

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

Companhia de Gestão dos Recursos Hídrico - COGERH  
Projeto de Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos  
PROURB/CE

**PROJETO EXECUTIVO DA**  
**BARRAGEM MALCOZINHADO**

**TOMO III RELATÓRIO GERAL**

**Volume 1 Memorial Descritivo**

**KL Serviço de Engenharia LDTA**

**FORTALEZA**  
**ABRIL DE 1997**

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH**  
**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**PROURB/CE**

**PROJETO EXECUTIVO**  
**DA BARRAGEM MALCOZINHADO**

**TOMO III - RELATÓRIO GERAL**  
**VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO**

REVISADO CONFORME 14º RELATÓRIO  
DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Lote: 01379 - Prep  Scan  Index

Projeto Nº. \_\_\_\_\_

Volume \_\_\_\_\_

Qtd. A4 61 Qtd. A3 \_\_\_\_\_

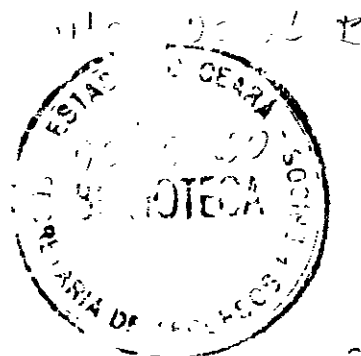
Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd. A1 \_\_\_\_\_

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

KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

AV. BRAGA RIBEIRO, 2000 - JARDIM ALVARES - 60.000-000  
FONE: (067) 337.0071 - FAX: (067) 47.755  
ESTADUAL: 15.644.000-000 - C.P.S. 00.000.000-000  
CARTÃO: 15.644.000-000

FORIALEZA  
MARÇO / 98



**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>1 - HISTÓRICO.....</b>	<b>10</b>
1 1 - EVOLUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO	10
<b>2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS .....</b>	<b>13</b>
2 1 - LOCALIZAÇÃO	13
2 2 - LAY - OUT GERAL	13
2 3 - PRINCIPAIS CARACTERISTICAS FISICAS	14
<b>3 - CLIMATOLOGIA .. .. .</b>	<b>17</b>
3 1 - DADOS GERAIS	17
3 2 - TEMPERATURA	18
3 3 - EVAPORAÇÃO	18
<b>4 - HIDROLOGIA.....</b>	<b>20</b>
4 1 - GENERALIDADES	20
4 2 - CURVAS COTA-AREA E COTA-VOLUME	20
4 3 - VAZÕES REGULARIZADAS	23
4 4 - CHEIAS DE PROJETO	23
<b>4.4.1. Cheias de Projeto do Sangradouro .....</b>	<b>24</b>
4 5 - ENCHIMENTO DO RESERVATORIO	24
<b>5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS.. .</b>	<b>26</b>
5 1 - INTRODUÇÃO	26
5 2 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÕES	27
5 3 - FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS	29
<b>5.3.1. Barragem .....</b>	<b>29</b>
<b>5 3.2. Tomada D'Água.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.3. Sangradouro .....</b>	<b>30</b>

000004

<b>6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA</b> .....	<b>32</b>
6 1 - DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	32
6 2 - DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA BARRAGEM	34
6.2 1. Cota da Crista .....	34
6.2.2. Largura da Crista.....	34
6 2.3. Fixação dos Taludes .....	34
6 3 - DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA PERCOLAÇÃO D AGUA PELO MACIÇO E FUNDAÇÃO DA BARRAGEM	35
6 4 - ANÁLISES DE ESTABILIDADE	36
6.4 1. Introdução. ....	36
6 4 2. Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo .....	36
6.4 3. Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento.....	36
<b>7 - TOMADA D'ÁGUA</b> .. ..	<b>39</b>
7 1 - CARACTERISTICAS GERAIS DA OBRA	39
7 2 - NIVEIS OPERACIONAIS NO RESERVATORIO	39
<b>8 - SANGRADOURO</b> . ....	<b>42</b>
8 1 - DESCRIÇÃO GERAL	42
8 2 - PARÂMETROS HIDRAULICOS	43
<b>9 - OBRAS COMPLEMENTARES</b> .....	<b>45</b>
9 1 - ACESSOS E CIRCULAÇÃO NA OBRA	45
9 2 - DRENAGEM E PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS	45
<b>10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO</b> .....	<b>47</b>
10 1 - SANGRADOURO	47
<b>11 - ORÇAMENTO</b> .....	<b>49</b>
<b>12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO</b> .....	<b>53</b>
<b>13 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA</b> .....	<b>56</b>
<b>14 - CRONOGRAMA FÍSICO</b> ....	<b>58</b>



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## APRESENTAÇÃO

000006

## APRESENTAÇÃO

A KL - Serviços e Engenharia Ltda , em cumprimento ao contrato nº 05-97/ PROURB - CE/ COGERH, apresenta os estudos referentes ao Projeto Executivo da Barragem Malcozinhado.

O Projeto Executivo é composto pelos seguintes estudos

### FASE A DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

- Relatório dos Estudos Preliminares,
- TOMO I - Relatório dos Estudos Básicos,
  - Volume 1 - Estudos Topográficos
  - Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos
  - Volume 2A – Estudos Geotécnicos - Anexos
  - Volume 3 - Estudos Hidrológicos
- TOMO II - Relatório de Concepção

### FASE B DETALHAMENTO DO PROJETO DE ENGENHARIA A NÍVEL EXECUTIVO

- Minuta do Relatório Geral
- TOMO III - Relatório Geral
  - Volume 1 - Memorial Descritivo
  - Volume 2 - Memória de Cálculo
  - Volume 3 - Especificações Técnicas
  - Volume 4 - Desenhos
  - Volume 5 - Desenhos Estruturais
- TOMO IV - Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao Tomo III - Relatório Geral - Volume 1 - Memorial Descritivo e Orçamento

## FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM MALCOZINHADO

As principais características da Barragem são

Localização

Município . . . . . Cascavel

Coordenadas Geográficas . . . . . N=9.545.952  
E=578.635

- Nome Barragem Malcozinhado
- Bacia de drenagem 240km<sup>2</sup>
- Precipitação média anual da Bacia 1222 mm
- Volume do Reservatório (à cota 24,00 m) 37,84 hm<sup>3</sup>
- Cota do coroamento da barragem 27,11m
- Vazão regularizada (garantia de 90%) 0,491m<sup>3</sup>/s
- Volume anual regularizado (garantia de 90%) 12,73 hm<sup>3</sup> /ano
- Vazão afluente máxima de projeto  
(TR=1000anos) . . . . . 669m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima de projeto amortecida  
(TR=1.000 anos) . . . . . 413,20 m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água máximo maximorum  
(TR = 1 000 anos) . . . . . 26,15m
- Nível d'água máximo normal . . . . . 24,00m
- Vazão afluente máxima de projeto  
(TR=10 000anos) . . . . . 731m<sup>3</sup>/s



-- Vazão máxima amortecida	
(TR=1000 anos)	466,70 m <sup>3</sup> /s
– Nível d'água máximo maximorum	
(TR = 1 000 anos)	26,33m
- Tipo	Terra Homogênea
– Altura máxima	15,11m
- Extensão pelo coroamento	755,00 m
- Cota do coroamento	27,11 m
- Tipo de Sangradouro	Canal com muro em perfil "Creager"
– Largura do Sangradouro	60,00 m
Cota da Soleira	24,00 m
- Tomada D'água	Galeria com controle a jusante
– Diâmetro	600 mm
– Comprimento Total	35,00 m
– Área da Bacia Hidrográfica	240 km <sup>2</sup>
– Capacidade do Reservatório (Cota 24,00 m)	37,8 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
– Descarga regularizada (Q90% de garantia)	0,491 m <sup>3</sup> /s



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 1 - HISTÓRICO

## 1 - HISTÓRICO

### 1.1 - EVOLUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO

O vale do Riacho Malcozinhado foi objeto de estudos, visando seu aproveitamento hídrico na região do lago, estendendo-se também seus benefícios a toda região a jusante

A Barragem Malcozinhado foi selecionada pelos “Estudos de Hierarquização” elaborados pela COGERH/SRH, com o objetivo de atender as necessidades da população carente daquela região, ao tão precioso bem, a água. Nesta fase foi desenvolvido o projeto básico da barragem, sendo os estudos básicos de referência elaborados em caráter preliminar. O projeto básico consta de uma barragem em concreto convencional, com vertedouro central, que tinha como justificativa para esta concepção o topo rochoso a baixas profundidades, de acordo com os resultados das sondagens percussivas realizadas naquela etapa.

Para a elaboração do projeto executivo utilizou-se os elementos do projeto básico como orientação na programação dos estudos de campo, que constarão de estudos topográficos, estudos hidrológicos e estudos geológicos e geotécnicos. Foi programada então uma campanha de sondagens e pesquisas de material de construção tendo em vista o desenvolvimento do projeto de uma barragem de concreto.

Os primeiros resultados das sondagens mistas revelaram que o topo rochoso estava muito abaixo do nível do impenetrável a percussão, o que inviabilizava a opção em barragem vertedoura, devido ao custo da fundação.

A programação de campo para os estudos geológicos geotécnicos foi adaptada à nova realidade, ampliando-se a pesquisa de material terroso e os ensaios de permeabilidade no solo residual sobrejacente à rocha.

Os estudos topográficos no local do barramento também foram ampliados com o levantamento da área a jusante da ombreira esquerda, onde se apresentava melhores condições para implantação do vertedouro. Este levantamento abrange toda a área do canal de restituição das águas de sangria até o encontro com o riacho.

Esses estudos de campo resultaram assim no levantamento detalhado da topografia no boqueirão barrável e bacia hidráulica, sondagens ao longo do eixo da barragem e pesquisa de materiais para construção de uma barragem de terra e, estudos hidrológicos revisados e adaptados às exigências estabelecidas nos termos de referência.

À luz desses estudos foram elaboradas três alternativas de represamento, no que diz respeito ao tipo de vertedouro, para definição de uma alternativa a ser desenvolvida no projeto executivo. As opções pesquisadas constaram de um vertedouro em canal lateral com soleira em perfil "Creager", um vertedouro com soleira delgada com perfil "Creager" ao longo do eixo e, um vertedouro em labirinto, sendo todos implantados na ombreira esquerda, devido aos condicionantes geotécnicos.

Todas as alternativas foram desenvolvidas para a mesma cota de acumulação, em conformidade com os resultados indicados nos estudos de regularização.

Elaboraram-se então, estimativas de custo, que conduziram a resultados semelhantes no que diz respeito às duas últimas opções, ficando a primeira isolada pelas desvantagens em termos de custos. Ainda com base nestas estimativas de custo realizadas, pode-se concluir que a solução que resultaria em melhores benefícios seria a do vertedouro em perfil "Creager" com soleira ao longo do eixo da barragem.

O estudo das alternativas é apresentado no Tomo II -Relatório de Concepção.



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS

## 2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO

A Barragem Malcozinhado se localizará no Riacho Malcozinhado, logo após sua confluência com o córrego Bananeira, no município de Cascavel – CE, tendo como coordenadas geográficas Norte=9 545 952 e Leste=578 635.

A principal via de acesso à área é a rodovia CE-040, que passa por Cascavel, que é a ligação entre Fortaleza e o litoral leste do Estado do Ceará, e com o Estado do Rio Grande do Norte

Para se atingir o local do barramento, vindo de Pindoretama para Cascavel pela CE-040, dobra-se a direita logo após a ponte que cruza o riacho Malcozinhado, e percorre-se cerca de 3km até o local onde se encontram os marcos da ombreira direita do futuro açude

O acesso de Cascavel até Caponga, é feito por estrada asfaltada distante cerca de 12km

O desenho 01/25 mostra a localização da área do estudo

### 2.2 - LAY - OUT GERAL

De acordo com os resultados dos estudos técnico-econômicos de alternativas de vertedouro desenvolvidas, o arranjo geral das obras do Projeto Executivo da Barragem Malcozinhado apresenta-se como será descrito, de forma resumida a seguir

O fechamento do vale do riacho será feito por meio de uma barragem de terra homogênea construída com material de jazidas e material proveniente das escavações do vertedouro, que se inicia na estaca -02+2m, retilíneo até a estaca 35, onde se inicia o vertedouro, sendo complementada por um pequeno trecho de 17,00m de extensão, após o vertedouro, entre as estacas 38 e 38+17m, com um comprimento total pela crista de 755m

A Tomada D'Água será constituída por uma galeria em concreto, implantada na ombreira esquerda, na altura da estaca 31, com uma tubulação de diâmetro de 600 mm embutida na galeria. O acionamento da Tomada D'Água é feito a jusante.

O Vertedouro em soleira delgada tem sua estrutura vertente localizada 20,00m a montante do eixo da barragem, na ombreira esquerda, devido a condicionantes geotécnicos. O canal que compõe esta estrutura será escavado em solo e em rocha até a cota 16,00 a montante do eixo da barragem, assentando-se neste nível a

estrutura vertente e, a partir do eixo a escavação é continuada com profundidade variável, numa declividade constante, partindo do final da laje de transição até a altitude 15,00m, aproveitando as condições geotécnicas e topográficas do terreno. A saída do canal do sangradouro está próximo a um talvegue que conduzirá as águas de sangria até a calha do riacho

Como obra complementar, além das vias de contorno do lago, há que se considerar a relocação das redes de energia elétrica que serão interceptadas pelo futuro lago. Estas linhas foram localizadas quando da execução do levantamento topográfico, e constam nos desenhos N<sup>os</sup> 2/25 e 3/25. Na planilha orçamentária consta uma estimativa da quantidade a ser relocada, o que deve ser retificado pela COELCE, em atendimento a ofício encaminhado pela KL- Serviços e Engenharia Ltda

O arranjo geral descrito acima é ilustrado no desenho N<sup>o</sup> 07/25, enquanto que os elementos para locação das obras são fornecidos no desenho N<sup>o</sup> 06/25

## 2.3 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

O projeto da Barragem Malcozinhado, a ser implantado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH, no riacho Malcozinhado, Estado do Ceará, para utilização de seus recursos hídricos, será constituído de um barramento necessário à formação de um reservatório de acumulação, com a finalidade de regularização das vazões para fins de reforço de demanda na região onde está inserida

As principais características hidráulico/hidrológicas do reservatório são

• Bacia de drenagem	240km <sup>2</sup>
• Precipitação média anual da Bacia	1222 mm
• Volume do Reservatório (à cota 24,00 m)	37,84 hm <sup>3</sup>
• Cota do coroamento da barragem	27,11m
• Vazão regularizada (garantia de 90%)	0,491m <sup>3</sup> /s
• Volume anual regularizado (garantia de 90%)	12,73 hm <sup>3</sup> /ano
• Vazão afluyente máxima de projeto (TR=1000anos)	669m <sup>3</sup> /s
• Vazão máxima de projeto amortecida	
• (TR=1 000 anos)	413,20 m <sup>3</sup> /s
• Nível d'água máximo maximorum (TR = 1 000 anos)	26,15m
• Nível d'água máximo normal	24,00m

- Vazão afluyente máxima de projeto (TR=10 000anos)      731m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima amortecida
- (TR=1000 anos)      466,70 m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água máximo maximorum (TR = 1 000 anos)      26,33m





### 3 - CLIMATOLOGIA

### 3 - CLIMATOLOGIA

#### 3.1 - DADOS GERAIS

A bacia do Riacho Malcozinhado drena uma área de 240,00 km<sup>2</sup> no local a ser barrado

A Climatologia da região da bacia do riacho Malcozinhado baseia-se na estação hidroclimatológica de Fortaleza, por não existir no domínio da referida bacia nenhuma estação representativa da mesma

##### Sinopse Climatológica

• Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1222 mm
• Evaporação Média Anual	1468 mm
• Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1563 mm
• Insolação Média Anual	2694,3 h
• Umidade Relativa Média Anual	78,3%
• Temperatura Média Anual Média das Máximas	29,9°C
• Temperatura Média Anual Média das Médias	26,6°C
• Temperatura Média Anual Média das Mínimas	23,5°C
• Classificação Climática	C1AS'a'

##### PLUVIOMETRIA

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, via modelo hidrológico chuva-deflúvio, visto tratar-se de bacia sem dados fluviométricos observados

A precipitação média anual no local da barragem Malcozinhado é da ordem de 1000 e 1200mm com um coeficiente de variação em torno de 0,40

O trimestre mais úmido é março, abril e maio e o mais seco corresponde a agosto, setembro e outubro.

Ainda para o local da barragem, o número de dias chuvosos consecutivos em torno de 20 não são incomuns

A distribuição temporal das chuvas na região é quase uniforme, o regime das precipitações nas cabeceiras difere pouco dos ocorrentes no curso médio e baixo

### 3 2 - TEMPERATURA

As temperaturas na bacia do Malcozinhado são bastante uniformes durante o ano apresentando média mínima de  $21,8^{\circ}\text{C}$  no mês de julho e máxima de  $30,7^{\circ}\text{C}$  nos meses de novembro e dezembro

### 3 3 - EVAPORAÇÃO

- Valor anual medido 1468mm
- Valor anual estimado 1233mm

Utilizando o coeficiente 0,84 foi determinado a partir de estudos feitos por Molle, conforme relatório dos Estudos Hidrológicos



## 4 - HIDROLOGIA

## 4 - HIDROLOGIA

### 4.1 - GENERALIDADES

Os estudos de fluviometria e demais aspectos hidrológicos do riacho Malcozinhado foram elaborados a partir dos dados disponíveis das estações de Angicos e Cascavel

Os dados disponíveis de interesse foram submetidos a análises criteriosas, tais como determinação das relações cota-descarga e consistência de valores de descargas, níveis d'água, com a finalidade de obter-se vazões médias e vazões de chuva. Em função destes resultados foram desenvolvidos estudos para fins de determinação dos valores de vazões regularizadas e vazões de projeto

Tais estudos foram apresentados com detalhes no relatório dos Estudos Hidrológicos cujos resultados são descritos de forma sucinta a seguir.

### 4.2 - CURVAS COTA-ÁREA E COTA-VOLUME

As curvas cota-área e cota-volume para o reservatório da barragem Malcozinhado foram obtidas da topografia da bacia hidráulica

As áreas foram calculadas por planimetragem das curvas de nível a cada metro

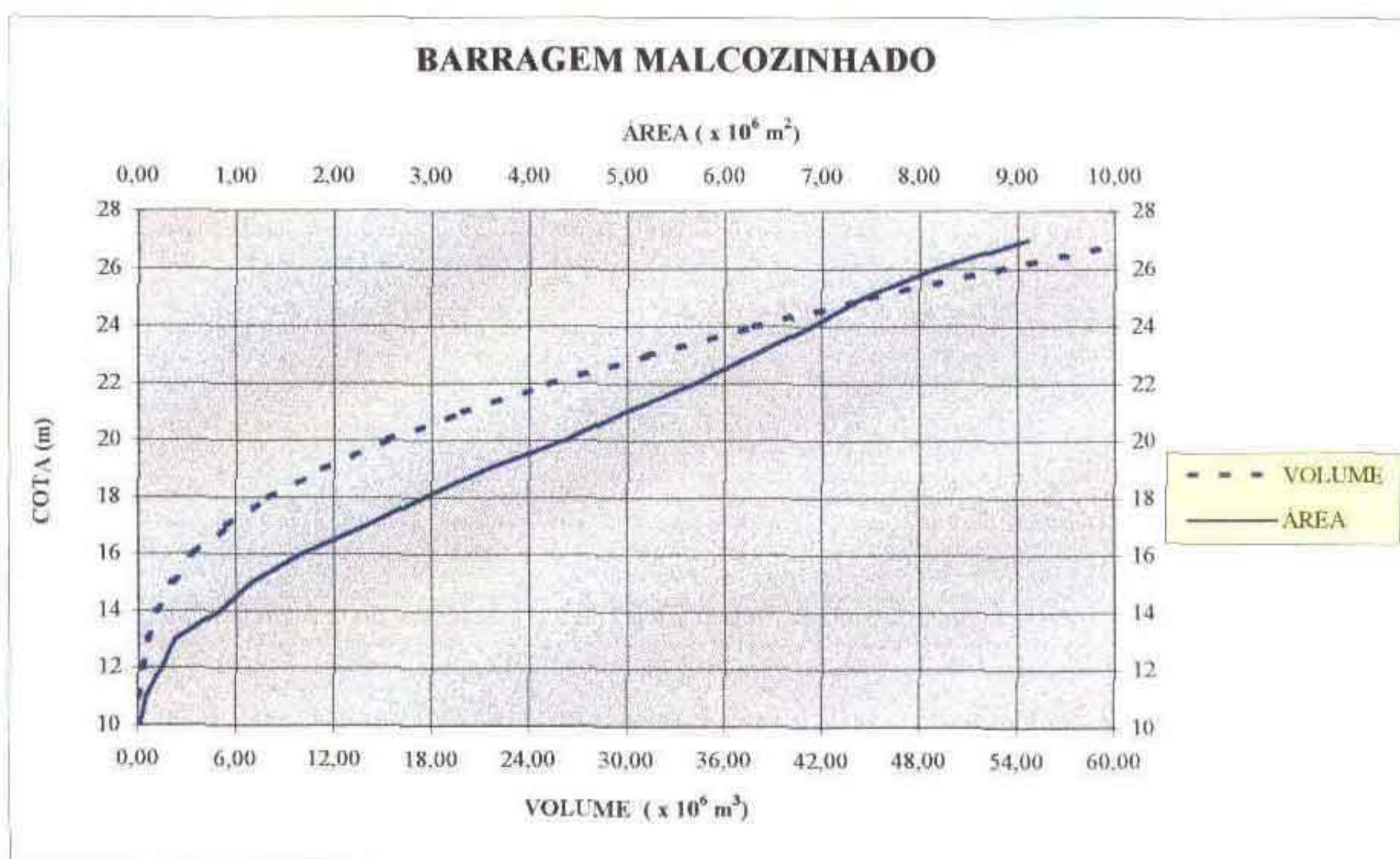
A partir destas áreas foram calculados os volumes do reservatório

No final deste item é apresentada uma tabela com as áreas e volumes do reservatório para curvas de nível compreendidas entre as cotas 12,00 a 27,00



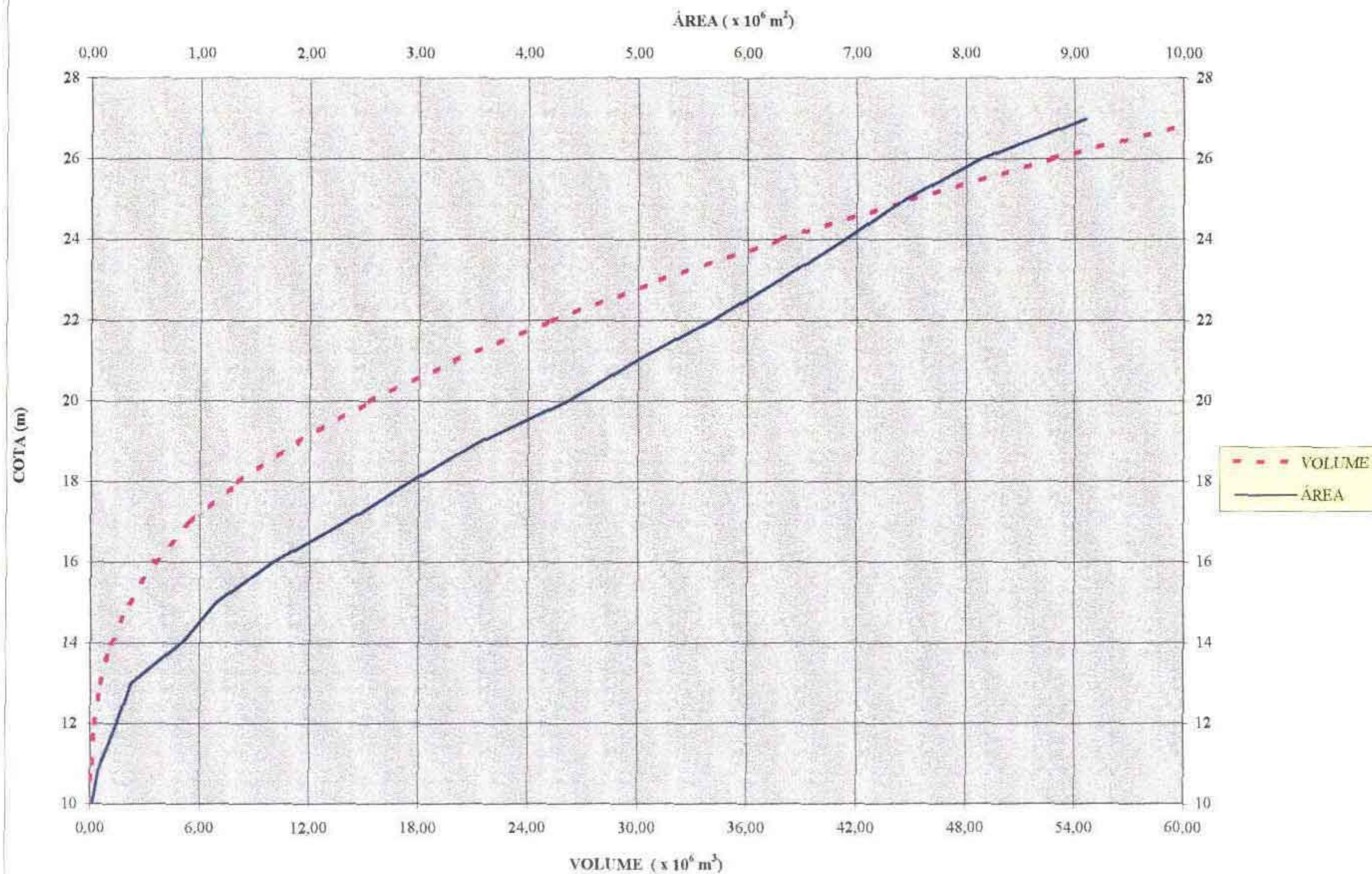
**QUADRO - COTA x ÁREA x VOLUME  
BARRAGEM MALCOZINHADO**

COTA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOL. PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUM. (m <sup>3</sup> )
9	0,0000	0,0000	0,0000
10	20.013,7000	6.671,2333	6.671,2333
11	88.624,4976	50.251,1881	56.922,4214
12	238.089,2393	157.324,6611	214.247,0826
13	370.265,2656	301.755,1871	516.002,2697
14	826.272,8530	583.218,8916	1.099.221,1613
15	1.150.948,5488	984.137,4766	2.083.358,6379
16	1.666.496,7256	1.400.794,2713	3.484.152,9092
17	2.323.045,3296	1.985.705,3509	5.469.858,2600
18	2.922.815,1880	2.617.197,0528	8.087.055,3128
19	3.555.709,1392	3.234.097,4713	11.321.152,7840
20	4.360.056,7329	3.951.054,2245	15.272.207,0086
21	4.981.976,6738	4.667.562,6560	19.939.769,6646
22	5.676.296,1558	5.325.363,1949	25.265.132,8595
23	6.294.732,1660	5.982.849,9605	31.247.982,8200
24	6.891.619,3604	6.590.923,0741	37.838.905,8941
25	7.442.087,6035	7.165.091,1611	45.003.997,0551
26	8.135.159,8721	7.786.052,7491	52.790.049,8042
27	9.104.850,9019	8.615.456,6390	61.405.506,4432





# BARRAGEM MALCOZINHADO



000023



#### 4.3 - VAZÕES REGULARIZADAS

Com base na série reconstituída de 20 anos de descargas médias mensais, de 1932 a 1954, estabeleceu-se o balanço hídrico do reservatório da barragem Malcozinhado, simulando-se mensalmente a operação do reservatório, considerando as perdas por evaporação e precipitação diretamente sobre o espelho d'água, para a descarga regularizada em estudo

A simulação considerou o nível d'água mínimo operacional à cota 16,50m, Ao atingir este nível automaticamente a descarga regularizada passa a ser nula

Analisando os resultados obtidos com a simulação da operação do reservatório de Malcozinhado, concluiu-se pela da cota 24,00, para o Nível D'Água Máximo Normal, que corresponde ao custo mínimo do metro cúbico regularizado

Utilizando-se os dados obtidos da simulação da operação do reservatório extraiu-se os seguintes valores de vazões e volumes anuais regularizados, em função de diferentes garantias de atendimento para a cota de retenção de 16,50m

GARANTIA DE ATENDIMENTO	%	90
VAZÃO REGULARIZADA	m <sup>3</sup> /s	0,491
VOLUME ANUAL REGULARIZADO	hm <sup>3</sup> /ano	14,65

#### 4.4 - CHEIAS DE PROJETO

A metodologia utilizada nos estudos de previsão de chuvas foi o modelo HEC-1. Devido à escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação

A metodologia escolhida para os estudos de previsão de chuvas foram os métodos de transformação chuva-deflúvio, tendo em vista a escassez de dados da bacia a ser estudada os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados

Diante da metodologia aplicada foi possível descrever várias hipóteses de cálculo da cheia de projeto, tais como: 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



O hidrograma unitário representativo da bacia hidrográfica foi assim, definido a partir de 6 (seis) hidrógrafas de cheias geradas por chuvas isoladas e que apresentaram características compatíveis com os princípios básicos do hidrograma unitário

Simulou-se as hidrógrafas de cheias pela aplicação das chuvas de projeto aos hidrogramas unitários, obtendo-se as hidrógrafas cujas características são:

TEMPO DE RECORRÊNCIA (Anos)	DESCARGA DE PONTA (m <sup>3</sup> /s)
1 000	669
10 000	731

As hidrógrafas de cheias com tempo de recorrência de 1 000 e 10 000 anos são apresentadas no Relatório dos Estudos Básicos, Tomo I - Volume 3 - Estudos Hidrológicos

#### 4.4.1. Cheias de Projeto do Sangradouro

O sangradouro foi dimensionado com base nos estudos hidrológicos e econômicos, visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada

O estudo de amortecimento de cheias no reservatório foi feito para várias alternativas de soleira e extensão da crista

Para dimensionamento hidráulico do vertedouro, adotou-se a vazão correspondente a 1 000 anos

#### 4.5 - ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

Com o objetivo de estudar o tempo de enchimento do reservatório procedeu-se ao cálculo, para o período disponível de 1932 a 1958, da variação do número de meses necessários para o enchimento até a cota mínima operacional de 16,50 m até o nível máximo normal de 24,00m

Com os resultados destes cálculos fez-se graficamente o ajustamento das funções de distribuição de probabilidade de enchimento, apresentado no Quadro 8.3 do relatório dos Estudos Hidrológicos, até as cotas acima referidas, considerando como meses iniciais o início do período de cheias (abril) e o início de estiagem (agosto).



## 5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

## 5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

### 5.1 - INTRODUÇÃO

Apresentam-se a seguir um resumo dos principais resultados obtidos das investigações geológico-geotécnicas de fundação realizadas na área de implantação da barragem e estruturas auxiliares, além dos estudos geológicos efetuados na área do futuro reservatório da barragem Malcozinhado

Estas informações serviram de base para a elaboração do projeto executivo das obras

#### GEOLOGIA DA ÁREA DO RESERVATÓRIO

O riacho Malcozinhado ao longo de toda a bacia de inundação, está compreende toda a sequência variegada constituída de clásticos finos a grosseiros que ocorrem na costa, infraquentes às dunas. Todo este pacote sedimentar repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino. No local do barramento observa-se um avançado estágio de erosão fluvial em toda a unidade sedimentar, ocorrendo afloramentos na calha do riacho da unidade migmatítica de cor cinza clara, granulação média a grossa, constituídos principalmente de quartzo, feldspato, biotita e gnaisse-biotita. Os poços e sondagens executados revelam a presença de gnaisse e migmatito.

Sobrejacente a esta rocha apresenta-se um pacote de material areno-argiloso a silto-arenoso com espessura variável de 1,0 a 6,50m

#### GEOLOGIA DO LOCAL DA BARRAGEM

O local de implantação da barragem Malcozinhado, se situa em um vale relativamente aberto, ombreiras com inclinação média da ordem de 2,1 graus

O eixo da barragem do riacho Malcozinhado, será assente restritamente sobre rochas do tipo gnaisses migmatizados. Nas ombreiras, nas cotas mais elevadas ocorrem solos residuais, provenientes de decomposição de gnaisse. Nas partes médias e inferiores a rocha é coberta por pequenos blocos ou fragmentos, com afloramentos localizados na calha do riacho

De acordo com os resultados dos estudos geológicos e geotécnicos o grau de fraturamento do maciço é pequeno, com tendência a fechamento em profundidade, previsto pela formação geológica regional. Esse pequeno grau de fraturamento indica que o maciço deve possuir baixa condutividade hidráulica. Do ponto de vista

geomecânico, quanto maior a profundidade menor o grau de fraturamento, bem como as dimensões das fraturas, denotando uma maior capacidade de suporte do maciço a partir de 4,0m de profundidade. Os afloramentos apresentam acentuado grau de intemperismo, indicando que o primeiro horizonte de 2,0m fragmentaria bem e, a partir ocorreriam blocos maiores.

## 5.2 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÕES

O material argiloso a ser utilizado na construção do corpo da barragem será proveniente de duas jazidas que se encontram localizadas a 1.200m do eixo, na ombreira direita, e uma segunda a 400m do eixo, na ombreira, ambas a montante do eixo, sendo que a primeira fica dentro da área de inundação. Estas jazidas foram reconhecidas e estudadas na fase de pesquisa de materiais de construção.

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório na jazida 01, predomina material do tipo SC, seguido de SM e um volume disponível de 44.000m<sup>3</sup> de material. Na jazida 02 predomina SM, seguido de SC, com um volume disponível de 367.500m<sup>3</sup> de material. A avaliação de custos exposta na Planilha Orçamentária considera a jazida 02 como origem de material para o maciço, uma vez que a quantidade é limitada na jazida 01, mais próxima.

Diante do grande volume de material de 1ª e 2ª categoria previstos na escavação do vertedouro, foi retirada e submetida a ensaios de laboratório, amostras de material na área de implantação desta obra. Os ensaios de caracterização indicam um material que pode ser utilizado sem restrições, principalmente no espaldar de jusante por se tratar de um SM. O volume disponível, proveniente das escavações é da ordem de 240.000m<sup>3</sup>, sendo 220.000m<sup>3</sup> podem ser aproveitados como material de construção no maciço compactado.

Os valores obtidos dos ensaios rotineiros foram submetidos a tratamento estatístico, sendo definidas as faixas representativas do material, de acordo com a média e o desvio padrão.

Para definição dos parâmetros de interesse ao projeto, foram executados ensaios de laboratório cujos resultados apresenta-se a seguir:

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| • Classificação de acordo com o Sistema Unificado | SM/SC                      |
| • Permeabilidade média                            | 6,28x10 <sup>-5</sup> cm/s |
| • Densidade real dos grãos                        | 2,33                       |
| • Umidade ótima de compactação - Proctor Normal   | 10,5%                      |

- Massa específica aparente máxima 1,89 g/cm<sup>3</sup>
- Coesão(cisalhamento direto) 0,49 kg/cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno (cisalhamento direto) 30°
- Volume disponível 411 500m<sup>3</sup>

A areia será fornecida a partir de uma exploração comercial existente a 15,00km do eixo barrável Foram coletadas amostra e submetidas a ensaios de granulometria e permeabilidade

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório apresentam as seguintes características

- Classificação de acordo com o Sistema Unificado SP
- Permeabilidade média 7,37 x10<sup>-3</sup> cm/s

Com base nas envoltórias das curvas granulométricas do areal, foram feitas verificações dos critérios de filtro e transições, para estas areias e para os solos da jazidas 01e 02 Os resultados obtidos foram satisfatórios, conforme curva granulométrica dos materiais apresentados no desenho N° 08/25

No que diz respeito à utilização nos concretos, as amostras ensaiadas atendem integralmente aos limites recomendados pela A.B.N.T.(Associação Brasileira de Normas Técnicas) e da A.S.T.M (American Society of Testing Materials) , especialmente no que se refere às porcentagens retidas nas peneiras N<sup>os</sup> 4, 10 e 16, correspondentes respectivamente às aberturas da malha 4,8mm, 2mm e 1,2mm Os percentuais de material pulverulento em todas as amostras está muito aquém do máximo permissível pelas normas

Existe uma pedreira localizada a 550m do centro geométrico das obras A rocha a ser utilizada nos enrocamentos (rip-rap e rock-fill) será proveniente desta pedreira, uma vez que das escavações do vertedouro não está previsto suficiente volume de rocha O volume disponível das escavações do vertedouro, de acordo com perfil definido nos estudos de prospecção da fundação, é da ordem de 18 000m<sup>3</sup>

Os resultados obtidos com ensaios tipo Los Angeles em amostras de rocha da pedreira, permitem concluir que o material apresenta características adequadas de resistência e durabilidade, não havendo restrições quanto ao seu uso nos enrocamentos e como agregados nos concretos

A localização das jazidas é apresentada no desenho N° 03/25 - Localização das Ocorrências de Materiais

### 5.3 - FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS

As condições geológico-geotécnicas de fundação das estruturas, conforme apresentado no desenho N° 05/25 - Localização das Sondagens Perfil Geotécnico, são resumidamente discriminadas a seguir

#### 5.3.1. Barragem

As ombreiras apresentam inclinação suave, sendo coberta por argilas e areias de plasticidade variada com presença de pedregulhos na ombreira direita, sobre solos de alteração de rocha com espessura média total de 1,2(próximo à calha do riacho) a 11,0 metros(ombreira direita), com ausência de afloramentos ou de matacões. Subjacente a este material, a rocha se apresenta diferentes graus de alteração, a profundidades inferiores a 2,0m, passando a seguir a apresentar melhor qualidade, que pode ser comprovada pela porcentagem de recuperação mínima de 40%, exceto nas sondagens da margem direita, onde a recuperação média é de 30%. O gnaisse é em geral de coloração cinza clara, granulação fina a média, constituídos principalmente por quartzo, feldspato e minerais micáceos.

Os ensaios de perda d'água revelaram valores do coeficiente de perda d'água específica variado longo dos furos realizados, sendo que na maioria dos trechos ensaiados as perdas foram baixas, mostrando ser a rocha pouco permeável.

O leito do riacho em toda a sua calha a rocha é coberta por depósitos aluvionares de espessura variável, que atinge profundidade média de 1,20metros. Sob o aluvião a rocha gnaisse se apresenta alterada e extremamente fraturada na margem direita, porém, em geral são, com alguns trechos medianamente consistentes localizados ao longo das profundidades amostradas.

Dadas as condições geológicas e geotécnicas da fundação da barragem - incluindo os valores relativamente baixos do coeficiente de perda d'água específica - e as características da barragem projetada, a execução de uma cortina de injeção de cimento terá um caráter mais de consolidação do maciço rochoso na área, no trecho compreendido pelas estacas 11 e 21, com uma única linha de furos de profundidade variável, sendo 12,0m entre as estacas 15 e 21 onde a permeabilidade é mais elevada, e de 6,0m entre as estacas 15 e 11. No primeiro trecho, na altura das estaca 18, ocorreu perda d'água total e, no trecho seguinte o maciço rochoso se apresenta d'água da ordem de  $10^{-5}$ cm/s de acordo com os resultados apresentados nos ensaios de perda d'água.

### 5.3.2. Tomada D'Água

Á Tomada D'Água localiza-se na ombreira esquerda da barragem , em trecho de talude relativamente suave. A área é constituída superficialmente por areia fina a média, medianamente compacta, assente sobre uma argila arenosa, que por sua vez está sobrejacente a uma fina camada de solo residual misturados com o solo de alteração do gnaisse formando uma camada que atinge cerca de 3,50m de espessura na altura do eixo Segue-se o maciço rochoso medianamente alterado nos seus metros superiores e, em profundidade, a porcentagem de recuperação da rocha é elevada até as profundidades atingidas pelas sondagens

Embora a profundidade de escavação para implantação das obras seja relativamente alta, quando comparada com a alternativa de mesma cota de adução na ombreira direita, resulta esta alternativa como mais econômica dada a extensão que seria necessária para um emboque e desemboque da estrutura, além da vantagem apresentada do ponto de vista geomecânico

### 5.3.3. Sangradouro

A rocha na área de implantação do sangradouro é coberta por um manto constituído por areia siltosa e argilosa assente sobre solo residual, de espessura variando de 1,0 a 6,0 metros no trecho da soleira vertedoura , e que vai reduzindo de espãssura à proporção que se aproxima dos extremos do canal de acesso e canal de restituição O maciço em gnaisse subjacente, com base nas sondagens executadas, apresenta uma porcentagem de recuperação variada, e a zona mais alterada de espessura da ordem de dois metros. O grau de fraturamento tende a diminuir com a profundidade, sendo a rocha em geral medianamente fraturada



## 6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA



## 6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA

### 6.1 - DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem projetada, conforme apresentada no desenho S N<sup>os</sup> 07/25 e 08/25, foi prevista com eixo retilíneo em todo o seu desenvolvimento, face as condições topográficas do vale. É do tipo homogênea, embora seja previsto o aproveitamento do material da escavação do vertedouro, com 15,11m de altura máxima, 755 metros de extensão e capacidade total de 37.838.905,89 metros cúbicos.

A barragem tem seu coroamento à cota 27,11m, com 6,00m de largura de crista e taludes de montante e jusante com inclinações de 1V 2H. É constituída por um aterro compactado com seção homogênea, com um zoneamento no espaldar de jusante no que diz respeito à origem do material, que será proveniente das escavações do canal do vertedouro, e o espaldar de montante com material proveniente das jazidas, respeitando-se os critérios de uniformidade e aceitação impostos nas especificações técnicas.

O sistema de drenagem interna da barragem é constituído por um filtro vertical, tapete drenante e enrocamento de pé.

Os cálculos efetuados para dimensionamento desse sistema se encontram no Volume 2 - Memória de Cálculos do Projeto Executivo.

O filtro vertical tem espessura de 1,00m, com topo na cota 24,00m, sendo constituído de areia com granulometria apropriada, especificada no desenho da seção tipo da barragem.

Quanto ao material drenante, este deverá ser suficientemente fino para que seja evitado o carreamento de partículas sólidas do maciço através dele e, ter ainda granulometria grossa para que as forças de percolação que se desenvolvem no seu interior sejam pequenas.

Deverão ser obedecidos os seguintes critérios na determinação da sua granulometria:

$$1^{\text{a}}) D_{15} (\text{filtro})/D_{15} (\text{maciço}) > 5 > D_{15} (\text{filtro})/D_{85} (\text{maciço})$$

2<sup>a</sup>) A curva granulométrica do material do filtro deverá ser aproximadamente paralela a do material do maciço.

O tapete drenante tem com 1,00m de espessura e tem como função coletar eventuais descargas remanescentes do cut-off e da rocha de fundação, bem como elemento de transferência das descargas do maciço, captadas pelo filtro vertical até o enrocamento de pé (rock-fill)

O enrocamento de pé é constituído por blocos de pedra jogada, com topo fixado em 1,0m acima da face superior do tapete, uma vez que sua função se resume em coletar vazões do sistema de drenagem, sem qualquer função de abaixamento da superfície freática. Esta estrutura de descarga de todo o sistema de drenagem interna do maciço bem como eventuais descargas pela fundação(sob o maciço) é projetada até o nível executável abaixo da cota da soleira, que foi tomada como referência para fixação do topo do filtro. Em cotas superiores, a drenagem interna é feita somente pelo filtro vertical

Para combater os efeitos erosivos das ondas sobre o talude de montante, foi prevista uma camada de proteção em material pétreo com características suficientes para execução do "rip rap"

No talude de jusante, foi projetada uma proteção vegetal feito com a plantação de grama ou outra planta rasteira. Na junção entre o maciço compactado e o terreno natural foi projetada uma canaleta de drenagem construída de blocos de pedra de mão rejuntados com argamassa, para evitar erosões causadas pelas águas pluviais

Sobre o coroamento, foi prevista uma camada de 0,20m de cascalhinho, com a finalidade de evitar erosões provocadas por águas de chuva, sendo construído meio-fio em toda extensão do coroamento, tanto no lado de montante, como no lado de jusante, com saídas laterais e inclinação para o talude de montante

É recomendável que as camadas do aterro situadas em zonas mais elevadas, principalmente nas proximidades das ombreiras sejam executadas com graus de compactação menores e umidades acima e em torno da ótima. As camadas inferiores do aterro terão maior resistência ao cisalhamento, e a profundidades maiores o peso do solo sobrejacente será suficiente para se ter tensões de compressão

Nas fundações previu-se tratamento superficial em toda área de implantação da barragem, consistindo este na remoção de todo o solo de recobrimento. Na área de apoio cut-off da barragem, o tratamento se torna mais intenso, devendo as escavações atingirem a rocha de fundação ou solo residual de gnaiss, prevendo-se ainda regularização, para a obtenção de superfícies planas e contínuas.

A planta seções transversais e detalhes construtivos são apresentados nos desenhos N<sup>os</sup> 08 a 17/25

## 6.2 - DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA BARRAGEM

### 6.2.1. Cota da Crista

A cota da crista da barragem foi fixada em 27,11m, com base na definição de soleira determinada nos Estudos Hidrológicos apresentados e nas estimativas de revanche efetuadas, constantes do Volume 2 - Memorial de Cálculo. O nível d'água máximo maximorum no reservatório para um tempo de recorrência de mil anos, se situa na cota 25,80m. A folga ("freeboard") necessária calculada foi de 0,90m. A cota do NA máximo maximorum do reservatório somada a folga, resultaria do nível 27,05m. Verificando-se ainda a nível máximo para uma cheia decamilenar, ter-se-á uma lâmina de 2,93m que somada à folga mínima recomendada pelo Painel de Segurança de Barragens, conclui-se que a cota 27,11m anteriormente adotada para a crista da barragem atende aos critérios de segurança.

### 6.2.2. Largura da Crista

A largura da crista da barragem é geralmente fixada com base nas dimensões de obras semelhantes e/ou para finalidades específicas que imponham uma determinada largura, além de aspectos construtivos.

No trabalho "Barragens em Terre Compactée - Practiques Americaines" - G. Post e P. Londe apresentam a fórmula de E. F. Preece, para fixar a largura  $b$  em função da altura  $H$  da barragem:

$$b = 11\sqrt{H} + 1 \quad H = \text{altura máxima}$$

obteve-se então  $b = 5,28\text{m}$

Considerando as características específicas da barragem de Malcozinhado e a experiência acumulada de obras de porte semelhante adotou-se a largura de 6,00 metros.

### 6.2.3. Fixação dos Taludes

Na fixação dos taludes da barragem de Malcozinhado procurou-se, mantida a segurança necessária a uma obra desse porte, reduzir tanto quanto possível o volume do maciço compactado.

Os taludes foram inicialmente adotados com base nos parâmetros definidos através dos ensaios de laboratório que indicam a disponibilidade de um material alta

resistência ao cisalhamento, uma vez que predominam as areias siltosas e argilosas, com coesão e ângulo de atrito interno da ordem  $0,49 \text{ kg/cm}^2$  e  $30^\circ$ , respectivamente

Os paramentos com os taludes adotados tiveram sua estabilidade verificada para as condições críticas de carregamento

### 6.3 - DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA PERCOLAÇÃO D'ÁGUA PELO MACIÇO E FUNDAÇÃO DA BARRAGEM

Como dispositivo de proteção contra o carreamento do material fino do maciço argiloso, pelas águas em percolação, foi previsto um filtro vertical, que completa a função de coletar eventuais fluxos pela fundação, após o cut-off, com um tapete drenante que deságua num enrocamento de pé

No entanto, com base nas condições geológico-geotécnicas da rocha de fundação e face as características da barragem projetada, o cut-off será suficiente como controle da percolação pela fundação. No trecho crítico, entre as estacas 11 e 21, a estanqueidade é complementada com um linha de furos de injeção para consolidação do maciço rochoso

Objetivando avaliar e quantificar os efeitos dos dispositivos adotados para o controle da percolação, procedeu-se ao traçado de redes de fluxo através do maciço, pelo processo gráfico de Forchheimer, que permite estimar as perdas d'água por percolação e verificar pontos prováveis de concentração dos gradientes hidráulicos críticos

Para se levar em conta a anisotropia provável do solo do núcleo da barragem, admitiu-se uma relação entre os coeficientes de permeabilidade horizontal e vertical igual a nove

Os cálculos apresentados no Memorial de Cálculos, mostram que a vazão total através do maciço e fundação seria da ordem de  $10 \text{ l/seg}$ , valor este plenamente aceitável para o aproveitamento. Deve-se ressaltar entretanto, que qualquer análise deste tipo, em que se supõe homogeneidade dos materiais é simplificadora e sujeita a imprecisões, visto que as condições de fluxo reais são altamente influenciadas pelas heterogeneidades, difíceis de detectar e analisar teoricamente.

## 6.4 - ANÁLISES DE ESTABILIDADE

### 6.4.1. Introdução

As análises de estabilidade foram feitas para a seção de máxima altura da barragem, para as condições críticas correspondentes ao final da construção e com o reservatório em funcionamento

### 6.4.2. Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo

Para o talude de montante e jusante, foram feitas análises de estabilidade pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo-se superfícies de ruptura cilíndricas

O cálculo da estabilidade da Barragem Malcozinhado foi executado através do programa IPT-ESTAB1/PC, usando os métodos de Bishop Simplificado, com parâmetros de entrada obtidos através de ensaios de cisalhamento direto. Este programa calcula o coeficiente de segurança para a superfície crítica de ruptura pesquisada automaticamente. Os dados de entrada são a geometria completa da seção num sistema de coordenadas, os valores de coesão e ângulo de atrito de cada material, o peso específico dos materiais e valores de  $R_u$  por material

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento para o material do maciço da barragem foram determinados com base nos resultados de ensaios de cisalhamento direto lento. Admitiu-se portanto, que haverá dissipação das pressões neutras durante a construção do maciço da barragem. No relatório dos Estudos Geológico-Geotécnicos, se encontram resumidos os resultados desses ensaios, bem como no item 5 deste relatório

Os parâmetros de resistência para os materiais de enrocamento, filtros e transições foram estimados com base nos valores obtidos em barragens semelhantes

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço

### 6.4.3. Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento

#### Talude de Montante

A condição mais crítica a que poderia ser submetido o talude de montante corresponderia a um rebaixamento rápido do reservatório. Como esta seja uma

hipótese tem probabilidade de ocorrência quase nula no caso do reservatório do Malcozinhado, a análise foi procedida pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo-se ainda que as pressões neutras no maciço se desenvolvessem de acordo com o recomendado por A W Bishop no artigo "The Use Of Pore Pressure Coefficients in Practice", partindo-se da rede de fluxo para regime permanente

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço

Tendo em vista as hipóteses extremamente conservadoras admitidas na análise não é de se temer qualquer problema com a estabilidade do talude de montante durante a operação do reservatório



## 7 - TOMADA D'ÁGUA

## 7 - TOMADA D'ÁGUA

### 7.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA

Serão descritas a seguir as principais características da obra de tomada d'água da barragem Malcozinhado

A tomada d'água ficará embutida no maciço da barragem, firmemente apoiada sobre solo residual/ rocha sã como fundação, e se localiza da ombreira esquerda, em torno da cota 16,00m

A orientação do fluxo em direção ao emboque da tomada d'água será feita através de um canal de aceso curvo, implantado na cota 15,90m, encaixando-se na estrutura por meio de uma caixa de entrada provida de uma grade de proteção contra entrada de material graúdo que desce das margens

A estrutura de captação em concreto armado será do tipo convencional "galeria", com dispositivos de controle de saída

A galeria terá um diâmetro de 600mm, com cerca de 35 m de comprimento

O acionamento da tomada d'água será feito a jusante, através de registro gaveta com comando de pedestal de manobra

O eixo da tomada d'água será perpendicular ao da barragem

As obras acima descritas estão detalhadas nos desenhos N<sup>os</sup> 23 a 25/25 , no que diz respeito a escavações e formas

### 7.2 - NÍVEIS OPERACIONAIS NO RESERVATÓRIO

O nível mínimo operacional no futuro reservatório foi determinado a partir da cota 16,50m anteriormente citada, acrescida das perdas de carga devidas à veiculação da vazão de projeto através das obras da tomada d'água

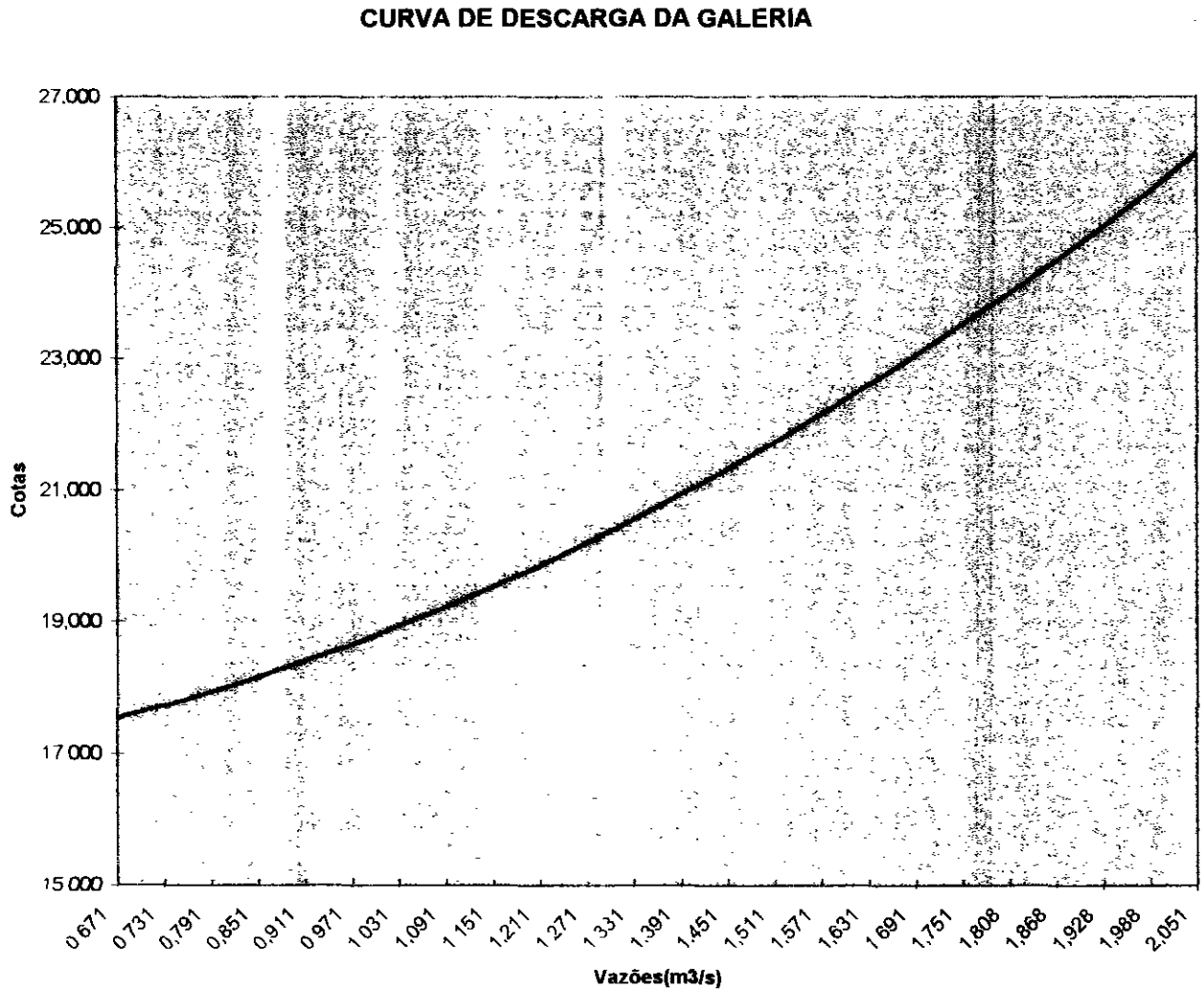
Com base nos cálculos hidráulicos efetuados adotou-se um total de perdas de carga de 0,372m

Por conseguinte o nível mínimo operacional no reservatório resulta igual a  $16,5 + 0,372 = 16,87$  m

Quanto ao nível máximo, que foi definido com base nos resultados dos estudos hidrológicos, adotou-se o nível 24,00 m



Para facilitar as ações de gerenciamento do reservatório necessário se faz a utilização da curva de descarga da galeria apresentada a seguir





KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 8 - SANGRADOURO

000042

## 8 - SANGRADOURO

### 8.1 - DESCRIÇÃO GERAL

Descrevem-se a seguir as características gerais do sangradouro da barragem Malcozinhado

A solução adotada caracteriza-se pela simplicidade do arranjo, decorrente das favoráveis condições geológicas do local de implantação das obras, em que a soleira delgada do sangradouro localiza-se no alinhamento do eixo da barragem, do lado da ombreira esquerda, estando inteiramente assente sobre rocha, no trecho compreendido pela aproximação da soleira, muro vertedouro e trecho onde se dá a transição do fluxo do regime crítico para fluvial

O eixo do sangradouro é perpendicular ao eixo do maciço e está localizado na estaca 36 + 10m, tendo sido escolhido devido às condições geotécnicas e topográficas, que permitem a implantação da estrutura vertedoura em rocha de boa qualidade e, a restituição completa do fluxo ao leito do rio, respectivamente

Esse arranjo proporciona total segurança de funcionamento e, ao mesmo tempo, permitirá utilizar todo o material escavado para implantação do sangradouro, no corpo da barragem. Com isso, obter-se-á uma economia substancial nos investimentos, devido inclusive, à pequena distância de transporte dos materiais terrosos

O vertedouro dimensionado para a vazão milenar de  $314,87\text{m}^3/\text{s}$ , tem uma largura de 60,00m e, uma lâmina máxima de sangria de 1,80m. O sangradouro é composto por um canal de aproximação escavado na cota 16,00, que é aprofundado em 0,30m sob a estrutura vertente e, após esta o fluxo segue por um canal de restituição escavado na cota 16,00 até a altura da altitude 16,00, a partir de onde a restituição se dará pelos processos erosivos da água

O revestimento do canal em concreto armado só será necessário após a estrutura vertente, numa faixa de 30,00m, a partir do eixo da barragem, de acordo com cálculos hidráulicos da extensão da bacia de transição, isto é, da extensão necessária ao estabelecimento do regime subcrítico, conforme memória de cálculos.

As obras descritas acima estão ilustradas nos desenhos N<sup>os</sup> 18 e 19/25

000043

## 8.2 - PARÂMETROS HIDRÁULICOS

O sangradouro da barragem foi dimensionado para a cheia máxima de projeto correspondente ao tempo de recorrência de 1 000 anos

### Propagação da Cheia no Reservatório

Para determinar a propagação da cheia no reservatório utilizou-se o método de Puls, sendo um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios

As descargas de pico calculadas para os períodos de retorno mencionado foram

TR (ANOS)	Qp (m <sup>3</sup> /s)
1 000	505,08
10 000	1 007,42



## 9 - OBRAS COMPLEMENTARES

## 9 - OBRAS COMPLEMENTARES

### 9.1 - ACESSOS E CIRCULAÇÃO NA OBRA

A circulação da obra, durante o período de construção da barragem deverá ser feita por meio de caminhos de serviço, cujo traçado e comportamento sejam satisfatórios à movimentação mecânica

### 9.2 - DRENAGEM E PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS

As encostas, nas ombreiras da barragem, terão proteção com revestimento vegetal, em área cuja extensão somente poderá ser fixada em definitivo ao final da obra, em função das condições em que as mesmas se encontrem. Este revestimento vegetal, cuja função é, em parte de proteger contra a erosão e, em parte, de conferir um melhor aspecto paisagístico, deverá cobrir ambas as ombreiras

A natureza dos solos e rochas superficiais, bem como a topografia no local da obra, não são motivo para qualquer problema de vulto, decorrente do escoamento de águas superficiais

## 10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO

## **10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO**

### **10.1 - SANGRADOURO**

A escavação para implantação do sangradouro da barragem do Malcozinhado terá que ser feita à proporção que progredir o alteamento do maciço da barragem, uma vez que material escavado do sangradouro servirá de empréstimo para o maciço





## 11 - ORÇAMENTO

000049



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA  
BARRAGEM MALCOZINHADO**

<b>RESUMO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>CUSTO TOTAL (R\$)</b>
1 0	Administração e Fiscalização	76 620,00
2 0	Serviços Preliminares	340 286,00
3 0	Barragem	1 103 553,44
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação	56 133,00
5 0	Sangradouro	2 157 001,11
6 0	Tomada D'Água	115 344,89
7 0	Obras Complementares	112 000,00
	<b>TOTAL GERAL</b>	<b>3.960.938,44</b>

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA  
BARRAGEM MALCOZINHADO**



Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
<b>1 0</b>	<b>Administração e Fiscalização</b>				
1 1	Instalação e manutenção de canteiro de obras	m <sup>2</sup>	300,0	250,00	75 000,00
1 2	Placas Alusivas à obra	m <sup>2</sup>	54,0	30,00	1 620,00
	<b>Total do Item 1</b>				<b>76 620,00</b>
<b>2 0</b>	<b>Serviços Preliminares</b>				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6,0 m	km	4,00	1 398,00	5 592,00
2 2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	10,00	780,00	7 800,00
2 3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazida com bota-fora de até 300m, medido no corte	m <sup>3</sup>	16 400,00	0,96	15 744,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	700,00	444,50	311 150,00
	<b>Total do Item 2</b>				<b>340 286,00</b>
<b>3 0</b>	<b>Barragem</b>				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria da fundação	m <sup>3</sup>	33 400,00	1,92	64 128,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 2a categoria da fundação	m <sup>3</sup>	11 135,00	2,34	26 055,90
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lençol freático	m <sup>3</sup>	11 200,00	5,58	62 496,00
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria (jazidas)	m <sup>3</sup>	106 772,00	1,92	205 002,24
3 5	Espalhamento, umedecimento e compactação de material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	258 772,00	0,90	231 094,80
3 6	Espalhamento e adensamento de areia para o filtro horizontal, inclusive fornecimento, extração, carga, transporte e descarga	m <sup>3</sup>	11 500,00	2,16	24 840,00
3 7	Espalhamento e adensamento de areia para o filtro vertical, inclusive fornecimento, extração, carga, transporte e descarga	m <sup>3</sup>	7 750,00	2,16	16 740,00
3 8	Espalhamento e compactação do enrocamento, inclusive fornecimento, extração, carga, transporte e descarga	m <sup>3</sup>	15 670,00	4,47	70 044,90
3 9	Fornecimento, inclusive, extração, britagem, carga, transporte, descarga e execução das transições	m <sup>3</sup>	2 950,00	9,55	28 172,50
3 10	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 3a categoria (enrocamentos e transição)	m <sup>3</sup>	18 620,00	1,11	20 668,20
3 11	Transporte complementar de material de 1a categoria	m <sup>3</sup> xkm	47 480,00	0,74	35 135,20
3 12	Transporte de material de 1a categoria (areia)	m <sup>3</sup> xkm	257 250,00	0,74	190 365,00
3 13	Transporte de material de 3a categoria	m <sup>3</sup> xkm	4 655,00	1,11	5 167,05
3 14	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	35 755,00	1,85	66 146,75
3 15	Fornecimento do revestimento para o coroamento, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação e=20cm	m <sup>3</sup>	830,00	6,35	5 270,50
3 16	Planto de grama no talude de jusante	m <sup>2</sup>	18 000,00	1,59	28 620,00
3 17	Melo-fio de concreto simples com consumo de 300Kg/m <sup>3</sup> para coroamento da barragem	m	1 510,00	11,39	17 198,90
3 18	Canaletas de ombreira (pé do talude de jusante)	m	250,00	25,63	6 407,50
	<b>Total do Item 3</b>				<b>1 103 553,44</b>
<b>4 0</b>	<b>Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sangradouro)</b>				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das áreas da fundação em rocha	m <sup>2</sup>	7 815,00	3,20	25 008,00
4 2	Perfuração para injeção de cimento nas áreas de fundação em rocha, com equipamento rotoperfussivo φ 2"1/2"	m	324,00	55,00	17 820,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	4 860,00	1,75	8 505,00
4 4	Ensaio de perda d'água	ud	80,00	60,00	4 800,00
	<b>Total do Item 4</b>				<b>56 133,00</b>

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA  
BARRAGEM MALCOZINHADO**



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit	Custo Total
5 0	<b>Sangradouro</b>				
5 1	Escavação , carga, descarga e transporte de material de 1a categoria até 0,30 Km	m³	175 000,00	1,92	336 000,00
5 2	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 2a categoria até 0,30 Km	m³	73 200,00	2,34	171 288,00
5 3	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 3a categoria até 0,30 Km	m³	43 800,00	12,40	543 120,00
5 4	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m3	m³	90,00	98,37	8 853,30
5 5	Concreto ciclópico, preparo e lançamento , com fck = 12 MPa, usando-se brita, para o muro vertedouro	m³	2 647,00	100,98	267 294,06
5 6	Concreto estrutural com fck = 15MPa, para os muros laterais e lajes, inclusive forma, ferro e escoramento	m³	953,00	489,30	466 302,90
5 7	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Fugenband tipo 0-22	m	120,00	40,42	4 850,40
5 8	Reaterro compactado manualmente	m³	55,00	4,59	252,45
5 9	Tirantes de 1", inclusive bainha, ganchos e Injeção de cimento	m	528,00	680,00	359 040,00
	<b>Total do Item 5</b>				<b>2 157 001,11</b>
6 0	<b>Tomada D'Água</b>				
6 1	Escavação manual de valas, material de 1a categoria, 1,50<H<3,00 m	m³	1 800,00	4,11	7 398,00
6 2	Escavação manual de valas, material de 2a categoria, 1,50<H<3,00 m	m³	150,00	5,21	781,50
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa caixa de entrada, galeria e bacía de dissipação inclusive forma, armação, lançamento e desforma	m³	82,00	489,30	40 122,60
6 4	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m3	m³	55,00	98,37	5 410,35
6 5	Reaterro compactado manualmente	m³	60,00	4,59	275,40
6 6	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungenband	m	25,00	40,42	1 010,50
6 7	Fornecimento e colocação de rocha na bacía de dissipação, inclusive, carga, transporte e descarga	m³	12,00	4,47	53,64
6 8	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 600 mm para tomada d água	m	38,00	331,55	12 598,90
6 9	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto, volante e by-pass com d=600mm	ud	1,00	19 255,00	19 255,00
6 10	Fornecimento e montagem da Válvula borboleta completa, diâmetro de 600mm, com acionamento manual por volante	ud	1,00	11 234,00	11 234,00
6 11	Fornecimento e montagem de Junta de desmontagem, diâmetro de 600mm	vb	1,00	16 300,00	16 300,00
6 12	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,33 x 1,60m e dispositivo de calagem, inclusive acessórios	ud	1,00	840,00	840,00
6 13	Drenagem do muro de jusante (areia, brita e tubos de PVC)	vb	1,00	65,00	65,00
	<b>Total do Item 6</b>				<b>115 344,89</b>
7 0	<b>Obras Complementares</b>				
7 1	Relocação de rede elétrica	km	8,00	14 000,00	112 000,00
	<b>Total do Item 7</b>				<b>112 000,00</b>
	<b>Total Geral</b>				<b>3 960 938,44</b>



## 12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

000153

## 12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

1	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 270 HP	02
2	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 140 HP	02
3	Trator de pneus com potência igual ou superior 100 HP	03
4	Carregadeira frontal com potência igual ou superior a 170 HP	04
5	Motoniveladora com potência igual ou superior a 125 HP	03
6	Caminhão basculante com capacidade igual ou superior a 6 <sup>m3</sup>	10
7	Betoneiras com capacidade mínima de 320 l	03
8	Caminhão pipa com capacidade igual ou superior a 6000 l com irrigadeira	04
9	Rolo compactador autopropelido vibratório pé-de-carneiro de 10 ton ou similar	03
10	Rolo liso autopropelido vibratório de 10 ton ou similar	01
11	Retro-escavadeira com capacidade igual ou superior a 0,6m <sup>3</sup>	02
12	Conjunto de britagem com capacidade igual ou superior a 20m3/h	01
13.	Compressor de ar com capacidade igual ou superior a 700pcm (pés cúbicos por minuto)	02
14.	Compressor de ar portátil com capacidade superior a 250pcm	01
15.	Carreta de perfuração com capacidade igual ou superior a 500pcm (pés cúbicos por minuto).	02



16	Grade de disco com capacidade de 20 discos de 24"	. . . . .	02
17	Sapo mecânico.	. . . . .	02
18	Marteletes de 24kg	. . . . .	04

000055



## 13 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA



### **13 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA**

- 01 – Escritório da Administração
- 02 – Laboratório de solo e concreto
- 03 – Depósito de cimento
- 04 – Central de britagem
- 05 – Posto de abastecimento de combustível
- 06 – Oficina Mecânica
- 07 – Almojarifado
- 08 – Carpintaria
- 09 – Ferraria
- 10 – Armação e moldagem
- 11 – Alojamento para pessoal de apoio
- 12 – Eletrificação
- 13 – Escritório de Supervisão



## 14 - CRONOGRAMA FÍSICO

## 14 - CRONOGRAMA FÍSICO

Previu-se de acordo com as dimensões das obras da Barragem Malcozinhado e com as características climáticas da região, um prazo de 6 meses para a conclusão das obras, em que deverá ser observada a seqüência de execução dos serviços a fim de se obter um máximo aproveitamento do tempo e uma eficiência completa no andamento das obras

O cronograma de construção, em que são citados os serviços das obras com seus prazos mínimos de execução bem como o período do ano apropriado para desenvolvimento das atividades, é mostrado a seguir

Considerou-se na concepção do cronograma de construção que as obras de terraplenagem têm seu andamento prejudicado no período chuvoso do ano, devendo portanto ser executadas no período de estiagem, ao passo que os trabalhos de concretagem poderão ser desenvolvidos em qualquer período do ano.

## CRONOGRAMA FÍSICO DAS OBRAS

SERVIÇOS	TEMPO(dias)															
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240
1- Administração e Fiscalização																
Instalação e Manutenção																
Mobilização																
Desmobilização																
2-Serviços Preliminares																
3- Barragem																
Fundação																
Maciço																
4- Sangradouro																
5- Tomada D'Água																
Escavação																
Concreto																
Equipamentos Hidromecânicos																

