

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO SDU
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS PROURB CE
BANCO DO ESTADO DO CEARÁ BEC

AÇUDE PÚBLICO CASTRO

TOMO 2 PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
VOLUME I RELATÓRIO GERAL

AGUASOLOS
CONSULTORIA DE ENGENHARIA LTDA

FORTALEZA- CE
OUTUBRO 1993



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE - SDU
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO
PRO-URB / CE

AÇUDE PÚBLICO CASTRO
TOMO 2: PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM CASTRO
VOLUME I - RELATÓRIO GERAL

Lois 00474 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0065/02/01
Volume 1
Qtd A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros _____



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

CIRO FERREIRA GOMES

GOVERNADOR

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE

MARFISA MARIA DE AGUIAR FERREIRA

SECRETARIA

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

JOSÉ MOREIRA DE ANDRADE

SECRETÁRIO

BANCO DO ESTADO DO CEARÁ

PEDRO BRITO DO NASCIMENTO

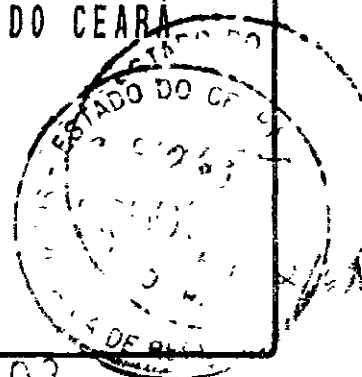
PRESIDENTE

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DO CEARÁ

PRO-URB/CE

MARCONI MARTINS MORONI DA SILVEIRA

GERENTE GERAL



000003

SUMARIO

0172-08/93

000004

S U M Á R I O**PÁGINAS**

1 - INTRODUÇÃO	04
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	08
3 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO	11
3.1 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS	12
3.2 - ESCOLHA DA SEÇÃO-TIPO	12
3.2.1 - Proteção do Talude	13
3.2.2 - Trincheira de Vedação	14
3.2.3 - Dreno de Pé ("Rock-Fill")	14
3.3 - SANGRADOURO	14
3.4 - TOMADA D'ÁGUA	15
4 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO	16
4.1 - MACIÇO	17
4.1.1 - Barragem Principal	17
4.1.2 - Barragem Auxiliar	19
4.2 - SANGRADOURO	19
4.3 - TOMADA D'ÁGUA	19
5 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO	21
6 - QUANTITATIVOS E CUSTOS	24

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O relatório aqui apresentado refere-se ao projeto do Açude Público Castro, e foi elaborado em decorrência do contrato firmado entre o DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas e a empresa AGUASOLOS - consultoria de Engenharia Ltda, conforme Carta Convite nº 08/88 - DGO/G.

O projeto foi desenvolvido com a finalidade de captar maior aproveitamento da contribuição da bacia hidrográfica, com plenas condições topográficas no boqueirão.

A obra barra o Rio Castro, a cerca de 30,0 km de suas nascentes, possibilitando a criação de um reservatório que funcionará como fonte de recursos hídricos para irrigação de extensas áreas aluvionares que ocorrem a jusante do barramento, para o abastecimento da população da cidade de Itapiuna - CE e para piscicultura.

Os trabalhos relativos ao Projeto do Açude Público Castro tiveram início em fevereiro/88, quando a Consultora recebeu do DNOCS os dados dos estudos elaborados anteriormente por aquele órgão. A partir daí foi dado prosseguimento aos trabalhos preliminares para se conhecer os fatores condicionantes e influentes da obra.

Os estudos finais para o desenvolvimento do projeto constaram de uma análise dos levantamentos topográficos e geotécnicos fornecidos pelo DNOCS, e da realização, pela Consultora, dos estudos geológicos, hidrológicos e hidráulicos feitos com o objetivo de se obterem os dados básicos necessários para a concepção final e detalhamento do projeto das obras.

As principais características técnicas das obras são as seguintes:

a) Localização

- Rio: Castro
- Sistema: Choró
- Município: Itapiúna
- Estado: Ceará

b) Características Gerais

- Área da Bacia Hidrográfica	359,83 km ²
- Área da Bacia Hidráulica	753 ha
- Volume máximo do reservatório	63,9 x 10 ⁶ m ³
- Volume morto do reservatório	4,3 x 10 ⁶ m ³
- N.A. máximo normal	151,50 m
- N.A. "máximum maximorum"	153,01 m
- N.A. mínimo operacional	136,30 m

c) Barragem Principal

- Tipo: Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: 154,70 m
- Altura máxima: 25,90 m
- Comprimento da crista: 606,00 m
- Largura da crista: 6,00 m
- Volume total do maciço: 441.920 m³

d) Barragem auxiliar

- Tipo: Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: 154,70
- Altura máxima: 2,70 m
- Comprimento da crista: 178,00 m
- Largura da crista: 3,00 m
- Volume de terra: 3.200 m³

000009

1 - INTRODUÇÃO

O relatório aqui apresentado refere-se ao projeto do Açude Público Castro, e foi elaborado em decorrência do contrato firmado entre o DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas e a empresa AGUASOLOS - consultoria de Engenharia Ltda, conforme Carta Convite nº 08/88 - DGO/G.

O projeto foi desenvolvido com a finalidade de captar maior aproveitamento da contribuição da bacia hidrográfica, com plenas condições topográficas no boqueirão.

A obra barra o Rio Castro, a cerca de 30,0 km de suas nascentes, possibilitando a criação de um reservatório que funcionará como fonte de recursos hídricos para irrigação de extensas áreas aluvionares que ocorrem a jusante do barramento, para o abastecimento da população da cidade de Itapiuna - CE e para piscicultura.

Os trabalhos relativos ao Projeto do Açude Público Castro tiveram início em fevereiro/88, quando a Consultora recebeu do DNOCS os dados dos estudos elaborados anteriormente por aquele órgão. A partir daí foi dado prosseguimento aos trabalhos preliminares para se conhecer os fatores condicionantes e influentes da obra.

Os estudos finais para o desenvolvimento do projeto constaram de uma análise dos levantamentos topográficos e geotécnicos fornecidos pelo DNOCS, e da realização, pela Consultora, dos estudos geológicos, hidrológicos e hidráulicos feitos com o objetivo de se obterem os dados básicos necessários para a concepção final e detalhamento do projeto das obras.

As principais características técnicas das obras são as seguintes:

2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Açude Público Castro está localizado a cerca de 1,0 km a montante da cidade de Itapiuna, na região centro norte do Estado do Ceará, mais especificamente nas vertentes da Serra de Baturité.

A ligação para Fortaleza faz-se através da estrada estadual CE-021, conforme mostra a Figura 2.1, a seguir.

O acesso ao eixo do barramento faz-se partindo da cidade de Itapiuna por uma estrada carroçável que liga a Canindé, pela margem direita do Rio Castro. Nesta estrada carroçável percorre-se cerca de 1,0 km e chega-se a ombreira direita do barramento.

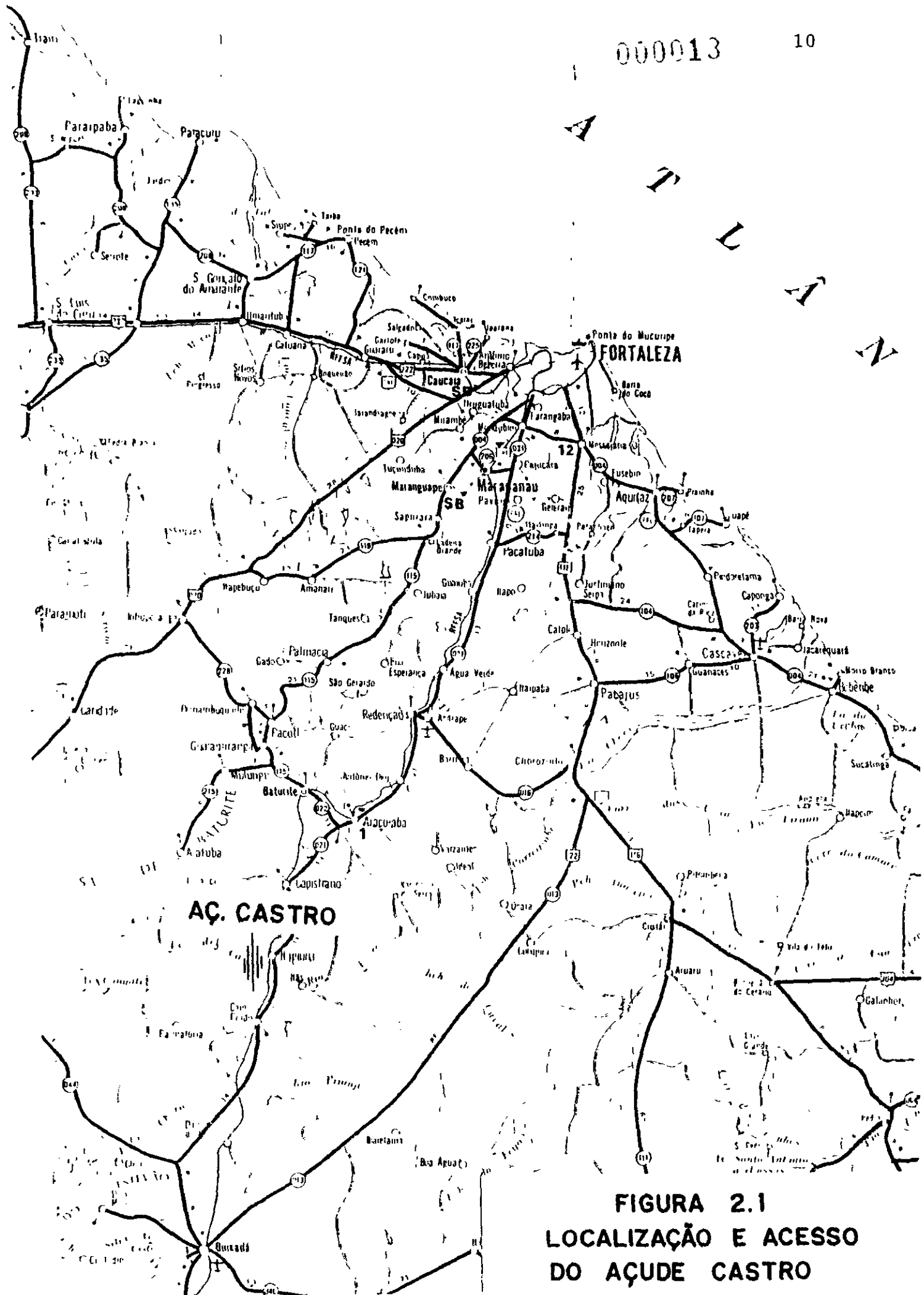


FIGURA 2.1
LOCALIZAÇÃO E ACESSO
DO AÇUDE CASTRO

3 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

3 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

A escolha das características finais do projeto das obras foi realizada tomando como base os estudos geotécnicos e topográficos, realizados pelo DNOCS, e os estudos geológicos, hidráulicos e hidrológicos efetuados pela Aguasolos.

3.1 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS

Na definição do Arranjo Geral das Obras foram considerados e analisados os condicionantes topográficos do local da obra, os condicionantes geológicos e geotécnicos da área de implantação das obras, e os geotecnológicos dos materiais de empréstimos, (jazidas e pedreiras), e hidrológicos da bacia em estudo.

O arranjo geral consta de dois maciços de terra, homogêneo, a barragem principal e a barragem auxiliar, de um sangradouro localizado na ombreira direita e de uma tomada d'água, do tipo galeria, localizada na ombreira esquerda.

A distribuição espacial das obras é mostrada no Desenho 03 - "Arranjo Geral das Obras", Tomo I - Volume III - Desenhos do Projeto.

3.2 - ESCOLHA DA SEÇÃO-TIPO

Na escolha da seção-tipo do maciço foram consideradas as características geológico-geotécnicas da fundação, as disponibilidades, características e distâncias de transportes dos materiais de empréstimos e as normas técnicas aplicáveis à segurança de um maciço de terra.

Um fator que influenciou marcadamente a escolha da seção tipo foi a determinação da cota do coroamento, função da necessidade de se armazenar um maior volume possível. Adotou-se

a cota do coroamento a partir de uma lâmina d'água que permita uma acumulação de 1,7 vezes a vazão afluyente anual calculada.

Esses fatores, analisados em conjunto, possibilitaram a definição dos parâmetros técnicos e econômicos que determinam o dimensionamento da seção.

A seção-tipo final consta de um maciço homogêneo com filtro horizontal e vertical, trincheira vedante executada com o mesmo material do maciço e dreno de pé a jusante no trecho central do leito do rio, como mostra o Desenho 04 - "Seção-Tipo do Maciço", - Tomo I - Volume III.

3.2.1 - Proteção do Talude

Projetou-se para o talude de montante uma proteção com material proveniente da pedreira, britado na forma de "bica-corrída". Essa proteção deverá ser executada entre a cota de coroamento (154,70m) e a cota 144,50 com uma espessura de 0,60m. O diâmetro representativo de 50% da pedra a ser utilizada no enrocamento deverá ser no mínimo de 0,30m e o diâmetro máximo dessa pedra de 0,50m. A característica fundamental deste material é a granulometria bem distribuída, isto é, sua ação "auto-filtrante".

No talude de montante, abaixo da cota 144,50, projetou-se uma camada de 0,40m de espessura de seixos rolados sobrejacente a uma camada de areia com 0,25m.

Para a proteção do talude de jusante indicou-se o plantio de vegetação nativa, tipo salsa ou macambira, além, de um sistema de canaletas e rápidos de descida.

3.2.2 - Trincheira de Vedação

A trincheira de vedação teve sua profundidade escolhida em função das sondagens geotécnicas apresentadas, buscando a superfície da rocha sã ou a camada de solo e/ou rocha alterada de permeabilidade igual ou inferior à do material do maciço. Na região do leito do rio a escavação deverá ser realizada em época seca com rebaixamento do lençol freático. Sugerimos que nessa região, onde a superfície da rocha gnáissica sã encontra-se entre 7 a 10m abaixo do terreno, durante as escavações sejam realizados ensaios de infiltração no horizonte de alteração de rocha, para se verificar a possibilidade de menor escavação.

3.2.3 - Dreno de Pé ("Rock-Fill")

Projetou-se um dreno de pé a jusante do maciço, cuja cota de coroamento será na 136,00. As dimensões do dreno de pé encontram-se detalhadas no Desenho 06, - Tomo I - Volume III.

Este dreno deverá ser construído com blocos de pedra com diâmetro máximo de 0,60m, sem mistura com finos ou impurezas.

Os cálculos relativos aos materiais para filtro e transição e análise da estabilidade dos taludes, são apresentados no Capítulo 12, deste Volume.

3.3 - SANGRADOURO

O sangradouro foi projetado de forma a possibilitar um fluxo igual a vazão prevista para um tempo de recorrência de 1000 anos, Cap. 5 do Volume II, conforme situado em uma sela topográfica na ombreira direita e consiste em um canal aberto na rocha, com 80,00m de largura, um verdedouro tipo Creager e uma bacia de dissipação.

000017

Os detalhes do canal de sangria e do vertedouro encontram-se no Desenho 08 - "Sangradouro: Arranjo Geral, Seções Longitudinais, Muro de Proteção e Detalhes do Creager", Tomo I - Volume III - Desenhos do Projeto.

3.4 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água foi projetada para possibilitar uma vazão capaz de atender a área máxima possível de se irrigar com o volume de acumulação previsto para o açude.

A tomada d'água foi locada na ombreira esquerda, numa cota tal que o volume morto representasse 5% do volume máximo de acumulação. Ela consiste basicamente em um duto de 800mm com controle a jusante através de uma válvula dispersora e uma bacia de dissipação de energia e a montante, uma comporta tipo stop-log de 1.200mm x 1.200mm.

Previu-se um canal de condução das águas, com um trecho protegido por enrocamento, da caixa de dissipação até o leito do rio, para evitar erosão junto ao pé jusante da barragem.

Maiores detalhes da tomada d'água são apresentados nos Desenhos 10 a 15 Tomo II - Volume III - Desenhos do Projeto.

4 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

4 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

O projeto final do Açude Público Castro foi concebido em função dos condicionamentos geológicos e geotécnicos e da disponibilidade e balanço de materiais, apresentando as seguintes características básicas:

4.1 - MACIÇO

As obras de terra compreendem 2 maciços, constando de uma barragem principal com altura máxima de 25,90m e 606,0m de extensão e de uma barragem auxiliar com 178,0m de extensão e 2,70m de altura.

4.1.1 - Barragem Principal

O maciço foi projetado na cota 154,70, sobre um eixo reto com 606,0m de extensão, locado de forma a se obter um melhor aproveitamento do boqueirão.

A seção tipo da barragem principal foi definida em função da geotecnia do eixo, que apresenta um pacote aluvionar mais solo de alteração com uma espessura máxima de 10,0m, na ombreira esquerda.

O maciço é de terra, homogêneo, com seção trapezoidal com 6,0m de largura no coroamento, na cota 154,70. A inclinação do talude de montante é de 2,5 : 1,0 (h:v) da cota 154,70 à cota 144,50, desta até o terreno natural o talude é de 3,0 : 1,0 (h:v).

A inclinação do talude de jusante é de 2,0 : 1,0 (h:v) da cota 154,70 à cota 144,50, onde há uma berma de 1,50m de

largura; de 2,5 : 1,0 (h:v) da cota 136,00 onde há uma segunda berma com 2,0m de largura e a partir desta até o terreno natural segue o talude 2,5 : 1,0 (h:v).

Ao longo de toda a extensão do maciço será escavada uma trincheira de vedação até atingir o substrato rochoso e/ou até a camada de solo de alteração.

A drenagem interna do maciço será constituída por um filtro vertical, tipo chaminé, com 1,0m de espessura e topo na cota 150,50, e por um filtro horizontal que encobre toda a superfície do terreno, a partir do filtro vertical, com 1,0m de espessura e que se estende até o pé do "rock-fill".

A proteção do talude de montante, contra chuva, erosão e movimentos das ondas será efetuada por um "rip-rap" com 0,60m de espessura de bica corrida, da cota do coroamento até à cota 144,50. Abaixo desta foi projetada uma camada de 0,40m de espessura de seixo rolado, sobrejacente a uma camada de areia com 0,25m de espessura.

Para proteção do talude de jusante indicou-se o plantio de vegetação nativa, tipo salsa ou macambira, além de um sistema de canaletas e rápido de descida, como mostra o Desenho 06 - "Barragem Principal - Detalhes da Drenagem", Tomo I - Volume III.

Os detalhes da seção-tipo do maciço, bem como as seções transversais do mesmo, são apresentados nos Desenhos 04 e 05/1 a 05/7, Barragem Principal Seções-Tipo do Maciço" e "Barragem Principal - Seções Transversais do Maciço", respectivamente, dos Desenhos do Projeto, Tomo I, Volume III.

4.1.2 - Barragem Auxiliar

A barragem auxiliar está localizada na ombreira direita do boqueirão, com o sangradouro incorporado a mesma, e apresenta uma extensão pelo coroamento de 178,0m e uma altura máxima de 2,70m.

A seção-tipo da barragem auxiliar tem a geometria trapezoidal com 3,0m de largura no coroamento, talude de montante de 2,5 : 1,0 (h:v) até o terreno natural e de jusante de 2,0:1,0 (h:v) até o terreno natural.

A seção-tipo do maciço, bem como as seções transversais e os muros de proteção são apresentados no Desenho 07 - "Barragem Auxiliar - Seções do Maciço e Muro de Proteção", Tomo I - Volume III, Desenhos do Projeto.

4.2 - SANGRADOURO

O sangradouro tem sua soleira, definida em função do potencial hídrico, na cota 151,50, que compreende um armazenamento de $63,9 \times 10^6 \text{ m}^3$.

O sangradouro está situado em uma sela topográfica na ombreira direita incorporado a barragem auxiliar e consiste em um canal aberto na rocha, com 80,00 m de largura, um vertedouro tipo Creager e uma bacia de dissipação.

Os detalhes do canal de sangria e do vertedouro tipo Creager são apresentados no Desenho 08, Tomo I - volume III.

4.3 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água foi projetada na estaca 8 + 18m, na ombreira esquerda, com a finalidade de conferir ao rio um fluxo regular e uma vazão suficiente ao abastecimento da cidade de

Itapiuna e a irrigação das manchas aluviais a jusante do barramento.

Levando-se em consideração as dimensões da obra, definiu-se a tomada d'água tipo galeria, com um conduto forçado com 800 mm de diâmetro e um comprimento de 98,0 m.

A montante da galeria foi projetada uma torre de concreto com 22,30 m de altura onde será instalado o equipamento hidromecânico de controle, composto de uma comporta tipo Stop-Log de 1,20m x 1,20 m. Na boca de entrada da galeria terá uma grade de ferro destinada à sua proteção.

A jusante da galeria será instalada uma válvula dispersora com 750 mm de diâmetro para controle das vazões.

A situação geral da tomada d'água, a arquitetura das obras e os detalhes das estrutura são montadas nos Desenhos 09 a 15, Tomo II do volume III, Desenho do Projeto.

5 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

5 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

Para a elaboração do Cronograma de Construção considerou-se para o início dos serviços o mês de julho, e o término, após um período de 10 meses, no final de março do ano seguinte.

Com a finalidade de obtenção de uma melhor eficiência dos trabalhos, estes deverão seguir uma sequência determinada. Programou-se por exemplo, execução dos trabalhos de concretagem em período chuvoso e os que envolvem movimento de terra para o período seco.

A figura 5.1 mostra o Cronograma dos Serviços, onde verifica-se os tempos disponíveis para cada uma das atividades principais.

FIGURA 5. 1
CRONOGRAMA DOS SERVIÇOS
AÇUDE CASTRO

SERVIÇOS	MESES	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
INSTALAÇÃO DO CANTEIRO E ALOJAMENTO											
MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS											
LIMPEZA DA ÁREA DO MACIÇO											
LIMPEZA DA ÁREA DO SANGRADOURO											
EXECUÇÃO DA TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO											
ESCAVAÇÃO DA TOMADA D AGUA											
LIMPEZA DAS JAZIDAS DE SOLO SC-CL											
CONCRETAGEM DA TOMADA D AGUA											
LIMPEZA DO SANGRADOURO											
ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO											
CONCRETAGEM DO CORDÃO DE FIXAÇÃO											
EXECUÇÃO DO MACIÇO CENTRAL											
EXECUÇÃO DA OMBREIRA ESQUERDA											
EXECUÇÃO DA OMBREIRA DIREITA											
EXPLORAÇÃO DA JAZIDA DE SOLO ARGILOSO											
ACABAMENTO DAS OBRAS											

6 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

6 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

O orçamento do Açude Público Castro é apresentado a seguir sob a forma de planilhas, contendo a discriminação dos serviços, quantitativos, preços unitários e preços globais de cada item de construção.

Os preços unitários utilizados tiveram como base a Tabela de Preços e Serviços da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), tendo como referência o mês de julho de 1993.

É apresentado a seguir o quadro resumo, com os valores das principais estruturas das obras, bem como seu valor global, e serão apresentadas, em seguida, as planilhas com os quantitativos, preços unitários e preços globais dos diversos itens de construção.

QUADRO RESUMO DOS PREÇOS

ITEM	SERVIÇOS	PREÇOS
01	Instalação e Mobilização	7.613.371.000,00
02	Barragem Principal e Auxiliar	122.850.938.332,80
03	Sangradouro	34.467.191.913,80
04	Tomada D'água	28.663.311.233,5
05	Supervisão	5.807.844.366,00
TOTAL		199.402.656.566,00

Julho/93

ORÇAMENTO				AÇUDE PÚBLICO CASTRO	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PREÇOS	
				UNITÁRIO (Cr\$)	TOTAL (Cr\$)
1	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO DO AÇUDE CASTRO (ITAPIUNA-CE)				
1 1	Instalação e manutenção do acampamento	vb	1,0	2 490 355 000,00	2 490 355 000,00
1 2	Mobilização	vb	1,0	2 490 355 000,00	2 490 355 000,00
1 3	Desmobilização	vb	1,0	2 490 355 000,00	2 490 355 000,00
1 4	Divulgação	vb	1,0	142 306 000 00	142 306 000,00
	TOTAL DO ITEM 1				7 613 371 000,00
2	TRABALHOS PREPARATÓRIOS				
2 1	Caminhos de serviços	Km	10,0	22 939 727,20	229 397 272,00
2 2	Desmatamento e destocamento tipo médio da área da barragem, sangradouro e empréstimo, compreendendo aranca, queima, enleiramento e requeima	ha	80,0	46 350 487,26	3 708 038 980,80
2 3	Expurgo nas áreas da barragem, sangradouro e empréstimos com bota-fora até 0,30 Km, medido no corte	m ³	80 000,0	108 152,56	8 652 204 800,00
2 4	Decapagem da pedreira em material de 1ª categoria com bota-fora até 0,30 Km	m ³	10 000,0	187 843,92	1 878 439 200,00
2 5	Remanejamento de uma rede de distribuição elétrica de 10 kVA, projeto e execução	Km	8,0	747 106 500,00	5 976 852 000,00
	TOTAL DO ITEM 2				20 444 932 252,80
3	BARRAGEM PRINCIPAL E AUXILIAR				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria da fundação com bota-fora de até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	17 850,0	96 768,08	1 727 310 228,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação com bota-fora de até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	10 503,0	148 709,77	1 561 898 714,31
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação com bota-fora de até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	10.450,0	640 377,00	6 691 939 650,00

Julho/93

ORÇAMENTO				AÇUDE PÚBLICO CASTRO	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PREÇOS	
				UNITÁRIO (Cr\$)	TOTAL (Cr\$)
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria da fundação com rebaixamento do lençol d'água e bota-fora de até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	8 300,0	227 689,60	1 889 823 680,00
3 5	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação com rebaixamento do lençol d'água e bota-fora de até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	5 300,0	297 419,54	1 576 323 562,00
3 6	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	394 643,0	96 056,55	37 890 754 882,65
3 7	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	3 000,0	640 377,00	1 921 131 000,00
3 8	Escavação, carga, transporte e descarga de areia até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	16 791,0	115.979,39	1 947 409 937,49
3 9	Transporte complementar de solo para o maciço da barragem, utilizando-se caminhão basculante	m ³ K	254 321,0	35 576,50	9 047 851 056,50
3 10	Transporte complementar de areia para o filtro da barragem, utilizando-se caminhão basculante	m ³ K	6 716,0	35 576,50	238 946 004,60
3 10	Transporte complementar de pedra para dreno de pé da barragem, utilizando-se caminhão basculante	m ³ K	10 988,0	46 960,98	516 007 248,24
3 11	Espalhamento, expurgo, umedecimento e compactação inclusive da fundação dos solos solucionados	m ³ K	445 120,0	42 691,80	19 002 974 016,00
3 12	Espalhamento, expurgo, umedecimento e compactação da areia	m ³	16 791,0	42 691,80	716 838.013,80
3 13	Fornecimento de brita para transição grossa (inclusive carga, transporte e descarga)	m ³	2 448,0	771 530,00	1 888 705 440,00
3 14	Espalhamento e compactação da transição grossa	m ³	2 488,0	35 576,50	87 091 272,00
3 15	Fornecimento e espalhamento de bica-corrida para "rip-rap" (inclusive carga, transporte até 0,30 Km, descarga e regularização)	m ³	8 979,0	782.683,00	7 037 710 657,00

Julho/93

ORÇAMENTO				AÇUDE PÚBLICO CASTRO	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PREÇOS	
				UNITÁRIO (Cr\$)	TOTAL (Cr\$)
3 16	Fornecimento e espalhamento de seixo rolado, para "rip-rap" (inclusive carga, transporte até 0,30 Km, lavagem e descarga	m ³	4 835,0	711 530,00	3 440 247 550,00
3 17	Regularização dos taludes	m ²	48 500,0	51 230,16	2 484 662 760,00
3 18	Canaleta e rápido de descida de concreto	m	90,0	1 778 825,00	160 094 250,00
3 19	Plantio de grama	m ²	21 500,0	54 787,81	1 177 937 915,00
3 20	Sondagem rotativa diâmetro BX	m	20,0	5 336 475,00	106 729 500,00
3 21	Sondagem a percussão com medida de SPT	m	50,0	1 351 907,00	67 595 350,00
3 22	Ensaio de perda d água (LUGEON)	un	5,0	1 778 825,00	8 894 125,00
3 23	Ensaio de infiltração (LE FRANC)	un	10,0	1 423 060,00	14 230 600,00
3 24	Injeção de cimento para impermeabilidade da rocha de fundação, incluindo fornecimento	kg	1,0	56 922,60	56 922,40
3 25	Revestimento de pedrisco ou cascalho para o coroamento, inclusive extração, medido no aterro, e = 0,30 m	m ³	1 127,0	1 067 295,00	1 202 841 465,00
	TOTAL DO ITEM 3				102 406 005 800,00
4	SANGRADOURO				
4 1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	1 072,0	96 768,00	103 735 296,00
4 2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	2 502,0	148 709,77	372 071 844,54
4 3	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	1 096,0	640 377,00	701 853 192,00
4 4	Concreto ciclopico (200 Kg de cimento/m ³), c/ até 12% de pedra de mão	m ³	1 282,0	4 822.038,81	6 181 853 754,42
4 5	Concreto armado (fck = 15 MPa), inclusive forma e ferragem	m ³	1 145,0	22 031 103,39	25 225 613 381,55
4.6	Junta Fungeband Tipo 0-22 - fornecimento e montagem	m	245,0	2 761.447,93	676 554 762,85
	TOTAL DO ITEM 4				33 261 682 211,30

Julho/93

ORÇAMENTO				AÇUDE PÚBLICO CASTRO	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PREÇOS	
				UNITÁRIO (Cr\$)	TOTAL (Cr\$)
5	MURO DE PROTEÇÃO À BARRAGEM AUX				
5 1	Concreto ciclópico (200 Kg de cimento/m ³), com 12% de pedra de mão	m ³	250,0	4 822 038,81	1 205 509 702,50
	TOTAL DO ITEM 5				1.205 509 702,50
6	TOMADA D'ÁGUA				
6 1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	560,0	96 768,08	54 190 124,80
6 2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	560,0	148 709,77	83 277 471,20
6 3	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria até 0,30 Km, utilizando-se caminhão basculante	m ³	749,0	640 377,00	497 642 373,00
6 4	Concreto armado c/ fck = 150kgf/cm ² para galeria, bacia de dissipação e torre de comando (com forma e ferragem)	m ³	320,0	22 031 103,39	7 049 953 084,80
6 5	Concreto ciclopico para regularização (200 kg de cimento/m ³) com até 30% de pedra de mão	m ³	150,0	3 557 650,00	533 647 500,00
6 6	Junta Fungeband Tipo 0-22 - fornecimento e montagem	m	30,0	2 761 447,93	82 843 437,90
6 7	Tubo de aço de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-36	m	104,0	30 464 868,48	3 168 346 321,92
6 8	Válvula dissipadora, diâmetro 750mm, com acionamento elétrico hidráulico (manual), blindagem de ancoragem e boca de visita	ud	1,0	10 361 038 728,49	10 361 038 728,49
6 9	Grade de proteção de 157,60cm x 150,20 cm, inclusive instalação	ud	1,0	85 383 600,00	85 383 600,00
6 10	Comporta quadrada para carga d'água de 18 m com as dimensões de 1 200 x 1 200 mm, inclusive haste de acionamento, pedestal, mancais e montagem	ud	1,0	6 403 770 000,00	6 403 770 000,00
6 11	Tubo de aço diâmetro de 150 mm para aeração da galeria	m	21,6	2 134 590,00	46 107 144,00

Julho/93

ORÇAMENTO				AÇUDE PÚBLICO CASTRO	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PREÇOS	
				UNITÁRIO (Cr\$)	TOTAL (Cr\$)
6 12	Tubo de aço com diâmetro de 250 mm, K-7 para a "By-Pass"	m	4,0	5 692 240,00	22 768 960,00
6 13	Registro para "By-Pass" de 250 mm	ud	1,0	75 182 394,39	75 182 394,39
6 14	Escada de Marinheiro de 50x20x20cm	kg	328,0	226 266,54	74 215 425,12
6 15	Mastique plasto-elástico IGAS p 74 para anéis da galeria	kg	200,0	624 723,34	124 944 668,00
	TOTAL DO ITEM 6				28 663 311 233,50
7	SUPERVISÃO E ACOMPANHAMENTO				
7 1	Supervisão e acompanhamento dos trabalhos de instalação da obra (3% do valor global)				5 807 844 366,00
	TOTAL GERAL				199 402 656 566,00

DÓLAR = Cr\$ 71 153,00

7 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

7 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DO AÇUDE PÚBLICO CASTRO

7.1 - GENERALIDADES

As presentes especificações descrevem, de um modo geral, os trabalhos necessários à execução das obras civis, visando orientar os proponentes para a elaboração de suas propostas, bem como, durante a construção, definir as qualidades e características exigidas para cada serviço, com instruções, recomendações e demais técnicas requeridas em cada caso.

As obras a que se referem as especificações compreendem todos os serviços necessários para a implantação de uma barragem de terra com vertedouro tipo Creager, no Rio Castro, município de Itapiuna (CE).

7.1.1 - Objetivo

A execução das obras seguirá, em todos os pormenores, os desenhos e textos explicativos de projetos constantes dos volumes anexos, bem como as presentes especificações.

As quantidades de trabalhos previstas, constantes dos volumes de projetos, poderão ter variações de ordem de grandeza dos trabalhos a executar e, em hipótese alguma, quaisquer diferenças entre elas e as reais poderão ser argüidas para fins de reajustamento dos preços unitários ou para prorrogação dos prazos previstos no cronograma.

A SRH se reserva o direito de revisar e complementar o projeto e as normas técnicas, sem que tais revisões, entretanto, introduzam alterações sensíveis quanto à natureza dos serviços durante a construção. Tais revisões serão apresentadas em desenhos e instruções escritas e não poderão servir como

justificativa de acréscimo nos preços unitários ou de atrasos no cronograma.

O empreiteiro poderá, justificando detalhadamente por escrito, propor alterações de pormenores construtivos que entender convenientes, só podendo as mesmas serem executadas depois da aprovação escrita da SRH. A demora na aprovação ou não aprovação da alteração da proposta, por parte da SRH, não poderão servir de justificativa a atrasos no cumprimento dos prazos estabelecidos ou a outra qualquer reivindicação.

O empreiteiro se obriga a executar quaisquer trabalhos de construção que não estejam detalhados, direta ou indiretamente, nas especificações ou nos desenhos de projeto, mas que sejam necessários à realização das obras em apreço, de modo tão completo como se estivesse particularmente delineado e descrito.

7.1.2 - Fiscalização

A SRH manterá Fiscalização permanente sobre todos os trabalhos para assegurar o cumprimento do projeto e das especificações durante a construção. Essa fiscalização será exercida por equipe especializada, dirigida por engenheiros inteirados das premissas do projeto base e dos dimensionamentos respectivos que terão a seu cargo decisões sobre certos pormenores de grande importância para o bom comportamento da obra. Tais decisões serão apoiadas na observação local, completada, sempre que necessário, por investigações específicas de campo e laboratório e, sobretudo, na compreensão global do projeto e das funções de cada um dos elementos do projeto.

São funções da Fiscalização:

- 1) Zelar pela fiel execução dos projetos com pleno atendimento às especificações respectivas, explícitas ou implícitas.
- 2) Controlar a qualidade dos materiais utilizados e dos serviços executados, rejeitando aqueles por ela julgados não satisfatórios.
- 3) Assistir ao Empreiteiro na escolha dos métodos executivos mais adequados.
- 4) Exigir do Empreiteiro a modificação de técnica de execução inadequada, a critério da Fiscalização, e a recomposição dos serviços não satisfatórios.
- 5) Revisar, eventualmente, os projetos e normas técnicas, adaptando-se a situações específicas de local e momento.
- 6) Executar todos os ensaios necessários ao controle da construção da obra e interpretá-los devidamente.

Os agentes da Fiscalização da SRH terão poderes suficientes para impedir ou mandar suspender os trabalhos desde que eles não estejam sendo realizados de acordo com esta Especificação. A empreiteira poderá contestar por escrito, se assim o entender, do impedimento ou suspensão dos trabalhos mas, até que o assunto seja resolvido pelo delegado mais categorizado da SRH junto das obras, a Empreiteira acatará a decisão do agente da Fiscalização. Em qualquer caso a constestação não poderá ser utilizada como motivo para justificação de atrasos ou para qualquer outra reivindicação.

Qualquer omissão ou falta por parte da Fiscalização em reprovar ou rejeitar qualquer trabalho ou material que não satisfaça às condições das Especificações, e reconstruir ou substituir o mesmo sem o direito a qualquer pagamento extra.

7.1.3 - Implantação das obras

O Empreiteiro não dará início a qualquer serviço sem que sua implantação tenha sido verificada pela Fiscalização mas tal verificação não exime o Empreiteiro da responsabilidade da exata execução dos trabalhos.

As atividades e prazos executados são os previstos no projeto e nas presentes especificações.

O Empreiteiro poderá propor alteração no programa de construção, e nos prazos parciais do cronograma. Tais alterações só poderão ser levadas a efeito quando aprovadas pela Fiscalização. A aprovação por parte da Fiscalização, entretanto, não exime o empreiteiro da responsabilidade por atrasos nos prazos finais ou em prazos parciais não alterados nem lhe dá direito a qualquer outra reivindicação. Também a falta de aprovação da alteração proposta não servirá ao Empreiteiro como justificativa de atrasos nos prazos ou a outra qualquer reivindicação. Não serão considerados como justificativas para atrasos nos prazos:

- 1) As chuvas ou a seca e suas conseqüências, ainda que com incidência maior que o normal.
- 2) Discrepâncias entre as umidades dos solos nos empréstimos encontrados por ocasião de seu aproveitamento e as determinadas quando da execução das sondagens.

000038

3) Discrepância entre as quantidades previstas em projeto e as realmente encontradas.

4) Quaisquer outras ocorrências, salvo as que, a critério da SRH, sejam de força maior ou de responsabilidade da SRH.

7.1.4 - Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

Logo após o recebimento da "Ordem de Serviço" a FISCALIZAÇÃO liberará as áreas destinadas a implantação do Canteiro de Obras, em seu estado natural, devendo proceder a limpeza, destocamento e queima de resíduos.

O EMPREITEIRO, de acordo com as suas necessidades, procederá a elaboração do projeto, no qual deverá estar incluída uma residência de alvenaria de 100 m² para a fiscalização da SRH, que será submetido a aprovação da FISCALIZAÇÃO. Posteriormente a aprovação serão iniciados os trabalhos de construção do Canteiro propriamente dito, seguida da mobilização de todo o equipamento, materiais, ferramentas e mão-de-obra necessários a execução das obras.

O EMPREITEIRO, ao término das obras, deverá efetuar sua desmobilização de modo completo, deixando as áreas que lhe foram confiadas, limpas, regularizadas e em bom estado.

Neste item inclui-se o remanejamento de uma rede de alta tensão que deverá ter o projeto e a construção aprovados pela COELCE.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DE TERRA

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas que, juntamente

com os Desenhos de Projeto e Instruções Complementares de Campo da Projetista e da Fiscalização, deverão ser obedecidas durante a construção das Obras.

7.1.5 - Desmatamento e limpeza

7.1.5.1 - Generalidades

Estas especificações abrangem o fornecimento de toda a mão-de-obra, equipamento e materiais necessários para executar as operações de desmatar, destocar e limpar as áreas mencionadas no item seguinte, removendo e despejando, como adiante se especifica, todos os objetos que, por sua natureza, impeçam ou prejudiquem, a juízo da Fiscalização, o desempenho normal das tarefas de construção.

7.1.5.2 - Trabalhos a executar

A área de construção e as áreas dos bancos de empréstimo e faixa de estrada de serviço a juízo da Fiscalização, deverão ser desmatadas e limpas.

O desmatamento consistirá no corte , desenraizamento e/ou remoção de todas as árvores, arbustos, bem como troncos e quaisquer outros resíduos vegetais que seja preciso retirar para poder efetuar corretamente a raspagem, e a construção das obras objeto do contrato. A limpeza consistirá na remoção dos materiais produzidos pelo desmatamento assim como dos postes, pedra, arames e quaisquer outro objeto que se encontre nas áreas desmatadas e que impeça o desenvolvimento normal das tarefas de construção e ponham em perigo a estabilidade das obras ou o trânsitos sobre elas.

Consideram-se também como parte das operações descritas a demolição de edificações menores localizadas dentro das áreas desmatadas, e a retirada e o bota-fora dos materiais.

7.1.5.3 - Construção

As operações de desmatamento e limpeza poderão ser efetuadas, indistintamente, a mão ou mediante o emprego de equipamentos mecânicos, todavia, estas operações deverão efetuar-se, invariavelmente, antes dos trabalhos de construção, com a necessária antecedência para não retardar o desenvolvimento normal destes.

As áreas que devem ser desmatadas e limpas serão delimitadas pelo empreiteiro, de acordo com os desenhos do Projeto e/ou a critério da Fiscalização.

Nas áreas em que, após a limpeza e/ou a escavação, se note que a operação de desenraizamento produziu excesso de escavação, será indispensável, para a aprovação da mencionada operação, que o Empreiteiro reaterre os vazios de tal modo que a densidade do reaterro resulte aproximadamente igual a do terreno natural adjacente.

7.1.5.4 - Bota-fora de materiais

Todos os materiais provenientes do desmatamento e limpeza das áreas deverão ser colocados fora delas, se isto não for possível, o Empreiteiro os levará a locais escolhidos pela Fiscalização de maneira tal que não interfiram nos trabalhos de construção a serem executados posteriormente.

Das operações de desmatamento e limpeza de áreas, as partes das árvores e arbustos aproveitáveis que se resultem deverão ser colocados nos locais indicados pela Fiscalização e

serão propriedade do Contratante; o Empreiteiro não poderá utilizar tais materiais sem prévio consentimento da Fiscalização.

Outras partes das árvores, arbustos e demais materiais combustíveis deverão ser, a critério da Fiscalização, empilhados nas áreas aprovadas, e serão queimados oportunamente, tomadas as precauções necessárias para evitar a propagação do fogo às vizinhanças.

Os danos e prejuízos à propriedade alheia, produzidos por operações inadequadas na execução do desmatamento e limpeza, ou por errado bota-fora dos materiais, serão de responsabilidade do Empreiteiro.

7.1.6 - Escavações

7.1.6.1 - Generalidades

As presentes especificações técnicas tem como objetivo básico apresentar critérios e fixar parâmetros para a execução das escavações para estruturas, canais, áreas de empréstimos, ou qualquer tipo de escavação para obras definitivas ou provisórias.

As escavações serão efetuadas segundo indicação dos desenhos, tomando-se todas as precauções para manutenção dos terrenos abaixo e acima dos perfis, nas melhores e mais estáveis condições possíveis.

Ao término dos trabalhos, as superfícies escavadas das áreas expostas à vista deverão apresentar uma boa aparência, com taludes estáveis e convenientemente drenados, de modo a evitar os efeitos de erosão.

7.1.6.2 - Classificação

De acordo com a natureza, as escavações serão divididas nas seguintes classes:

- a) Escavação em rochas (3ª categoria) - As escavações de trechos contendo rocha sã, fraturada e decomposta ou simplesmente matacões isolados, serão executadas inicialmente a frio, isto é, utilizando-se martelletes rompedores, perfuratrizes ou outros equipamentos adequados. Nos desmontes de pedra com volume superior a um metro cúbico serão utilizados explosivos, devendo o Empreiteiro tomar rigorosas medidas de proteção tanto no armazenamento dos mesmos como na execução dos serviços, para evitar danos a pessoas e propriedades vizinhas.
- b) Escavações em terra (1ª a 2ª categoria) - As escavações em terra serão aquelas executadas em solos lateríticos, materiais soltos e fragmentos de rochas com volume inferior a um metro cúbico, que serão escavados à mão ou mecanicamente. Deverão ser tomadas medidas de segurança, para evitar desmoronamento e escorregamento de taludes.
- c) Escavações em presença de água - Nas escavações em presença de água faz-se necessário tomar medidas especiais, tais como: esgotamento da água e proteção de superfícies e taludes, retirada do material e acabamento adequado das superfícies expostas. Além disso, deverão ser tomadas providências para a construção de escoramentos sólidos, de modo a evitar desmoronamento para o interior das escavações, assim como eventuais danos a construção ou quaisquer benfeitorias existentes.

7.1.6.3 - Escavação do Canal Sangradouro

As escavações do canal de sangria deverão ser criteriosamente executadas, obedecendo os taludes, "grades" e limites de escavações indicadas nos desenhos de Projeto, ao longo de traçado, cuja locação foi efetuada pela topografia.

De acordo com a classificação objeto do item anterior, a escavação do sangradouro será do tipo "Escavação em Terra" sem presença de água e "Escavação em Rocha".

Os materiais de escavação que serão utilizados no maciço serão depositados em local próprio ou no local do aterro em camadas pronto para cada compactação. Os materiais que não tiverem sua utilização aprovada para execução dos aterros, serão transportados para a área de bota-fora mais próxima.

7.1.6.4 - Escavação e preparo das fundações

Todas as escavações deverão ser levadas até as linhas, declividades e taludes mostrados nos Desenhos de Projetos ou indicados pela Fiscalização, e acompanhados por um técnico da Projetista.

Essas profundidades foram fixadas com base na interpretação dos resultados das investigações de superfície, que poderão ser alteradas durante a construção, objetivando que sejam alcançadas as condições previstas nas especificações.

os limites das escavações poderão ser alterados pela projetista e Fiscalização em função das condições locais, caso a rocha e/ou outros materiais, apresentem características diferentes dos previstos na consideração do projeto e nos desenhos.

7.1.6.4.1 - Fundações das Ombreiras

As escavações deverão compreender a remoção dos solos homogêneos, bem como as matações soltos ou parcialmente enterrados, areias e siltes inconsolidados e camadas de solos compressíveis. O material removido deverá ser depositado em bota-foras ou depósitos, como determinado pela Fiscalização.

Após remoção dos materiais indesejáveis, será regularizado e compactado o terreno, nas regiões entre os blocos ou onde ocorrem solos, antes de receber a primeira camada de material do maciço.

Na região central do maciço, deverá ser assegurada uma perfeita ligação entre a fundação e o aterro, sem planos preferenciais de percolação, através da abertura de uma trincheira de vedação ("cut-off"), até atingir rocha sã ou a rocha alterada (desde que esta última tenha indicado baixa permeabilidade nos ensaios Le Frank realizados na época da implantação das obras).

No trecho de contato do solo da trincheira com a rocha, a mesma deverá ser limpa com jato de ar e/ou água.

As reentrâncias e/ou saliências da rocha de fundação deverão ser aparadas, ou então, o espaço sob as mesmas, preenchido com concreto ou argamassa, de modo que nenhuma superfície de fundação tenha uma declividade maior do que 0,75 horizontal para 1,00 vertical. Mediante aprovação da Fiscalização, os recessos poderão ser enchidos com concreto dental. Se, num plano próximo da vertical, forem encontradas falhas ou camadas de material decomposto ou de qualquer forma inaceitável como fundação, estas deverão ser escavadas a uma profundidade de, pelo menos, um (1) metro e reenchidas com concreto dental, ou como determinar a Fiscalização. Em nenhum

caso essa escavação deverá se estender a uma profundidade superior ao dobro da largura da falha ou camada escavada.

Após o tratamento localizado das irregularidades da rocha de fundação, toda a superfície que ficará em contato com o solo da trincheira deverá ser recoberta por uma camada de concreto de regularização com uma espessura de 5 a 7cm, e em tempo hábil, para que se verifique a pega antes da rega e lançamento da primeira camada do aterro.

7.1.6.4.2 - Fundação do leito do rio

A escavação na região do depósito aluvionar arenoso do leito principal do rio, compreenderá apenas a escavação de uma trincheira de vedação para permitir uma perfeita ligação do aterro com a rocha de fundação, sendo que o restante será apenas regularizado e retirado qualquer material compressível que possa ocorrer na área.

De acordo com a classificação do item 7.1.6.2 a escavação no leito do rio será do tipo "escavação em terra" e "escavação em presença d'água".

Todas as fundações deverão ser submetidas à Fiscalização para liberação, antes do lançamento de qualquer camada de aterro ou transição.

7.1.6.4.3 - Trincheira de vedação

A escavação de trincheira de vedação poderá exigir o rebaixamento do lençol freático até a base das mesmas, para possibilitar a execução do maciço compactado, conforme detalhado nos desenhos do projeto.

7.1.6.4.4 - Desmoronamento

A Executante deverá tomar todas as providências para evitar a ocorrência de desmoronamento. Caso estes ocorram, a reparação dos danos e a retirada do material resultante serão feitas pela Executante a às suas expensas.

7.1.6.4.5 - Utilização e rejeição do material escavado

Todo material retirado das escavações com possibilidades de aproveitamento, deverá ser usado na construção da barragem. O material deverá ser separado por cargas de caminhão durante as operações de escavação, e será lançado nos locais definitivos sem estocagem intermediária, a não ser quando expressamente determinado pela Fiscalização. O material não aproveitável deverá ser depositado em bota-foras que serão formados em áreas aprovadas pela Fiscalização. Esses bota-foras deverão, uma vez completados, ser estáveis e apresentar taludes uniformes e regulares.

Todos os materiais oriundos das escavações que se destinam ao maciço da barragem, deverão ter seu aproveitamento direto das escavações para o maciço, necessitando, portanto, de uma programação conjunta dos trabalhos de escavação e construção do maciço.

7.1.7 - Execução do maciço de terra e enrocamento

Antes de se iniciar a construção do maciço de terra, deverão estar concluídos todos os serviços relativos à escavação, preparo e tratamento das fundações em solo e rocha.

O maciço da barragem será construído de acordo com os desenhos de projeto, a presente especificação de instruções complementares de campo emitida pela Projetista e orientação da Fiscalização.

7.1.7.1 - Materiais para o maciço

Na construção do maciço da barragem serão empregados os materiais areno-argilosos e argilo-arenosos das jazidas, os materiais arenosos aluvionares do leito do rio Castro. Já os materiais rochosos serão obtidos a partir das escavações em rochas na pedreira próxima e no sangradouro. Serão empregadas também as ocorrências de seixo rolado que constituem a superfície do terreno nas vizinhanças do eixo.

7.1.7.1.1 - Solos Areno-Argilosos e Argilo-Arenosos

Para a construção do corpo do maciço está previsto a utilização do solo residual de composição areno-argilosa (Classificado como SC pelo USBR) e fração mais argilosa da jazida (Solo CL).

As características geotécnicas desta área, sua localização e seu volume disponível são apresentados no desenho de projeto.

Imediatamente antes da exploração destas áreas de empréstimo, deverão ser realizados estudos, visando a caracterização e seleção dos materiais a serem lançados no maciço.

7.1.7.1.2 - Transição Fina (areia)

Para a construção do dreno chaminé situado a jusante do eixo e o dreno tapete sob a porção jusante do barramento, será utilizado a areia existente no leito principal do rio Castro.

7.1.7.1.3 - Transições

Para a construção das zonas de transições, está prevista a utilização de material pétreo britado e/ou de seixo

rolado, abundante na região, com granulometria aprovada pela Fiscalização.

7.1.7.2 - Construção do Maciço

O processo de construção consiste em depositar os materiais nos locais convenientes, segundo suas características e indicações do projeto, lançá-los e espalhá-los com espessuras pré-determinadas, corrigir a umidade, quando necessário, e fazer a compactação obedecendo a especificação ou instruções de campo.

7.1.7.2.1 - Zona Central do Maciço

A zona central da seção do maciço deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade que permitem ao mesmo a plenitude de suas funções. Estas características deverão ser obtidas através de controle da variação de umidade e grau de compactação.

7.1.7.2.1.1 - Lançamento e espalhamento

O lançamento e espalhamento de solo serão sempre em camadas horizontais e dispostas em faixas paralelas ao eixo da barragem.

O trajeto do equipamento de transporte do material, quando passar sobre o maciço, deverá ser mudado freqüentemente, a fim de evitar um excesso prejudicial de compactação.

Este trajeto deverá ser sempre paralelo ao eixo da barragem a fim de que, no caso de produzir uma estratificação nesta direção, seja menor o perigo de infiltração.

Deve ser prevista a drenagem natural do maciço impermeável, a fim de evitar que as águas da chuva elevem a umidade além dos limites prescritos.

Quando esta drenagem for insuficiente, os trabalhos serão interrompidos a fim de permitir a evaporação. Quando uma forte chuva for prevista, deverá ser passado, sobre o maciço, um rolo liso de pneus, a fim de aumentar a estanqueidade superficial. A superfície do aterro será inclinada para montante de 4%, ou menos, quando o trabalho estiver sujeito a interrupções em virtude de chuvas fortes. Serão necessários cuidados especiais a fim de que seja assegurado um espalhamento uniforme entre as diversas camadas lançadas. Uma vez dipostos os solos em camadas uniformes, a umidade deverá ser medida e corrigida.

7.1.7.2.1.2 - Espessuras das camadas, número de passagem do rolo, umidade e grau de compactação

A espessura máxima das camadas, bem como o número de passadas do equipamento de compactação, no maciço impermeável, será determinada, conforme os equipamentos a serem empregados em função dos resultados obtidos no início dos trabalhos.

Inicialmente será adotada a espessura de material solto de 25 cm, que será lançada com controle lateral de espessuras por intermédio de cruzetas. Estas deverão ser consideradas como controle orientativo e preliminar da espessura das camadas, a serem confirmadas pelos ensaios de controle.

O controle efetivo deverá ser realizado pelo Executivo por meio de nivelamentos de vários pontos da praça, a cada dez camadas sucessivas.

O número de passadas, para os diversos equipamentos, é definido no item 7.1.7.2.1.4 desta especificação.

O teor de umidade situar-se-á ao redor da ótima do Proctor Normal, com uma faixa de tolerância de 1,5% abaixo até 1,0% acima da ótima. Os materiais que se encontrarem na barragem

com umidade fora destes limites serão submetidos a rega ou secamento antes da compactação.

O grau de compactação deverá ser no mínimo de 95%, ficando a média em torno de 98%, quando não atingido o valor mínimo a camada deverá ser recompactada. O número de camadas rejeitadas, retrabalhadas e recompactadas não deverá exceder a 5%, considerado o intervalo de 30 ensaios de controle.

7.1.7.2.1.3 - Ligação entre as camadas

Para assegurar uma boa ligação entre as camadas do maciço é necessário que os materiais em contacto estejam nas mesmas condições de umidade, e que seja escarificada a superfície da camada compactada antes da colocação de nova camada. As rugosidades deixadas pelos rolos de compactação que penetra uns 3cm na camada compactada são suficientes. Entretanto, grande parte destas rugosidades são, muitas vezes, suprimidas pelas passagens dos equipamentos de transporte, devendo, então, as trilhas deixadas por estes equipamentos serem revolvidas por uma grade de disco até uma profundidade de três a oito centímetros ou escarificadas.

7.1.7.2.1.4 - Equipamento de Compactação

A compactação pode ser feita por meio de sapos, rolo pé-de-carneiro, rolos vibratórios ou rolos de impacto (Tamping).

O sapo mecânico ou pneumático será usado nos locais inacessíveis a outros tipos de compactadores.

A fixação do número de passadas dos equipamentos será feita na fase inicial da compactação do aterro, com fundamento nos primeiros resultados obtidos.

Como sugestão inicial recomenda-se 10 passadas com o rolo pé-de-carneiro e 8 passadas para os rolos vibratórios.

Quando indicado o rolo pé-de-carneiro, o pé desse rolo deve penetrar pelo menos até $3/4$ da espessura da camada fofa por ocasião da primeira passagem do rolo, a fim de assegurar a compactação da parte inferior da camada e permitir boa aderência com a camada subjacente.

A velocidade de deslocamento do rolo compactador não deve exceder a 5Km/h para o rolo pé-de-carneiro e 15 a 20Km/h para os rolos de impacto.

7.1.7.2.1.5 - Região Central do Maciço

O material para a região central da seção da barragem deverá ser obtido da área de empréstimo indicada no desenho de projeto para uso no corpo do maciço e devidamente compactado de acordo com as especificações vigentes, porém com umidade igual ou ligeiramente inferior à umidade ótima.

A umidade será corrigida antes da compactação. O acréscimo de água, quando necessário, poderá ser feito por meio de carros pipas aspersores ou mangueiras. Em seguida a esta operação, se necessário, a camada de terra será destorroada e pulverizada por meio de grade de discos que, simultaneamente, uniformizará a umidade.

A critério da Fiscalização, sempre que for mais econômico, deve-se corrigir o teor de umidade desejado no próprio empréstimo, irrigando a superfície quando o material não absorver água rápida e uniformemente; será prático molhar a face do terreno à medida que se for fazendo a escavação.

Neste caso a correção da umidade no local da construção se limitará as perdas por evaporação.

Na hipótese de o material no empréstimo ter teor de umidade mais elevado do que o apropriado para utilização na obra, a Executante procederá a aeração e secagem na área de empréstimo através de drenagens, escarificações e/ou revolvimento por meio de grades de discos.

Os valores das umidades ótimas, densidades secas máximas e características granulométricas são apresentados no desenho de projeto.

7.1.7.2.1.6 - Material de Filtro

As zonas de filtro deverão ter o coeficiente de permeabilidade bastante mais alto do que o do maciço impermeável da barragem, a fim de que a linha freática sofra uma queda apreciável ao passar da zona impermeável para a zona permeável.

A compactação desse material será realizada em camadas não superiores a 50 cm, com saturação completa e com emprego de equipamentos vibratórios.

Especificamente o material de filtro deverá ser composto por areias bem lavadas com granulometria contínua. A compactação relativa mínima a obter em ensaios de controle para este tipo de material será de 65%.

As características granulométricas são apresentadas no desenho de projeto, mas deverão ser sistematicamente aferidas durante a construção.

7.1.7.2.1.7 - Zona de Transição

A zona de transição deverá ser composta por uma faixa granulométrica previamente definida, e constituída de fragmentos de rocha sem alteração com elevada resistência a abrasão e a decomposição química e/ou seixo isento de impurezas (lavado).

A compactação desses materiais será realizada em camadas não superiores a 50cm, com emprego de equipamentos vibratórios.

Tanto o material britado como o seixo devem apresentar uma granulometria tal que o mesmo funcione como dreno e filtro dos materiais vizinhos. Essa distribuição granulométrica deverá ser aprovada pela Fiscalização.

7.1.7.2.1.8 - Proteção de Montante

Para a execução da Proteção de Montante ("rip-rap") deverá ser utilizado material de alta resistência a abrasão e a decomposição, proveniente da escavação dos afloramentos da pedra, sob a forma de "Bica-Corrida". Esse material deverá possuir granulometria contínua, que assegure a livre drenagem, não possuindo material fino além do necessário para preenchimento dos vazios maiores.

Na porção mais baixa do talude deverá ser utilizado o material composto de seixos rolados, com granulometria contínua e sem agregações. Esse material será colocado acima de uma camada drenante constituída de areia.

O lançamentos destes materiais será sempre efetuado sobre o talude ou nas bordas da camada que está sendo lançada.

O diâmetro médio e máximo das pedras está especificado no Projeto.

7.1.7.2.1.9 - Dreno de Pé

Para o dreno de pé a jusante da barragem será utilizado o material proviente da exploração da pedra.

000054

7.1.8 - Controle Tecnológico

O controle de qualidade deverá ser feito por pessoal da Fiscalização, através de acompanhamento e inspeção visual e táctil permanente das diversas operações de escavação, lançamento, espalhamento, homogeneização e compactação. Este acompanhamento de campo será complementado com realização de Poços de Inspeção e Ensaio Geotécnicos de Controle, objetivando um registro do acompanhamento técnico.

Os métodos a serem empregados no controle tecnológico da obra são:

- Para o maciço terroso o controle tecnológico será realizado através de ensaio Hilf-Proctor, com uma freqüência de ensaio a cada 300m³ de aterro compactado, ou no mínimo 2 ensaios por camada. Estes dados deverão ser tratados estatisticamente a cada 30 ensaios, onde será analisado o comportamento do grau de compactação e do desvio de umidade;
- Para o material do filtro o controle será realizado através da determinação da compacidade relativa;
- Para os materiais de transição, proteção de talude montante e dreno de pé o controle será realizado através dos métodos construtivos e do número de passadas do equipamento de compactação. O controle táctil-visual, a ser executado pela Fiscalização visando a liberação das camadas compactadas, deverá sempre atentar para:
 - O controle da homogeneização e o acerto da umidade da camada a ser compactada aceitando como inexorável um certo gradiente de umidade entre topo e base de camadas eventualmente regadas.

- A deformação sofrida pela camada durante a passagem do equipamento de compactação, visando detectar entumescimento excessivo, desenvolvimento de trincamentos, ou outras anomalias de compactação.
- O número de passadas e a cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento de compactação.
- A observação sistemática da homogeneização do aterro, da ligação entre camadas e do envolvimento dos cascalhos por finos compactados, por meio de poços com aproximadamente 1,0m de profundidade.

A análise dos resultados obtidos fornecerá subsídios para eventuais determinações de novas rotinas de trabalho em substituição à presente especificação.

A Fiscalização deverá manter no canteiro da obra um laboratório equipado que permita a realização de ensaios de Caracterização Completa, Limites de Atterberg, Hilf-Proctor, Proctor Normal, Permeabilidade e Densidade Relativa.

7.2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DE CONCRETO

7.2.1 - Objetivos

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas, que juntamente com os Desenhos de Projeto e Instruções Complementares de Campo da Fiscalização e da Projetista, deverão ser obedecidas na execução de todos os trabalhos relativos às estruturas de concreto simples e armado.

7.2.2 - Escavação e preparo das fundações

As escavações das áreas das fundações das estruturas de concreto, deverão seguir as indicações das linhas, declividades e taludes mostrados nos desenhos de projeto ou indicado pela Fiscalização.

Na escavação a fogo que se fizer necessária será de total responsabilidade da Executante o correto manuseio dos explosivos e a execução dos trabalhos de escavação.

Durante as escavações, à medida que se aproximar dos limites finais, os métodos de fogo serão gradualmente modificados de modo a se preservar a integridade da superfície final, em função de sua utilização posterior. As últimas explosões não devem causar trincas ou quaisquer outras alterações às superfícies finais, o que poderá torná-las impróprias para a utilização prevista.

Após as escavações dos limites e nas cotas dos desenhos de projeto, ou a indicada pela Fiscalização, as superfícies devem ser limpas com jato de ar, para a remoção da poeira, da lama dos fragmentos de rocha, etc., para a Fiscalização examinar se são aceitáveis como fundações para as estruturas permanentes.

Caso a fundação nos níveis indicados nos desenhos de projetos não seja considerada satisfatória pela Fiscalização, a Executante deverá aprofundar as escavações até novos níveis e limpar a superfície para inspeção. Este procedimento deverá ser repetido até que seja atingida uma fundação satisfatória.

A superfície final da fundação deverá ser regularizada com o preenchimento das irregularidades por concreto, e o mesmo deverá ter características semelhantes ao do concreto da estrutura que aí será assentada.

As áreas de fundação das estruturas deverão ser lavadas e limpas por meio de jato de água e/ou ar, e a Executante deverá evitar a ocorrência de água estagnada nas áreas de fundações.

7.2.3 - Liberação da fundação

Todas as superfícies finais de escavação, após a limpeza e o preparo das mesmas, deverão ser vistoriadas e liberadas para lançamento pela projetista e Fiscalização.

7.2.3.1 - Normas para concretagem

Serão obedecidas as Normas Brasileiras para execução do concreto e escolha dos materiais necessários tais como brita, areia, cimento, água e aditivos.

A composição do concreto será obtida por qualquer método de dosagem racional, sendo de responsabilidade da Executante.

A Executante manterá no canteiro da obra um laboratório equipado para ensaios dos corpos de prova retirados durante as concretagens.

Os corpos de prova de concreto serão moldados em cilindros de 15 x 30cm de acordo com as prescrições das N.B.

Serão utilizados na obra três tipos de concreto:

- Concreto tipo A para as estruturas de concreto armado da tomada d'água.

Este concreto terá um teor de cimento mínimo de 300 kg/m³ e fator água-cimento não superior a 0,60, de modo a satisfazer a resistência à rutura de 150 kg/cm². A resistência à rutura dos corpos de prova aos 28 dias, será função do tipo de controle utilizado durante a concretagem;

000058

- Concreto tipo B para as camadas de regularização do terreno. Este concreto terá um teor de cimento de 160 kg/m³ e fator água-cimento em torno de 0,80;
- Concreto tipo C. Concreto massa para o cordão de fixação de modo a satisfazer a resistência à rutura de 120 kg/cm² e a esse concreto poderá ser acrescido até 12% de pedra de mão.

Na dosagem de água de amassamento será levada em consideração à umidade dos agregados inertes, principalmente da areia que será determinada pelo aparelho "speedy moisture tester" ou por outros procesos expeditos usuais.

Sempre que for necessário, a Fiscalização poderá exigir o emprego de mais de uma qualidade de areia.

Quando houver mudança da qualidade dos agregados, determinar-se-á, novamente, a composição do traço mais adequado para conseguir-se um concreto com as qualidades exigidas pelo projeto.

Quando for necessário, o agregado graúdo deverá ser regado, repetidamente, pelo menos 24 horas antes de sua aplicação, de maneira a manter a sua superfície úmida.

7.2.3.2 - Ensaio Tecnológicos

Deverá ser feita uma série de 3 corpos de prova para cada 50m³ de concreto tipo A e de 1 corpo de prova para cada 15m³ de concreto tipo C. Os corpos de prova serão confeccionados e terão sua cura de acordo com o MB-2 e MB-3 da ABNT e segundo as normas a seguir.

O resultado dos ensaios será a média das resistências dos 3 cilindros a menos que um deles mostre sinais evidentes de

irregularidade na colheita, na moldagem ou no método de ensaios, casos em que o resultado será dado pelos dois corpos de prova restantes.

No caso em que dois corpos de prova sejam considerados defeituosos, o resultado do ensaio não será considerado.

Os ensaios serão feitos, normalmente, a 28 dias, mas podem ser adotadas provas a 3 e 7 dias a critério da Fiscalização.

Se a média de resistência à compressão de um número de 30 corpos de prova, determinada em laboratório, for inferior ao número admissível fixado para a resistência a 28 dias de determinada classe de concreto, a Fiscalização poderá exigir uma variação na proporção dos materiais, do concreto a ser usado na parte restante da estrutura. Poderá também ser exigido o emprego de aditivos ou variações nas condições de temperatura, umidade ou cura do concreto. Poderá ser exigida em certos casos a demolição de certas partes da estrutura onde for constatada resistência média a compressão inferior à mínima estabelecida.

As tensões mínimas de rutura em função das quais serão determinadas as resistências médias a rutura de corpos de prova a 28 dias serão:

- Concreto Tipo A $R = 150 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto Tipo C $R = 120 \text{ kg/cm}^2$

7.2.3.3 - Cimento Portland

O cimento Portland, conforme as normas da ABNT/EB-1, será adotado para toda a estrutura de concreto.

Na eventualidade dos agregados, em parte ou na totalidade, serem quimicamente ativos, a percentagem de alcalinos de cimento não deverá ultrapassar a 0,6%.

000060

Não poderá ser empregado cimento proveniente de limpezas de sacos ou embalagens ou de sacos rasgados ou molhados durante o transporte.

O cimento deverá ser colocado em depósitos secos e ventilados de modo que seja consumido segundo a ordem de chegada.

O cimento não deverá permanecer armazenado por mais de 90 dias e as pilhas não deverão ter mais de 12 sacos.

7.2.3.4 - Água

Deverá ser limpa e isenta de quantidades inadmissíveis de silte, matéria orgânica, óleo, álcali, sais, despejos de esgotos e outras substâncias nocivas.

Os agregados (areia e brita), deverão obedecer às prescrições das Normas da ABNT (EB-4, MB-7, MB-8 e MB-10).

Os montes de agregados deverão ter boas condições de drenagem impedindo-se a introdução de materiais estranhos e modificação da granulometria.

7.2.3.5 - Preparo do Concreto

Os componentes do concreto serão introduzidos conjunta e gradualmente na betoneira, podendo parte da água ser colocada depois de terminada a carga dos outros materiais.

O tempo de mistura na betoneira deverá ser, no mínimo, 1,5 minutos, depois da carga. A água deverá ser totalmente introduzida na betoneira antes que tenha decorrido $\frac{1}{4}$ do tempo total da mistura.

As betoneiras poderão descarregar diretamente no recipiente de transporte.

000061

Será tomado especial cuidado em toda a manipulação de concreto para que não haja segregação dos seus componentes nem perda excessiva de água por evaporação, sendo permitido uma redução máxima de 2,5cm no abatimento do ensaio de consistência no cone de Abrans, para o percurso do concreto da betoneira à posição definitiva nas formas.

O concreto será transportado da betoneira para as formas tão rapidamente quanto praticável, por métodos que impeçam a segregação ou perda de ingredientes, o tempo máximo entre a mistura e o lançamento deverá ser de 45 minutos.

7.2.3.6 - Vibração

O concreto deverá ser vibrado até que se obtenha a máxima densidade possível, evitando-se a criação de vazios e bolhas de ar na sua massa. A vibração deverá ser procedida por vibradores pneumáticos ou elétricos com dimensões apropriadas para o tamanho da peça que está sendo concretada. Será mantido o vibrador na massa de concreto até que apareça a nata na superfície, momento em que deverá ser retirado e mudado de posição.

Os vibradores de imersão deverão trabalhar com uma frequência mínima de 6.000 vibrações/minuto.

Não deverão ser utilizados vibradores de superfície e ou de formas.

7.2.3.7 - Cura do Concreto

A superfície do concreto será protegida, adequadamente, contra a ação nociva do sol e da chuva, de água em movimento e de agentes mecânicos e não será deixada secar desde o lançamento até, pelo menos, 7 dias após, de acordo com a NB-1 da ABNT.

As formas de madeiras que permanecem no local, deverão ser mantidas úmidas até o final da cura para evitar a abertura de juntas e o conseqüente secamento local do concreto. A água usada para cura deverá satisfazer as mesmas exigências de água usada para misturar o concreto.

Todas as superfícies do concreto deverão ser mantidas úmidas durante 7 dias ou conforme estabelecer a Fiscalização.

7.2.3.8 - Formas

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar as pressões resultantes do lançamento do concreto.

Deverão ser mantidas rigidamente na posição correta para não sofrer deformações e suficientemente estanques de modo a impedir a perda de nata de concreto.

No momento da concretagem a superfície das formas deverá estar livre de incrustações, de nata ou outros materiais estranhos.

A superfície que receberá o concreto deverá ser aplainada e untada com óleo especial para formas ou óleo de carter usado a fim de evitar a aderência do concreto.

7.2.3.9 - Armadura

As barras de aço para as armaduras de concreto seguirão as prescrições das Normas da ABNT.

Os depósitos de vergalhões deverão ser dispostos em áreas adequadas de modo a permitir a armação das diversas partidas tipos de aço e diâmetros diversos.

As barras de armaduras serão colocadas cuidadosamente e ligadas nos cruzamentos por arame de ferro doce. Devem ficar firmemente nas posições indicadas nos desenhos do projeto e, quando necessário, serão usados distanciadores ou suportes próprios de acordo com a NB-1.

7.2.3.10 - Transporte

Os métodos e equipamentos para o transporte bem como o tempo decorrido nessa operação devem ser de tal forma que não provoquem a segregação dos agregados nem que ocorra perda no "slump" em valor superior a 2,5cm.

7.2.3.11 - Lançamento

Nenhuma concretagem poderá ser realizada sem a presença da Fiscalização.

As superfícies de rocha ou de concreto endurecido devem ser previamente limpas e umedecidas. O lançamento do concreto será procedido de um recobrimento preliminar dessas superfícies por uma camada de argamassa cuja espessura será, aproximadamente, de 6 a 10mm. A argamassa deverá ter a mesma composição de argamassa deste concreto. Este concreto deverá ser lançado quando esta argamassa ainda estiver plástica.

A argamassa deve possuir os mesmos fatores água-cimento e aditivos, bem como as qualidades de cimento e areia utilizados no traço do concreto, excedendo-se apenas quando a Fiscalização determinar, por escrito, o emprego de outro traço.

As superfícies de um concreto que já tenha começado a secar e não requeiram novo tratamento de limpeza, devem ser conservadas úmidas por algumas horas, preferivelmente durante a noite, antes do lançamento de nova camada.

009064

De modo algum poderá ser colocado um concreto em local onde exista água acumulada formando poça.

A altura de queda livre de um concreto lançado deverá ser inferior a 1,5 metro, procurando-se sempre obter condições para que seja a menor possível. Para isso, devem ser utilizados caçambas, guias ou calhas que dirijam o concreto para o local em que ficará na forma, no local definitivo.

O concreto deve penetrar em todas as reentrâncias das formas, tomando-se para isso providências necessárias.

A separação da argamassa pode ser minimizada, evitando-se ou controlando movimentos laterais do concreto durante as operações de manipulação ou colocação.

Para conseguir os melhores resultados de vibração, as espessuras das camadas depositadas sucessivamente devem estar entre os limites:

- de 30 cm a 50 cm para concreto estrutural
- de 40 cm a 50 cm para concreto massa

A vibração do concreto deve ser efetuada tão logo seja colocado nas formas, de modo a permitir ao vibrador penetrar na massa com o esforço do seu peso próprio.

O concreto utilizável deve apresentar uma redução de altura, da ordem de 6cm, no teste de "slump". Qualquer concreto que tenha atingido "pega" dever ser rejeitado.

Após o espalhamento no local da forma, a vibração deve ser efetuada antes da passagem de aparelhos ou dispositivos que alisem a superfície aparente da camada, não permitindo endurecimento preliminar de qualquer parte da massa a vibrar.

Nos locais em rampa, a concretagem deve ser procedida das partes altas para as inferiores, facilitando a remoção dos excessos de massa.

A qualidade do concreto é melhorada com a redução do fator água-cimento. Entretanto isso resulta mais da redução da quantidade de água do que do aumento da quantidade de cimento.

Para uma mesma quantidade por metro cúbico de concreto, as limitações do fator água-cimento ficam condicionadas:

- A menor redução de altura no teste de "slump"
- O diâmetro máximo prático do agregado graúdo
- A menor porcentagem de areia compatível com uma boa trabalhabilidade do concreto.

7.2.3.12 - Juntas de Concretagem

Todas as superfícies de reinício de concretagem serão consideradas como "juntas de concretagem" e deverão ser tratadas conforme descrito a seguir.

Quando da interrupção de uma concretagem, por razões de planejamento deficiente ou por causas acidentais, o EMPREITEIRO executará o adensamento imediato das extremidades dos lances que estão sendo concretados, obtendo uma rampa de inclinação suave e procederá a lavagem das superfícies com jato de ar comprimido e água, tão logo o concreto tenha consistência suficiente para receber os esforços resultantes da lavagem (4 a 6 horas após o final da concretagem) e antes do início do endurecimento do concreto.

A lavagem deverá remover toda a nata da superfície da concretagem concluída, de modo a deixar aparente o agregado graúdo, proporcionando as melhores condições de aderência possíveis, com a camada seguinte.

Caso a lavagem superficial com água e ar comprimido não resulte satisfatória, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, poderá ser exigido o apicoamento da superfície, até que seja obtida a rugosidade requerida.

Sempre que não indicadas no projeto, as juntas de concretagem deverão ser locadas pelo EMPREITEIRO e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO, de maneira a reduzir ao mínimo o enfraquecimento da estrutura. Em caso contrário deverão ser rigorosamente obedecidas as juntas indicadas no projeto.

7.3 - JUNTAS DE DILATAÇÃO

Foram indicadas no projeto juntas na galeria da tomada d'água e uma junta de dilatação vertical no cordão de fixação, que deverá ser construída de modo a permitir absoluta liberdade de movimento entre os blocos.

Para minimizar o carregamento de finos pela junta de dilatação foi previsto o emprego de juntas tipo "Fungenband" em toda a extensão da mesma.

A localização das juntas encontra-se detalhado no projeto.

8 - REMANEJAMENTO DA REDE ELÉTRICA

8 - REMANEJAMENTO DA REDE ELÉTRICA

Após visita ao local, observou-se que existe uma rede de transmissão elétrica de 10 KVA em locais que no futuro serão inundados pelo lago de acumulação do Açude Castro.

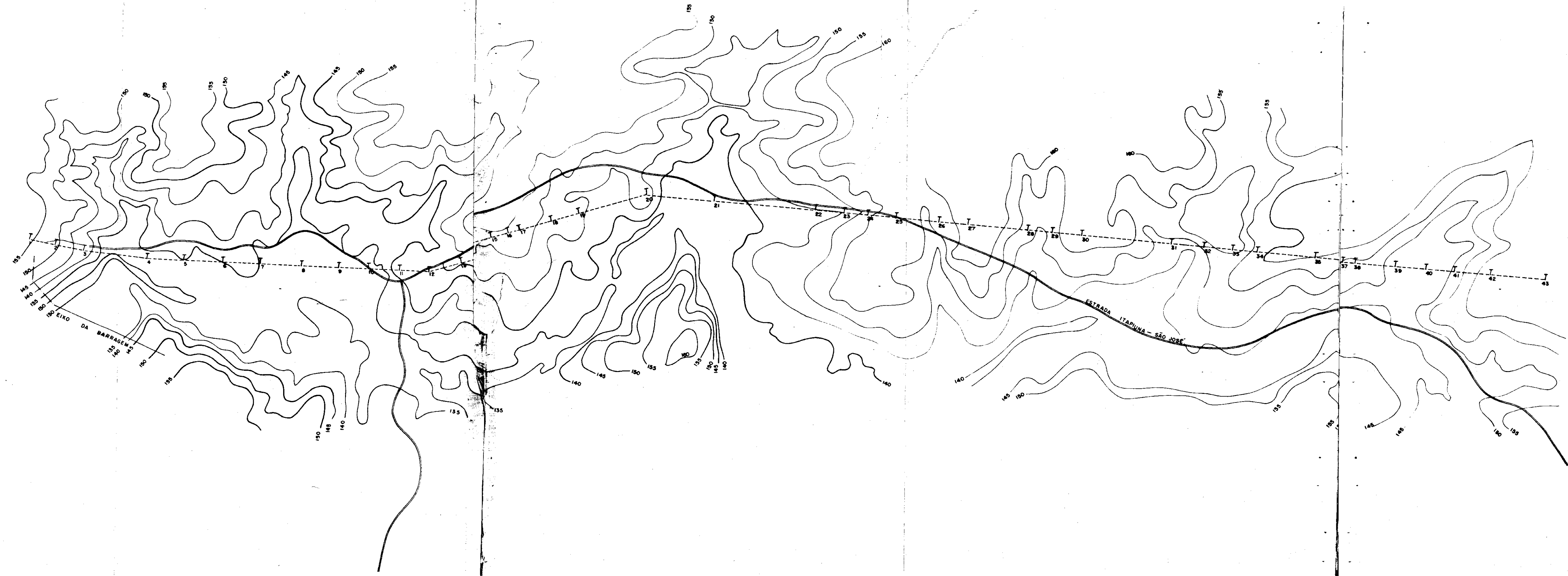
Essa rede segue, em certos trechos, a estrada que liga a cidade de Itapuína ao distrito de São José como mostra a Figura 8.1, a seguir, sendo portanto imprescindível o seu remanejamento.

O remanejamento deve-se dar de tal forma que nenhuma parte da rede cruze o lago de acumulação máxima do Açude, que ficará na cota 151,50.

O remanejamento deverá ter projeto aprovado pela COELCE.

Segue anexo a planta baixa da região de interesse, bem como um quadro onde indica-se os postes a serem remanejados e suas respectivas cotas de pé.

000069



POSTE Nº	COTA	POSTE Nº	COTA
1	156,00	23	150,88
2	151,30	24	150,26
3	142,50	25	152,71
4	134,00	26	160,11
5	134,80	27	166,38
6	135,00	28	163,54
7	135,10	29	167,23
8	131,80	30	161,09
9	131,60	31	161,63
10	134,60	32	162,88
11	141,00	33	158,14
12	144,20	34	154,65
13	146,00	35	155,21
14	152,00	36	162,47
15	153,00	37	155,00
16	154,00	38	163,38
17	153,00	39	159,37
18	148,90	40	160,49
19	146,20	41	159,45
20	146,77	42	155,22
21	137,25	43	156,80
22	146,52		

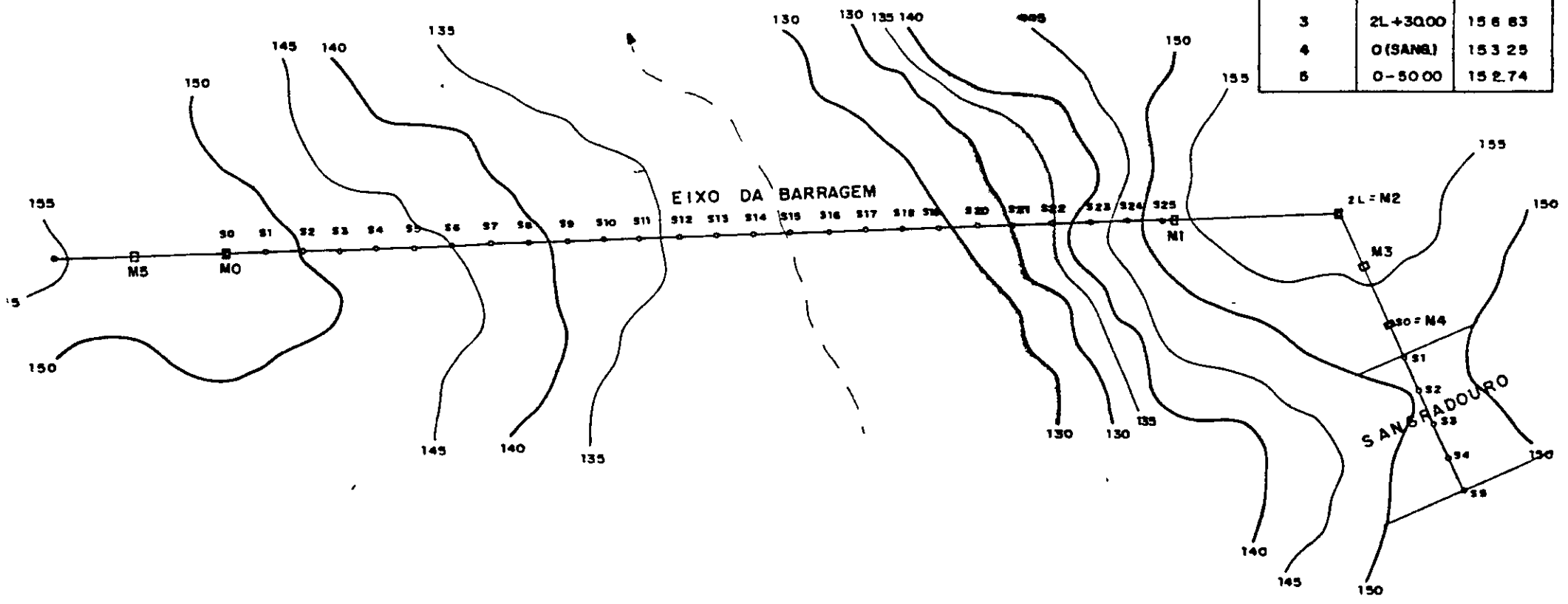
000070

AGUASOLOS
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA.

FIG. 8.1
LEVANTAMENTO DA RÊDE ELÉTRICA DE 10 KVA
NA BACIA HIDRÁULICA DO ACUDE CASTRO
ESCALA = 1:10.000

9 - AMARRAÇÃO DAS OBRAS

MARCO	ESTACA	COTA
0	0+ME	152.67
1	25+700	152.66
2	2L	156.98
3	2L+3000	156.83
4	0(SANB)	153.25
5	0-5000	152.74



AÇUDE CASTRO
PLANTA E LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS
 ESCALA 1/3000

69
 000072

10 - EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA A REALIZAÇÃO DA OBRA

AÇUDE PÚBLICO CASTRO**EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS**

- 02 (DOIS) - Tratores de Esteiras com capacidade mínima de 270HP;
- 01 (IM) - Trator de Esteiras com capacidade mínima de 140 HP;
- 02 (DUAS) - Pás carregadeiras com capacidade mínima de 2 1/4 Jd3;
- 01 (UMA) - Pá carregadeira com capacidade mínima de 1 3/4 Jd3;
- 01 (UMA) - Motoniveladora com potência mínima de 115 HP;
- 15 (QUINZE) - Caminhões basculantes com capacidade mínima de 4m³;
- 03 (DOIS) - Rolos pés-de-carneiro vibratório, com capacidade mínima de 8 a 10 toneladas, impacto dinâmico;
- 02 (DOIS) - Compactadores tipo sapo;
- 03 (TRÊS) - Grades de disco;
- 02 (DOIS) - Tratores de pneus, com capacidade mínima de 100 HP;
- 02 (DOIS) - Caminhões tanques, com capacidade mínima de 6.000 litros;
- 03 (TRÊS) - Betoneiras com capacidade mínima de 320 litros;
- 03 (TRÊS) - Vibradores de imersão, tipo agulha, variando de 35 a 500 m de diâmetro;
- 04 (QUATRO) - Conjunto moto-bombas;

- 01 (UM) - Compressor de ar com capacidade mínima de 500 pcm;
- 01 (UM) - Compressor de ar, portátil, com capacidade mínima de 250 pcm;
- 03 (TRÊS) - Marteletes de 24 kg;
- 01 (UMA) - Perfuratriz, tipo ROC-601 ou similar;
- 01 (UM) - Uma viatura zero Km com operação e manutenção por conta da contratada. O custo de operação e manutenção deve ser embutido nos custos unitários dos serviços.

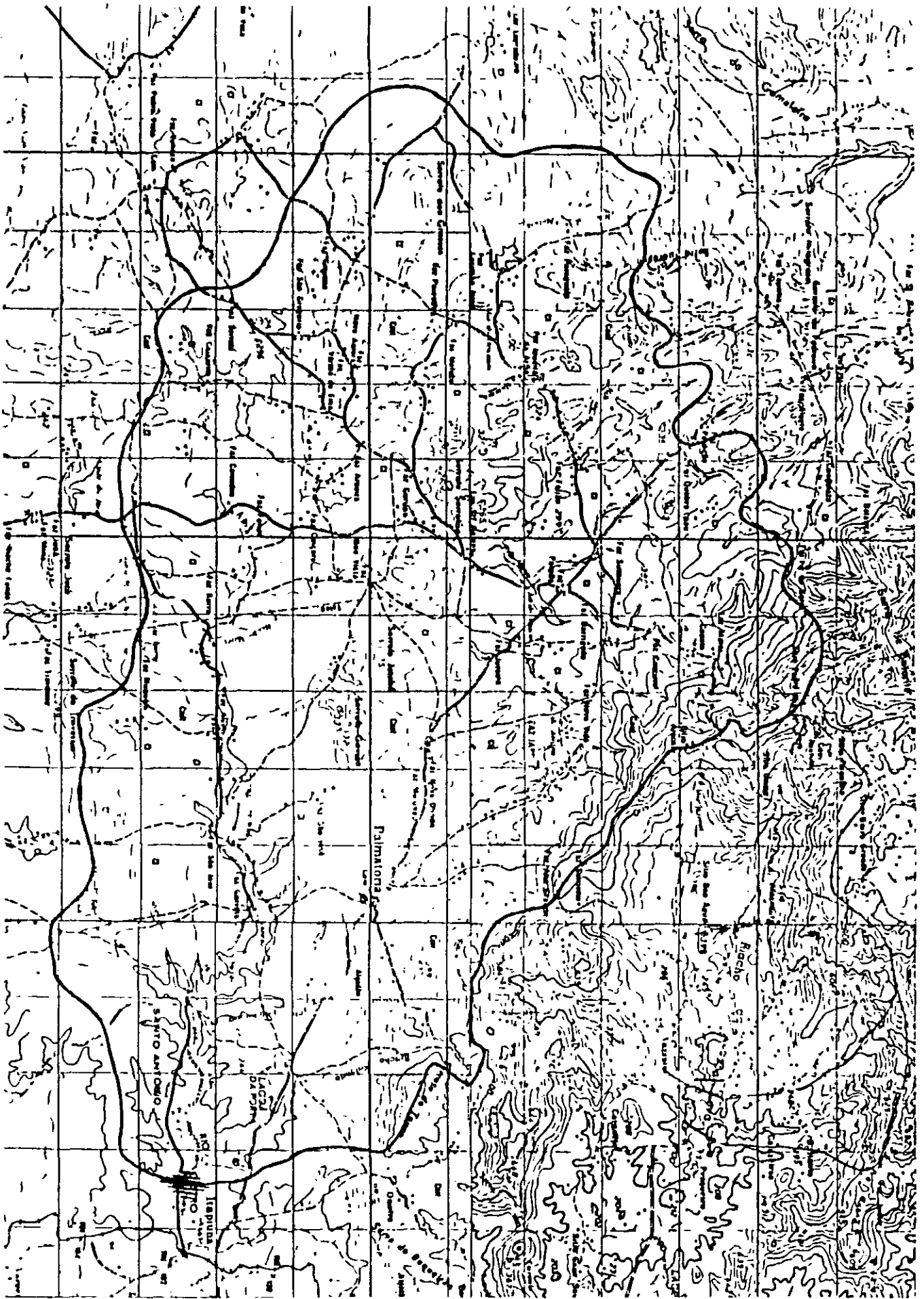
11 - INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA

AÇUDE PÚBLICO CASTRO**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. ALMOXARIFADO
08. CARPINTARIA
09. FERRARIA
10. ARMAÇÃO E MOLDAGEM
11. ALOJAMENTO PARA PESSOAL DE APOIO
12. ELETRIFICAÇÃO
13. CASA DE ALVENARIA DE 100 m², PARA ESCRITÓRIO DA FISCALIZAÇÃO.
(O projeto será fiscalizado pelo SRH).

12 - MEMÓRIA DOS CÁLCULOS

000073



BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE CASTRO

000079

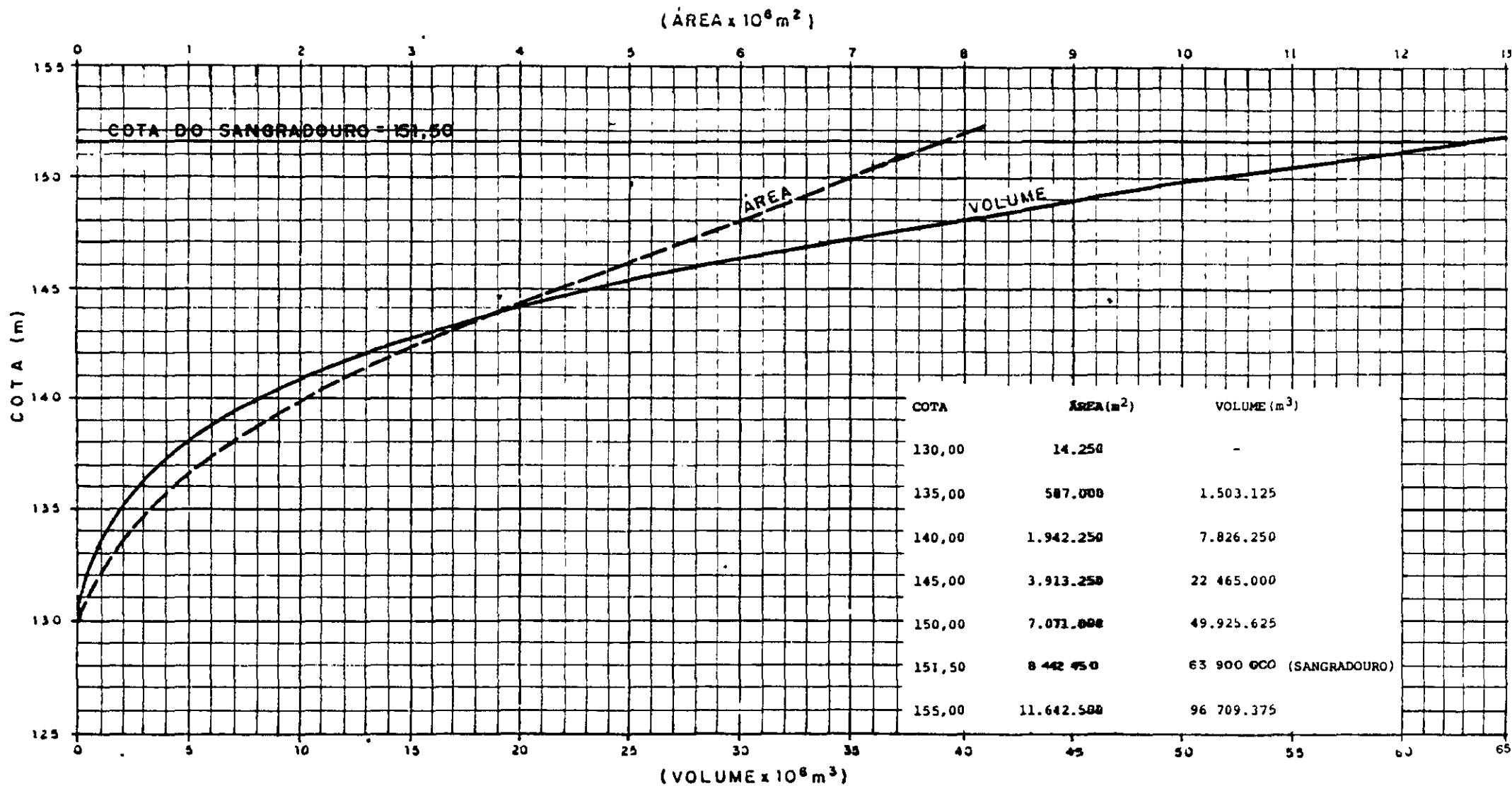
ÁREA = 359,83 Km²

ACUDE CASTRO

COTA - ÁREA - VOLUME

COTA	ÁREA (m ²)	VOLUME (m ³)
130,00	14.250	-
135,00	587.000	1.503.125
140,00	1.942.250	7.826.250
145,00	3.913.250	22.465.000
150,00	7.071.000	49.925.625
151,50	8.442.450	63.900.000 (SANGRADOURO)
155,00	11.642.500	96.709.375

AÇUDE CASTRO — Diagrama: Cota x Área x Volume



000081

AÇUDE CASTRO - (ITAPIUNA-CE)

1) DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA

Utilizou-se a precipitação média normal do posto de Caio Prado que é igual a 831,6mm.

* Área da Bacia Hidrográfica

$$359,83\text{Km}^2 = 35.983,3\text{ha} = 359.833.333\text{m}^2$$

2) RENDIMENTO PLUVIAL DA BACIA

$$R\% = \frac{H^2 - 400H + 230.000}{55.000} \quad P/H = 831,6\text{mm}$$

$$R\% = 10,71$$

3) VOLUME AFLUENTE

$$V_a = \frac{R\% \cdot H \cdot U \cdot A}{100}$$

$$H = 831,6\text{mm}$$

= Coeficiente de correlação para bacia tipo 3/média=1,00

$$A = \text{Área da bacia Hidrográfica} = 359.833.333\text{m}^2$$

$$V_a = \frac{10,71 \cdot 0,8316 \cdot 1 \cdot 359.833.333}{100}$$

$$V_a = 32.048.325,51\text{m}^3$$

4) CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO

$$C = 2,0V_a = 63900.000 \text{ m}^3$$

5) DETERMINAÇÃO DA COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO

A cota da soleira do vertedouro foi fixada em 151,50 com base no gráfico cota x área x volume, que correspondem um volume de 63900.000 m³.

6) DESCARGA MÁXIMA SECULAR (Fórmula Engº Aguiar)

$$Q_s = \frac{1150 \times S}{\sqrt{L}(120+KLC)}$$

S = área da bacia hidrográfica

L = Linha de Fundo =

K =

Q_s = VER HIDROLOGIA (CAP 5. DO VOLUME II).

7) LARGURA DO SANGRADOURO (L)

Q_s = Descarga Máxima Secular = 264,04 m³/s

H = 1,33 m

Adotaremos L = 80m

8) FOLGA

$$f = 1,02 + 0,05336 - 0,07 + 0,73 - 0,44$$

$$f = 1,30 \quad \text{Adotaremos } = 1,58$$

9) REVANCHE

$$R = H + f$$

$$R = 1,33 + 1,58$$

$$R = 2,91 \text{ m}$$

000083



10) COTA DO COROAMENTO

$$C_c = C_s + R$$

$$C_c = 151,50 + 2,31$$

$$C_c = 154,10$$

11) ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM

$$H_b = C_c - C_t$$

$$C_t = \text{Cota do talvegue} = 128,88$$

$$H_b = 154,70 - 128,88$$

$$H_b = 25,82$$

12) LARGURA DO COROAMENTO

$$B = 1,1\sqrt{H_b} + 0,90$$

$$B = 6,49 \quad \text{Adotaremos } B = 6,00\text{m}$$

OBS.: O dimensionamento do Vertedouro encontra-se no Anexo 1.

000084

AÇUDE CASTRO

DIMENSIONAMENTO DO TUBO DE AERAÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA

O dimensionamento do tubo de aeração da tomada d'água foi feito baseado no Hydroelectric Handbook de Creager & Justin pg.603-605 2ª edição (junho, 1955).

A área do tubo é obtida a partir da equação:

$$F = \frac{Q \sqrt{S}}{2460000 \times C} \left(\frac{d}{t}\right)^{3/2} \quad (1)$$

Sendo:

- Q : vazão de ar através do tubo de aeração (ft³/s)
- C : coeficiente de descarga no tubo de aeração
- F : área do tubo de aeração (ft²)
- t : espessura da tubulação da tomada d'água
- d : diâmetro da tubulação da tomada d'água
- S : coeficiente de segurança contra colapso da tubulação

Considerar-se-á que a vazão de ar é igual a vazão máxima de água no tubo da tomada d'água.

- Q : 1,20 m³/s = 42,38 ft³/s
- C : 0,70
- t : 3/8" = 0,375 in
- d : 800 mm = 31,5 in
- S : 5

Substituindo na equação (1) tem-se:

$$F = \frac{42,38 \sqrt{5}}{2460000 \times 0,7} \left(\frac{31,5}{0,375} \right)^{3/2}$$

$$F = 0,0424 \text{ ft}^2 = 0,0129 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = 0,0129$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0129}{\pi}}$$

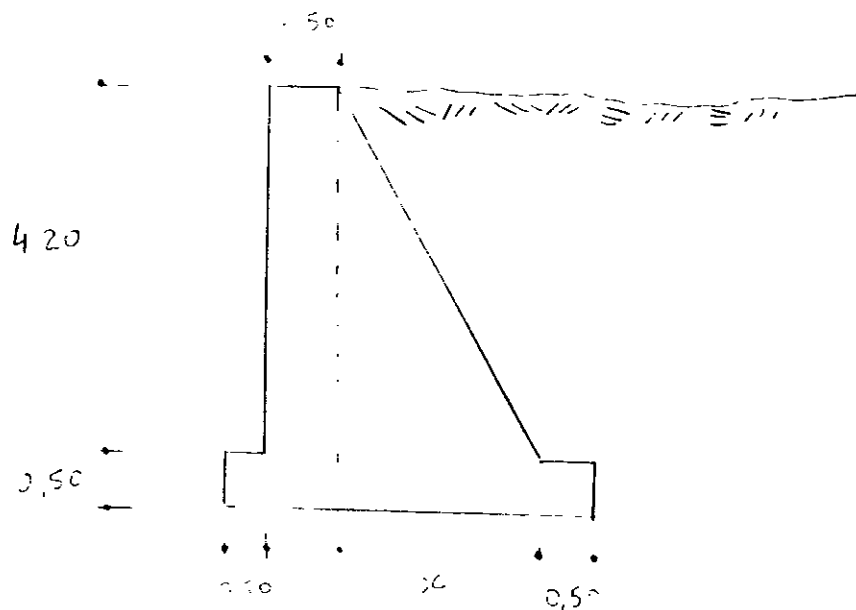
$$D = 0,128 \text{ m}$$

Será adotado um tubo de ventilação com diâmetro de 150 mm.

AÇUDE CASTRO

DIMENSIONAMENTO DO MURO

DE PROTEÇÃO DA BARRAGEM AUXILIAR



1) Empuxo Ativo:

$$\gamma = 1,98 \text{ t/m}^3$$

$$Ea = \frac{1}{2} \gamma h^2 Ka$$

$$h = 4,20 \text{ m}$$

$$Ka = \frac{\text{tg}^2(45 - \frac{\varphi}{2})}{2}$$

$$Ea = 7,68 \text{ t/m}$$

$$\varphi = 23^\circ$$

$$Ka = 0,44$$

1a) Empuxo ativo devido a sobrecarga:

$$q = 1 \text{ t/m}^3$$

$$Ea' = q \cdot h \cdot Ka =$$

$$Ea' = 1,85 \text{ t/m}$$

Empuxo ativo total:

$$Eat = Ea + Ea'$$

$$Eat = 9,53 \text{ t/m}$$

000087

2) Estabilidade do muro:

2a) Quanto ao escorregamento

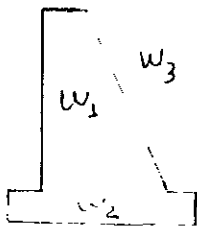
$$\gamma \text{ concreto ciclópico} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ barragem} = 1,98 \text{ t/m}^3$$

$$F.S = \frac{F}{Ea} > 1,5$$

$$F = f \cdot \Sigma W$$

$$f = \text{coeficiente de atrito} : \text{tg } \varphi = 0,4242$$



$$W_1 = \frac{(0,5+0,5+x) \times 4,20}{2} \times 2,2 = 4,62+4,62x$$

$$W_2 = 0,5(1,5+x) \times 2,2 = 1,65+1,1x$$

$$W_3 = \frac{(0,5+x+0,5) + 4,20}{2} \times 1,98 = 4,16+4,16x$$

$$\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3 = 10,43+9,88x$$

$$F.S = \frac{F}{Ea} = \frac{0,4242(10,43+9,88x)}{9,53} = 1,5$$

$$x = 2,69$$

$$B = 0,5 + 2,69 = 3,19$$

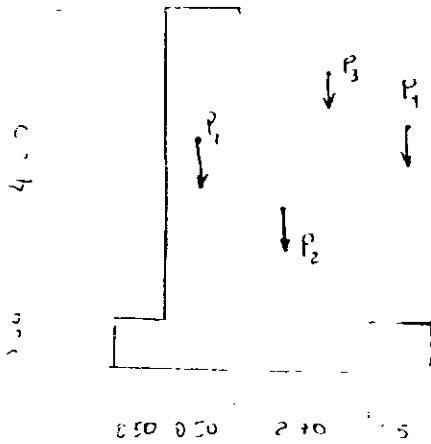
2b) Quanto ao tombamento:

$$F.S = \frac{MT}{ME} =$$

$$MT = E a \times \frac{h}{3} + E' a \cdot \frac{h}{2}$$

$$MT = 7,68 \times \frac{4,20}{3} + 1,85 \times \frac{4,20}{2} = 14,64 \text{ t.m}$$

$$ME = \Sigma P_i X_i$$



$$P_1 X_1 = 0,5 \times 4,20 \times 2,2 \times 0,25 = 1,16 \text{ տն/մ}$$

$$P_2 X_2 = \frac{2,7 \times 4,20}{2} \times 2,2 \times 1,40 = 17,46 \text{ տն/մ}$$

$$P_3 X_3 = \frac{2,7 \times 4,20}{2} \times 1,98 \times 2,30 = 25,82 \text{ տն/մ}$$

$$P_4 X_4 = 0,5 \times 4,20 \times 1,98 \times 3,45 = 14,35 \text{ տն/մ}$$

$$\Sigma P_i X_i = 58,79 \text{ տն/մ}$$

$$F.S = \frac{ME}{MT} > 1,5$$

$$F.S = \frac{58,79}{14,64} = 4,02 > 1,5 \quad \text{OK!}$$

VERIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PARA FILTRO E TRANSIÇÃO

Analizou-se o filtro e as transições pelos critérios de Terzaghi e pelo critério da uniformidade para o material do maciço e para a areia.

São as seguintes, as características granulométricas dos materiais:

	D10	D15	D50	D60	D86	(mm)
AREIA	0,3	0,36	0,52	0,60	-	
SOLO		0,007	0,20	0,95	1,80	

CRITÉRIOS

a) Terzaghi

$$a.1 - \frac{D15(\text{filtro})}{D15(\text{maciço})} \geq 5$$

$$a.2 - \frac{D15(\text{filtro})}{D85(\text{maciço})} \leq 5$$

b) Coefficiente de Uniformidade

$$b.1 - \frac{D60(\text{filtro})}{D10(\text{filtro})} \leq 20$$

VERIFICAÇÃO

I. TRANSIÇÃO AREIA E MACIÇO

$$a.1 - \frac{D15(\text{filtro})}{D15(\text{maciço})} = \frac{0,36}{0,007} = 51,43 > 5 \quad \text{OK!}$$

$$a.2 - \frac{D15(\text{filtro})}{D85(\text{maciço})} = \frac{0,36}{1,80} = 0,2 < 5 \quad \text{OK!}$$

000090

$$b.1 - \frac{D60(\text{filtro})}{D10(\text{filtro})} = \frac{0,60}{0,3} = 2 < 20 \quad \text{OK!}$$

II. TRANSIÇÃO BRITA E AREIA

Para análise da camada de transição comparou-se a granulometria média da brita com a da areia.

	D10	D15	D50	D60	D85	(mm)
BRITA	4,80	6,25	30,0	41,0	9,00	

$$a.1 - \frac{D15(\text{brita})}{D15(\text{areia})} = \frac{6,25}{0,36} = 17,36 > 5 \quad \text{OK!}$$

$$a.2 - \frac{D15(\text{brita})}{D85(\text{areia})} = \frac{6,25}{0,75}, \text{ não atende}$$

$$b.1 - \frac{D60(\text{brita})}{D10(\text{brita})} = \frac{41}{4,8} = 8,54 < 20 \quad \text{OK!}$$

* Os critérios foram totalmente atendidos para o contato areia maciço.

* Para o contato brita-areia os critérios foram parcialmente atendidos. Porém por ser a única fonte de areia no local acreditamos não ser inconveniente a sua utilização como filtro.

000091

a) Carga vertical.

N (t)	Y (m)	M (tm)
$G_1 = 121,68$	-	-
$G_2 = 2,00$	1,75	3,50
$G_3 = 2,00$	1,75	3,50
$G_4 = 30,06$	-	-
$G_5 = 9,26$	2,30	21,30
$G_6 = \underline{3,14}$	1,65	<u>5,18</u>
$G = 168,14 \text{ t}$		$M = 9,12 \text{ tm}$

b) Ação do vento.

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 33 \text{ m/seg}$$

$$q = \frac{(V_k)^2}{16} = 68,06 \text{ Kg/m}^2$$

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A \quad C_A = \text{área exposta}$$

$$W_1 = 0,36 \text{ t}$$

$$W_2 = 3,60 \text{ t}$$

Momento no tópo do bloco (nível o)

$$M_1 = 0,36 \cdot 20,50 = 7,38 \text{ tm}$$

$$M_2 = 3,60 \cdot 10,50 = \underline{37,80 \text{ tm}}$$

$$M_W = 45,18 \text{ tm}$$

Momento no tópo do bloco de concreto ciclópico

$$M = 45,18 + 3,96 \cdot 1,80 + 9,12 = 61,43 \text{ tm}$$

2.1.2 - Tensões no Concreto Ciclópico:

$$N = 168,14 \text{ t}$$

$$S = 11,60 \text{ m}^2$$

$$M = 61,43 \text{ tm}$$

$$W = 5,61 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{168,14}{11,60} \pm \frac{61,43}{5,61}$$

$$\sigma_1 = 25,44 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 3,54 \text{ t/m}^2$$

2.1.3 - Tensões na rocha de fundação.

(admitindo-se o bloco de concreto ciclópico com 1,0 m de altura).

$$N = 168,14 + 49,28 = 217,42 \text{ t} \quad -S = 22,40 \text{ m}^2$$

$$M = 61,43 + 3,96 \cdot 1,0 = 65,39 \text{ tm} \quad -W = 20,91 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = 12,83 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{217,42}{22,40} \pm \frac{65,39}{20,91}$$

$$\sigma_2 = 6,56 \text{ t/m}^2$$

2.1.4 - Dimensionamento das lajes e vigas dos diversos níveis. Foram dimensionadas considerando além do peso próprio as seguintes sobre-cargas:

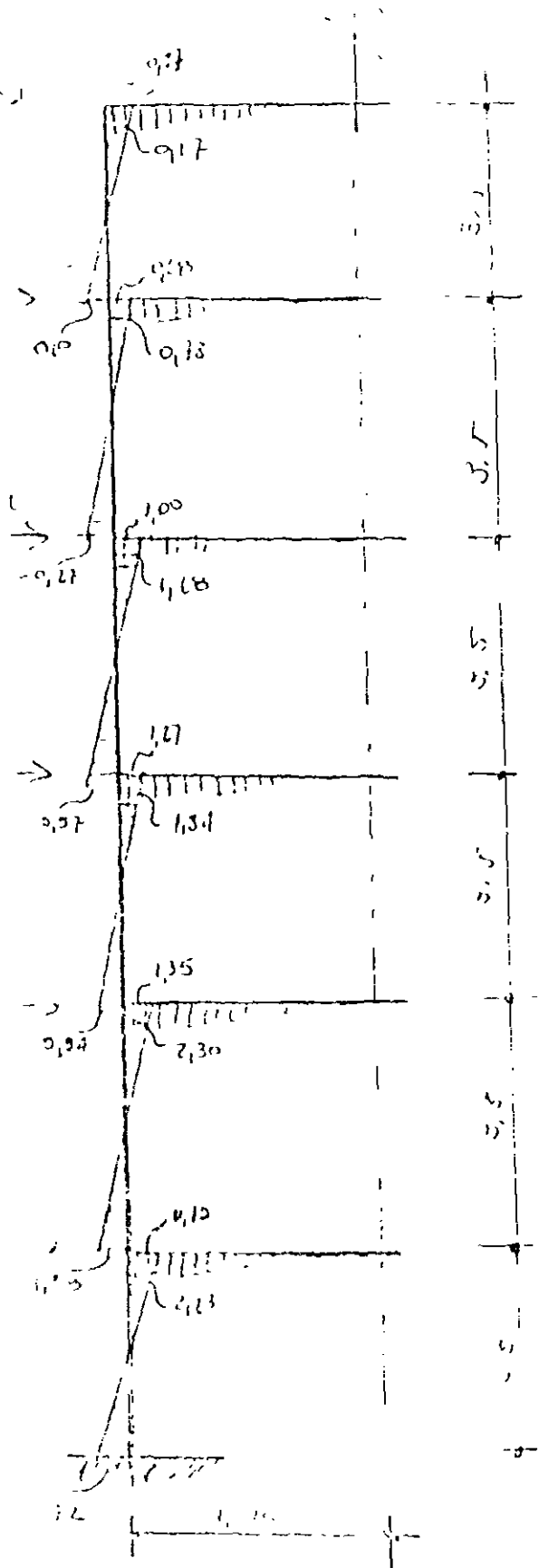
Nível 6 - (157,70) P = 1 KN/m²

Nível 5 - (154,70) P = 15KN/m²

Demais níveis P = 3 KN/m²

NOTA: As vigas foram consideradas simplesmente apoiadas nos pilares. Nos apoios foi prevista uma armadura superior para combater os momentos negativos provenientes da ação do vento sobre o pórtico fornecido pelos pilares e vigas.

2.1.5 - Resolução do pórtico. Dimensionamento dos pilares. (Resolução com emprego do cálculo eletrônico) com utilização do cálculo eletrônico obtivemos os seguintes valores para os esforços solicitados. (ver figura apresentada a seguir).



$H_1(g(t))$	$H_2(g(t))$	$\Delta V(g(t))$	92
1.73	2.10	± 0.13	
6.38	15.94	± 0.14	
8.79	18.86	± 1.19	
11.60	21.75	± 3.19	
13.61	24.64	± 4.29	
16.02	27.53	± 6.13	
18.43	30.42		

000095

Determinação do comprimento de flambagem:

Cálculo da excentricidade de 2ª ordem: "e₂"

a) Trecho inferior: Pilares de 35 x 35 cm

$$e_c = 1,2 \cdot 3,5 = 4,20 \text{ m} \quad \lambda = 41,52 \approx 40$$

$$e_2 = 0$$

b) Trechos intermediários: Pilares de 35 x 35 cm

$$e_c = 1,2 \cdot 3,5 = 4,20 \text{ m} \quad \lambda = 41,12 \approx 40$$

$$e_2 = 0$$

c) Trecho superior: Pilares de 20 x 20 cm

$$e_c = 1,2 \cdot 3,0 = 3,60 \text{ m} \quad \lambda = 62,28$$

$$e_2 = 0,054 \text{ m}$$

Dimensionamento dos pilares:

A hipótese mais desfavorável corresponde à ação de Ng+Np+

Ação do vento obteve-se:

Barra 1	12 Ø 12,5
Barra 2	12 Ø 10
Barra 3 a 5	8 Ø 10
Barra 6	4 Ø 10

2 - BOCA DE MONTANTE

Tendo em vista os esforços solicitados serem muito pequenos face às dimensões dos elementos estruturais, prevaleceu a condição de armadura mínima:

Peças com solicitação predominante de flexão:

$$A_s = 0,15\% bwd \text{ . (NB1-78)}$$

Peças com solicitação predominante de compressão:

$$A_s = 0,5\% A_c \text{ (NB1-78)}$$

- ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A análise de estabilidade dos taludes da seção tipo da Barragem Castro foi realizada com o auxílio de um Programa de Microcomputador desenvolvido pelo Setor Técnico de computação da AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda.

Este Programa, escrito em linguagem BASIC utiliza o Método de Bishop Simplificado para o Cálculo do Coeficiente de Segurança dos taludes de uma Barragem utilizando como primeira aproximação, o coeficiente de segurança de Fellenius.

O programa, utiliza como dados de entrada, a seção da barragem que é definida através de retas, que são dadas através de suas coordenadas iniciais e finais.

Os parâmetros do solo (Peso específico, Coesão e Ângulo de Atrito interno) são fornecidos para cada material abaixo de cada reta.

O número de fatias adotado foi 10 e para cada fatia foram calculados os parâmetros necessários para o cálculo do Fator de Segurança de Fellenius e Bishop.

Para cada condição estudada, (Barragem em operação e rápido) estudou-se uma malha de 9 pontos, de cada vez até se obter a malha na qual se encontra o círculo crítico e então os resultados para cada ponto desta malha são impressos.

As situações, os dados fornecidos para a análise e os resultados obtidos foram os seguintes:

1) Barragem em Operação (Reservatório Cheio)

Esta situação é normalmente a mais crítica para o talude de jusante. Calculou-se a estabilidade do talude de jusante utilizando-se o peso específico submerso, e para coesão e ângulo de atrito interno os menores valores obtidos nos ensaios de cisalhamento direto lento. Adotou-se um valor médio de $\bar{B} = 15\%$ do peso da fatia.

O fator de segurança mínimo encontrado foi de 1,48.

2) Barragem sujeita a reabaixamento rápido

É a situação mais crítica para o talude de montante. Calculou-se a estabilidade do talude de montante utilizando-se o peso específico saturado e também foram utilizados os parâmetros efetivos do solo, com valor de $\bar{B} = 0,25$ do peso da fatia.

O fator de segurança mínimo encontrado para essa situação foi de 1,92.

BOLOS Consultora de Engenharia Ltda.
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES

LOCAL: ARRACEM CASTRO - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RÁPIDO

Pressão Neutra: 25% do Peso da água
 Número de Fatias: 10 Raio: 72.0m

TABELA RESUMO COM OS FATORES DE SEGURANÇA DE BISHOP

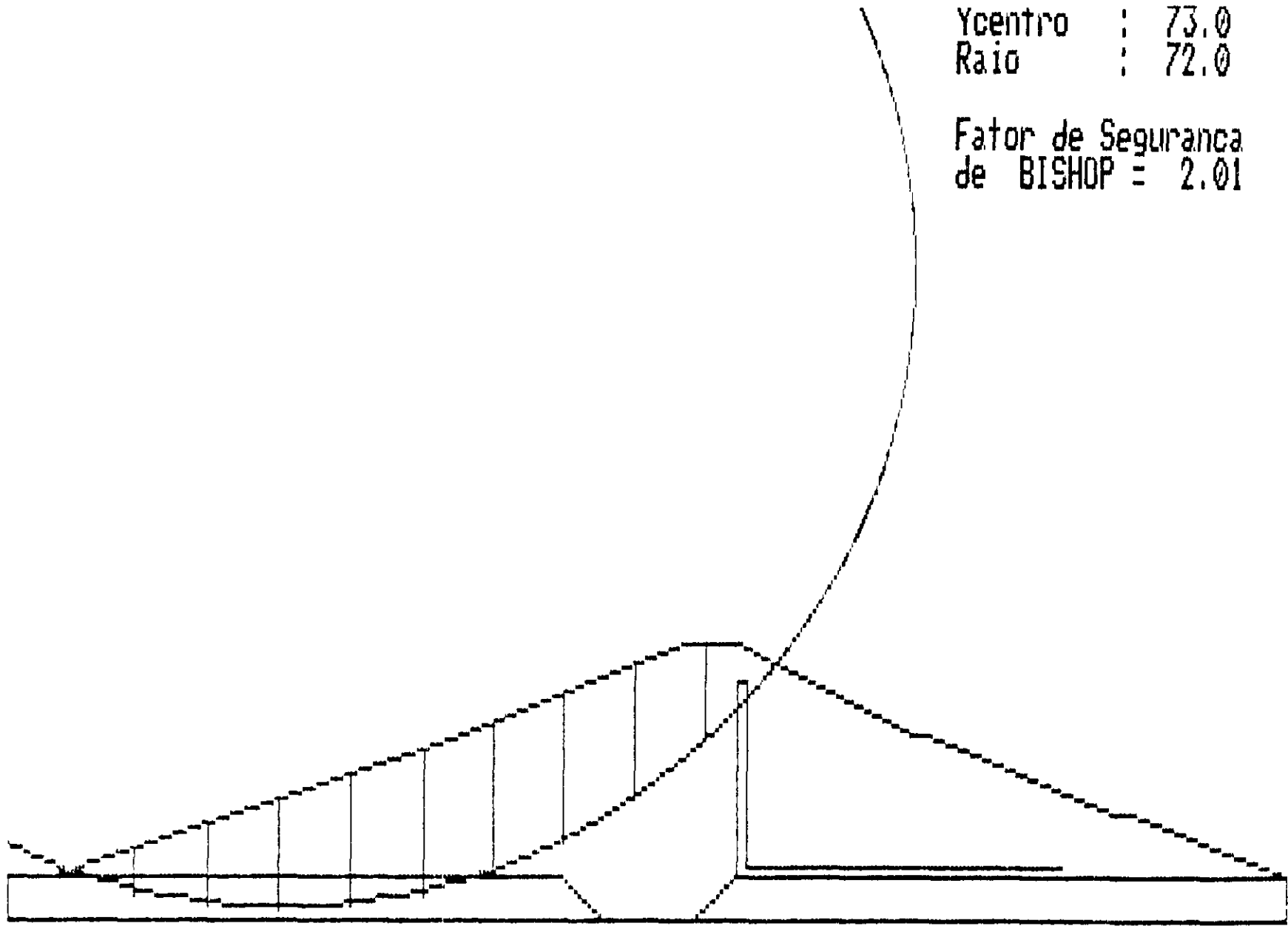
Profundidade (m)	A	b	c	d	e	f	g	h (m)
1	31			32				33
2	2.01			2.23				2.25
3	2.09			1.92				2.13
4	2.15			1.98				1.79

Fator de Segurança Mínimo = 1.92

000099

Ycentro : 73.0
Raio : 72.0

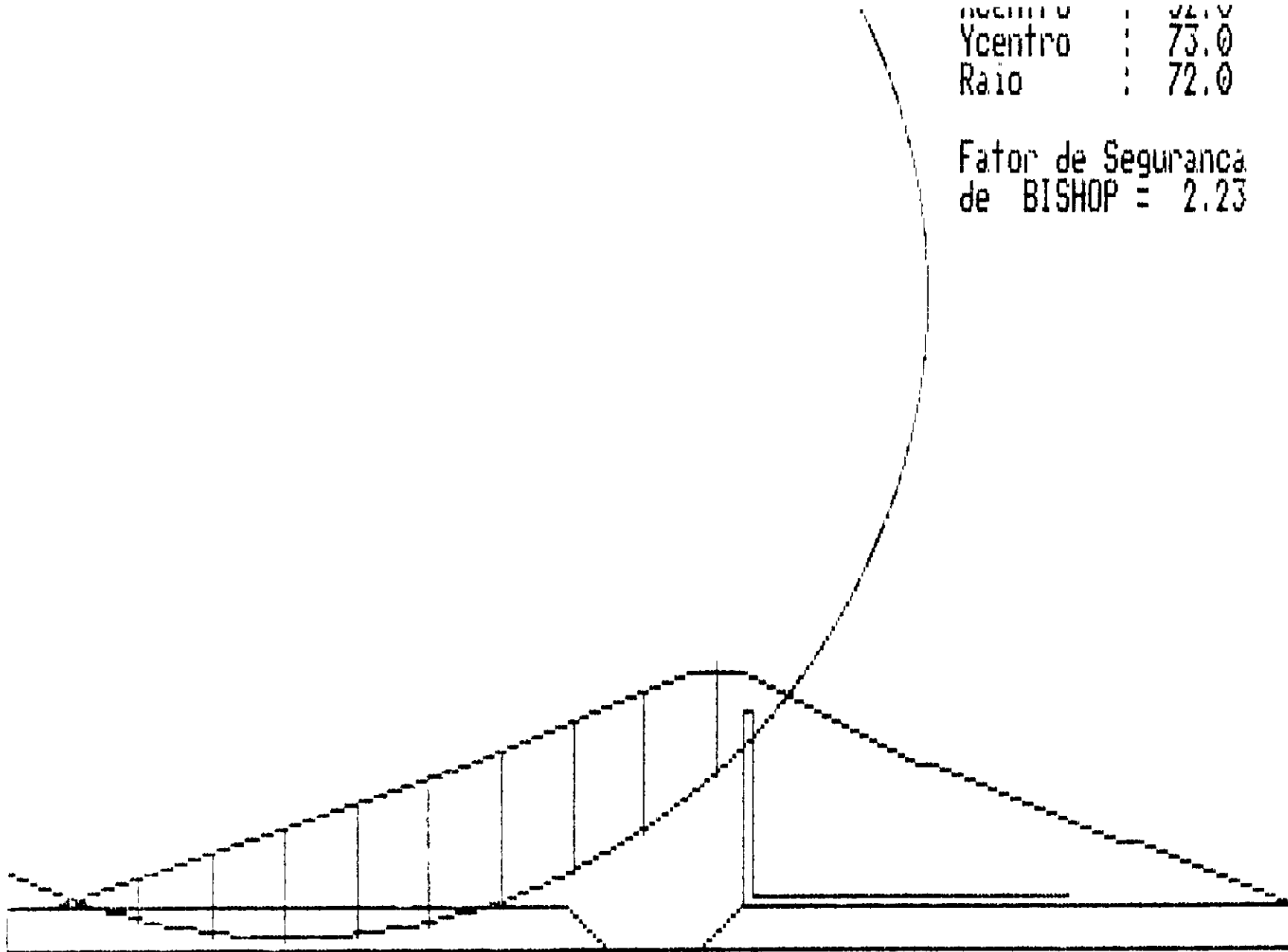
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.01



000100

Xcentro : 22.0
Ycentro : 73.0
Raio : 72.0

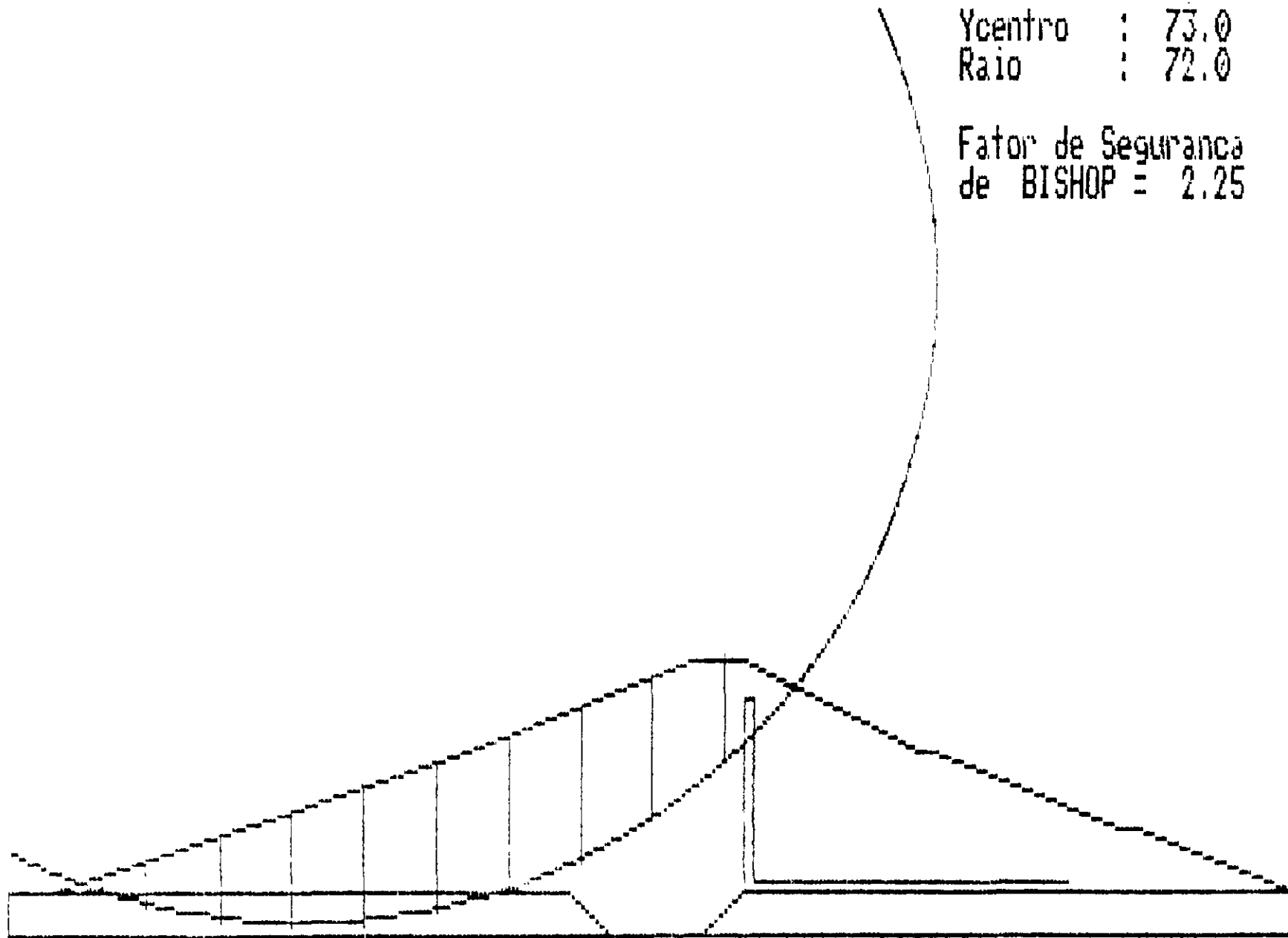
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.23



000101

Ycentro : 73.0
Raio : 72.0

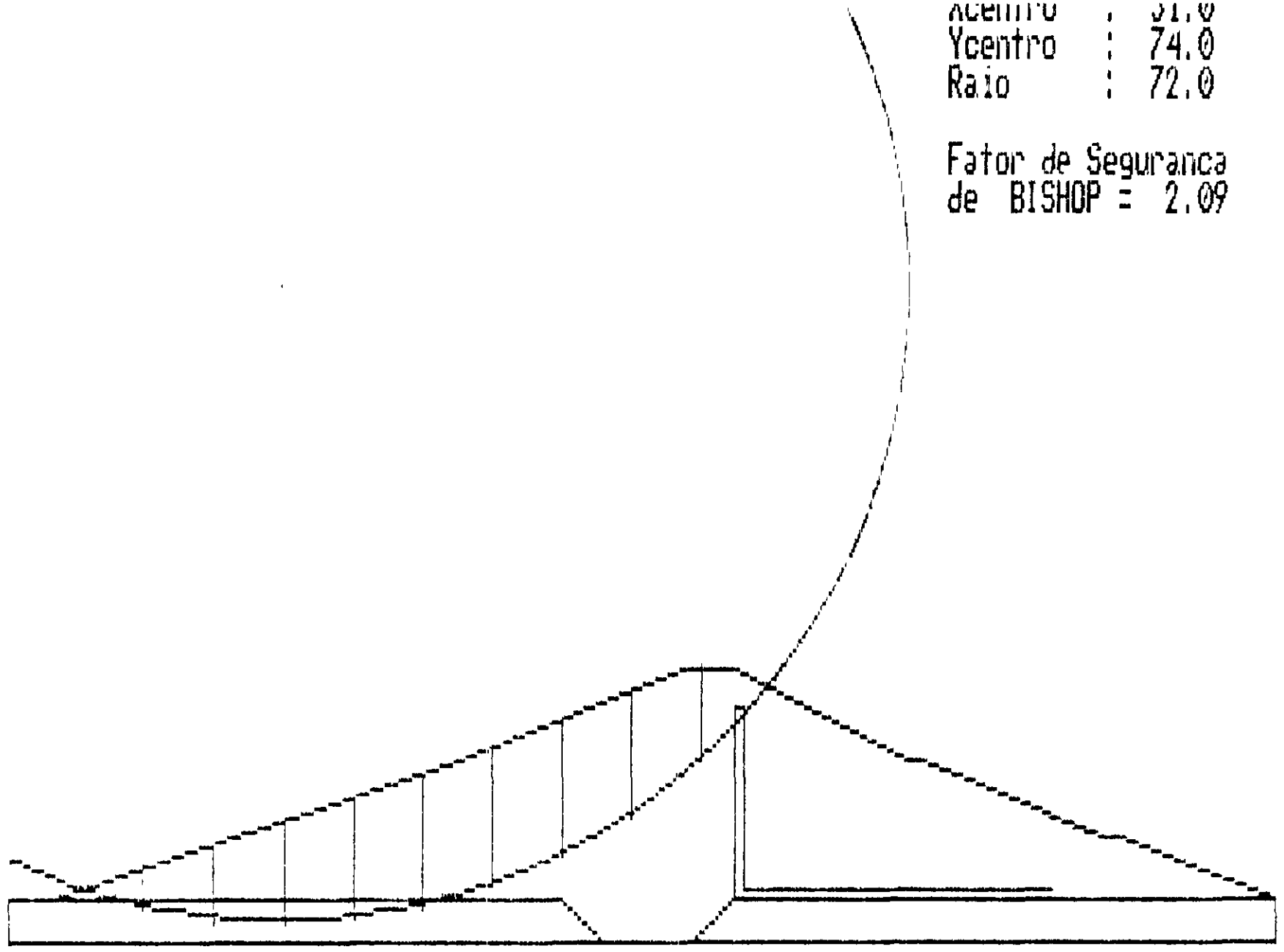
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.25



000102

Xcentro : 51.0
Ycentro : 74.0
Raio : 72.0

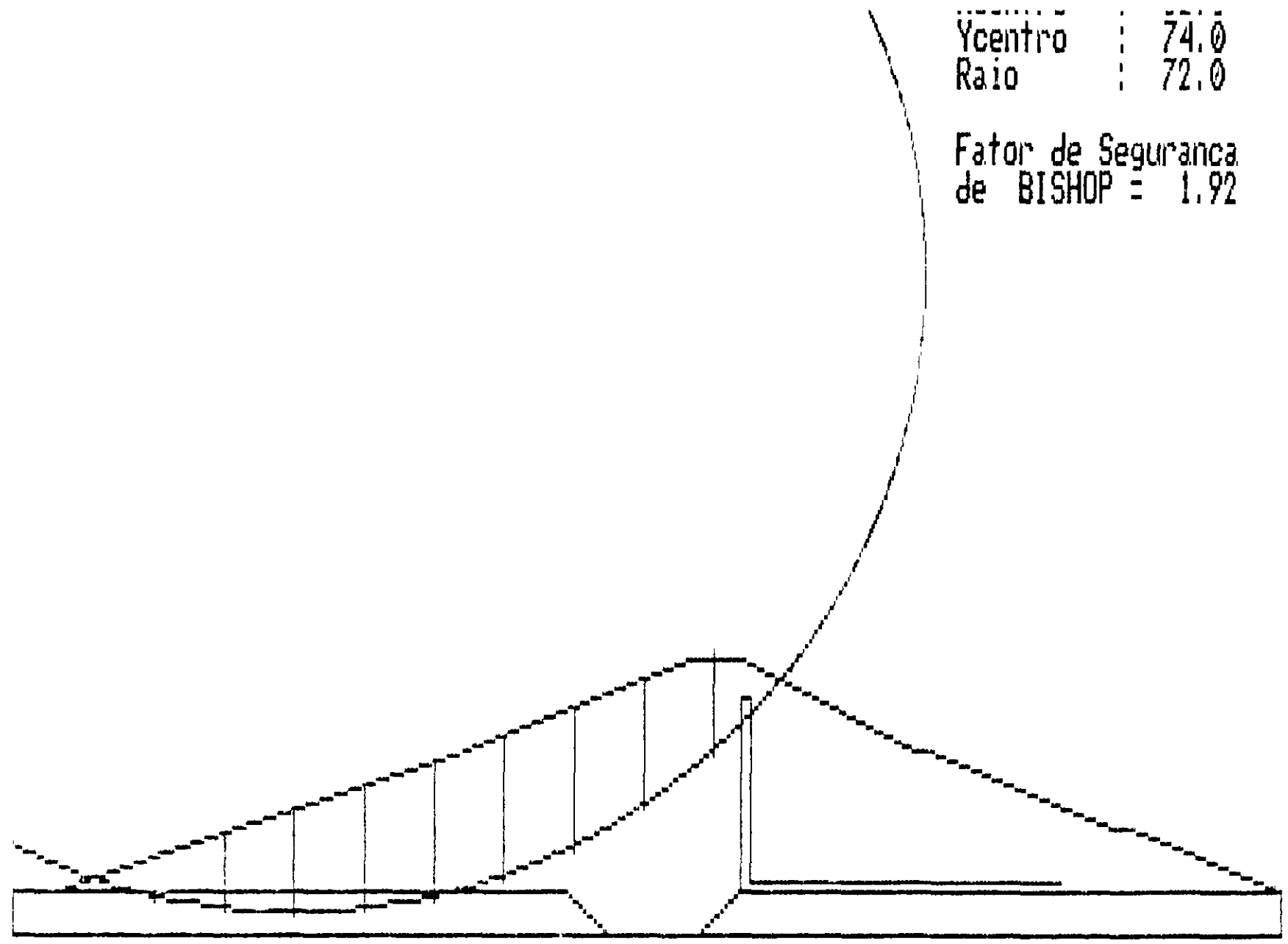
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.09



000103

Ycentro : 74.0
Raio : 72.0

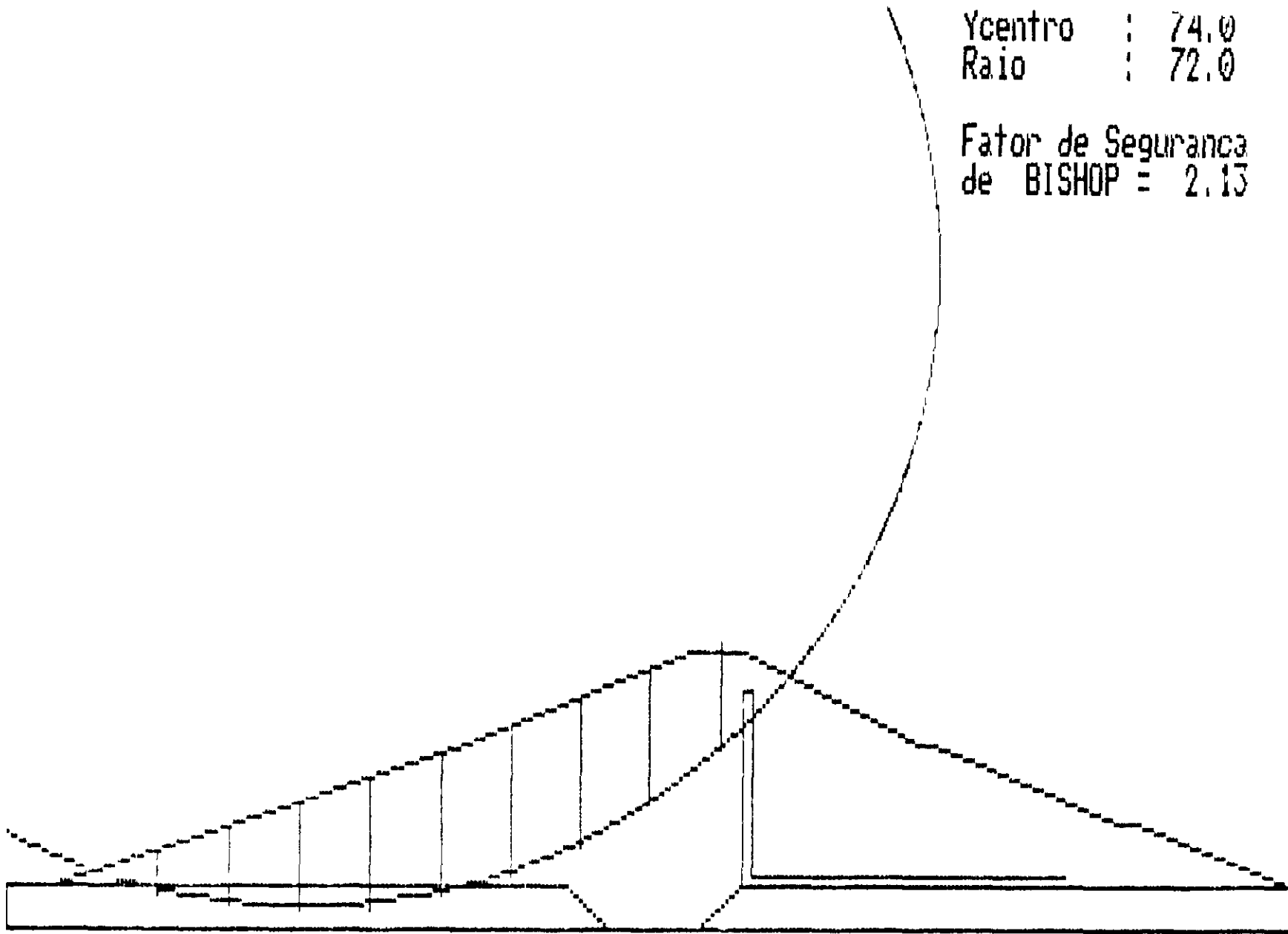
Fator de Seguranca
de BISHOP = 1.92



630104

Ycentro : 74.0
Raio : 72.0

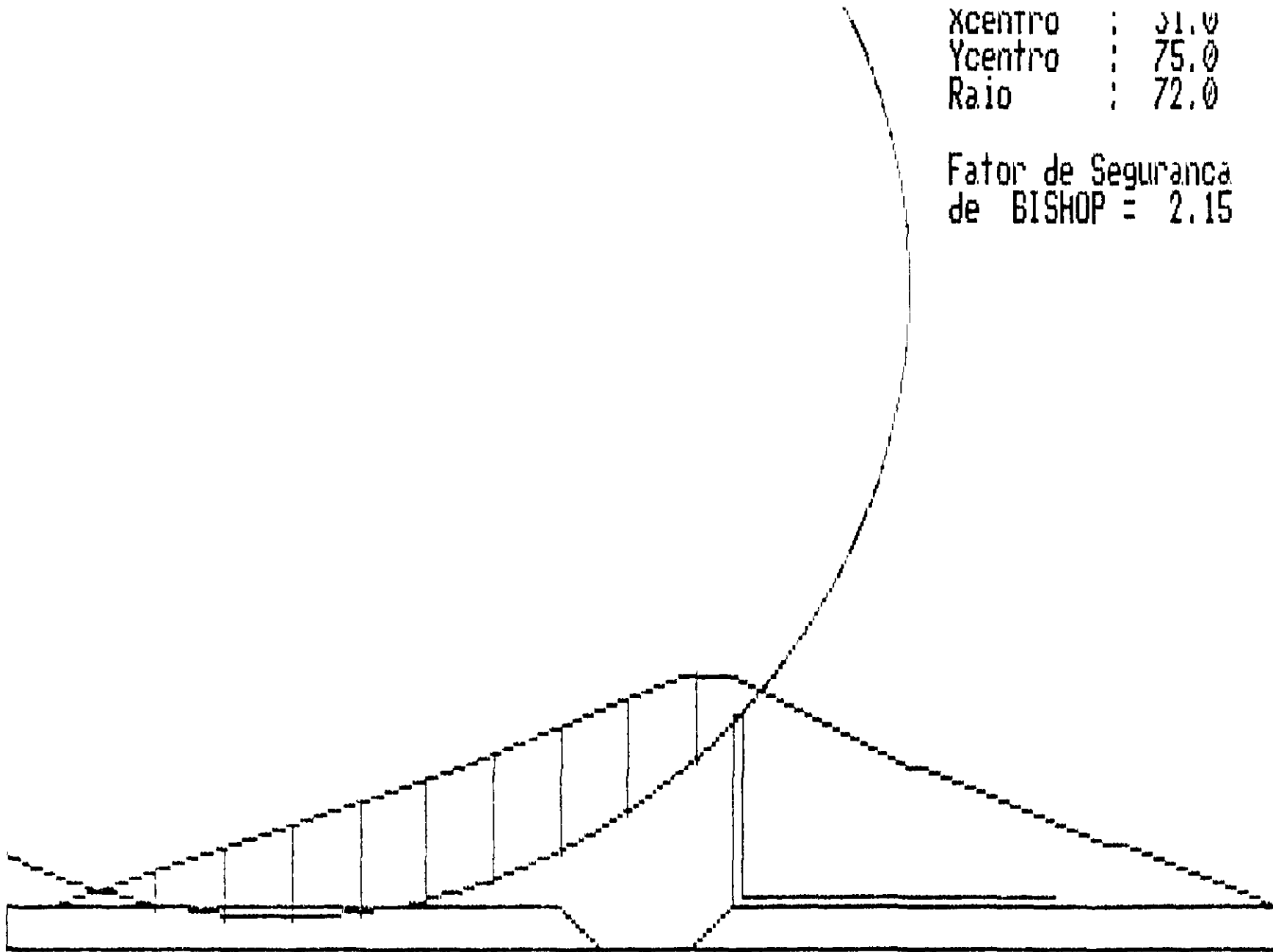
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.13



000105

Xcentro : 51.0
Ycentro : 75.0
Raio : 72.0

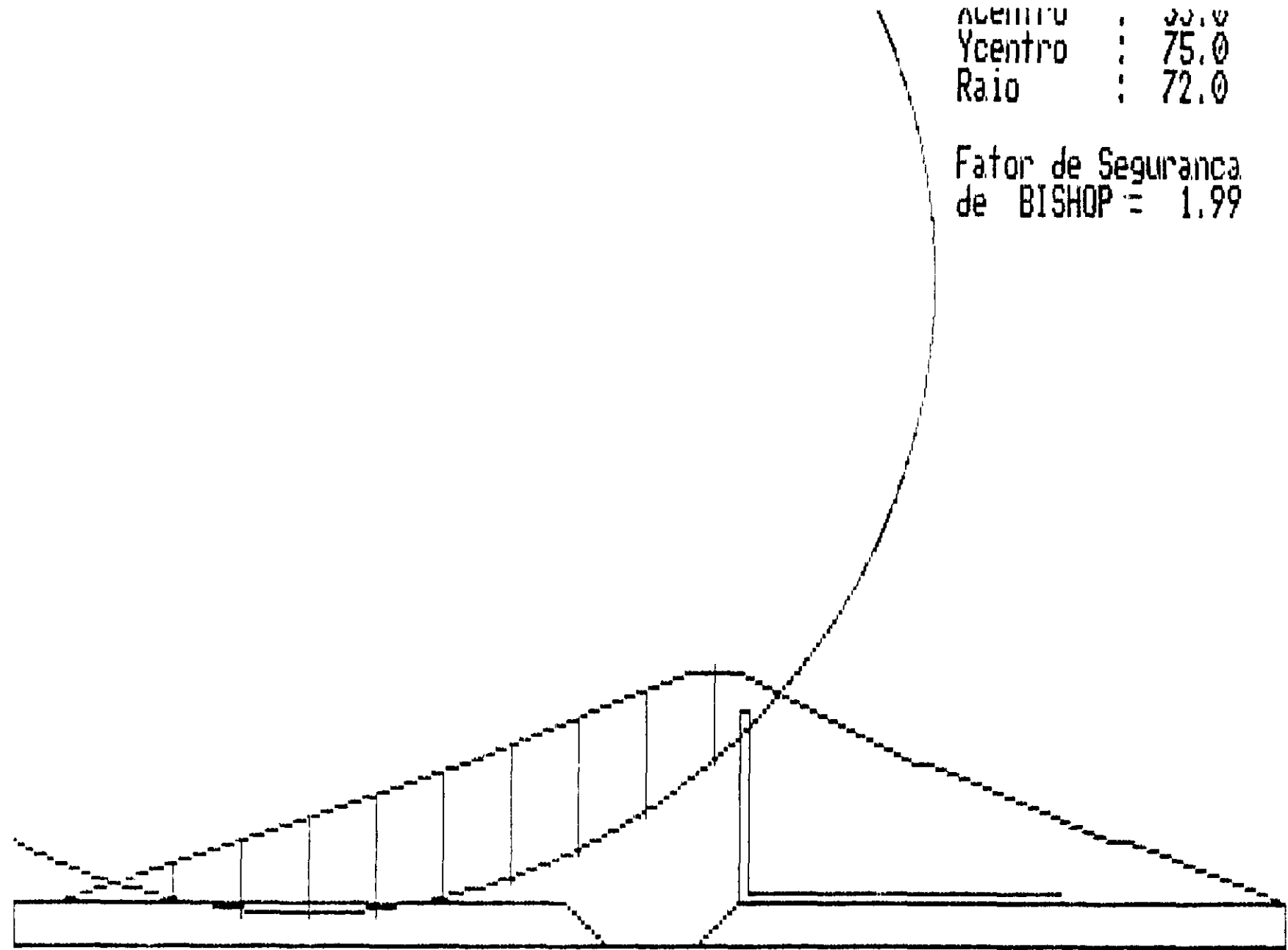
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.15



009106

Xcentro : 33.0
Ycentro : 75.0
Raio : 72.0

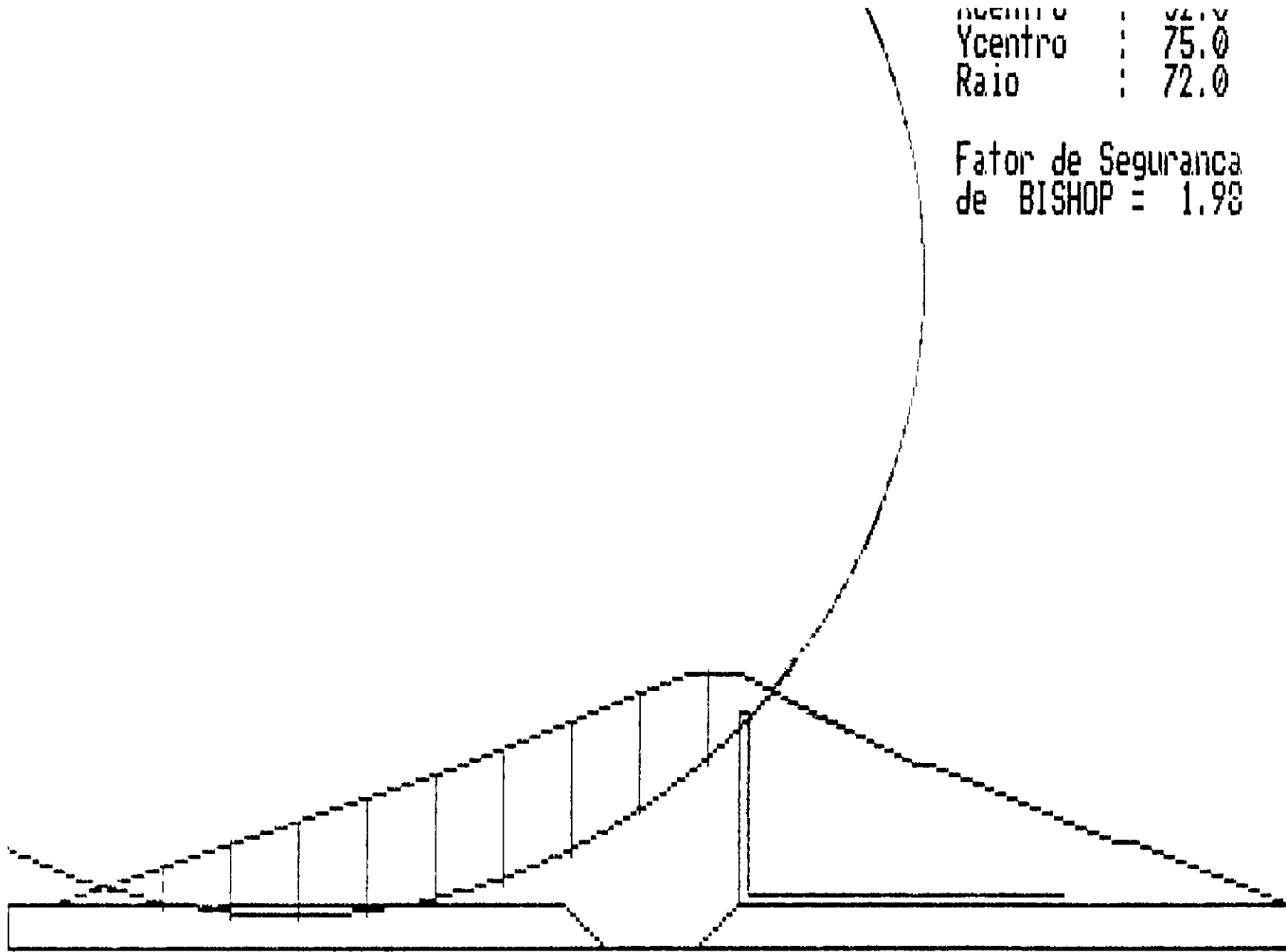
Fator de Seguranca
de BISHOP = 1.99



000167

INCENTRO : 44.4
Ycentro : 75.0
Raio : 72.0

Fator de Seguranca
de BISHOP = 1.98



000108

AGUASOLOS Consultora de Engenharia Ltda.
ANALISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES

PROJETO: BARRAGEM CASTRO - TALUDE DE JUSANTE - EM OPERACAO

Pressao Neutra: 15% do Peso da fatia
Numero de Fatias: 10 Raio: 54.0m

QUADRO RESUMO COM OS FATORES DE SEGURANCA DE BISHOP

	A	b	c	i	a	s	a	s (m)
Ordenadas (m)	110			111				112
58	1.83			1.79				2.05
59	1.52			1.48				1.66
60	2.20			2.55				2.50

Fator de Seguranca Minimo = 1.48

000109

AGUASOLOS LTDA

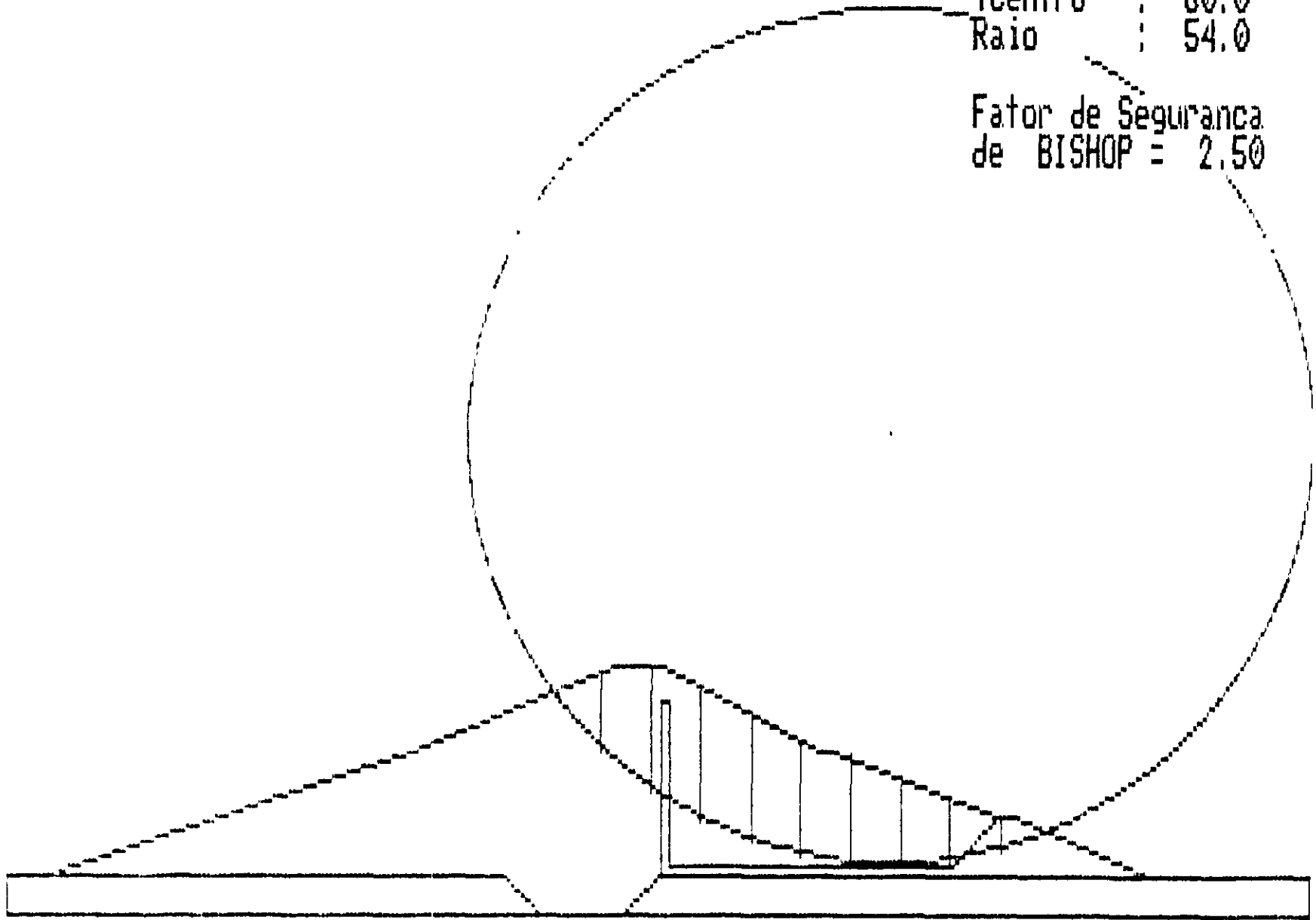
ANALISE DE ESTABILIDADE:- CASTRO EM OPERACAO
RETAS QUE DEFINEM A SECAO DA BARRAGEM

X1	Y1	X2	Y2	DENSIDADE	COESAO	FI
0.00	0.00	0.10	5.00	0.750	0.000	32.000
0.10	5.00	5.00	5.00	0.750		32.000
5.00	5.00	51.50	20.50	0.950	2.000	27.000
51.50	20.50	77.00	30.70	0.950	2.000	27.000
77.00	30.70	83.00	30.70	0.950	2.000	27.000
83.00	30.70	103.40	20.50	1.800	2.000	27.000
103.40	20.50	104.90	20.50	1.800	2.000	27.000
104.90	20.50	126.15	12.00	1.800	2.000	27.000
126.15	12.00	128.15	12.00	2.100		40.000
128.15	12.00	145.65	5.00	2.100	0.000	40.000
145.65	5.00	165.75	5.00	1.650		32.000
165.85	0.00	0.00	0.00	1.650	0.000	32.000
78.00	0.00	83.00	5.00	1.650	0.000	32.000
68.00	0.00	63.00	5.00	1.650		32.000
5.00	5.00	63.00	5.00	1.650	0.000	32.000
83.00	5.00	145.65	5.00	1.650	0.000	32.000
83.00	5.00	83.10	26.50	1.650	0.000	32.000
83.10	26.50	84.10	26.50	1.750	0.000	32.000
84.10	26.50	84.20	6.00	1.750	0.000	32.000
84.20	6.00	120.15	6.00	1.750	0.000	0.000
126.15	12.00	120.15	6.00	2.100		40.000
165.75	5.00	165.85	0.00	1.650	0.000	32.000

000110

Xcentro : 112.0
Ycentro : 60.0
Raio : 54.0

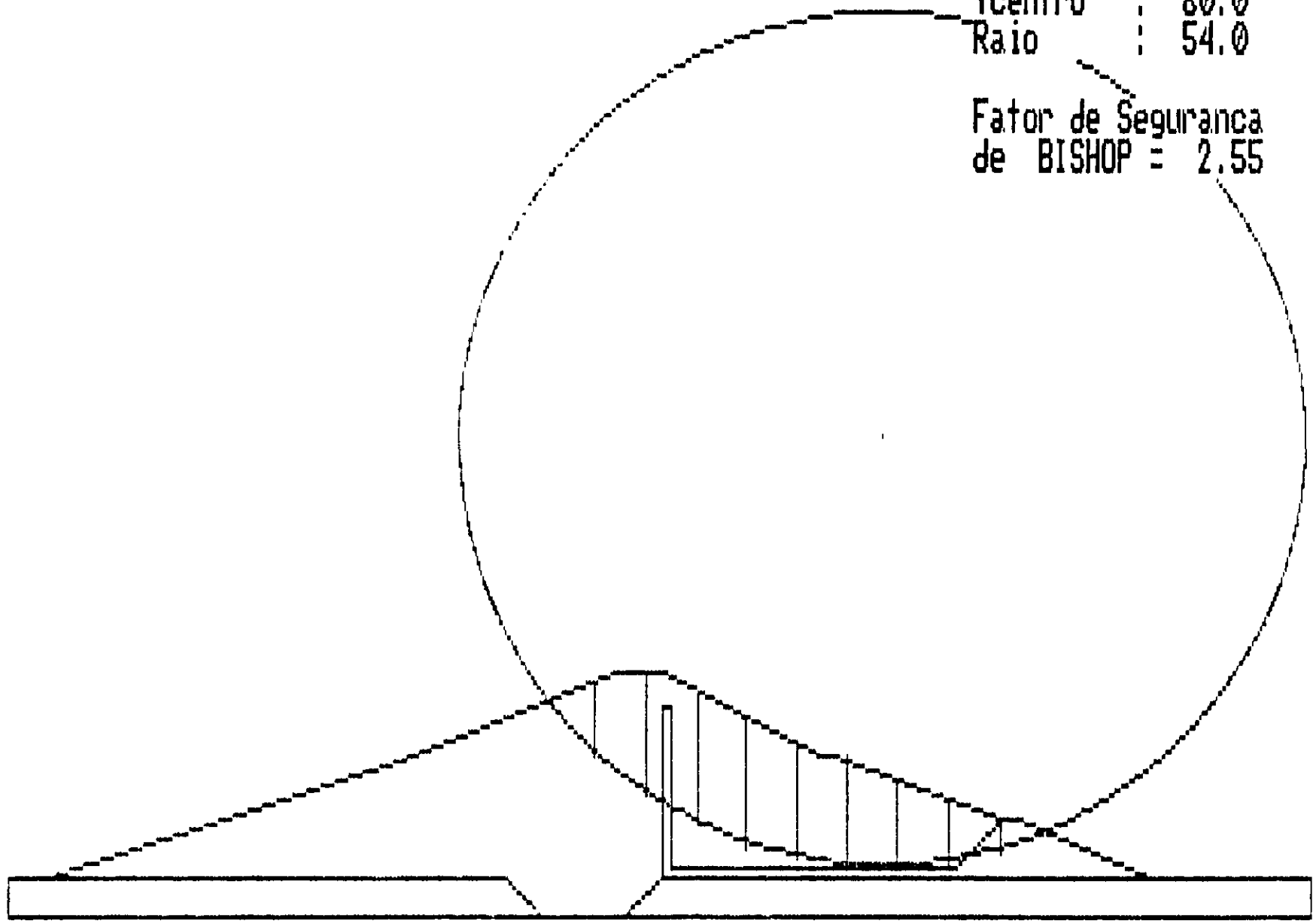
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.50



000111

Xcentro : 111.0
Ycentro : 60.0
Raio : 54.0

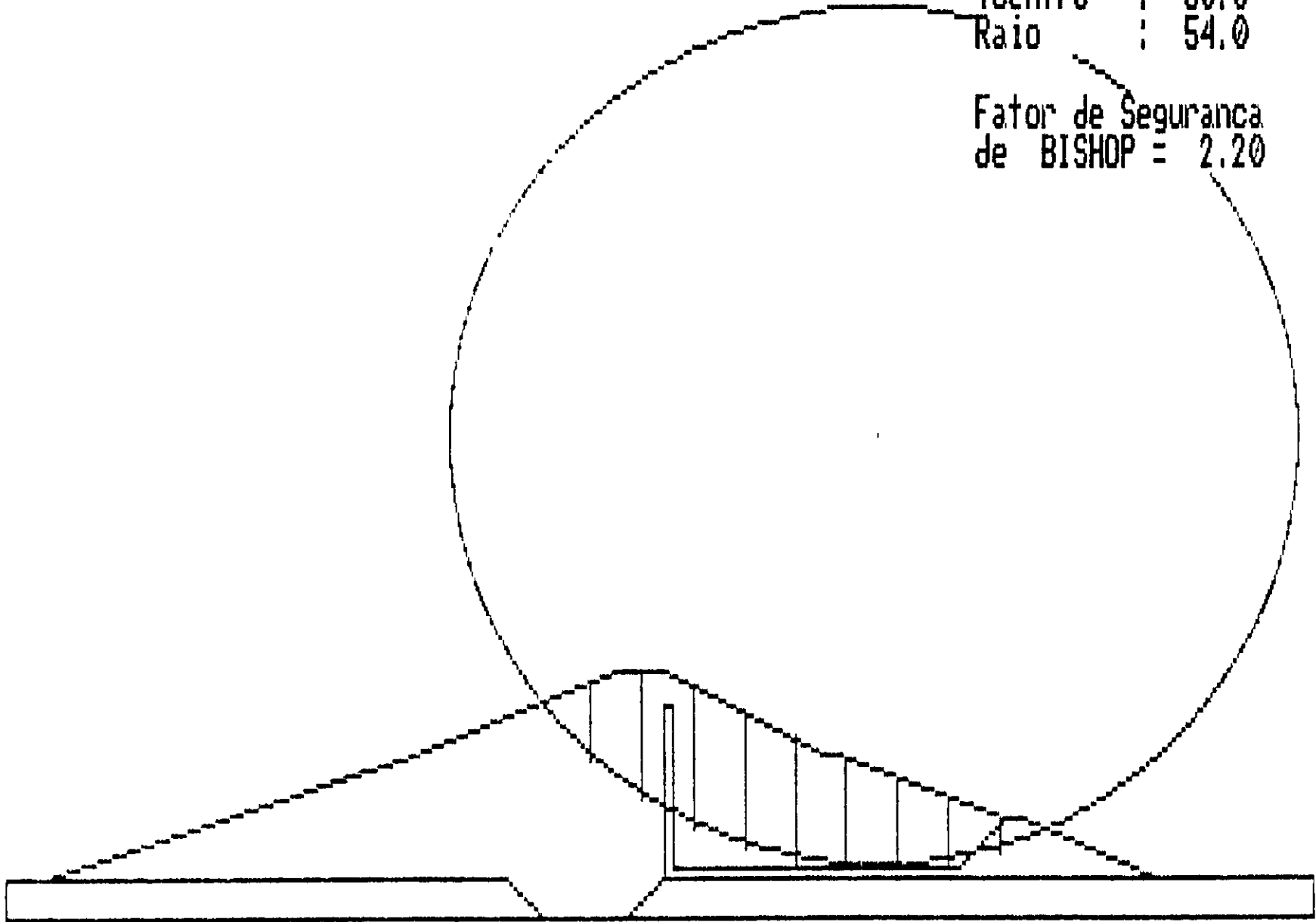
Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.55



000112

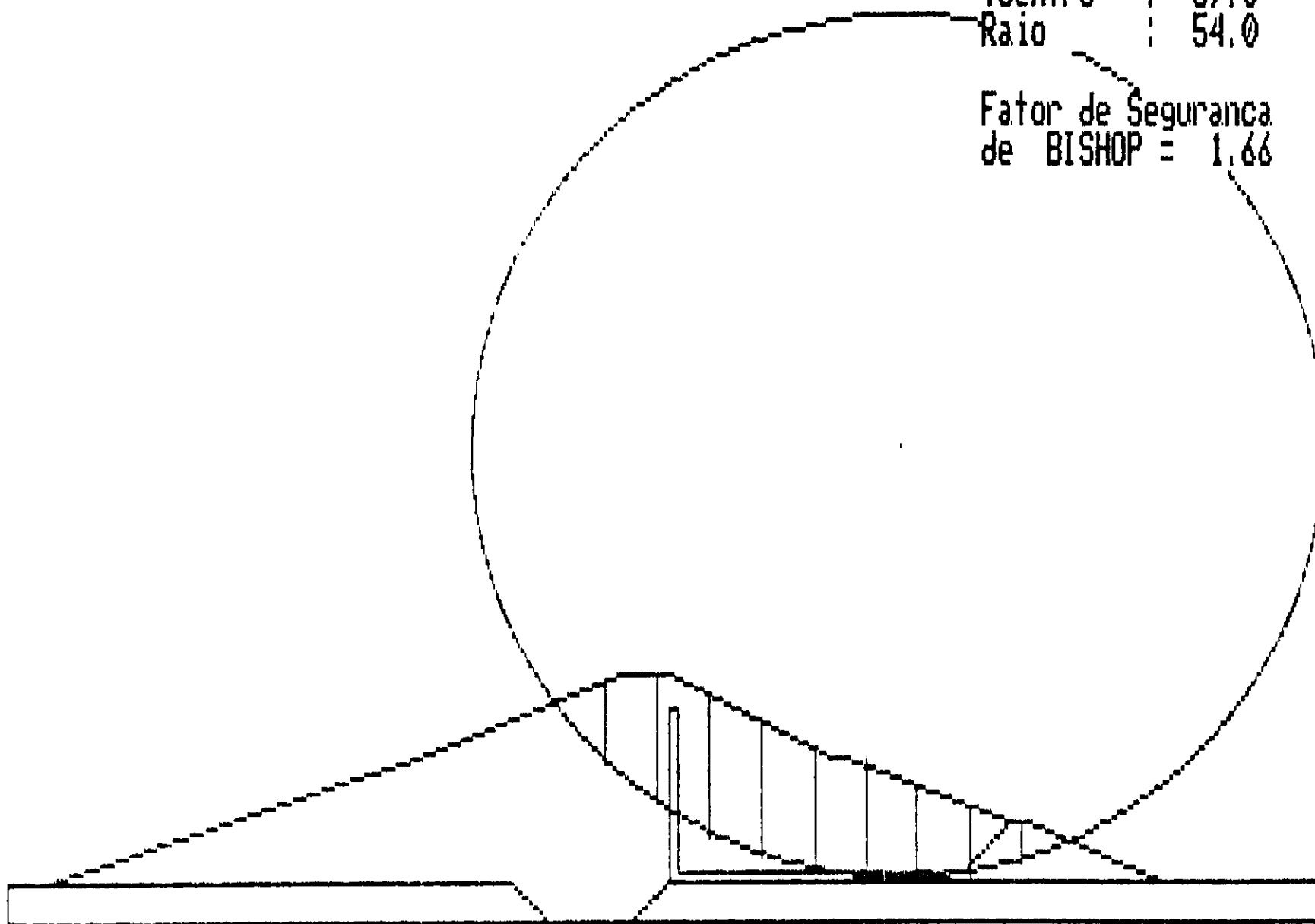
Xcentro : 110.0
Ycentro : 60.0
Raio : 54.0

Fator de Seguranca
de BISHOP = 2.20



Xcentro : 112.0
Ycentro : 59.0
Raio : 54.0

Fator de Seguranca
de BISHOP = 1.66

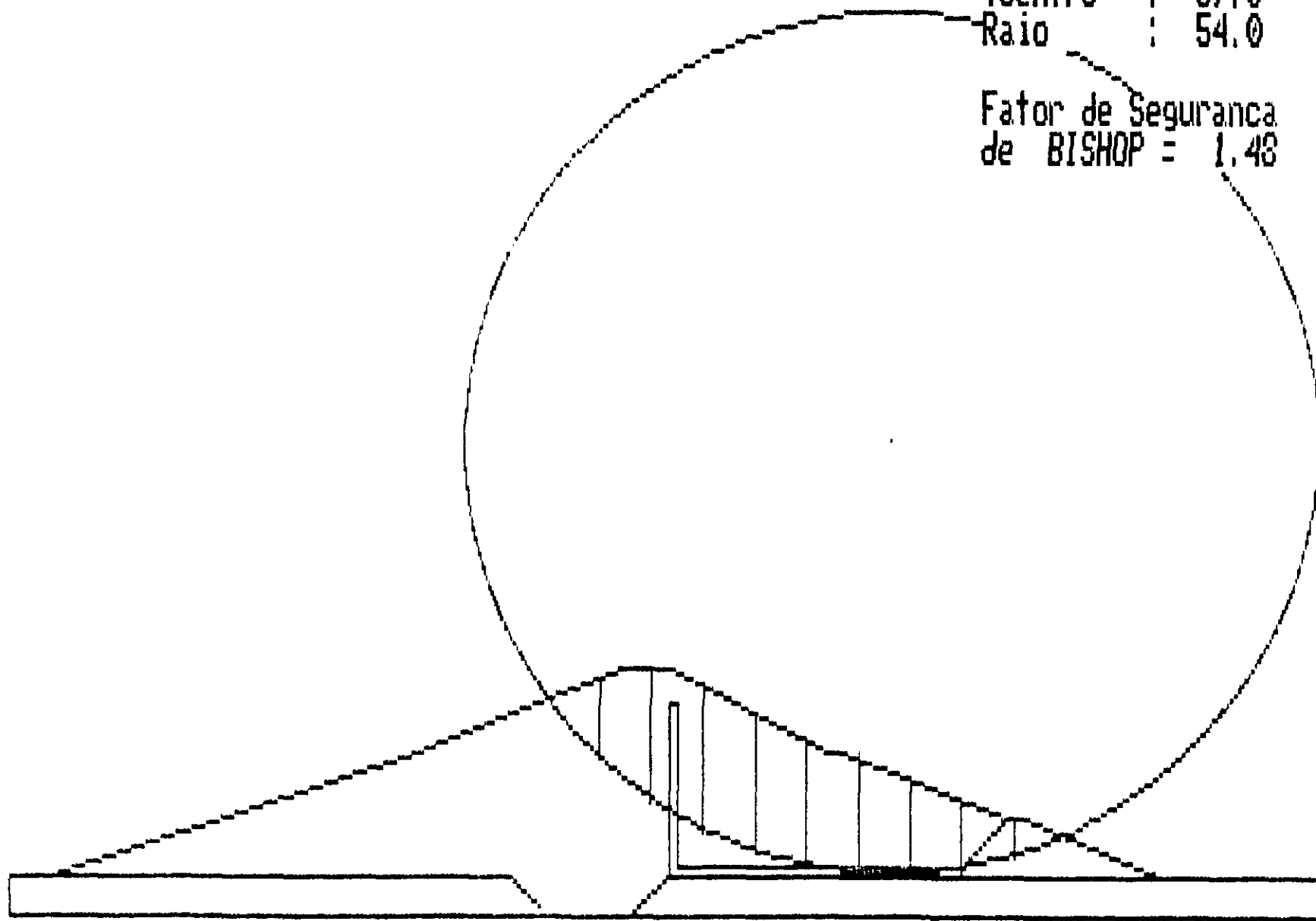


070114

PLANO DE TRABALHO - M. C. BISHOP - 5/10/71

Xcentro : 111.0
Ycentro : 59.0
Raio : 54.0

Fator de Seguranca
de BISHOP = 1.48



000115

A N E X O 1

AÇUDE CASTRO

PROJETO ALTERNATIVO

DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO TIPO CREAGER

1) Dados de Projeto

- Vazão máxima de projeto para um período de retorno de 1000 anos:

$$Q_{1000} = 264,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Largura do vertedouro:

$$L = 80 \text{ m}$$

- Cota da crista do vertedouro:

$$N_c = 151,50 \text{ m}$$

- Cota nível máximo no açude:

$$N_A = 152,83 \text{ m}$$

- Cota do pé do vertedouro:

$$N_D = 148,50 \text{ m}$$

- Vertedouro: tipo Creager

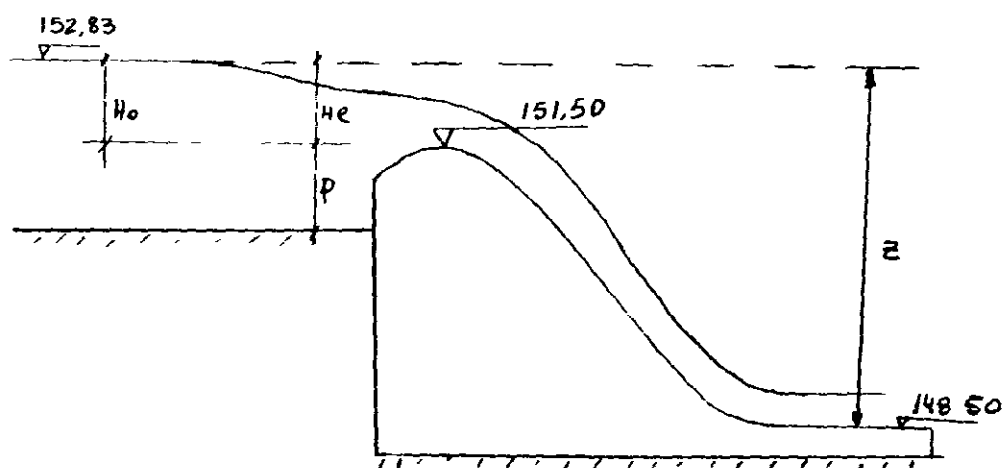


FIGURA 1 - ESQUEMA DO VERTEDOURO

2) Determinação da altura de aproximação "p"

Assumindo primeiramente que o coeficiente de descarga é $3,89 \frac{\text{ft}^{1/2}}{\text{s}}$ e $\frac{H_e}{H_c} = 1$, obtém-se da figura 189 (Design of Small Dams - pg. 276) o valor da relação P/Ho. (ver fig.2)

$$\frac{P}{H_o} = 1,05$$

$$P = 1,05 \times H_o$$

$$P = 1,05 \times (152,83 - 151,50)$$

$$P = 1,05 \times 1,33 = 1,40 \text{ m}$$

Coeficiente de descarga em $\left(\frac{\text{m}^{1/2}}{\text{s}}\right)$

$$C_o = 3,89 \times 0,5521 = 2,1477 \frac{\text{m}^{1/2}}{\text{s}}$$

A vazão calculada Q_{calc} será:

$$Q_{\text{calc}} = C_o \times L \times H_o^{3/2}$$

$$Q_{\text{calc}} = 2,1477 \times 80 \times 1,33^{3/2}$$

$$Q_{\text{calc}} = 263,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo da diferença relativa entre Q_{calc} e Q_{1000} :

$$\frac{Q_{\text{calc}} - Q_{1000}}{Q_{1000}} \times 100 = \frac{263,54 - 264,04}{264,04} \times 100 = 0,19\%$$

Como a diferença relativa entre Q_{calc} e Q_{1000} é pequena, adotar-se-á a altura "p" do vertedouro o valor de 1,40 cm.

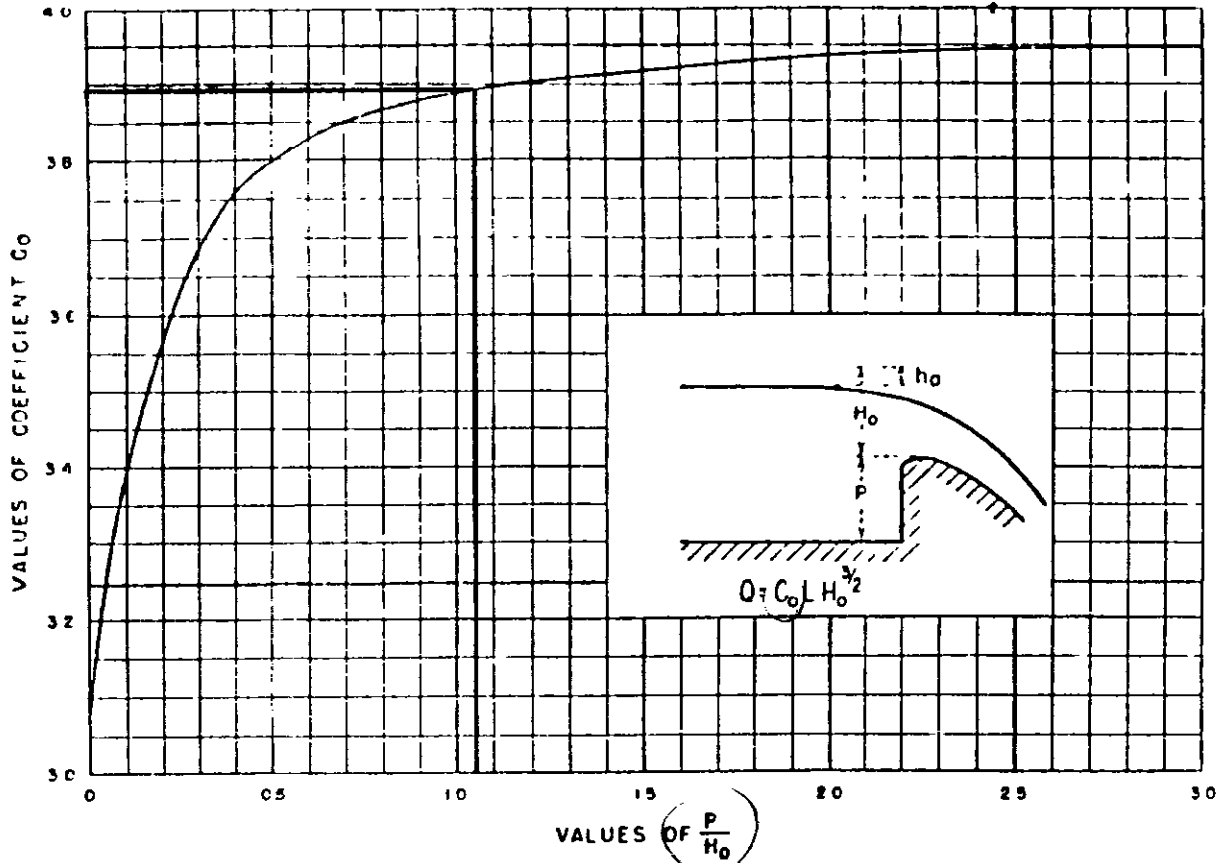


FIGURA 2 - COEFICIENTE DE DESCARGA PARA VERTEDOURO COM FACE DE MONTANTE VERTICAL (fig.189-Design of Small Dams-pg276)

3) Determinação do Perfil Creager ($H_o = 1,33$ m)

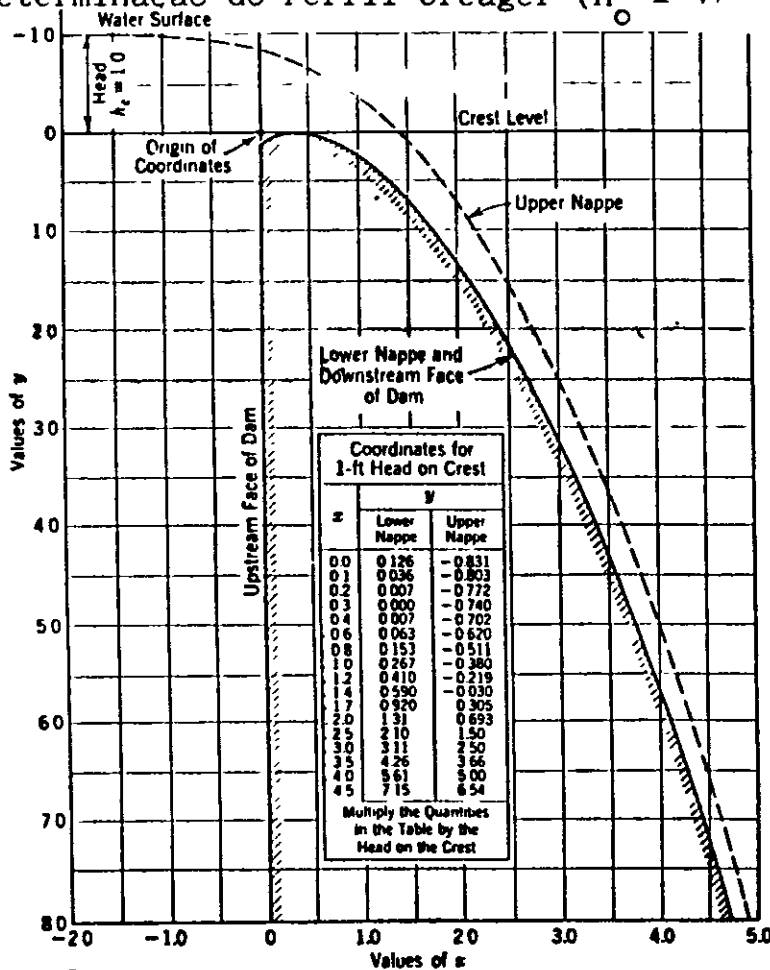


FIGURA 3 - GEOMETRIA DA CRISTA DO VERTEDOURO

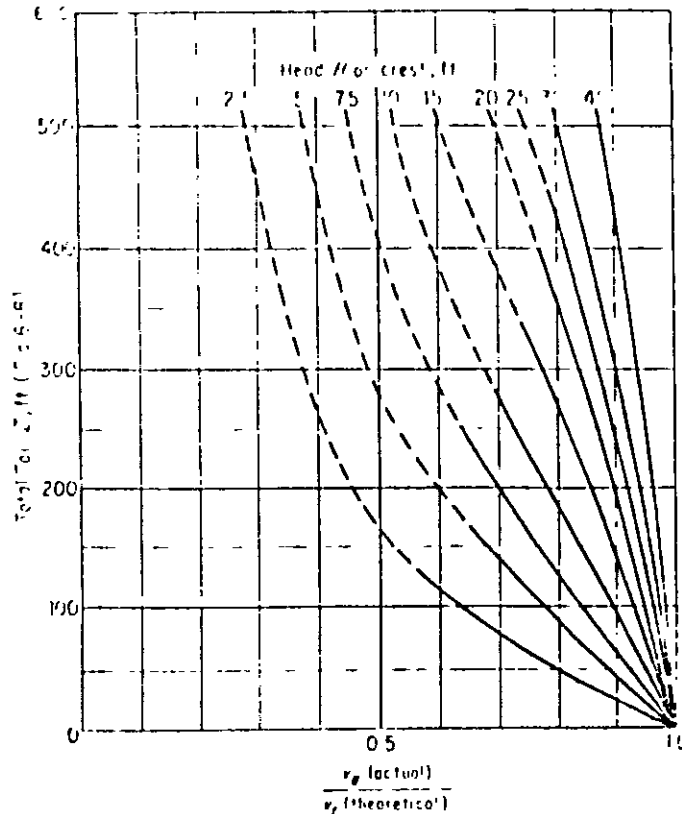


FIGURA 4 - VELOCIDADE AO PÉ DO VERTEDOURO
(FIG.6.10 - HENDERSON - PG.185)

5) Dimensionamento da Bacia de Dissipação

Na entrada da bacia de dissipação tem-se:

- profundidade do escoamento (Y_1)

$$Y_1 = 0,3972 \text{ m}$$

- Velocidade do escoamento (V_1)

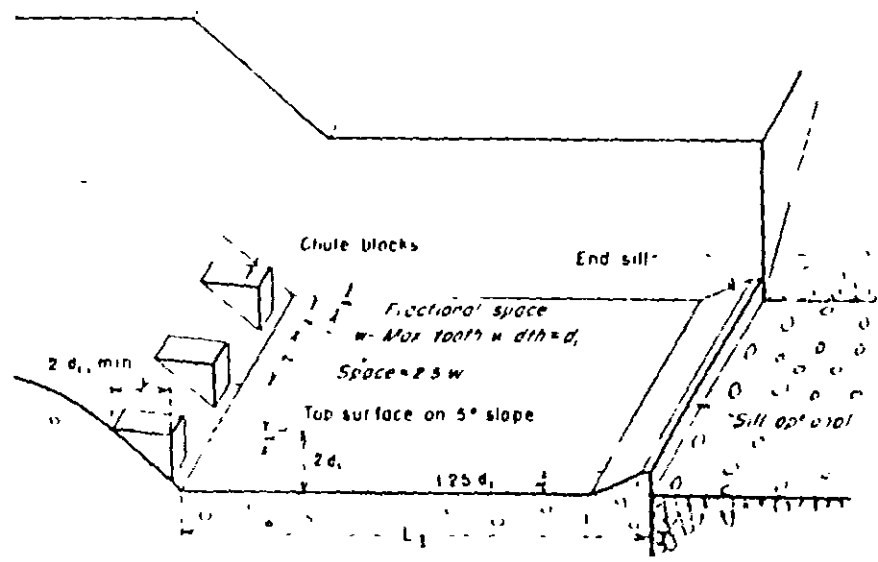
$$V_1 = 8,3102 \text{ m/s}$$

O número de Froude (Fr_1) será:

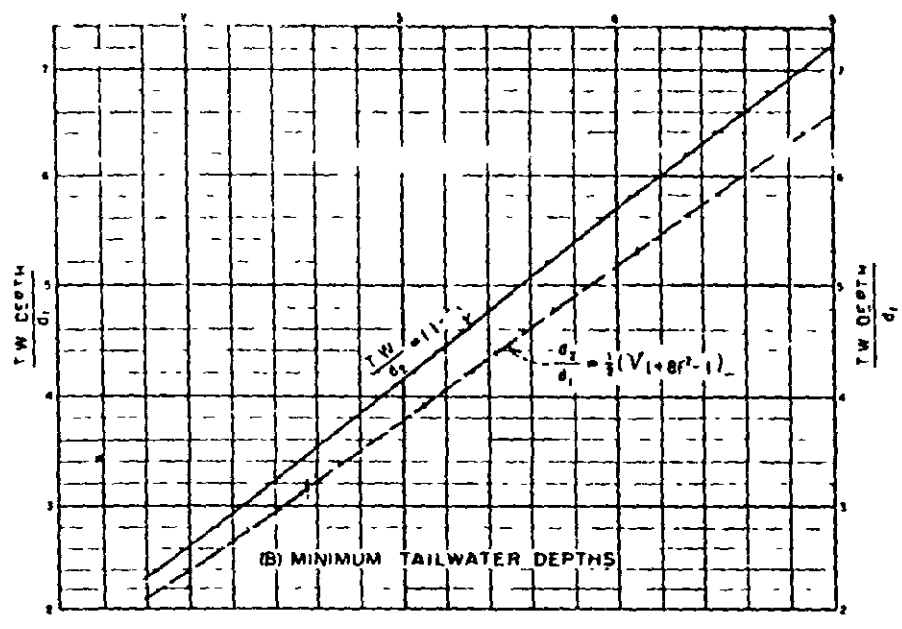
$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g Y_1}} = \frac{8,3102}{\sqrt{9,81 \times 0,3972}} = 4,21$$

Seguindo recomendações do U.S. Department of The Interior (1965) Design of Small Dams, para número de Froude entre 2,5 e 4,5 deve-se adotar a bacia de dissipação tipo I (fig. 205 - pg 295, D.S.D). A figura 5 mostra as características da bacia de dissipação tipo I.

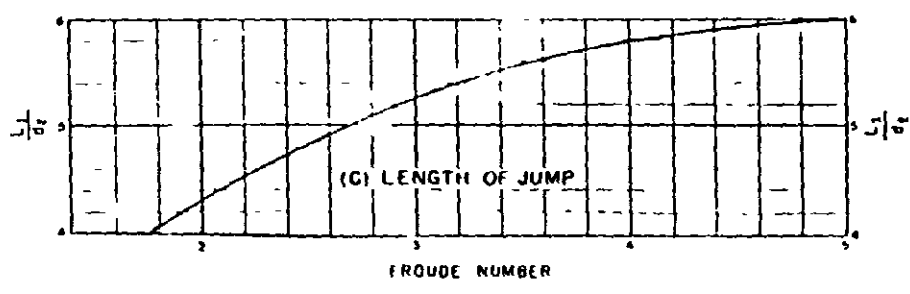
SPILLWAYS



(A) TYPE I BASIN DIMENSIONS FROM MINMLR



(B) MINIMUM TAILWATER DEPTHS



(C) LENGTH OF JUMP

Figure 205 Stilling basin characteristics for Froude numbers between 2.5 and 4.5

FUGURA 5 - BACIA DE DISSIPAÇÃO TIPO I PARA NÚMERO DE FROUDE ENTRE 2,5 e 4,5

000123

5.1 - Altura Conjugada (Y_2)

A altura conjugada Y_2 pode ser calculada a partir da figura 5 - (B) que dá a relação $\frac{Y_2}{Y_1}$ em função do número de Froude.

$$\frac{Y_2}{Y_1} = 5,47 \quad (\text{para } Fr_1 = 4,21)$$

$$Y_2 = 5,47 \times 0,3972$$

$$Y_2 = 2,17 \text{ m } (7,13 \text{ ft})$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{264,04}{80 \times 2,17}$$

$$V_2 = 1,52 \text{ m/s}$$

5.2 - Determinação do Comprimento da Bacia de Dissipação (L)

Da figura 5 (C) obtém-se para $Fr = 4,21$:

$$\frac{L}{Y_2} = 5,8$$

$$L = 5,8 \times 2,17 = 12,59 \text{ m}$$

Será adotado $L = 15\text{m}$

5.3 - Dimensionamento dos Blocos Dissipadores de Energia

5.3.1 - Blocos em rampa ("Chute Blocks")

- Número total de blocos (nb): $nb = 57$

- Largura (d_1): $d_1 = y_1$: $d_1 = 0,40 \text{ m}$

- Altura (h_1): $h_1 = 2 \times d_1$: $h_1 = 0,80 \text{ m} *$

- Espaçamento entre blocos (e_1): $e_1 = 2,5 d_1$

$$e_1 = 1,00 \text{ m}$$

000124

* ver obs. no final da pag.139

- Distância entre as paredes e o 1º bloco (e_2)

$$e_2 = 0,60 \text{ m}$$

5.4 - Fixação da Cota de Fundo da Bacia de Dissipação

5.4.1 - Nível do "Tail Water"

Para a determinação do nível do "Tail Water" foi calculado o perfil d'água no canal horizontal após a bacia, ver figura 6, utilizando-se o "Step Method". A cota de fundo da bacia foi fixada em 148,5.

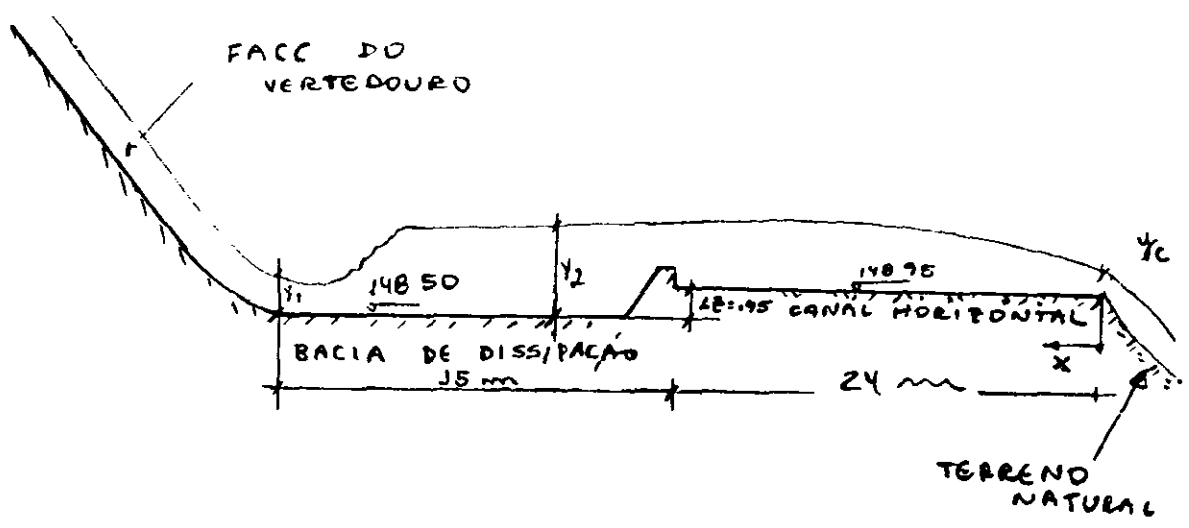


FIGURA 6 - ESQUEMA DO CANAL HORIZONTAL APÓS A BACIA DE DISSIPACÃO

- Altura Crítica (Y_c)

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{(264,04)^2}{9,81 \times 80^2}}$$

$$Y_c = 1,04 \text{ m}$$

Para que o ressalto hidráulico ocorra no interior da bacia de dissipação a cota mínima da superfície d'água "Tail Water" deverá ser igual a 150,67 , que corresponde à cota de fundo da bacia mais a altura conjugada Y_2 . O canal horizontal após a bacia deverá ter sua cota de fundo igual a 148,95, para que o nível do "Tail Water" seja 150,67 .

6 - Verificação da Eficiência do Ressalto

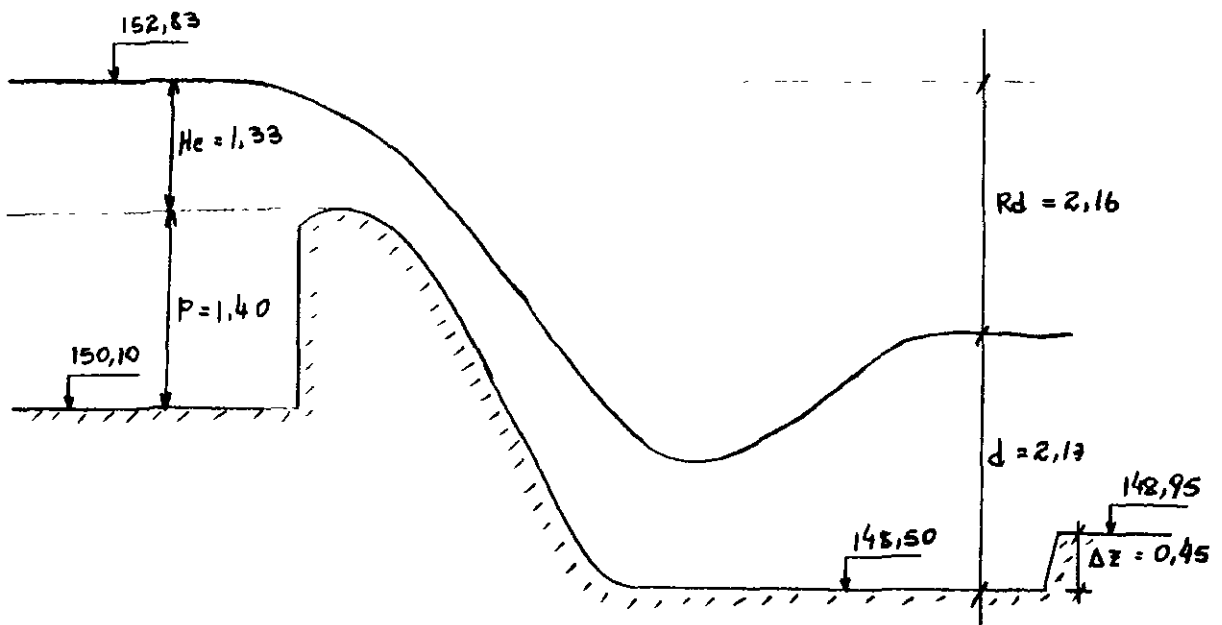


FIGURA 7 - ESQUEMA PARA VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO RESSALTO

$$\frac{hd + d}{H_e} = \frac{2,16 + 2,17}{3,25} = 3,25$$

$$\frac{hd}{H_e} = \frac{2,16}{1,33} = 1,51$$

278

DESIGN OF SMALL DAMS

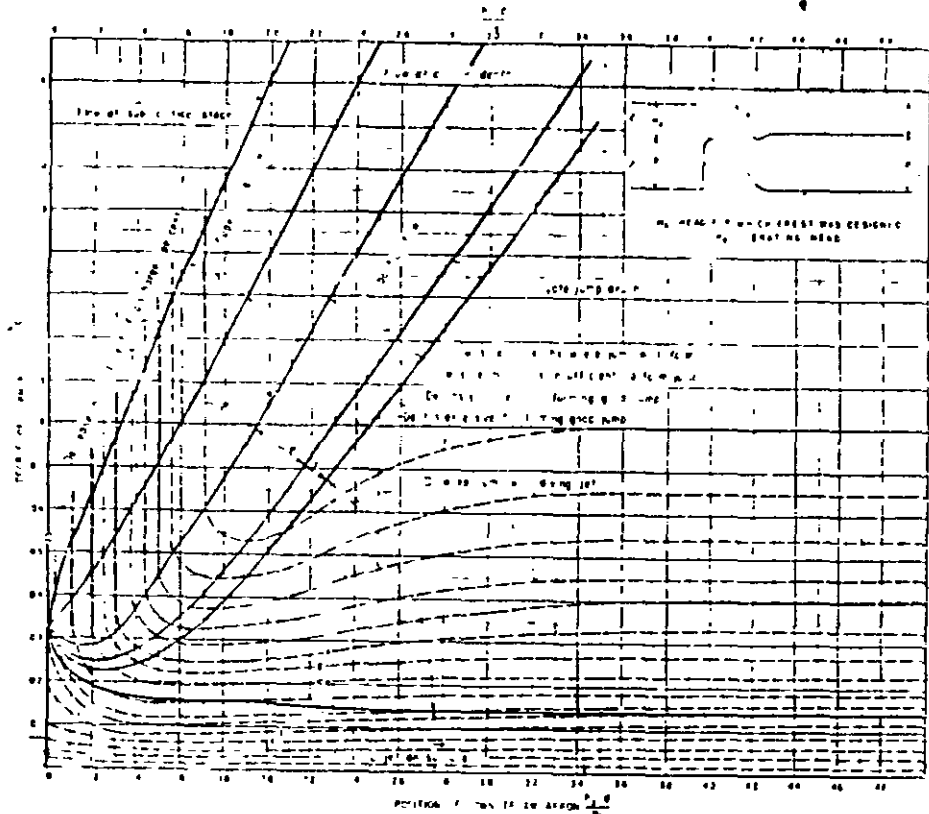


Figure 192 Effects of downstream influences on flow over weir crest

FIGURA 8 - EFEITO DE JUSANTE SOBRE O ESCOAMENTO NO VERTEDOIRO
(FIGURA 192 - D.S.D)

A figura 8 mostra a influência do escoamento de jusante sobre o fluxo no vertedouro, em função dos parâmetros $\frac{hd}{H_e}$ e $\frac{hd + d}{H_e}$.

Verifica-se que, para os valores $\frac{hd}{H_e} = 1,51$ e $\frac{hd + d}{H_e} = 3,25$, a profundidade é suficiente para formar um bom ressalto.

O coeficiente de descarga não sofrerá influência do fluxo a jusante como pode ser visto na figura 9, pois para $\frac{hd + d}{H_e} = 3,25$ a relação $\frac{C_s}{C}$ é igual a 1.

SPILLWAYS

279

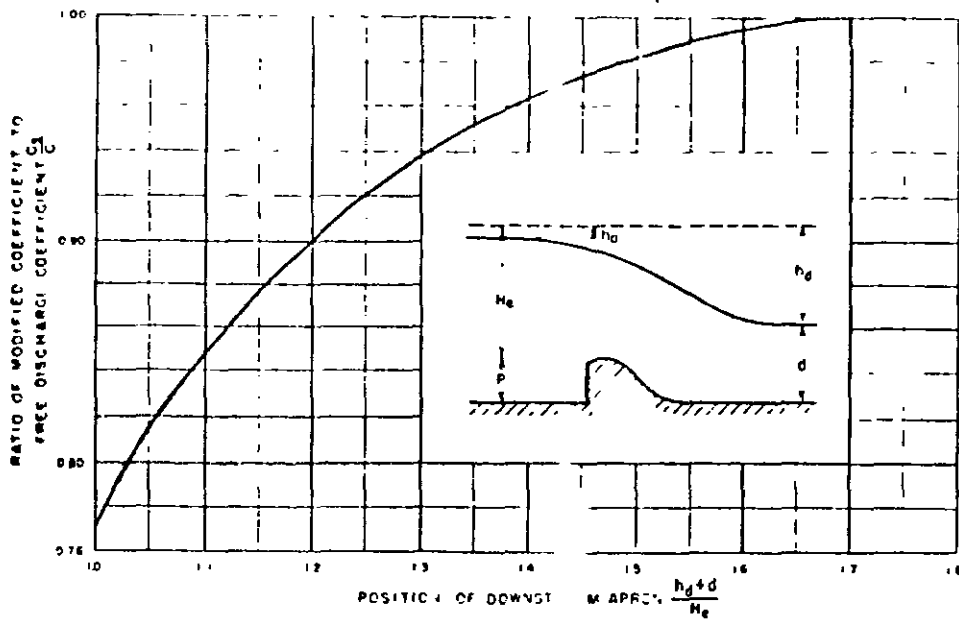


Figure 193 Ratio of discharge coefficient, due to apron effect

FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE O COEFICIENTE DE DESCARGA (C_B) E O COEFICIENTE DE DESCARGA LIVRE (C)

7 - Verificação do Regime do Escoamento no Canal Natural

Para verificação do regime do escoamento no canal natural, foram feitos levantamentos em 3 seções transversais ao canal, distantes entre si de 20m, e determinadas equações de ajuste para a área, perímetro e largura da superfície, todos em função da lâmina d'água.

A partir destas equações usou-se o "Step Method" para calcular o perfil d'água para a vazão de projeto e determinou-se o número de Froude. Como pode ser visto na Tabela 3, os números de Froude nas seções 3J, 4J e 5J são maiores que a unidade, o que mostra que o escoamento ocorre em regime supercrítico.

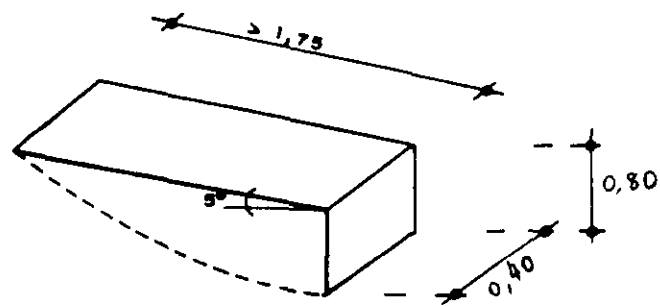
Tabela 3 - Perfil d'água no Canal Natural pela Aplicação do "Step Method" e número de Froude,

Seção	Data	Y(-)	W(-)	D(-)	Rh(-)	DELTA W(-)	W(-)	W2/2g(-)	E(-)	Fr
2,47-	148.50	1.510	144.00	83.82	1.722	92	4.210	0.9870	2.7170	0.212400
3	147.7	1.702	137.77	92.07	1.640	87	5.944	1.8006	3.0003	0.246655
4	146.5	1.000	91.45	114.10	0.788	75	1.677	2.0701	3.0001	0.078000
5j	144.9	1.266	87.46	95.04	0.920	79	6.936	2.4571	3.7501	0.041000

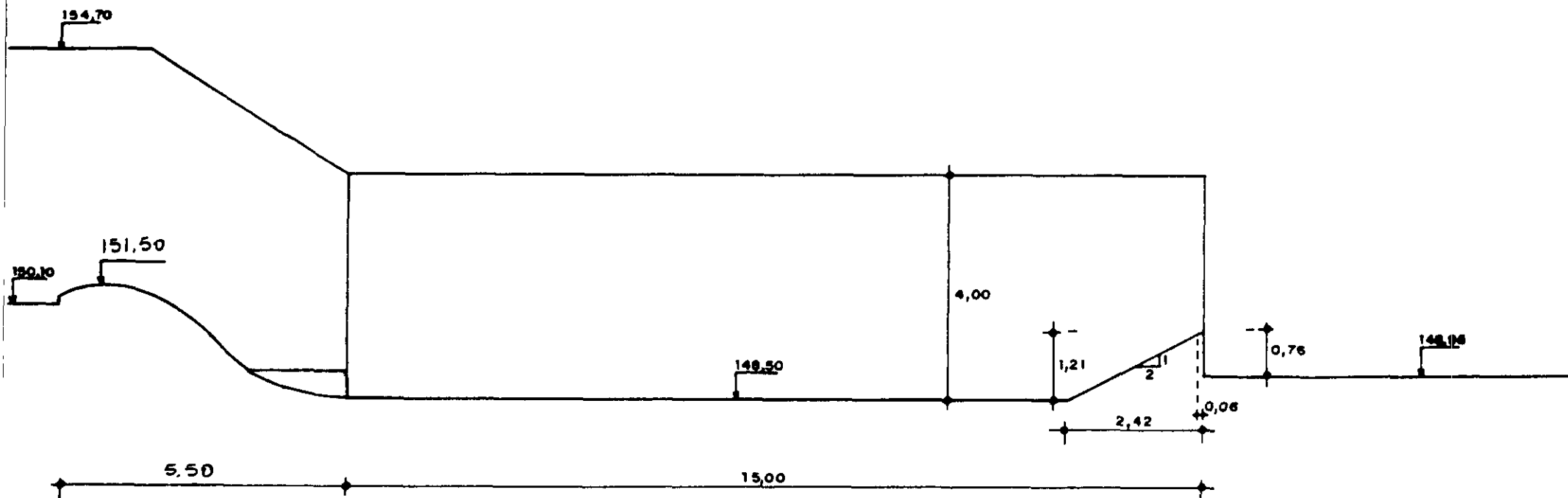
Seção	Data	Y(-)	Fr médio	21-22	DELTA E(-)	DELTA W(-)	W (-)	Y(-)	Fr
2,47-	148.50	1.510	0.200071	1.01	-0.91500	17.21	0.00	81	1.07
3	147.7	1.702	0.052905	1.70	-0.04030	22.04	27.00	93.00	1.07
4	146.5	1.000	0.078000	1.60	-0.16057	22.01	50.00	114.00	2.41
5j	144.9	1.266						95.00	2.71

O anexo 2 mostra as equações da área, perímetro molhado e largura da superfície d'água para as seções 3J, 4J e 5J em função da lâmina d'água, e o Anexo 3 mostra a quantificação do Volume de concreto da Ogiva e bacia de dissipação.

Observação: Devido à pequena altura do vertedouro, a bacia de dissipação recomendada pelo U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, bacia tipo I, foi adaptada para este projeto, com a diminuição da altura e comprimento dos blocos em rampa ("Chute Blocks").
Recomenda-se, antes da execução da obra, que seja feito um modelo reduzido para a verificação da ocorrência do ressalto hidráulico na bacia de dissipação.



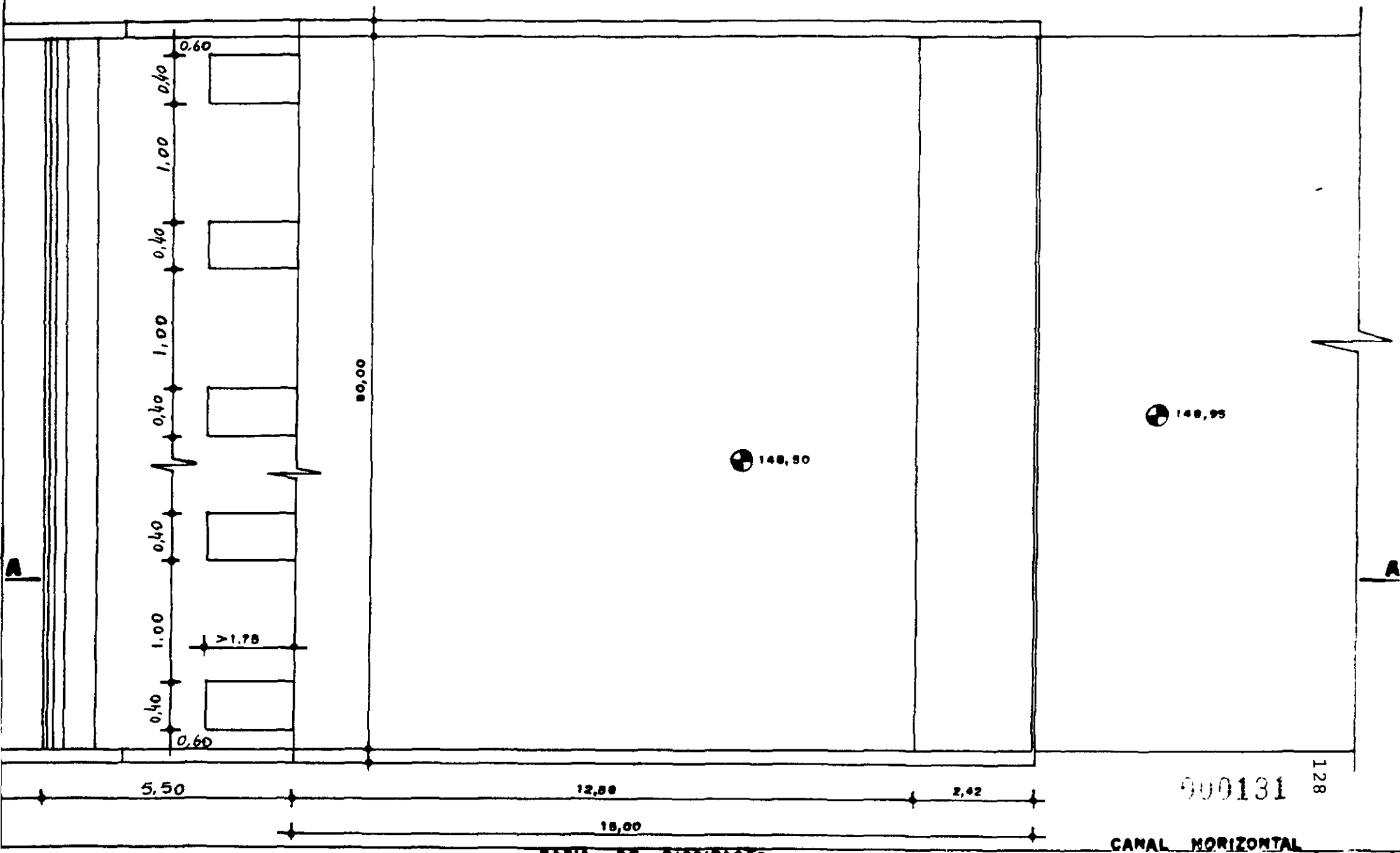
BLOCO EM RAMPA



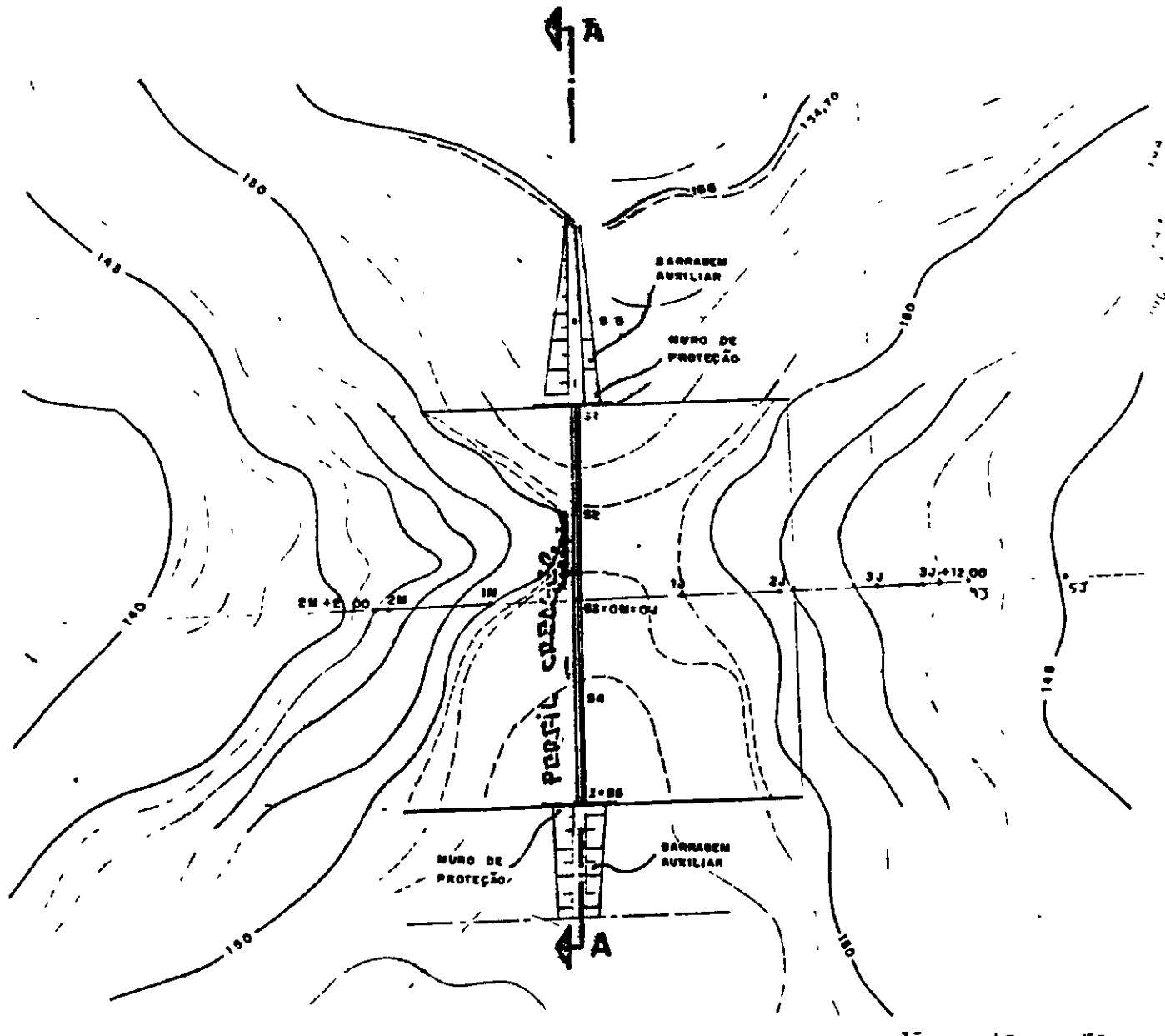
CORTE - AA
"BACIA DE DISSIPACÃO"

000130

PLANTA DA BACIA DE DISSIPACÃO



A N E X O 2



PLANTA DO SANGRADEIRO

ESCALA 1/1000

000133

130
 130
 130

SEÇÃO 3J

AJUSTE

MODELO	NUMERO DE PARAMS	COEF. CORREL.	EQUACAO
Cúbica	3	+1.0000	$Y = -4.55152 + (31.61021) * X + (10.20745) * (X ** 2) + (2.702701) * (X ** 3)$

X : largura y3j

Y : nº de peças 3j

AJUSTE

MODELO	NUMERO DE PARAMS	COEF. CORREL.	EQUACAO
Cúbica	3	+1.0000	$Y = 23.7367 + (23.92202) * X + (.267427) * (X ** 2) + (2.837031) * (X ** 3)$

X : largura y3j

Y : perimetro 3j

AJUSTE

MODELO	NUMERO DE PARAMS	COEF. CORREL.	EQUACAO
Cúbica	3	+1.0000	$Y = 26.65855 + (23.11952) * X + (16.16759) * (X ** 2) + (-1.637631) * (X ** 3)$

X : largura y3j

Y : largura sup 3j

SEÇÃO 4J

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARÂMETROS	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Cúbica	4	+1.0000	$Y = -7.491432 + (47.97177) * X + (16.98225) * (X ** 2) + (.1654435) * (X ** 3)$

X : largura y4j

Y : peso seco 4j

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARÂMETROS	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Exponencial cúbica	4	+1.0000	$Y = 13.97747 * EXP(3.263871 * X + (-1.540019) * (X ** 2) + (.2517496) * (X ** 3)$

X : largura y4j

Y : perimetro 4j

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARÂMETROS	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Exponencial cúbica	4	+1.0000	$Y = 12.1966 * EXP(3.567376 * X + (-1.734896) * (X ** 2) + (.2895567) * (X ** 3)$

X : largura y4j

Y : largura sup 4j

SEÇÃO 5J

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARES	COEF. CORREL.	EQ. AJUST.
Cúbica	3	+1.0000	$Y = -4.692697 + (66.4643) * X + (2.036003) * (X ** 2) + (.4) * (X ** 3)$

X = lamina y5j

Y = area secac 5j

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARES	COEF. CORREL.	EQ. AJUST.
Cúbica	3	+1.0000	$Y = 54.19945 + (16.91571) * X + (11.61004) * (X ** 2) + (.4) * (X ** 3)$

X = lamina y5j

Y = perimetro 5j

AJUSTE

MODELO	NÚMERO DE PARES	COEF. CORREL.	EQ. AJUST.
Cúbica	3	+1.0000	$Y = 50.99307 + (34.45251) * X + (-6.390005) * (X ** 2) + (6.2) * (X ** 3)$

X = lamina y5j

Y = largura sup 5j

A N E X O 3

000137

1 - Quantificação do Volume da Ogiva

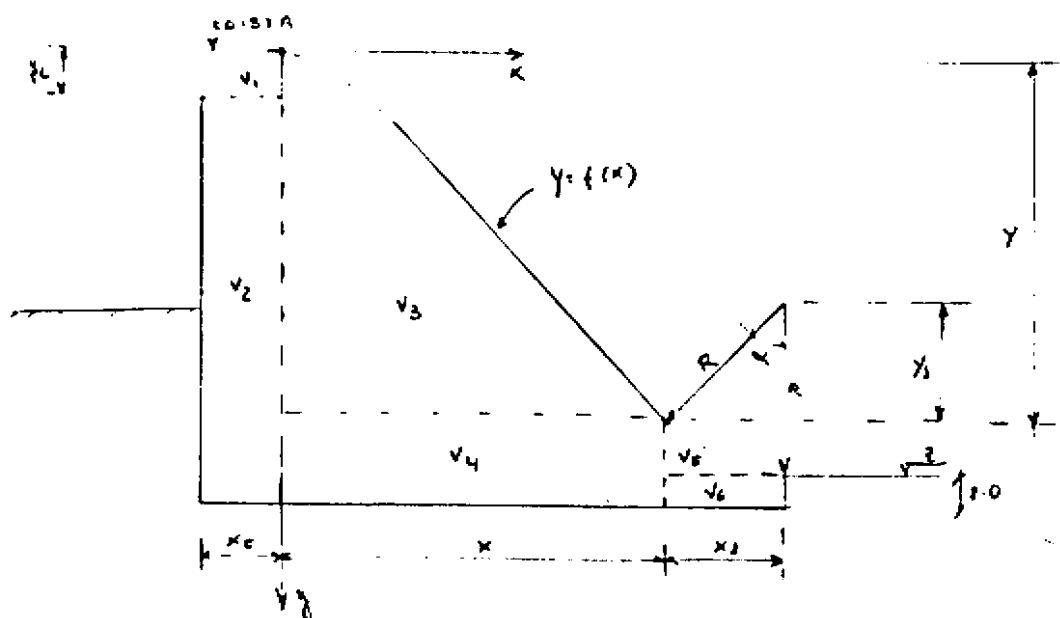


FIGURA 10 - ESQUEMA DA OGIVA

$$V_1 = \frac{2}{3} X_c \cdot Y_c \quad X_c = 0,45 \text{ m}$$

$$V_2 = (\text{crista} - Z + 2,0 - Y_c) \cdot X_c \quad Y_c = 0,25 \text{ m}$$

$$V_3 = Y \cdot X - \frac{ax^{n+1}}{n+1} \quad X = 2,48 \text{ m}$$

$$V_4 = (\text{crista} - Z + 2,0 - Y) X \quad X_1 = 2,50 \text{ m}$$

$$V_5 = X_1 \cdot R - \frac{Y_1 \cdot X_1}{2} - \pi \cdot R^2 \frac{\alpha}{360^\circ} \quad \alpha = 48^\circ$$

$$V_6 = X_1 \cdot 2 \quad Y = 1,90 \text{ m}$$

$$V_4 = (\text{crista} - Z + 2,0 - Y) X$$

$$V_5 = X_1 \cdot R - \frac{Y_1 \cdot X_1}{2} - \pi \cdot R^2 \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Sendo $\alpha = \frac{X_1}{R}$

$$V_6 = X_1 \cdot 2$$

$$V_{\text{total}} = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6) \cdot L$$

$$V_1 = \frac{2}{3} \times 0,45 \times 0,25$$

$$V_1 = 0,08 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_2 = (151,50 - 148,50 + 2,0 - 0,25) \times 0,45$$

$$V_2 = 2,14 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_4 = (151,50 - 148,50 + 2,0 - 1,90) \times 2,48$$

$$V_4 = 7,69 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_5 = 2,50 \times 3,40 - \frac{2,30 \times 2,50}{2} - \pi \times 3,4^2 \times \frac{48}{360}$$

$$V_5 = 0,78 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_6 = 2,50 \times 2 = 5,00 \text{ m}^3/\text{m}$$

Equação da Ogiva, sendo $H_0 = 152,83 - 151,50 = 1,33$

$$y = H_0 \cdot K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n$$

$$h_a = \frac{q^2}{2g (P + Y_c + H_0)^2} = \frac{(264,04/80)^2}{2 \times 9,81 (1,40 + 0,25 + 1,33)^2}$$

$$h_a = 0,06$$

$$\frac{h_a}{H_c} = \frac{0,06}{1,33} = 0,04$$

Os valores de n e k são obtidos da fig. 11.

$$n = f \left(\frac{h_a}{H_0}, \text{param.} \right)$$

$$n = 1,851$$

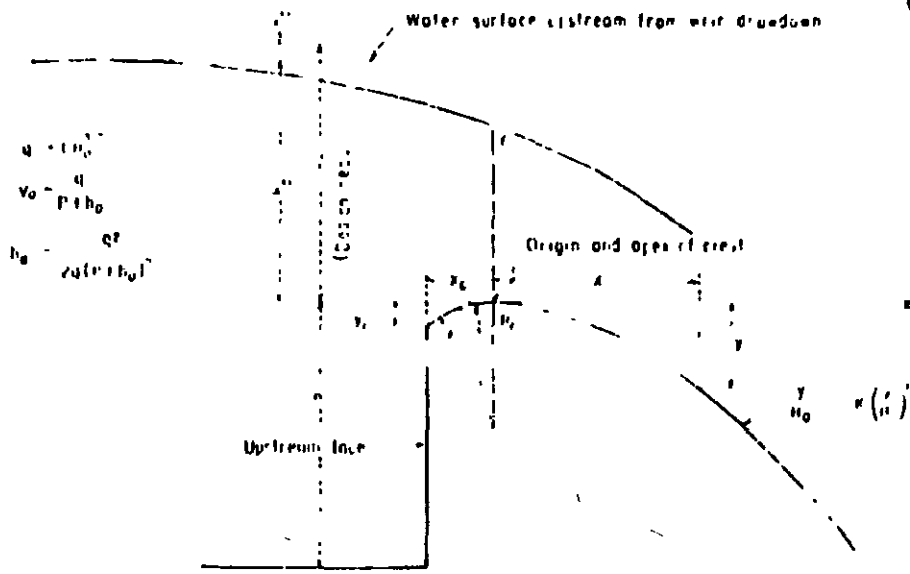
$$k = f \left(\frac{h_a}{H_0}, \text{param.} \right)$$

$$k = 0,508$$

$$y = 1,33 \times 0,508 \left(\frac{x}{1,33} \right)^{1,835}$$

$$y = 0,40 x^{1,835}$$

DESIGN OF SMALL DAMS



(A) ELEMENTS OF NAPPE-SHAPED CREST PROFILES

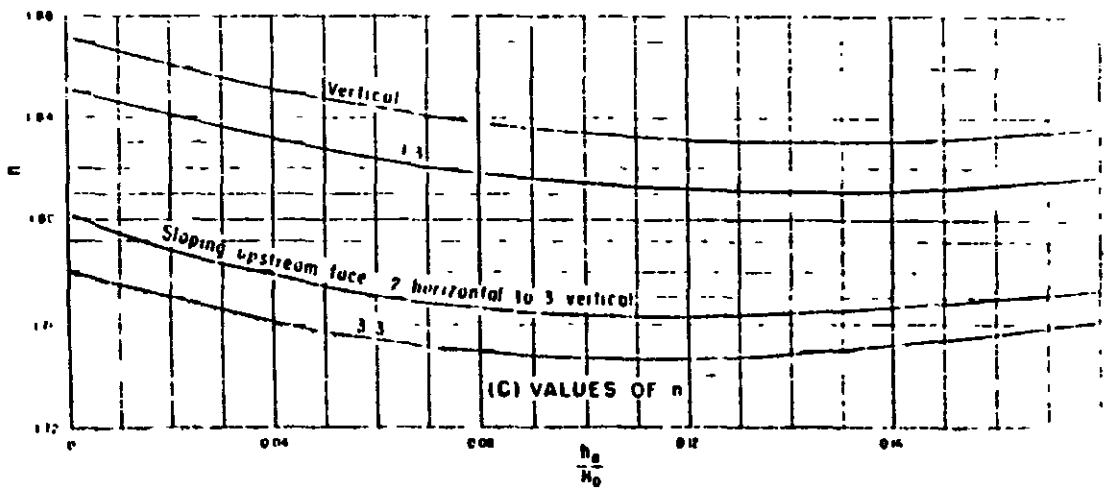
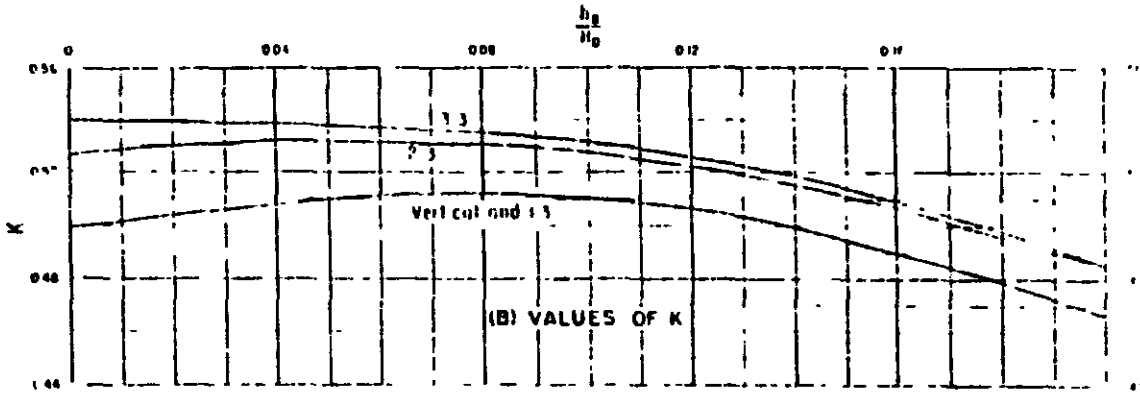


Figure 187. Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. (Sheet 1 of 2)

FIGURA 11 - VALORES DE N E K (FIG.187 DO DESIGN OF SMALL DAMS)

$$V_3 = \left[1,90 \times X - \frac{0,40 \times 2,851}{2,851} \right] 2,48$$

$$V_3 = 1,90 \times 2,48 - \frac{0,40 \times 2,48^{2,851}}{2,851} \quad V_3 = 2,84 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_{\text{total}} = (0,08 + 2,14 + 2,84 + 7,69 + 0,78 + 5,00) \times 80$$

$$V_{\text{total}} = 1482,40 \text{ m}^3 \quad : \text{ volume total do concreto da agiva}$$

2 - Quantificação do Volume de concreto armado da bacia de dissipação

$$V_{\text{laje}} = 15 \times 80 \times 0,70 = 840 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{blocos}} = 0,50 \times 57 = 28,50 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{soleira}} = \left[(0,70 \times 2,42) + \left(\frac{1,21 \times 2,42}{2} \right) + 0,06 \times 1,91 \right] \times 80$$

$$V_{\text{soleira}} = 261,82 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total bacia}} = 840 + 28,50 + 261,82 = 1130,32 \text{ m}^3$$