona o critério geométrico. A esta cortina de injeções de impermeabilização deverão ser associadas duas linhas de furos rasos, uma a montante e outra a jusante, com profundidade de 4,00 m e espaçados a cada 4,00 m, para injeção de fraturas mais frequentes, à pequena profundidade.

#### 4 1 2 - Descrição do Tratamento

Basicamente os serviços serão executados nas seguintes etapas

- 1 Execução e injeção de furos rotatopercussivos a cada 3 m, e ensaios de perda d'água em trechos de 3,0 m e com profundidade de 3,0 m abaixo do limite previsto para o tratamento
- 2 Análise dos resultados de absorções dos furos obrigatórios e definição dos locais com necessidade de furos secundários
- 3 Execução e injeção dos furos secundários adjacentes aos furos primários com maiores absorções de cimento
- 4 Execução e injeção de furos terciários adjacentes aos furos secundários que tiveram absorções significativas de calda
- 5 Caso algum furo terciário ainda apresente absorções consideradas grandes, será avaliada a necessidade de reforço do tratamento com furos quaternários

#### 4 1.3 - Execução dos Furos

Preferencialmente os furos deverão ser executados a partir do terreno natural, antes da escavação prevista no projeto

Os equipamentos a serem utilizados na execução dos furos serão os convencionais utilizados nas sondagens com retirada de testemunhos em rocha. Os equipamentos de furação deverão ter características e estar em condições de executar os furos com recuperação mínima de 70%

A CONTRATANTE poderá autorizar o aprofundamento de um determinado furo exploratório, caso o mesmo não tenha atingido um maciço rochoso com permeabilidade mínima desejada

#### 4 1 4 - Ensaio de Perda d'Água

Os ensaios de perda d'água sob pressão serão executados em trechos de 3,0 m, em 3 estágios de pressão, e a medida que o furo for sendo perfurado

Previamente à execução do ensaio, o trecho do furo deverá ser lavado com água sob pressão, de forma a remover todos os detritos da parede e do fundo do furo

As pressões a serem utilizadas nos 3 estágios serão a pressão inicial, pressão máxima e pressão final. As pressões iniciais e finais deverão ter um valor correspondente a 50% da pressão máxima

A pressão máxima de ensaio será definida pela equação

$$P_{\text{máx}} = 0,25H \quad \text{onde,}$$

$$P_{\text{máx}} = \text{pressão máxima de injeção (Kgf/cm}^2\text{)}$$

H = profundidade em metros do obturador, contado a partir da boca do furo

#### 4 1 5 - Injeção dos Furos

Para injeção dos furos e serão adotados os mesmos critérios estabelecidos para o restante da cortina

Os furos serão executados a partir do terreno natural ou após a escavação prevista em projeto. O trecho de saprolito existente sobre a camada de rocha alterada a ser tratada, deverá ser perfurado por percussão ou por lavagem, com revestimento do furo. O topo da rocha alterada será definido a partir do ponto considerado impenetrável ao avanço por trépano e lavagem. O diâmetro do furo na região do capeamento deverá ser compatível com o diâmetro do furo no trecho a ser tratado.

O trecho a ser injetado será perfurado com perfuratriz rotopercussiva e o furo deverá ter um diâmetro mínimo de 3"

O furo será executado em toda a sua profundidade prevista, para posterior injeção em trechos de 3,0 m, pelo processo ascendente.

Imediatamente antes da injeção, o furo deverá ser lavado com jatos de ar ou água limpa até que a água de lavagem saia isenta de impurezas perceptíveis por meios visuais ou táteis.

Caso a injeção do furo não seja efetuada logo após a lavagem, o furo deverá ser protegido de maneira a não permitir a entrada de sujeira ou ser relavado pouco antes da injeção, a critério da CONTRATANTE.

Furos obstruídos, onde não for conseguida uma boa limpeza, deverão ser obturados globalmente, executando-se perfuração e injeção de furo ao lado às expensas da CONTRATADA. A reperfuração nesses casos será realizada às expensas da CONTRATADA.

#### 4 1 6 - Métodos de Injeção

Em princípio, os furos deverão ser injetados de maneira ascendente, em trechos da ordem de 3,0 metros de comprimento, utilizando-se obturadores de borracha. Caso se mostre inviável a obturação devido às características da rocha (fraturada, alterada, etc), a injeção deverá ser descendente, em trechos da ordem de 3,0 m, reperfurando-se os trechos injetados após a cura, os quais estarão aptos para fixar o obturador.

A critério da FISCALIZAÇÃO poderão ser utilizados outros processos para fixação do(s) obturador(es), desde que não prejudiquem a eficiência das injeções.

O circuito de injeção será do tipo fechado, isto é, provido de tubulação de retorno. Assim sendo, a pressão de injeção será fixada pela abertura do registro situado no circuito principal.

#### 4 1 7 - Equipamentos para as Injeções e Ensaio

Todos os equipamentos para as injeções e ensaios deverão estar em perfeitas condições de funcionamento, de maneira a evitar interrupções no trabalho, devido a quebra de equipamento, falta de acessórios, etc.

Os equipamentos de execução serão

- Perfuratriz Pneumática,
- Bomba para abastecimento de água com capacidade superior a 100,0 l/min,
- Bomba injetora com vazão de 150,0 l/min a uma pressão de 14,0 kgf/cm<sup>2</sup>,
- Agitador e misturador de alta rotação e com capacidade mínima de 3 vezes a vazão da bomba injetora,
- Hidrômetro.
- Manômetro,
- Tubulação,
- Estabilizador de pressão,
- Ferramentas adequadas e outros equipamentos e materiais necessários a execução dos serviços,

- Outros equipamentos de controle a serem especificados pela FISCALIZAÇÃO nas instruções de campo

#### 4 1 8 - Pressão de Injeção

A pressão manométrica de injeção a ser aplicada será  $P = 0,25H$ , sendo "P" a pressão em  $\text{kgf/cm}^2$  e "H" a profundidade em metros, contada da boca do furo até a posição do obturador. Após os primeiros resultados será estudada a conveniência ou não de alterar a pressão de injeção.

No trecho superior (mais próximo à superfície) a pressão manométrica de injeção não deverá ser superior a  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ .

A pressão máxima de injeção não deverá ser imposta de vez, mas sim atingida através de aumentos parciais, cada um com alguns minutos de duração.

#### 4 1 9 - Materiais

##### a) Composição das Caldas

As caldas a serem utilizadas nas injeções serão constituídas de água e cimento, eventualmente poderá ser adicionada bentonita, areia ou de produtos químicos. Os materiais serão fornecidos e estocados conforme definido no item Materiais, destas Especificações.

##### b) Cimento

O cimento poderá ser do tipo Portland ou Pozolânico ou ainda qualquer outro tipo que propicie uma calda com as características reológicas especificadas.

O cimento deverá ter uma finura Blaine superior a  $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$  e uma percentagem de finos passante na peneira #200 (0,074 mm) superior a 98%.

##### c) Areia

A areia a ser utilizada será de granulometria fina, com grãos de preferência rolados, não contendo matérias orgânicas. A areia será peneirada recorrendo a uma peneira nº 8. Não deverá apresentar mais de 10% de elementos inferiores a 0,1 mm, e a dimensão máxima será de 0,2 mm (seguir

norma MB-95 da ABNT exceto ao diâmetro máximo)

d) Água

A água destinada às injeções será visualmente limpa e não conterá percentagens exageradas de materiais dissolvidos, de óleos, de sulfatos, de materiais coloidais em suspensão, assim como de elementos de dimensão superiores a 0,080 mm e de matéria orgânica em suspensão ou dissolvida

A temperatura da água para o preparo das caldas de injeção não deverá ultrapassar 25°C, nem descer abaixo de 5°C

e) Aditivos

O emprego de aditivos, fluidificantes, aceleradores ou retardadores, e de um modo geral, de quaisquer produtos aditivos do cimento deverá ser submetido à autorização da FISCALIZAÇÃO, após a realização de ensaios de laboratório a serem efetuados por conta da CONTRATADA, que procurará mostrar as vantagens do seu emprego.

É proibido o uso de qualquer produto com composição química desconhecida ou mantida secreta

#### 4.1.10- Características das Caldas

As dosagens da calda de cimento e água serão definidas pela relação em peso C/A (cimento/água) O traço da calda poderá variar de 1 2 (calda mais fluida) e traço 1 0,8 (calda grossa) Estes traços deverão ter as seguintes características

- a) Fator de sedimentação
  - mínimo de 95% para calda grossa (1 0,8)
  - mínimo de 90% para calda 1 1
  - mínimo de 85% para calda fluida (1 2)

b) Fluidez

A fluidez da calda será avaliada através da viscosidade medida pelo viscosímetro tipo Cone de MARCH ( $\varnothing$  4,8 mm) O tempo de escoamento do volume de calda colocada no funil padrão deverá estar compreendido entre 35 e 40 segundos

c) Tempo de início de pega

O tempo de início de pega da calda deverá estar compreendido entre 2 e 6 horas

d) Temperatura da calda

Deverá ser verificada a variação das características reológicas da calda com a temperatura da mesma, de forma a se avaliar a necessidade de resfriamento da água para confecção destas caldas

Tudo indica que as condições de estabilidade de fluidez da calda, traços 1 2 e 1 1, só poderão ser conseguidas com a adição de bentonita. O modo de preparação da calda com bentonita será o seguinte

- preparação de uma calda-mãe de bentonita-água, mistura a alta turbulência, de acordo com uma relação B/A (Bentonita-Água) previamente definida, e armazenamento da calda num tanque de grande volume onde será mantida continuamente agitada,
- esta primeira calda será utilizada para preparar as caldas bentonita-cimento por adição de água e de cimento, e mistura a alta turbulência

*A mistura final da primeira calda com o cimento demorará pelo menos 3 minutos*

Em nenhum caso se deve utilizar o mesmo tanque para preparar a calda bentonita-cimento e bentonita-água. A bentonita nunca deve ser ativada com a água em tanques onde exista cimento, mesmo que a percentagem de cimento seja muito reduzida

A CONTRATADA indicará pormenorizadamente o material e as instalações de dosagem, mistura e injeção que pretende utilizar, os quais serão submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO

#### 4 1 11 - Caldas a utilizar

Em princípio são definidos os seguintes tipos de calda, cujos traços deverão ser ajustados na fase inicial dos trabalhos

- Calda A - C/A = 1 2 com adição de 2% de bentonita
- Calda B - C/A = 1 1 com adição de 1% de bentonita
- Calda C - C/A = 1 0,8, sem ou com adição de 1% de bentonita
- Argamassa - Água/Cimento/Areia = 1 1 1

#### 4 1 12 - Registros da injeção

Para cada furo injetado deverá ser executado pela CONTRATADA o boletim de perfuração e de injeção, o qual deve indicar

- a) Boletim de Perfuração
  - número do furo, cota da boca, diâmetro e data
  - espessura do capeamento e profundidade final
  - ocorrências durante a perfuração
  - eventual dados de ensaios
- b) Boletim de Injeção
  - número do furo e data
  - trechos injetados
  - traços, pressões e tomadas de caldas
  - ocorrências observadas

#### 4 2 - Ancoragem de Estruturas de Concreto

##### 4 2 1 - Generalidades

Este item trata dos procedimentos e critérios a serem adotados na execução de ancoragens de estruturas de concreto do maciço rochoso da fundação

As ancoragens previstas no projeto serão constituídas de um vergalhão de aço CA-50, diâmetro 25 mm, colocados nos furos destinados à injeção de calda de cimento para a cortina de vedação da estrutura. O diâmetro de 3" foi eleito e fixados por calda de água e cimento ou argamassa de água, cimento e areia

A locação e distribuição das ancoragens serão definidas nos desenhos de projeto

A execução dos serviços será iniciada após preparo e tratamento superficial da fundação. A CONTRATANTE poderá autorizar a execução das ancoragens após o lançamento de uma camada de concreto para regularização da fundação.

O furo será executado com diâmetro de 3", e com 2,5 m de comprimento na rocha.

Previamente à colocação da calda ou argamassa e do vergalhão, será procedida a lavagem do furo com jatos de água e ar removendo todos os detritos de perfuração.

Em princípio os furos serão verticais, mas eventualmente poderão ser previstos alguns furos com inclinação de até 60% com a vertical.

#### 4.2.2 - Fixação do vergalhão

O espaço anelar entre as paredes do furo e o vergalhão será preenchido com calda de água e cimento.

As características dos materiais (água e cimento) são as definidas no Tratamento Subsuperficial da Fundação.

Os traços da calda ou da argamassa serão os seguintes:

- Calda

A calda a ser adotada será a mais espessa que permita o preenchimento do furo e a introdução do vergalhão. Em princípio o traço desta calda (cimento/água) deverá estar entre 0,6 e 0,5.

Os traços tanto da calda como da argamassa poderão ser alterados pela CONTRATANTE, principalmente se for notado que o material de preenchimento não oferece resistência suficiente para garantir o funcionamento da ancoragem com a carga máxima de trabalho do aço.

O vergalhão será colocado logo após o furo ter sido totalmente preenchido com calda e argamassa

Durante a colocação deverá ser garantido que o vergalhão atingiu o fundo do furo e que o espaço entre ele e o furo está totalmente preenchido

No período entre o início da pega e o endurecimento do material de preenchimento (3 dias) não será permitido qualquer trabalho ou atividade que provoque qualquer esforço no vergalhão e consequente dano ao material de preenchimento

#### 4.3 - Drenagem das Estruturas de Concreto

##### 4.3.1- Geral

Este item trata do sistema de drenagem a ser implantado nas fundações da laje de concreto do vertedouro, visando a redução das subpressões quando da operação desta estrutura. Os referidos sistemas de drenagem estão detalhados nos desenhos de projeto, constando basicamente por um tubo de PVC perfurado, envolvido por brita e envelopado por uma manta geotéxtil. No contato com o concreto, a manta geotéxtil é protegida por uma manta de PVC para impedir que durante a concretagem a nata do concreto colmate o dreno.

Os materiais a serem empregados na construção do dreno deverão ser previamente aprovados pela CONTRATANTE.

A critério da CONTRATANTE, o tubo de concreto,  $\phi$  15,0 cm, perfurado ou não, poderá ser substituído por tubo de PVC rígido, desde que seja garantido que este material não sofra danos durante a construção.

A brita com diâmetro máximo de 50 mm, deverá ser limpa de forma a permitir a drenagem livre e possuir 90% em peso com diâmetro superior ao diâmetro dos furos no tubo.

A manta geotéxtil será do tipo Bidim ou similar e deverá ter uma pelo menos 200 g/m<sup>2</sup>

#### 4 3 2 - Aspectos Construtivos

A CONTRATADA deverá adotar uma sistemática construtiva que minimize os riscos de colmatação do dreno durante a fase de construção, seja por lama ou pela nata do concreto

Durante a fase construtiva o tubo de saída do dreno, deverá ser mantido tamponado com tampão de madeira

## **1 - NORMAS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO**

### **1 1 - Gneralidades**

#### **1 1 1 - Objetivo**

O objetivo destas Normas de Medições e Pagamento é o de estabelecer claramente as diretrizes e procedimentos para a elaboração das medições e respectivo pagamento dos serviços previstos no Projeto de Ampliação da Capacidade de Armazenamento da Barragem do Batente

Estas Normas, além de fornecer os elementos necessários para elaboração da Proposta Financeira pelos Proponentes, farão parte integrante do Contrato a ser assinado entre a CONTRATANTE e a empresa vencedora da licitação para execução das obras

Durante a execução das obras, este documento estabelecerá as relações entre a CONTRATANTE e a CONTRATADA, no que se refere a medições e pagamento dos serviços executados pela CONTRATADA e de acordo com o estabelecido nas Especificações

#### **1 1 2 - Abrangência**

Qualquer serviço executado pela CONTRATADA e objeto de medição e pagamento estabelecido nestas Normas, deverão estar previstos nos documentos de Projeto e ter a sua execução definida nas Especificações Técnicas

Alguns serviços definidos nas Especificações Técnicas não serão objeto de medição e pagamento em separado, devendo ter os seus custos diluídos ou englobados em outros preços unitários

### 1 1 3 - Preços

Os preços contratados e regidos por estas Normas, além dos custos diretos decorrentes da própria natureza de cada serviço, devem também incluir Encargos sociais, trabalhistas, previdenciárias e todos os custos relacionados com a Previdência Social, conforme exigido pela legislação em vigor

Despesas indiretas, tais como impostos, taxas, emolumentos, mobilização e desmobilização, administração central e local, depreciação dos equipamentos, horas improdutivas de pessoal e equipamento, materiais de consumo, contas de luz e telefone, locomoção, alojamento e alimentação do pessoal, cópias e reproduções, etc

### 1 1 4 - Medições

As medições dos serviços executados serão feitas levando em conta as dimensões e os limites estabelecidos no Projeto. Qualquer quantidade executada fora destes limites não serão objeto de medição e respectivo pagamento

A menos de orientação em contrário da CONTRATANTE, qualquer serviço executado em desacordo com o definido nas Especificações Técnicas não serão objeto de medição

## 1 2 - Serviços Preliminares

### 1 2 1 - Instalação, Manutenção e Remoção do Canteiro

Esta norma, define as diretrizes para elaboração das medições e respectivo pagamento dos serviços e fornecimentos relativos a implantação, manutenção e remoção das edificações componentes do canteiro

A medição será feita por m<sup>2</sup> da área construída e definida como a projeção horizontal da área coberta da edificação. Somente serão objeto de medição, edificações concluídas e cujo projeto foi aprovado pela CONTRATANTE

O pagamento será feito pelos valores medidos e pelo preço unitário contratual (R\$/m<sup>2</sup>), sendo a compensação integral pela implantação, equipagem, manutenção e remoção da edificação

Além das edificações definidas na planilha de serviços, outras obras e serviços referentes a implantação, manutenção e remoção do canteiro não serão objeto de pagamento em separado, devendo seus custos serem diluídos e englobados nos diversos preços unitários constantes das Planilhas Orçamentárias

### 1 3 - Escavações

#### 1 3 1 - Escavação Comum na Linha de Projeto

Os serviços de escavação comum de forma manual, dentro da linha de projeto estão descritos e Nas Especificações Técnicas

A medição do serviço executado será feita pelo volume geométrico medido no corte e segundo os limites estabelecidos no projeto A unidade de medição será o m<sup>3</sup> escavado

Os custos referentes aos caminhos de serviço serão diluídos no respectivo custo unitário

O pagamento será feito de acordo com o volume medido e pelo preço unitário contratual que é a compensação integral pela execução da escavação, carga, transporte a uma distância medida em linha reta de até 1,0 km, lançamento do material em bota-fora ou diretamente nos aterros, drenagem e tudo mais necessário a execução dos serviços

#### 1 3 2 - Escavações em Rocha na Linha de Projeto

Os serviços de escavação em rocha na linha de projeto estão definidos nas Especificações Técnicas

O volume escavado será medido topograficamente no corte, dentro dos limites estabelecidos no projeto, tendo como unidade o  $m^3$  escavado

O pagamento será feito de acordo com o volume medido e o preço unitário contratado ( $R\$/m^3$ ), o qual deve cobrir todos os custos necessários a execução dos serviços, incluindo.

- Fornecimento, estocagem e manuseio de todos os materiais
- Utilização de todos os equipamentos necessários
- Marcação, furação e detonação
- Carga e transporte para estoque ou para o local de aplicação, até uma distância de 1,5 km medido em linha reta
- Descarga do material
- Seleção do material durante a carga
- Drenagem das frentes
- Outros custos necessários a execução dos serviços

Os custos referentes aos caminhos de serviço serão diluídos no respectivo custo unitário

O pagamento será feito de acordo com as medições e preço unitário contratado ( $R\$/m^3$ ), o qual deve incluir além dos custos dos serviços relativos à execução dos fogos de contorno (pré-fissuramento ou "smoth blasting") e de outros custos decorrentes da execução mais cuidadosa da escavação

### 1 3 3 - Materiais Beneficiados para Execução da Camada de Proteção de Jusante

O pagamento será feito de acordo com o volume medido e o preço unitário contratual ( $R\$/m^3$ ) que é a compensação integral pelos fornecimentos e execução de todos os serviços, incluindo

- processamento do material rochoso
- carga, transporte, lançamento e compactação do material
- preparação de superfícies para lançamento do material

Na composição dos custos de processamento do material rochoso devem ser considerados os custos relativos a implantação, operação e remoção da central de britagem

#### 1 3 4 - Enrocamento de Proteção da Face de Montante

O enrocamento, deverá ser executado com material rochoso das escavações obrigatórias, retirado diretamente para o local da aplicação, não é prevista a recarga destes materiais

O pagamento será feito de acordo com o volume medido e o preço unitário contratual (R\$/m<sup>3</sup>) que representa a compensação integral pela execução dos serviços de preparo da superfície do talude e espalhamento do material

Os custos decorrentes da escavação, carga, transporte e descarga do material, não devem ser incluídos neste preço unitário, uma vez que estes serviços já foram pagos nas escavações em rocha

#### 1 4 - Serviços em Concreto

Este capítulo trata das Medições e Pagamentos relativos a execução das estruturas de concreto armado ou simples, incluindo o fornecimento e colocação de todos os materiais e aparelhagem necessários inclusive formas, armaduras, dispositivos de vedação e outros dispositivos previstos no projeto

A seguir são discriminados os itens gerais que compõem o capítulo em questão

Fornecimento e Colocação do Concreto, conforme descrito nas Especificações Técnicas

Fornecimento, Colocação e Retirada das Formas e Escoramentos Necessários a Execução das Estruturas, conforme descrito nas Especificações Técnicas

Fornecimento. Preparo e Colocação das Armaduras previstas no projeto, conforme as Especificações Técnicas

Fornecimento e Colocação de Tubos de Aeração Embutidos na Estrutura de Concreto

O volume de concreto colocado, será medido na estrutura pronta, desde que esta tenha sido executada conforme o projeto ou prescrito pela CONTRATANTE e com base nas seguintes premissas

- A unidade de medida será o m<sup>3</sup>, com duas casas decimais
- Do volume medido não serão deduzidas as cavidades de drenagem ou deságue, os pinos de fixação, a armadura e nem outros materiais encravados ou embutidos no concreto
- Não serão medidos e pagos em separado os serviços necessários a cura do concreto, preparo de juntas, tratamento e preparo superficial das fundações, acabamentos de superfícies, assim como os aditivos usados no concreto
- Não serão medidos volume de concreto fabricados e não colocados

A determinação dos preços unitários (R\$/m<sup>3</sup>) que servirão de base para pagamento dos serviços deverá levar em conta os seguintes aspectos

- Os agregados graúdos (brita) a serem empregados nos concretos, serão produzidos em central de britagem a ser indicada pela CONTRATADA. Se por qualquer motivo a CONTRATADA optar pela extração da rocha em pedreiras, ela terá que arcar com todos os custos decorrentes desta exploração, sem qualquer ônus para a CONTRATANTE. Devem ser considerados nos custos de fornecimento da brita, os relativos a implantação, manuseio e remoção da central de britagem
- O preço unitário deverá incluir todos os custos relativos ao fornecimento da areia, incluindo a exploração da jazida, transporte, beneficiamento, estocagem, etc
- O preço unitário deverá incluir todos os custos relativos ao fornecimento da areia, incluindo a exploração da jazida, transporte, beneficiamento, estocagem, etc

- O preço unitário deverá englobar todos os custos de fornecimento de cimento e aditivos, incluindo aquisição, transporte, estocagem, manuseio, perdas, fabricação e colocação dos concretos
- Na parcela de custo relativo ao preparo do concreto, devem ser considerados os custos referentes à implantação, manutenção e remoção da central de concreto
- O preço unitário deverá englobar todos os custos dos serviços definidos nas Especificações Técnicas
- O preço unitário deverá incluir os custos decorrentes dos serviços de preparo e tratamento superficial das fundações

O pagamento dos serviços de fornecimento e colocação dos concretos previstos no projeto ou determinados pela CONTRATANTE, serão feitos com base nos preços unitários (R\$/m<sup>3</sup>) definidos a seguir

**Concreto Armado com fck  $\geq$  18 mPa**

**Concreto Armado com fck  $\geq$  26 mPa**

Alvenaria de Pedra Argamassada

Concreto Magro para Regularização (ET-6 7 4)

#### 1.5 - Fornecimento, Colocação e Retirada de Formas e Escoramento

A medição das formas aplicadas conforme as Especificações Técnicas, será feita pela área de forma aplicada e medida na estrutura pronta. A medição será feita com base nas seguintes premissas

A unidade de medições será o m<sup>2</sup> de forma aplicada

- Não serão computados na medição, quaisquer adicionais por ângulos, misulas ou dificuldades particulares, bem como acréscimos introduzidos por conveniência da CONTRATADA ou erros na execução
- A área medida não leva em conta o tipo do material usado na forma nem o tipo de acabamento do concreto

O pagamento será feito de acordo com as medições e o preço unitário contratual (R\$/m<sup>2</sup>) que é a compensação integral pela execução dos serviços, incluindo

- Fornecimento e colocação de todos os materiais constituintes da forma, inclusive os elementos de apoio e fixação, tais como andaimes, escoramentos, peças de fixação e produtos diversos
- Serviços de retirada das formas

## 1.6 - Armaduras

A armadura será medida em peso, tendo como unidade o quilo de ferro incorporado às estruturas, incluindo o peso de todos os ganchos e superposições que figuram nos desenhos e de todos os ferros adicionais prescritos pela CONTRATANTE

Os ganchos e superposições que a CONTRATADA use, por sua conveniência assim como os arames de amarração, separadores e elementos similares, não serão medidos

Será considerado o peso da armadura correspondente ao diâmetro teórico e os comprimentos e quantidades previstas no projeto e as quantidades adicionais prescritos pela CONTRATANTE

O pagamento será feito de acordo com valores medidos e o preço unitário contratual (R\$/kg) que é a compensação integral pela execução dos serviços incluindo

- Fornecimento das armaduras, incluindo perdas e sobras, peças de fixação e amarração
- Corte e dobramento
- Transporte, colocação e fixação das armaduras

Em função do tipo de armadura serão adotados os preços listados a seguir

- Aço CA-50

## 1.7 - Meio Fio de Concreto no Coroamento Da Barragem

O pagamento será feito por metro linear de meio fio assentado na crista da barragem ao preço unitário contratado conforme item específico na planilha orçamentária, incluindo os custos de mão de obra, materiais e execução de todos os serviços

## 1 8 - Drenagem

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual (R\$/metro linear de dreno) sendo a compensação integral por todos os serviços e fornecimento dos materiais, acessórios e equipamentos necessários à sua instalação

A medição será feita após o total envolvimento do tubo pela estrutura de concreto

## 1 9 - Tratamento Subsuperficial da Fundação

Os serviços discriminados como Tratamento subsuperficial da fundação, serão medidos e pagos conforme medições e preços contratuais discriminados a seguir

Furação a Rotopercussão -  $\varnothing_{\min}$  3" na rocha (76 mm)

A medição será feita pelos Boletins de Perfuração devidamente aprovados pela CONTRATANTE. A unidade de medição será o metro linear de furo perfurado na rocha

O pagamento será feito de acordo com os valores medidos e o preço unitário contratual que é a compensação integral por todos os serviços, incluindo

- Perfuração
- Lavagem do furo para injeção

Os serviços de injeção serão medidos com base nos dados dos Boletins de Injeção devidamente aprovados pela CONTRATANTE

As medições e os pagamentos dos serviços serão feitos conforme discriminado a seguir

A unidade de medição será o metro linear de furo injetado

O pagamento será feito de acordo com as medições e o preço unitário contratual (R\$/kg) que é a compensação integral pela execução de todos os serviços excetuando os custos e trabalhos relativos ao fornecimento, manuseio e aplicação do cimento e aditivos

#### 1 10 - Ancoragens das Estruturas de Concreto

A medição será feita pelo número de ancoragens conforme os desenhos de projeto

O pagamento será feito pelo número de ancoragens medidos e o preço unitário contratual (R\$/tirante) que é a compensação integral pela execução dos serviços e de todos os fornecimentos, conforme as Especificações Técnicas

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DA BARRAGEM DO BATENTE - VERTEDOIRO EM LABIRINTO

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA**

Ítem	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Parcial
<b>1</b>	<b>Serviços Preliminares</b>				
1 1	Instalação e Manutenção do Canteiro de Obras, incluindo Central de corte e dobragem de aço, carpintaria, depósito de cimento e escritório da contratada	m <sup>2</sup>	120,00		
<b>Sub Total 1</b>					
<b>2</b>	<b>Escavações e Execução das Proteções</b>				
2 1	Escavação manual em solos alterados, incluindo Carga, Recarga e Transporte do material removido até 1000 m	m <sup>3</sup>	275,00		
2 2	Escavação em Rocha com fogo controlado (smooth blasting) para a fundação das estruturas incluindo Carga, Recarga e Transporte do material desmontado até 1000 m	m <sup>3</sup>	293,00		
2 3	Escavação em Rocha na parte de jusante do vertedor para execução dos degraus, incluindo Carga, Recarga e Transporte do material desmontado até 1000 m	m <sup>3</sup>	2 250,00		
2 4	Fornecimento, inclusive preparo das superfícies, espalhamento e lançamento de brita graduada para proteção do talude de jusante com espessura de 20 cm	m <sup>3</sup>	3 500,00		
2 5	Enrocamento fino, Ø máximo das pedras 200 mm, incluindo Preparo das superfícies do talude de montante, lançamento do material proveniente das escavações do vertedouro e conformação final do talude enrocado	m <sup>3</sup>	3 100,00		
<b>Sub Total 2</b>					
<b>3</b>	<b>Serviços em Concreto</b>				
3 1	Concreto magro para regularização com fck = 10 mPa e consumo mínimo 150 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	703,00		
3 2	Concreto com fck = 18 mPa para a base das estruturas	m <sup>3</sup>	2 273,00		
3 3	Concreto com fck = 26 mPa para os muros laterais e labirinto	m <sup>3</sup>	1 683,00		
3 4	Alvenaria de pedra argamassada, executada com formas de madeira, traço da argamassa 1 3 (relação cimento/areia) para o muro direito do labirinto	m <sup>3</sup>	648,00		

000137

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DA BARRAGEM DO BATENTE - VERTEDOURO EM LABIRINTO

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA**

Ítem	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Parcial
3 5	Aço CA 50, incluindo Fornecimento, Corte, Dobra, Arames para Amarração, Suspensores e Peças para Fixação	Kg	185 000,00		
3 6	Formas planas de madeira, incluindo Fornecimento, Fabricação, Colocação, Retirada, Andaimos, Escoramentos e Peças de Fixação	m <sup>2</sup>	5 900,00		
3 7	Meio fio de concreto (fck 18 mPa)	m	1 680,00		
3 8	Calha de ombreira (fck 18 mPa)	m	600,00		
<b>Sub Total 3</b>					
<b>4 Serviços Especiais</b>					
4 1	Execução de perfuração rotato percussiva. diâmetro 76 mm, para injeção de calda de cimento e colocação dos tirantes na recrava de jusante da laje do labirinto	m	350,00		
4 2	Execução das injeções de calda de cimento. traço 1 1 (água/cimento), pressão máxima 2 kg/cm <sup>2</sup>	kg	10 000,00		
4 3	Fornecimento, corte, dobragem, colocação com calda de cimento traço 1 0,5 (cimento/água) da ferragem para ancoragem da estrutura de concreto, aço CA 50, diâmetro 25 mm e comprimento 4,5 m	kg	60,00		
4 5	Execução da drenagem interna sob a laje dos muros do labirinto, incluindo o fornecimento da brita, manta geotêxtil, tubo perfurado PVC 150 mm e membrana de confinamento em PVC	m	210,00		
4 6	Fornecimento e instalação de dispositivo de vedação para as juntas do concreto, tipo "funken band" O 32	m	780,00		
<b>Sub Total 4</b>					

**TOTAL GERAL**



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**BARRAGEM DO BATENTE - AUMENTO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO**  
**CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO DE EXECUÇÃO**

	Mês 01 30 dias	Mês 02 60 dias	Mês 03 90 dias	Mês 04 120 dias	Mês 05 150 dias	Mês 06 180 dias	Mês 07 210 dias	Mês 08 240 dias	Mês 09 270 dias
Instalação do Canteiro de Obras	Físico Financeiro 40 18,00								
Escavação Manual da Fundação	Físico Financeiro 100								
Escavações em Rocha	Físico Financeiro 20 40		40						
Execução do Rip - Rap	Físico Financeiro 30 30	10		30	30				
Execução da Proteção do Talude de Jusante	Físico Financeiro 20 20			20	20	20	20		
Alvenaria de Pedra para o Muro Direito	Físico Financeiro 20 50			20	30				
Concreto de Regularização	Físico Financeiro 100								
Dispositivo de Vedação	Físico Financeiro 100								
Concreto de 18 mPa	Físico Financeiro 10 40				10	40	40	10	
Concreto de 26 mPa	Físico Financeiro 10 20			10	20	20	20	20	10
Meio fio de Concreto	Físico Financeiro 100								100
Calhas de Ombreira	Físico Financeiro 100								100
Injeção de Calda de Cimento	Físico Financeiro 20 50			30					
Execução das Ancoragens da Laje	Físico Financeiro 100								
Drenagem Interna	Físico Financeiro 100								
<b>DESEMBOLSO MENSAL (R\$ x 10<sup>-3</sup>)</b>									
<b>ACUMULADO (R\$ x 10<sup>-3</sup>)</b>									