

FOLHA DE DADOS - GED/SRH

TIPO DE DOCUMENTO: Projeto

Identidade GED: 0178 / 04 / A

Lote: 01822

Nº de Registro: 96 / 1154

Autores: SAH / VBA

Programa: PROVAB - ce

Título: Projeto executivo e estudos complementares para a implantação e aproveitamento da barragem Barra Velha

Sub-Título 1: Relatório de concepção geral do projeto (estudo de alternativas e anteprojeto)

Sub-Título 2: _____

Nº de Páginas: 60 + 10 plantas

Volume: _____

Tomo: _____

Editor: VBA

Data de Publicação (mês/ano): 1996

Local de Publicação: Fortaleza

Localização da Obra

Tipo de Empreendimento:

<input checked="" type="checkbox"/> Barragem	<input type="checkbox"/> Açude	<input type="checkbox"/> Adutora	<input type="checkbox"/> Canal / Eixo de Transp.	<input type="checkbox"/> Outro
Rio / Riacho Barrado: <u>Riacho Santa Cruz</u>		Fonte Hídrica: _____		

Bacia: Parnaíba

Sub-bacia: _____

Municípios: Independência

Distrito: _____

Microregião: Sertão dos Inhameiros

Estado: Ceará



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO
PRO-URB/ CE

PROJETO EXECUTIVO E ESTUDOS
COMPLEMENTARES PARA A IMPLANTAÇÃO
E APROVEITAMENTO DA BARRAGEM
BARRA VELHA

RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO
(ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO)

0178/04 4



Lote 01822 - ~~Projeto~~ Scan () Index ()
Projeto Nº 0178/04/A
Volume _____
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____



APRESENTAÇÃO

0178/04/A



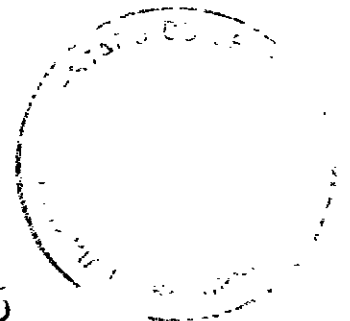
APRESENTAÇÃO

O presente relatório compreende as avaliações finais dos Estudos de Base relacionados com o eixo barrável, sangradouro e bacia hidráulica do Açude Público Barra Velha, situado no município de Independência - Ce



ÍNDICE

000005



ÍNDICE

	Página
APRESENTAÇÃO	
1 - INTRODUÇÃO	03
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO LOCAL DA BARRAGEM	04
3 - ESTUDOS DE BASE ELABORADOS OU COMPLEMENTADOS PELA VBA CONSULTORES	07
3 1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	07
3 2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	07
3 3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	09
3 4 - RELATÓRIO DE ESTUDOS PRELIMINARES	09
4 - O PROJETO EXISTENTE	09
5 - ESTUDO DE CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROJETO	10
5 1 - FATORES CONDICIONANTES E AS POSSÍVEIS ALTERNATIVAS	10
5 1 1 - CONDICIONANTES HIDROLÓGICOS RELATIVOS AOS VOLUMES ACUMULADOS E VAZÕES REGULARIZADAS	10
5 1 2 - CONDICIONANTES DE RELEVO E TOPOGRAFIA	10
5 1 3 - CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	12
a - Relativos à barragem principal em alternativas	12
b - Relativos a localização e definição do tipo de vertedouro	12
5 2 - CONSOLIDAÇÃO DAS ALTERNATIVAS GLOBAIS ESTUDADAS	13
5 3 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA DEFINIÇÃO DAS COTAS DE COROAMENTO DAS ALTERNATIVAS E SUAS VARIANTES	14
5 4 - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS E SELEÇÃO DA VARIANTE DE CUSTO MÍNIMO PARA CADA DIMENSÃO DO RESERVATÓRIO	14

5 5 - SELEÇÃO DA ALTERNATIVA PARA DETALHAMENTO A NÍVEL DE ANTEPROJETO	14
6 - CONCEPÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA A NÍVEL DE ANTEPROJETO	24
6 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO FICHA TÉCNICA	24
6 2 - OS MACIÇOS DIMENSIONAMENTOS, CÁLCULOS E VERIFICAÇÕES	25
6 2 1 - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS	25
6 2 2 - ANÁLISES DAS CONDIÇÕES DE FLUXO	31
6 2 3 - ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM PRINCIPAL E DA BARRAGEM AUXILIAR	37
6 3 - O VERTEDOURO	45
6 4 - A TOMADA D'ÁGUA E ESTRUTURA DE DISSIPACÃO	49



INTRODUÇÃO

000008

1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo a concepção, otimização e detalhamento, a nível de anteprojeto, da barragem Barra Velha, de tal forma a permitir a tomada de decisão, juntamente com a SRH, para que se prossiga o detalhamento da obra a nível de Projeto Executivo, a partir de um dimensionamento otimizado do reservatório

Inicialmente, e feita uma descrição resumida dos estudos de base efetuados pela VBA CONSULTORES, compreendendo aspectos topográficos, geológico-geotécnicos e hidrológicos, em continuidade ao trabalho apresentado no Relatório de Estudos Preliminares

Apresenta-se, em seguida, o procedimento adotado durante os estudos de concepção e otimização do reservatório, mencionando-se as possíveis alternativas e os principais fatores condicionantes de projeto. É apresentado um estudo paramétrico, de abordagem técnico-econômica, que descreve o processo de seleção de alternativas de projeto, encerrando-se com uma síntese das características gerais (e finais) da barragem proposta

O Relatório prossegue com um pré-dimensionamento dos elementos constituintes da barragem, abrangendo cálculos de parâmetros geométricos dos maciços, análise das condições de fluxo, verificação preliminar de estabilidade, e cálculo da tomada d'água e vertedouro

Finalizando, são apresentados plantas, desenhos e detalhes representativos da opção selecionada

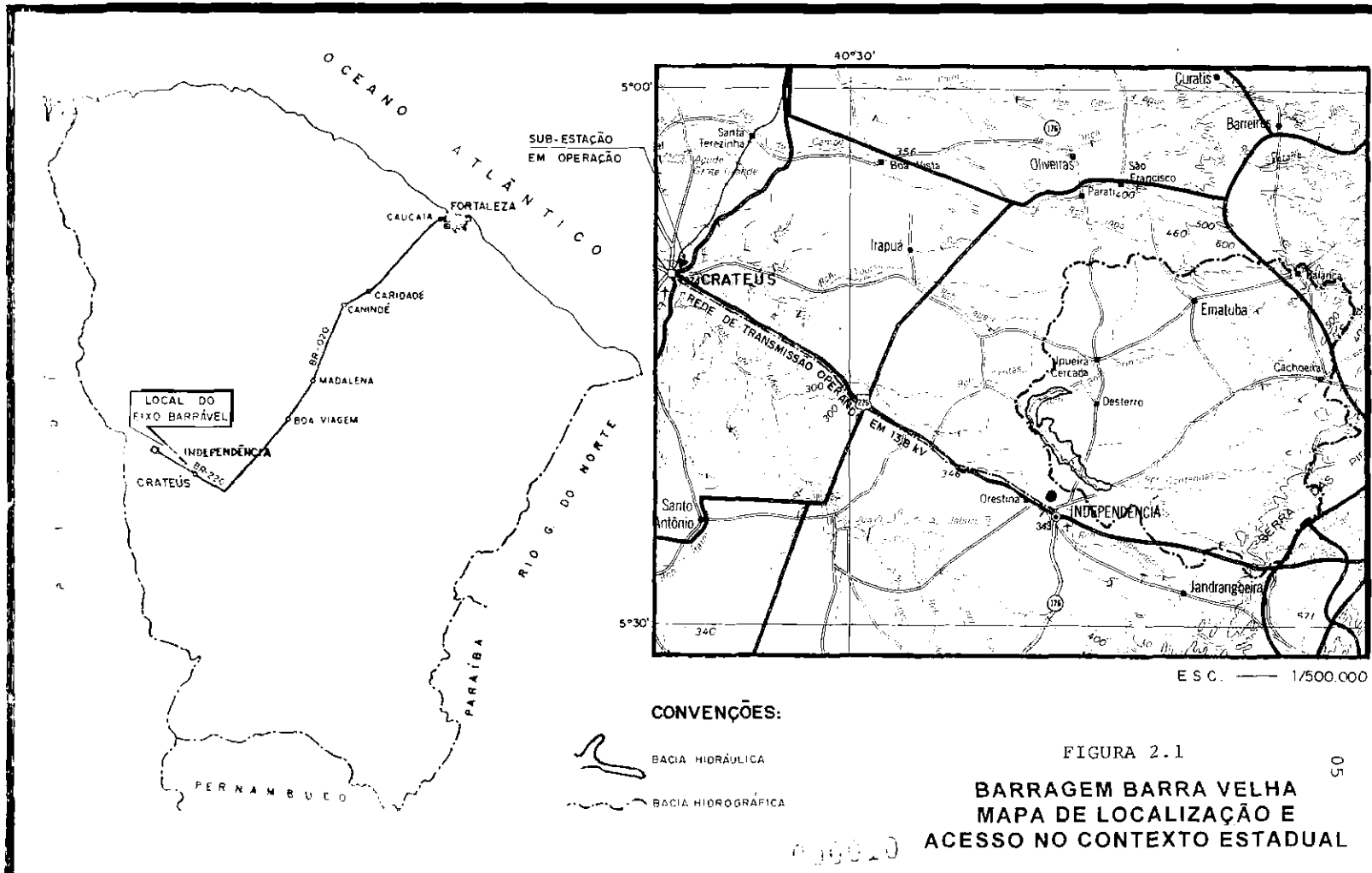
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO LOCAL DA BARRAGEM

O açude Barra Velha está localizado no riacho Santa Cruz, nas proximidades da confluência deste com o riacho Adão, a uma distância de 11,00 km da cidade de Independência - Ce. A ligação entre a cidade e o açude é feita através de estrada carroçável cujo acesso é feito através do bairro COHAB (a cerca de 2,00 km de distância da BR 226)

A cidade de Independência localiza-se na região oeste do Estado do Ceará, tendo Crateús como cidade de maior porte localizada nas proximidades, ou seja, a cerca de 48 km de distância. A ligação entre as mesmas é feita através da BR-226. O acesso à Fortaleza, cuja distância é de 305 km, também é feito através da BR-226 até a localidade de Cruzeta, a partir de onde utiliza-se a BR-020

O mapa de localização e acesso à cidade de Independência é mostrado, a seguir, na Figura 2.1, enquanto na Figura 2.2 é apresentada, em escala 1:100 000, uma localização mais detalhada do barramento

000000



CONVENÇÕES:



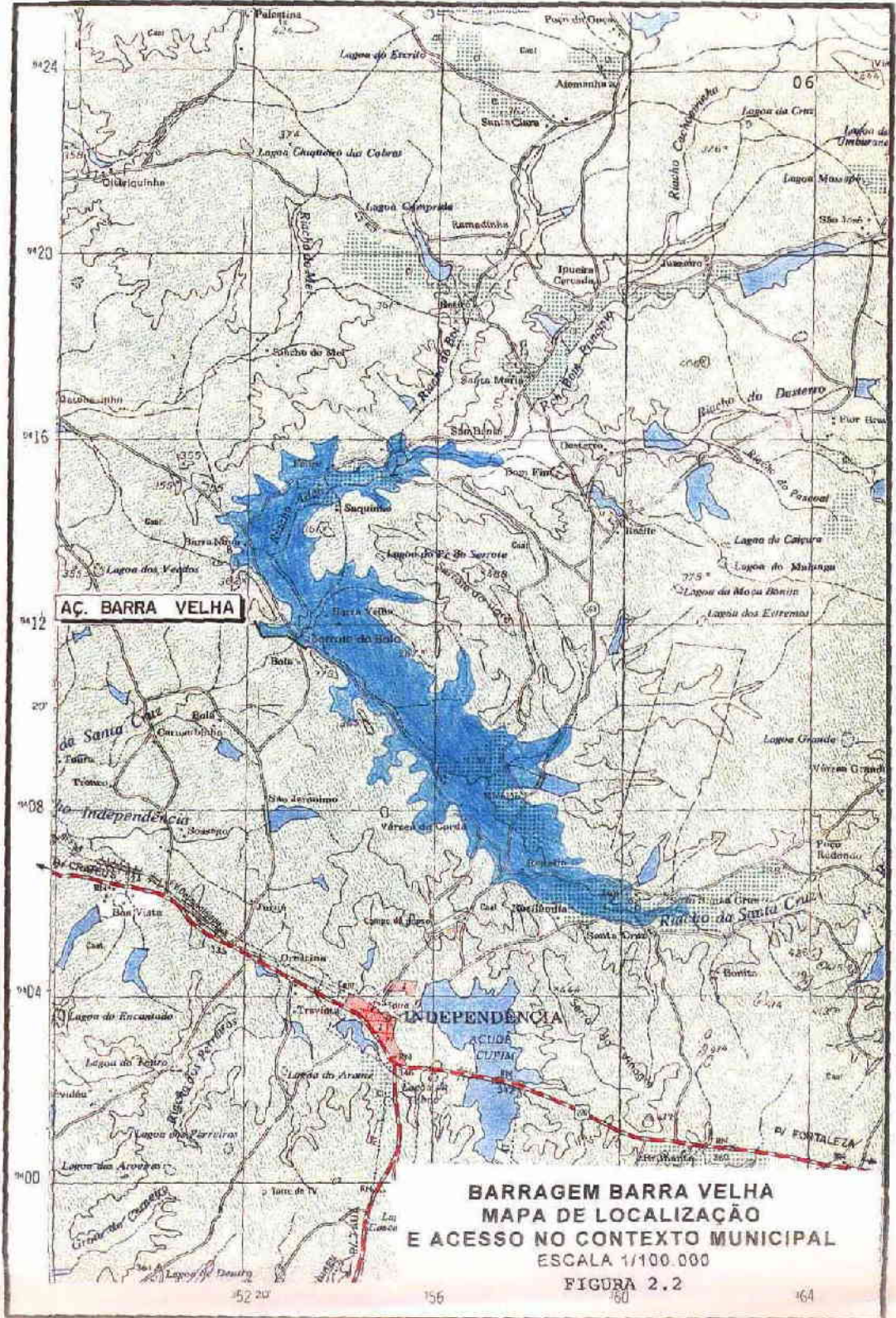
-  BACIA HIDRÁULICA
-  BACIA HIDROGRÁFICA

FIGURA 2.1

**BARRAGEM BARRA VELHA
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E
ACESSO NO CONTEXTO ESTADUAL**

056810



AÇ. BARRA VELHA

**BARRAGEM BARRA VELHA
 MAPA DE LOCALIZAÇÃO
 E ACESSO NO CONTEXTO MUNICIPAL
 ESCALA 1/100.000
 FIGURA 2.2**

000011

3 - ESTUDOS DE BASE ELABORADOS PELA VBA CONSULTORES

Todos os estudos de base necessários para elaboração do projeto foram totalmente desenvolvidos ou apenas complementados pela VBA CONSULTORES, conforme se relaciona a seguir

3 1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os trabalhos anteriores foram elaborados para a definição das áreas do eixo da Barragem Principal, da Barragem Auxiliar, do Sangradouro e da Bacia Hidráulica, onde foram implantados marcos de concreto que materializam as mesmas em campo

Como também, o levantamento de jazidas (material de empréstimo), que foram em número de 8, sendo 4 de solos, 3 de areia e 1 de pedra

A VBA apoiada nas cartas aerofotogramétricas na escala 1 5000 da área da bacia hidráulica, que foram fornecidas pela SRH, desenvolveu os seguintes serviços

- locação e nivelamento dos eixos da Barragem Principal, Barragem Auxiliar e Sangradouro, que totalizaram um comprimento de 3,17 km, restituído os marcos implantados anteriormente (M1, M2, M3, M4, M0, M1', M2', M3', M4' e M5'),
- seccionamento dos eixos levantados, que somaram 9,44 km, definindo faixas de 80.00 m de largura, em média,
- transporte de cota e coordenadas, acumulando 33.67 km de poligonal,
- levantamento planialtimétrico de áreas para o estudo de materiais, que totalizou 118,23 ha nas jazidas de solo (JS-1, JS-2, JS-3, JS-5 e JS-6), de areia (JA-1, JA-2, JA-3, JA-4/JA-5/JA-6/JA-7, JA-8, JA-9 e JA-10) e de pedra (JP-1 e JP-2),
- verificação das cartas (1 5000), tanto do ponto de vista altimétrico com a correlação de cotas, principalmente nos pontos mutáveis (riachos, elevações, depressões, etc), quanto planimétrico com os ajustes de coordenadas cartográficas

Os referidos estudos topográficos serão detalhados em relatório específico, que se encontra em fase de consolidação definitiva

3 2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS

3 2 1 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos consistiram inicialmente de uma consulta bibliográfica da região, e posteriormente fez-se um mapeamento detalhado no local do eixo barrável

Na geologia regional foram observados as feições morfológicas, os tipos litológicos e as estruturas primárias (falhas, dobramentos) e as estruturas secundárias (fraturas)

Na geologia local observou-se, a nível de detalhe, os tipos litológicos definidos como muscovita-quartzito, biotita-gnaiss porfirítico e gnaiss feldspático, os quais são condizentes com os estudos anteriores

Em continuidade, foram observadas as feições morfológicas da bacia hidráulica com relevo de topo plano e cotas entre 100 e 300 m, rede de drenagem caracterizado por vertentes suaves e padrão subparalelo e estruturas secundárias representadas por fraturas nas direções SW-NE e NW-SE, assim como, a direção preferencial das camadas litológicas no sentido SW-NE e NW-SE, admitindo que, os estudos levantados estão condizentes com os estudos anteriores

3 2 2 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os serviços anteriores se concentraram nas áreas dos eixos da Barragem Principal, Barragem Auxiliar e Sangradouro, onde foram realizadas investigações no subsolo através de sondagens (pá e picareta, percussão, mista e rotativa direta), como também ensaios de permeabilidade “in situ” e perda d’água

O número total de sondagens executadas foi de 43, associadas a 6 ensaios de permeabilidade e 14 de perda d’água

A VBA desenvolveu estudos de verificação e complementação nos trabalhos existentes, através dos resultados provenientes de 25 sondagens, 4 ensaios de permeabilidade e 5 de perda d’água, realizados nas referidas áreas

O resultado destes serão apresentados em relatório específico, que se encontra em fase de conclusão, faltando somente alguns dados, referente a permeabilidade do substrato na área da Barragem Principal

3 2 3 - ESTUDOS DE MATERIAIS

Anteriormente foram estudadas 8 áreas de empréstimo (jazidas) sendo 4 de solo (jazidas nº 1, 2, 3 e 4), 3 de areia (areial nº 1, 2 e 3) e 1 de pedra (pedreira nº 1)

Todas estas jazidas foram reestudadas pela VBA, exceto a jazida de solo nº 4, em consequência da distância de 6,0 km ao eixo da Barragem Principal

Através deste trabalho foram identificadas novas áreas, que serão relacionadas, juntamente com as demais

- jazidas de solo (JS-1, JS-2, JS-3, JS-5 e JS-6), que apresentaram um volume utilizável 538 780.00 m³ e materiais SC, SM e CL,
- jazidas de areia (JA-1, JA-2, JA-3/JA-4/JA-5/JA-6/JA-7, JA-8, JA-9 e JA-10), que dispõem de um volume utilizável de areia média à grossa de 52 450.00 m³,
- jazidas de pedra (JP-1 e JP-2), apresentaram um volume utilizável de 58 500.00 m³

Este trabalho será apresentado mais detalhadamente no Relatório de Estudos Geológicos-Geotécnicos

3.3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Totalmente refeito pela VBA CONSULTORES. sendo também apresentado na forma de relatório específico

3.4 - RELATÓRIO DE ESTUDOS PRELIMINARES

No Relatório de Estudos Preliminares foi apresentada, inicialmente, uma revisão das informações gerais disponíveis em bibliografia ou no projeto anteriormente elaborado pelo DNOCS. Nesta revisão foram discutidas as características geométricas básicas do projeto original, em associação com alguns aspectos geográficos, geológicos e humanos diretamente relacionados com a implantação do reservatório.

Em seguida, foi apresentada uma análise preliminar do Projeto da Barragem de Barra Velha, sendo esta análise efetuada com base em dois principais temas: Hidrologia, que tratou principalmente, da definição do volume máximo de acumulação da barragem, e Geotecnia, no qual foi dado um maior destaque ao estudo das condições de fluxo através da fundação do maciço principal (ambos os temas são novamente abordados no capítulo 05 do presente relatório - concepção da alternativa selecionada).

Posteriormente, apresentou-se um breve relato da viagem de reconhecimento e inspeção de campo, da qual participaram técnicos da VBA CONSULTORES e da Secretaria de Recursos Hídricos em janeiro de 1996. Neste relato, foram descritas as principais observações e recomendações realizadas pelos integrantes da comissão que visitou o local da Barragem.

Após a descrição da visita ao local do barramento, foi apresentado o plano de execução dos serviços de campo, que expôs, em detalhes, o levantamento topográfico e as investigações geotécnicas que agora têm seus resultados publicados no Relatório de Estudos Básicos - Estudos Geológicos e Geotécnicos.

Já no trecho final do relatório foi apresentada uma análise técnico-econômico-comparativa que indicava, em caráter preliminar, a conveniência de se elevar, em aproximadamente 100%, a capacidade máxima de acumulação do reservatório.

4 - O PROJETO EXISTENTE

O projeto existente de propriedade do DNOCS já foi, anteriormente, objeto de análise por parte da VBA CONSULTORES no Relatório dos Estudos Preliminares, o qual, juntamente com o presente trabalho, compõe a Fase A das atividades de elaboração do Projeto Executivo da Barragem Barra Velha.

Por tal razão, aqui não se faz mais novos comentários sobre o citado projeto, principalmente porque, na análise preliminar, verificou-se que será bastante viável a duplicação da capacidade que estava prevista originalmente para o reservatório.

5 - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROJETO

5 1 - OS FATORES CONDICIONANTES E AS POSSÍVEIS ALTERNATIVAS

5 1 1 - CONDICIONANTES HIDROLÓGICOS RELATIVOS AOS VOLUMES ACUMULADOS E VAZÕES REGULARIZÁVEIS

Os resultados dos Estudos Hidrológicos, desenvolvidos com o objetivo de fornecer subsídios para o dimensionamento otimizado da barragem, estão apresentados de forma consolidada na Figura 5 1

Conforme demonstrado no citado relatório, a acumulação máxima do reservatório deverá ser de $160 \times 10^6 \text{ m}^3$, volume a partir do qual o incremento das vazões regularizadas são praticamente desprezíveis, o que claramente pode ser visualizado na curva de vazões regularizadas da Fig 5 1 (a) Na Figura 5 1 (b) é apresentada a curva cota vs área vs volume acumulado do reservatório

5 1 2 - CONDICIONANTES DE RELEVO E TOPOGRAFIA

a) Relativos ao Boqueirão Principal e à Necessidade de Barragem Auxiliares

A seção do boqueirão apresenta condições favoráveis para construção de um maciço com altura máxima de 20,00 m (cota coroamento $\cong 340,00$), que coincidentemente, se aproxima bastante do volume máximo de $160 \times 10^6 \text{ m}^3$, recomendado nos estudos hidrológicos

b) Relativos às Barragens Auxiliares

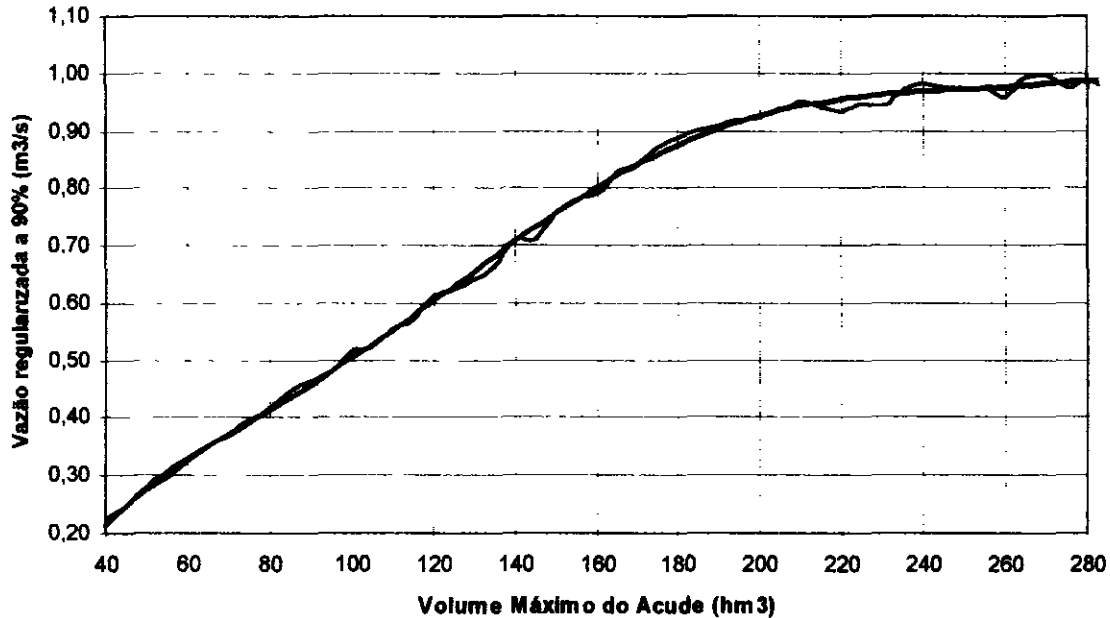
A existência de duas depressões em formato de sela, uma na margem direita e outra na margem esquerda, induziram e, até tornaram obrigatório, o estudo de duas alternativas de locais de vertedouro (A1/VME e A2/VMD) e, quando necessário, a previsão de barragens auxiliares para o fechamento dessas depressões

Alternativa A1/VME Alternativa com Vertedouro na Margem Esquerda a sela da margem esquerda com sua cota mínima 335,20 m localizada aproximadamente 1,25 km, à esquerda do barramento principal mostra-se, a primeira vista, como o local mais viável para construção do vertedouro, observando-se que para as cotas de coroamento superiores a 335,20 m, deverá ser prevista a construção de uma barragem complementar, que neste trabalho, será denominada Barragem Auxiliar da Margem Esquerda - BAME, podendo atingir o máximo de 5,00 m de altura

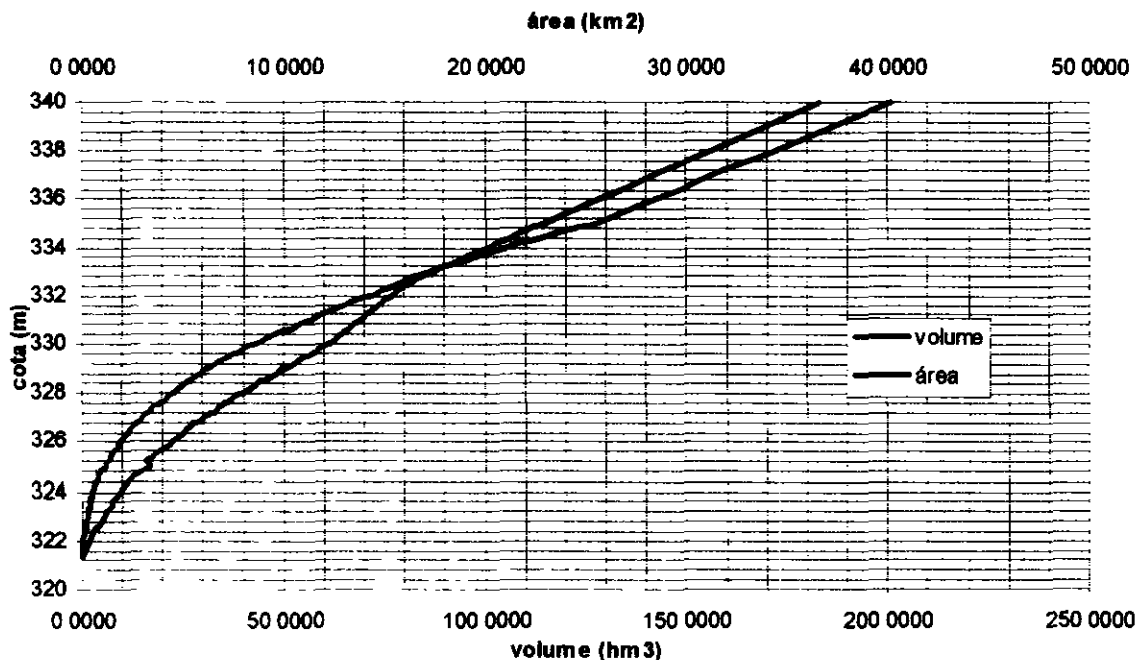
Alternativa A2/VMD Alternativa com Vertedouro na Margem Direita para a depressão da margem direita (com cota mínima = 326,70), será sempre necessária a construção de uma barragem complementar (denominada Barragem Auxiliar de Margem Direita - BAMD), que para o volume de $160 \times 10^6 \text{ m}^3$, terá altura máxima de 15,00 m

Pelos condicionantes topográficos aqui descritos, e nos geotécnicos apresentados a seguir, a concepção de uma alternativa de sangradouro na ombreira direita desta barragem é viável somente partir da estaca 34, quando se passa a encontrar rocha propícia, a tal finalidade, em profundidades inferiores a 4,00 m

Figura 5 1- Resultados dos Estudos Hidrológicos



(a) Curva de Regularização de Vazões



(b) Curva cota vs area vs volume

5 1 3 - CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

a) Relativos a Barragem Principal

A Barragem Barra Velha, no que diz respeito a aspectos condicionantes de Projeto, tem sua concepção diretamente associada às características geológico-geotécnicas da fundação de seu Maciço Principal

Trata-se de um terreno aluvionar, compreendido entre duas elevações rochosas, com aproximadamente 280,0 m de largura e profundidade média em torno de 10,0 m. O perfil estratigráfico mostra uma camada superficial de solo silto-argiloso, compressível, com espessura média de 2,0 m, sobrepondo-se a um estrato heterogêneo, predominantemente arenoso, com espessura de até 8,0 m. Este material, que contém lentes ou camadas irregulares de solo silto-argilo-arenoso, possui coeficientes de permeabilidade oscilando entre 10^{-2} cm/s e 10^{-5} cm/s

Sob o terreno aluvionar repousa um estrato rochoso constituído por um gnaíse de muito a pouco alterado, extremamente fraturado, que apresenta, em ensaios de perda d'água nele realizados, elevada transmissibilidade hidráulica

Com relação ao nível freático, este foi encontrado, durante a estação seca, em profundidades entre 3,0 m e 4,0 m

Para se garantir a estanqueidade do reservatório, portanto, deve-se recorrer a dispositivos que permitam a redução do fluxo através da fundação da Barragem. A primeira alternativa considerada foi a construção de uma trincheira de vedação total conectando o Maciço Principal com o substrato rochoso. Esta solução, entretanto, mostrou-se bastante onerosa, já que seria necessária uma escavação associada a um rebaixamento de lençol freático em profundidades elevadas (seriam retirados mais de 50 000 m³ de material), levando a custos que ultrapassariam a R\$ 300 mil

Uma outra solução analisada, e depois adotada no projeto básico, foi a construção de um tapete impermeável a montante do Maciço Principal. Simulações numéricas de fluxo (Seção 6 5 2) mostraram, mesmo para a condição mais desfavorável, que este dispositivo pode reduzir a descarga freática pela fundação a níveis que podem ser considerados aceitáveis, e a custos bem mais atraentes (são necessários cerca de R\$ 80 mil para construção do aterro)

b) Relativos a localização e tipo de estrutura de Vertedouro

A1/ VME Vertedouro na Margem Esquerda

Para a alternativa do Vertedouro na Margem Esquerda - A1 / VME, o eixo do canal vertedouro deverá sempre se situar nas proximidades de sua cota mínima (335,20) na estaca 16, onde encontra-se rocha com condições suficientes de resistência à erosão a profundidade média de 2,00 m. Nas depressões das estacas 35 e 4, topograficamente recomendáveis, para variantes de locais de soleiras em cotas mais superiores, fez-se prospeção com sondagens a pá

e picareta até 3.0 m de profundidade. não encontrando-se sinal de rocha propícia a implantação do vertedouro

Considerando-se as variantes quanto ao volume do reservatório e os condicionantes da rocha encontrada. adotou-se os seguintes critérios para a definição dos tipos de sangradouros possíveis e viáveis de serem implementados, sempre considerando-se as cotas medias representativas dos trechos onde seriam escavadas as alternativas de sangradouro da margem esquerda

Tipos de possíveis estruturas de Vertedouros da Margem Esquerda, em função da Cota da Soleira

Cota da Soleira	Solução(ões) Tipo(s) considerada para estudo de Alternativa
$CS \geq 334$	Canal + Soleira Creager com fundação em rocha \cong cota 332,5
$332 \leq C \leq 334$	Canal escavado com “cordão de fixação preventivo”, embutido ou Creager com fundação em cota média \cong 332.5
$C \leq 332$	Canal escavado em rocha sem necessidade de proteção

Para a alternativa do Vertedouro na Margem Direita - A2/ VMD, que pela topografia e limitações da resistência da rocha só seria viável a partir da estaca 34 do eixo da Barragem Auxiliar da Margem Direita, apresenta-se a seguir, de forma semelhante à da alternativa A1/VME, os possíveis tipos estruturais de vertedouros, a serem implantados em função das cotas variáveis das soleiras associadas aos diferentes volumes do reservatório

Tipo de Possíveis Vertedouros da Margem Esquerda em Função da Cota da Soleira	
Cota da Soleira	Solução(ões) Tipo(s) considerada para estudo de Alternativa
$C \geq 334$	Canal + Soleira Creager com fundação em rocha \cong (cota variável de 330 a 332)
$331 \leq C \leq 334$	Canal escavado com “cordão de fixação preventivo”, embutido ou creager com fundação em rocha \cong (cota variável entre 330 e 332)
$C \leq 331$	Canal escavado em rocha sem proteção

5 2 - CONSOLIDAÇÃO DAS ALTERNATIVAS GLOBAIS ESTUDADAS

Considerando-se os condicionantes gerais apresentados e as variantes possíveis e viáveis das obras componentes, decidiu-se desenvolver os estudos de análise e otimização do projeto, sob a rubrica de duas alternativas principais, denominadas Alternativa A1/VME e Alternativa A2/VMD, respectivamente relacionadas às possíveis localização do vertedouro na margem esquerda e na margem direita

Nas Figuras 5 2 e 5 3 são apresentados os lay-out das duas alternativas, demonstrando-se as faixas de variação de largura do sangradouro considerados no estudo de otimização

No fluxograma da Figura 5 4 apresenta-se, de forma esquemática e resumida, a composição e as características das alternativas globais A1/SME e A2/SMD, demonstrando-se as numerosas variações possíveis, em função das variantes da dimensão do reservatório e do tipo e largura do vertedouro

5 3 - SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA DEFINIÇÃO DAS COTAS DE COROAMENTO DAS ALTERNATIVAS E SUAS VARIANTES

Nos quadros 5 1 e 5 2 apresenta-se, respectivamente para todas as variantes das alternativas A1/SME e A2/SMD, os resultados da simulação do reservatório para cheia milenar, definidora da cota do coroamento, bem como, a verificação do transbordamento do nível máximo atingido na cheia decamilenar

5 4 - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS E SELEÇÃO DA VARIANTE DE CUSTO MÍNIMO PARA CADA DIMENSÃO DO RESERVATÓRIO

Nos quadros 5 3 e 5 4 são apresentadas as composições de custo global das variantes das alternativas A1/SME e A2/SMD, considerando-se as cotas de coroamento definidas em função dos resultados da simulação do reservatório

Nas Figuras 5 5 e 5 6 são apresentadas as curvas do custo mínimo global do reservatório em função do volume do acumulado, definidas a partir da variante de custo mínimo para cada dimensão analisada para o reservatório

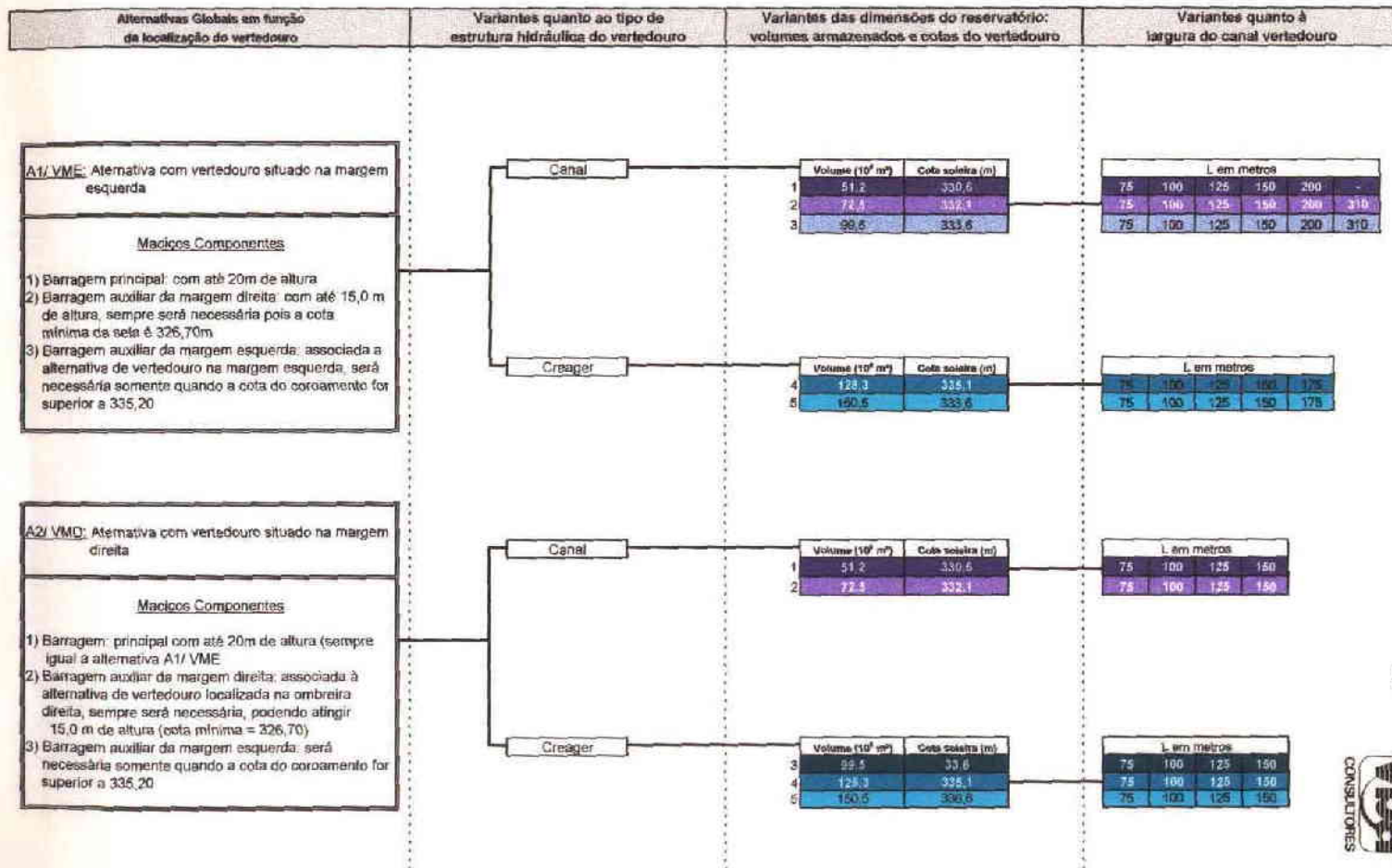
Na Figura 5 7 apresenta-se as curvas de custo unitário representado pelo valor presente do custo da vazão regularizada

5 5 - SELEÇÃO DA ALTERNATIVA PARA DETALHAMENTO A NÍVEL DE ANTEPROJETO

Embora os resultados relativos a minimização dos custos da água produzida não indiquem claramente uma alternativa variante para ser detalhada a nível de anteprojeto, selecionou-se a alternativa A1/VME com Soleira na cota 333,6 e Volume de $99,5 \times 10^3$, principalmente porque corresponde ao ponto, a partir do qual os custos unitários de água produzida praticamente se estabilizam

No que se refere a parte técnica construtiva e mesmo de projeto, esta variante selecionada (A1/SME - Soleira cota 333.6 largura = 310 m/ Volume $99,5 \times 10^6 \text{ m}^3$) se apresenta dentre as mais fáceis de serem viabilizadas, principalmente se considerarmos que os serviços de escavação em rocha se limitarão basicamente ao volume necessário para o maciço, visto que a cota do canal vertedouro na linha de cumeada da sela topográfica praticamente coincide com a profundidade, a partir da qual se encontra rocha em condições propícias a colagem da soleira do canal vertedouro

FIGURA 5.4 - COMPOSIÇÃO, DADOS E CARACTERÍSTICAS DAS ALTERNATIVAS GLOBAIS E SUAS VARIANTES



QUADRO 5 1 - Alternativa A1/VME - Vertedouro na Margem Esquerda

Níveis e Cotas Resultantes da Simulação

Volume m³ x 10³	Tipo Extravasar	Cota Soleira	Largura do Extrav L (m)	Cotas de Escavação			Escavação em Material de			Condições para Cheia Milenar				Cheia Deca Milenar			Cota Final Coroamento
				Montante	Jusante		1ª e 2ª	3ª	3ª Aprov	H	Delta NA	NA Max	Folga	Cota Coroa	H	Delta NA	
51,2	Canal	330,60	75	330,60	330,60	27 772	33 448	16 724	3,33	0,23	334,16	1,40	335,56	4,65	0,29	335,54	335,56
			100	330,60	330,60	36 713	44 824	22 412	3,04	0,25	333,89	1,40	335,29	4,31	0,30	335,21	335,29
			125	330,60	330,60	46 461	57 037	28 519	2,80	0,26	333,66	1,40	335,06	4,05	0,29	334,94	335,06
			150	330,60	330,60	55 685	68 432	34 216	2,60	0,27	333,47	1,40	334,87	3,83	0,30	334,73	334,87
			200	330,60	330,60	76 770	97 321	48 661	2,30	0,26	333,16	1,40	334,56	3,49	0,29	334,38	334,56
72,5	Canal	332,10	75	332,10	332,10	18 607	13 371	6 686	3,00	0,18	335,28	1,40	336,68	4,16	0,22	336,48	336,68
			100	332,10	332,10	24 671	18 207	9 104	2,77	0,20	335,07	1,40	336,47	3,88	0,24	336,22	336,47
			125	332,10	332,10	31 723	22 818	11 409	2,59	0,20	334,89	1,40	336,29	3,66	0,25	336,01	336,29
			150	332,10	332,10	37 901	27 550	13 775	2,42	0,22	334,74	1,40	336,14	3,48	0,25	335,83	336,14
			200	332,10	332,10	53 678	39 439	19 720	2,16	0,23	334,49	1,40	335,89	3,19	0,25	335,54	335,89
99,5	Canal	333,60	75	333,60	333,60	10 907	1 390	695	2,61	0,13	336,34	1,40	337,74	3,60	0,16	337,36	337,74
			100	333,60	333,60	14 683	2 094	1 047	2,45	0,14	336,19	1,40	337,59	3,39	0,18	337,17	337,59
			125	333,60	333,60	18 721	2 245	1 123	2,31	0,15	336,06	1,40	337,46	3,22	0,19	337,01	337,46
			150	333,60	333,60	22 469	2 867	1 434	2,19	0,16	335,95	1,40	337,35	3,08	0,19	336,87	337,35
			200	333,60	333,60	32 289	3 981	1 991	1,98	0,18	335,76	1,40	337,16	2,84	0,20	336,64	337,16
128,3	Creager	335,10	75	333,45	332,01	23 742	4 510	2 255	2,06	0,02	337,18	1,40	338,58	2,83	0,03	337,96	338,58
			100	333,55	332,19	21 638	12 977	6 489	1,94	0,03	337,07	1,40	338,47	2,68	0,03	337,81	338,47
			125	333,63	332,34	27 296	14 121	7 061	1,84	0,03	336,97	1,40	338,37	2,55	0,04	337,69	338,37
			150	333,70	332,48	27 877	16 786	8 393	1,75	0,03	336,88	1,40	338,28	2,44	0,04	337,58	338,28
			175	333,76	332,60	36 050	13 795	6 898	1,67	0,03	336,80	1,40	338,20	2,35	0,04	337,49	338,20
150,5	Creager	336,60	75	335,35	334,26	4 449	108	54	1,56	0,01	338,17	1,40	339,57	2,13	0,02	338,75	339,57
			100	335,41	334,37	5 192	203	102	1,49	0,02	338,11	1,40	339,51	2,05	0,02	338,67	339,51
			125	335,45	334,44	6 132	220	110	1,44	0,01	338,05	1,40	339,45	1,98	0,02	338,60	339,45
			150	335,49	334,52	6 437	102	51	1,39	0,02	338,01	1,40	339,41	1,91	0,02	338,53	339,41
			175	335,53	334,59	6 544	0	0	1,34	0,02	337,96	1,40	339,36	1,85	0,03	338,48	339,36

Arq CustosCl.xls

QUADRO 5.2 - Alternativa A2/VMD - Vertedouro na Margem Direita
Níveis e Cotas Resultantes da Simulação

Volume ^V x 10^6	Tipo Extravador	Cota Soleira	Largura do Extrav L (m)	Cotas de Escavação			Escavação em Matenal de			Condições para Cheia Milenar				Cheia Deca Milenar			Cota Final Coroamento
				Montante	Jusante		1° e 2°	3°	3° Aprov	H	Delta NA	NA Máx	Folga	Cota Coroa	H	Delta NA	
51,2	Canal	330,60	75	330,60	330,60	17 877	21 115	10 558	3,33	0,23	334,16	1,40	335,56	4,65	0,29	335,54	335,56
			100	330,60	330,60	28 117	31 864	15 932	3,04	0,25	333,89	1,40	335,29	4,31	0,30	335,21	335,29
			125	330,60	330,60	41 335	47 826	23 913	2,80	0,26	333,66	1,40	335,06	4,05	0,29	334,94	335,06
			150	330,60	330,60	55 416	69 451	34 726	2,60	0,27	333,47	1,40	334,87	3,83	0,30	334,73	334,87
72,5	Canal	332,10	75	332,10	332,10	12 284	7 878	3 939	3,00	0,18	335,28	1,40	336,68	4,16	0,22	336,48	336,68
			100	332,10	332,10	18 318	12 101	6 051	2,77	0,20	335,07	1,40	336,47	3,88	0,24	336,22	336,47
			125	332,10	332,10	27 135	18 524	9 262	2,59	0,20	334,89	1,40	336,29	3,66	0,25	336,01	336,29
			150	332,10	332,10	37 189	29 329	14 665	2,42	0,22	334,74	1,40	336,14	3,48	0,25	335,83	336,14
99,5	Creager	333,60	75	331,62	329,90	15 359	21 115	10 558	2,47	0,03	336,10	1,40	337,50	3,42	0,04	337,06	337,50
			100	331,77	330,17	22 167	28 412	14 206	2,29	0,04	335,93	1,40	337,33	3,20	0,04	336,84	337,33
			125	331,89	330,39	32 621	36 534	18 267	2,14	0,04	335,78	1,40	337,18	3,02	0,05	336,67	337,18
			150	331,99	330,59	42 438	48 999	24 500	2,01	0,04	335,65	1,40	337,05	2,87	0,05	336,52	337,05
128,3	Creager	335,10	75	333,45	332,01	10 539	4 868	2 434	2,06	0,02	337,18	1,40	338,58	2,83	0,03	337,96	338,58
			100	333,55	332,19	14 496	6 569	3 285	1,94	0,03	337,07	1,40	338,47	2,68	0,03	337,81	338,47
			125	333,63	332,34	19 423	9 530	4 765	1,84	0,03	336,97	1,40	338,37	2,55	0,04	337,69	338,37
			150	333,70	332,48	25 885	13 190	6 595	1,75	0,03	336,88	1,40	338,28	2,44	0,04	337,58	338,28
150,5	Creager	336,60	75	335,35	334,26	1 622	0	0	1,56	0,01	338,17	1,40	339,57	2,13	0,02	338,75	339,57
			100	335,41	334,37	2 359	54	27	1,49	0,02	338,11	1,40	339,51	2,05	0,02	338,67	339,51
			125	335,45	334,44	4 430	255	128	1,44	0,01	338,05	1,40	339,45	1,98	0,02	338,60	339,45
			150	335,49	334,52	5 960	1 815	908	1,39	0,02	338,01	1,40	339,41	1,91	0,02	338,53	339,41

Arq. Alterna2.xls

000025

QUADRO 5 3 - Alternativa A1/VME - Vertedouro na Margem Esquerda

Consolidação dos Custos Globais das Possíveis Variantes

Volume ^V x 10^6	Tipo Extrav	Cota Soleira	Largura do Extrav L(m)	Cota Coroamento	Altura Média do Muro	Custo dos Maciços (em R\$1 000)				Volume de Rocha (m3)	Custo do Vertedouro (em R\$1 000)				Volume de Rocha Disponível	Total Geral
						Barragem Principal	Barragem Aux MD C/SMAE	Barragem Aux ME C/SMAE	Total (R\$1 000)		Escavação	Muro Creager	Muro Lateral	Total		
51,20	Canal	330,60	75	335,56	3,96	1 507	254	0	1 761	16 708	362	0	52	414	16 724	2 053
			100	335,29	3,71	1 475	241	0	1 716	16 213	485	0	46	531	22 412	2 129
			125	335,06	3,50	1 448	230	0	1 678	15 803	617	0	41	658	28 519	2 222
			150	334,87	3,32	1 426	222	0	1 648	15 472	740	0	37	777	34 216	2 314
			200	334,56	3,04	1 390	209	0	1 599	14 946	1 051	0	31	1 082	48 661	2 576
72,50	Canal	332,10	75	336,68	3,61	1 637	312	33	1 949	18 922	151	0	43	194	6 686	2 126
			100	336,47	3,41	1 613	300	29	1 913	18 486	205	0	39	244	9 104	2 114
			125	336,29	3,25	1 592	291	25	1 883	18 120	258	0	35	293	11 409	2 110
			150	336,14	3,11	1 574	283	23	1 857	17 821	311	0	33	344	13 775	2 110
			200	335,89	2,89	1 545	270	20	1 815	17 333	445	0	29	474	19 720	2 161
			310	335,49	2,53	1 498	250	16	1 748	16 578	791	0	23	814	35 022	2 441
99,50	Canal	333,60	75	337,74	3,60	1 761	374	65	2 135	21 279	30	12	52	94	695	2 278
			100	337,59	3,47	1 743	365	59	2 108	20 929	44	18	48	110	1 047	2 263
			125	337,46	3,35	1 728	357	55	2 085	20 630	51	26	45	121	1 123	2 250
			150	337,35	3,25	1 715	350	51	2 065	20 380	62	33	42	137	1 434	2 242
			200	337,16	3,08	1 693	339	45	2 032	19 956	88	42	38	168	1 991	2 233
			310	336,87	2,83	1 659	322	38	1 981	19 325	154	51	33	238	4 184	2 228
128,30	Creager	335,10	75	338,58	5,80	2 119	489	115	2 608	23 347	53	273	132	457	2.255	3 106
			100	338,47	5,56	2 104	480	109	2 584	23 065	120	346	118	585	6 489	3 166
			125	338,37	5,36	2 091	473	104	2 564	22 812	133	415	107	655	7 061	3 209
			150	338,28	5,18	2 079	466	99	2 546	22 587	155	479	98	732	8 393	3 253
			175	338,20	5,02	2 069	459	96	2 529	22 388	153	538	91	782	6 898	3 301
150,50	Creager	336,60	75	339,57	5,78	2 369	599	188	2 968	26 037	5	354	119	478	54	3 519
			100	339,51	5,65	2 360	594	184	2 954	25 865	6	461	112	579	102	3 605
			125	339,45	5,54	2 352	588	179	2 940	25 695	7	566	106	679	110	3 691
			150	339,41	5,45	2 347	584	176	2 932	25 582	7	668	101	776	51	3 779
			175	339,36	5,35	2 340	581	173	2 921	25 442	7	766	96	869	0	3 861

QUADRO 5.4 - Alternativa A2/VMD - Vertedouro na Margem Direita
 Consolidação dos Custos Globais das Possíveis Variantes

Volume M x 10 ⁶	Tipo Extrav	Cota Soleira	Largura do Extrav L(m)	Cota Corcamento	Altura Média do Muro	Custo dos Maciços (em R\$1 000)				Volume de Rocha (m3)	Custo do Vertedouro (em R\$1 000)				Volume de Rocha Disponível	Total Geral
						Barragem Principal	Barragem Aux MD	Barragem Aux ME C/SMAE	Total (R\$1 000)		Escavação	Muro Creager	Muro Lateral	Total		
51,20	Canal	330,60	75	335,56	3,96	1.507	254	0	1.761	16.708	229	0	39	268	10.558	1.969
			100	335,29	3,71	1.475	241	0	1.716	16.213	347	0	34	381	15.932	1.982
			125	335,06	3,50	1.448	230	0	1.678	15.803	520	0	30	550	23.913	2.114
			150	334,87	3,32	1.426	222	0	1.648	15.472	751	0	28	778	34.726	2.316
72,50	Canal	332,10	75	336,68	3,93	1.637	312	33	1.949	18.922	90	6	32	129	3.939	2.088
			100	336,47	3,53	1.613	300	29	1.913	18.486	138	9	29	176	6.051	2.078
			125	336,29	3,35	1.592	291	25	1.883	18.120	211	13	27	250	9.262	2.088
			150	336,14	3,19	1.574	283	23	1.857	17.821	329	17	25	370	14.665	2.127
99,50	Creager	333,60	75	337,50	3,03	1.733	359	56	2.092	20.721	159	143	62	364	10.558	2.404
			100	337,33	2,90	1.713	349	51	2.062	20.335	215	175	53	443	14.206	2.415
			125	337,18	2,78	1.696	340	46	2.036	20.000	278	204	46	528	18.267	2.432
			150	337,05	2,64	1.680	333	42	2.013	19.714	373	228	40	641	24.500	2.507
128,30	Creager	335,10	75	338,58	3,20	2.231	472	111	2.703	23.347	58	309	82	449	2.434	3.191
			100	338,47	4,76	2.215	463	106	2.678	23.065	79	394	74	547	3.285	3.254
			125	338,37	4,53	2.201	457	100	2.657	22.812	113	475	67	655	4.765	3.326
			150	338,28	4,33	2.189	450	96	2.639	22.587	156	550	62	768	6.595	3.400
150,50	Creager	336,60	75	339,57	4,64	2.369	549	173	2.918	26.037	1	407	138	546	0	3.538
			100	339,51	4,49	2.360	545	168	2.905	25.865	3	528	129	660	27	3.638
			125	339,45	3,74	2.352	539	164	2.891	25.695	6	648	122	777	128	3.739
			150	339,41	3,61	2.347	536	162	2.883	25.582	23	762	117	903	908	3.849

Arq Alterna2.xls

000027



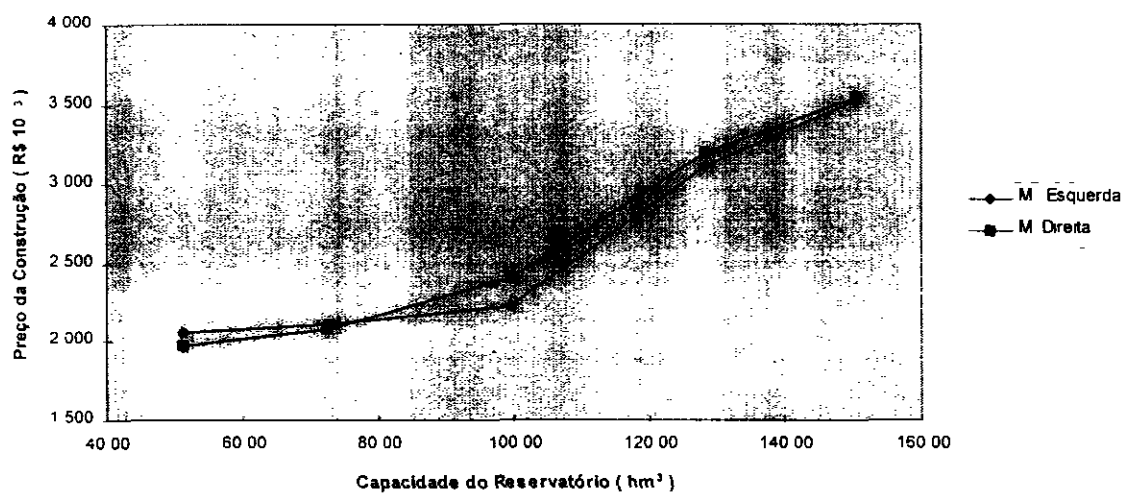


Figura 5 5 - Curva de preço global de construção do reservatório

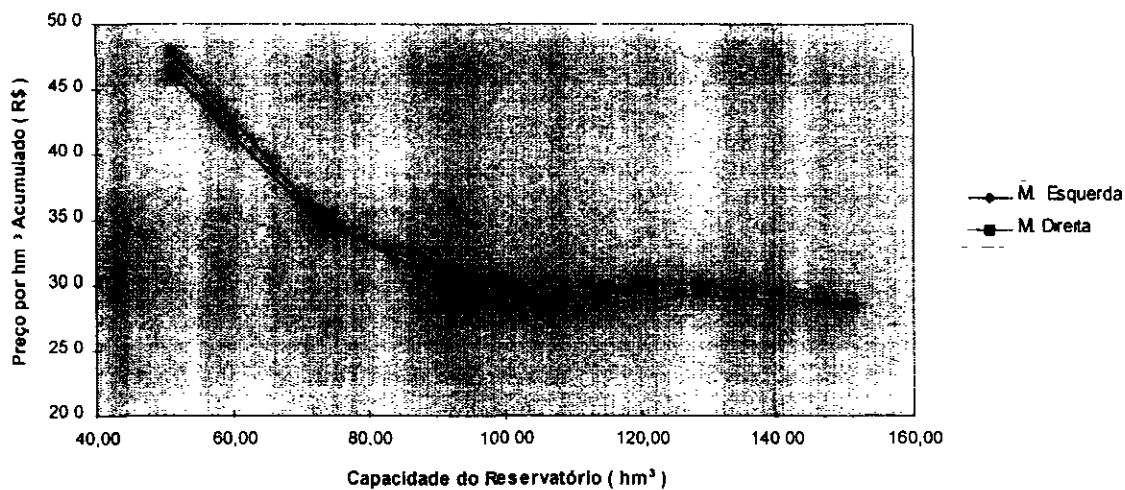


Figura 5 6 - Curva de preço por volume acumulado do reservatório

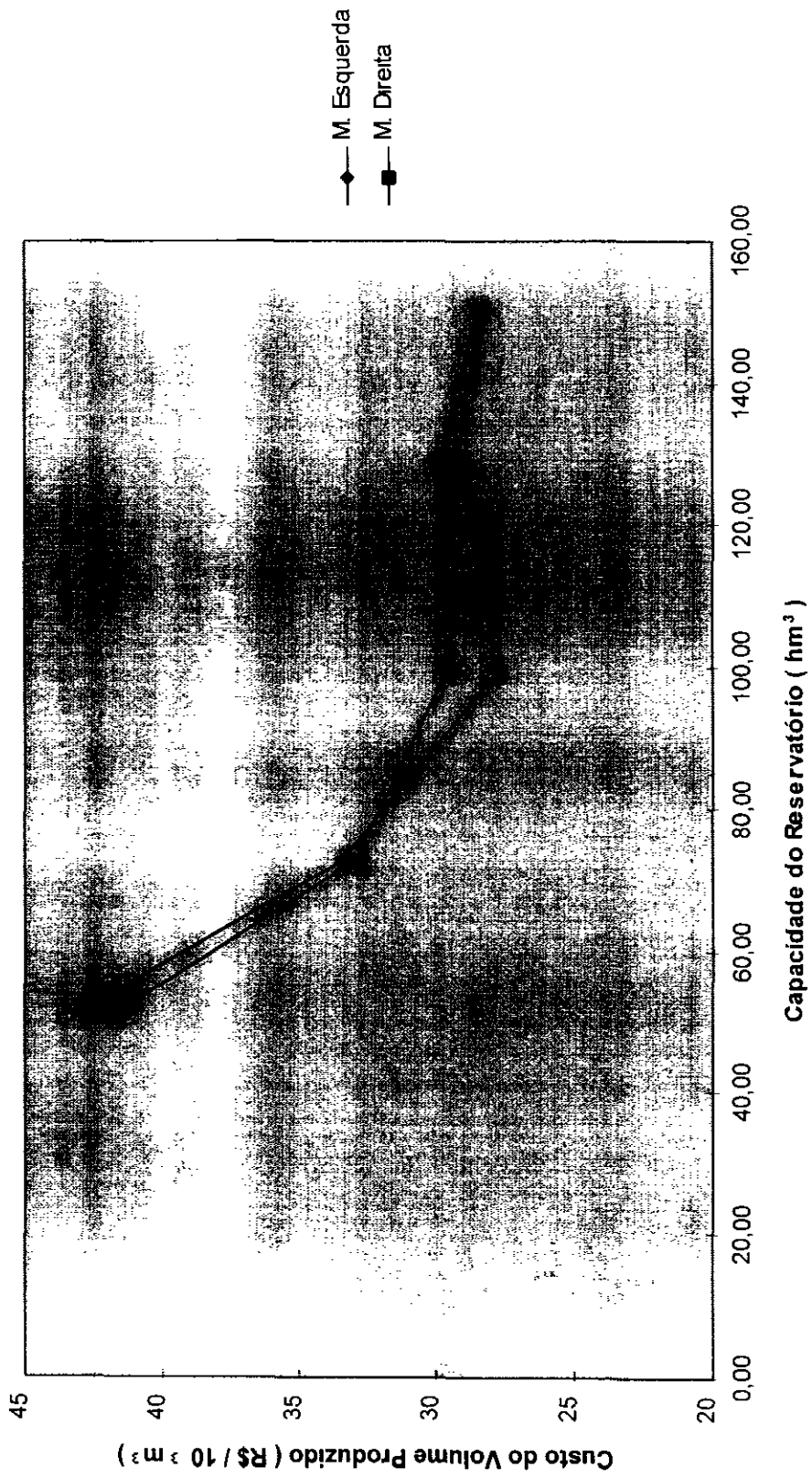


Figura 5.7 - Custo do Volume Produzido

020000

6 - CONCEPÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA A NÍVEL DE ANTEPROJETO

6.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO FICHA TÉCNICA

As principais características técnicas das obras podem ser resumidas da seguinte forma

a) Característica Gerais

- Localização Independência-Ce
- Sistema Poti
- Rio barrado Riacho Santa Cruz
- Área da bacia hidráulica 1.905 ha
- Área da bacia hidrográfica 836,4 km²
- Capacidade 99,5 X 10⁶ m³
- Volume Morto 324.5 m³ (pela cota da tomada d'água)
- Volume regularizado $f = 90\% = 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$
- Precipitação Média Anual 591,1 mm

b) Barragem Principal

- Tipo terra zoneada
- Altura máxima 17,51 m
- Largura máxima da base 147,3 m
- Extensão pelo coroamento 387,00 m
- Cota do coroamento 336,00 m
- Volume do maciço 294 000 m³
- Taludes montante 1 2.5
jusante 1 2.5

c) Barragem Auxiliar

- Tipo terra zoneada
- Altura máxima 10,30 m
- Extensão pelo coroamento 685,0 m
- Largura do coroamento 4,5 m
- Volume do maciço 89 000 m³
- Taludes montante 1 2
jusante 1 2

d) Sangradouro

- Tipo canal vertedouro
- Largura máxima 310,00 m
- Vazão afluente de projeto (TR = 1 000 anos) 1 984 m³/s
- Vazão afluente de verificação (TR = 10 000 anos) 4 410 m³/s
- Vazão máxima de projeto (TR = 1 000 anos) 935 m³/s
- Vazão máxima de verificação (TR = 10 000 anos) 1 696 m³/s
- Lâmina máxima a montante do canal (TR = 1 000 anos) 1,87 m
- Lâmina máxima a jusante do canal (TR = 1 000 anos) 1,03 m
- Perda de carga no canal (TR = 1 000 anos) 0,18 m
- Cota da Soleira 333,6 m
- Volume de Corte 64 368 m³

e) Tomada D'água

- Tipo galeria com controle a jusante
- Diâmetro 700 mm
- Cota da boca de montante 324,5 m

6 2 - OS MACIÇOS DIMENSIONAMENTOS, CÁLCULOS E VERIFICAÇÕES

6 2 1 - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

6 2 1 1 - Maciço Principal

a) Cálculo do Fetch

Para o cálculo do fetch, utilizou-se o conceito de “fetch efetivo”, que leva em consideração a geometria do reservatório

A determinação do fetch efetivo foi realizada dividindo-se a área do reservatório em segmentos de ângulo igual a 6° de ambos os lados de um determinado alinhamento (N84°30'E), e utilizando-se a seguinte expressão

$$F = \frac{\sum r_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

onde

r_i - comprimento real de cada fetch.

α_i - ângulo que cada fetch faz com o alinhamento central

000051

Tabela 6.1 - Cálculo do Fetch Efetivo

α_i	r_i (km)	$r_i \cos^2 \alpha_i$
42	3,88	2,1428
36	3,22	2,1075
30	2,53	1,8975
24	2,33	1,9445
18	2,01	1,8181
12	1,80	1,7222
6	1,56	1,5430
0	1,36	1,3600
6	1,49	1,4737
12	1,44	1,3778
18	1,51	1,3668
24	1,80	1,5022
30	1,61	1,2075
36	1,54	1,0079
42	1,72	0,9499
-	-	23,4214

$$F = \frac{23,4204}{13,5109} = 1,73 \text{ km}$$

b) Altura da Onda

A altura das ondas foi calculada pela expressão

$$H = 0,75 + 0,34\sqrt{F} - 0,26\sqrt[4]{F} \text{ (Stevenson, } p / F < 18 \text{ km)}$$

para $F = 1,73 \text{ km}$ - fetch

obteve-se

$$H = 0,90 \text{ m, altura da Onda}$$

c) Velocidade da Onda

$$V = 1,5 + 2 H \text{ (GAILLARD) Velocidade da onda, m /s}$$

$$V = 3,30 \text{ m/s}$$

d) Folga da Barragem

A fim de ser evitado o galgamento da barragem pela ação das vagas determinou-se uma altura que se chama folga da barragem Para o cálculo da folga utilizou-se a seguinte expressão

$$f = 1,02 + 0,0232F - 0,0362\sqrt[4]{F^3} + 0,482\sqrt{F} - 0,345\sqrt[4]{F}$$

onde

f = folga

F = fetch = 1,73 km

$$\text{Valor Obtido } f=1,23 \text{ m}$$

e) Revanche

$$\begin{aligned}\text{Calculados } f &= 1,23 \text{ m} && \text{folga} \\ hs &= 1,87 \text{ m} && \text{lâmina vertente} \\ R &= f + hs \\ R &= 1,23 + 1,87 = 3,10 \text{ m}\end{aligned}$$

Foi adotado $R = 3,30 \text{ m}$

f) Cota de Coroamento

$$C_c = C_s + R$$

onde

$$\begin{aligned}C_s &= 333,6 \text{ (cota soleira sangradouro)} \\ R &= 3,30 \text{ (revanche)} \\ C_c &= 336,9 \text{ (cota do coroamento da barragem)}\end{aligned}$$

g) Altura do maciço

$$\begin{aligned}\text{Cota do coroamento} &- 336,9 \text{ m} \\ \text{Cota do talvegue} &- 319,39 \text{ m} \\ \text{Altura do maciço} &- 17,51 \text{ m}\end{aligned}$$

h) Largura do Coroamento

Para determinação da largura do coroamento foram usadas as seguintes expressões

$$\begin{aligned}\text{PREECE } L_c &= 1,10\sqrt{H} + 1 \\ \text{BUREAU OF RECLAMATION } L_c &= 0,20 H + 3 \text{ (m) (pequenas barragens)}\end{aligned}$$

onde

$$\begin{aligned}L_c &- \text{Largura do coroamento} \\ H &- \text{altura da barragem acima do leito do rio}\end{aligned}$$

Para

$$\begin{aligned}H &= 17,51 \text{ m} \\ \text{PREECE } L_c &= 5,60 \text{ m} \\ \text{BUREAU } L_c &= 6,50 \text{ m}\end{aligned}$$

Adotou-se o valor de 6,00 m

1) Rip-Rap

- Camada Externa (Enrocamento)

A experiência tem mostrado que na maioria dos casos, o enrocamento de pedras jogadas constitui o melhor tipo de proteção do talude de montante, a custo mínimo, motivo pelo qual aqui é adotado. Para dimensionamento do Rip-Rap utilizou-se primeiramente as recomendações do Tennessee Valley Authority

$$e = CV^2$$

onde

e = espessura do Rip-Rap,

V = velocidade das ondas em metros,

C = coeficiente em função do talude e peso específico do material

Para

$$V = 3,30 \text{ m/s}$$

$$C = 0,03$$

$$e = 0,33 \text{ m}$$

O "U S Army Corps Engineers" indica, para uma altura da onda entre 0,60 - 1,20m e para um talude com inclinação 1/3, uma espessura de 0.45 m

Adotou-se, para o maciço principal. e = 60 cm

Esta camada deve assentar-se sobre três camadas filtrantes, cujas características estão indicadas a seguir

- Camadas Internas

• Espessuras adotadas

$$e_2 = 0,30 \text{ m (Brita "B")},$$

$$e_3 = 0,20 \text{ m (Brita "A")},$$

$$e_4 = 0,20 \text{ m (Areia)}$$

6.2.1.2 - Maciço Auxiliar

Para o cálculo dos parâmetros geométricos do maciço auxiliar foram utilizados os resultados obtidos para o maciço principal

a) FETCH

$$F = \frac{\sum r_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

onde

r_i - comprimento real de cada fetch,

α_i - ângulo que cada fetch faz com o alinhamento central

TABELA 6.2 - CÁLCULO DO FETCH EFETIVO

α_i	r_i (km)	$r_i \cos^2 \alpha_i$
36	0,15	0,098
30	0,15	0,113
24	0,17	0,142
18	0,18	0,163
12	0,19	0,182
6	0,22	0,218
0	0,25	0,250
6	0,31	0,307
12	2,17	2,076
18	2,54	2,297
24	0,46	0,384
30	0,36	0,270
36	0,29	0,190
-	-	6,690

$$F = \frac{6,689}{12,0246} = 0,56 \text{ km}$$

b) Altura da Onda

A altura das ondas foi calculada pela expressão

$$H = 0,75 + 0,34\sqrt{F} - 0,26\sqrt[4]{F} \text{ (Stevenson. } p / F < 18 \text{ km)}$$

para $F = 0,56 \text{ km}$ - fetch

obteve-se

$$H = 0,14 \text{ m. altura da Onda}$$

c) Velocidade da Onda

$$V = 1,5 + 2 H \text{ (GAILLARD) Velocidade da onda. m /s}$$

$$V = 1,78 \text{ m/s}$$

d) Altura do maciço

Cota do coroamento - 336,9 m

Cota do talvegue - 326,60 m

Altura do maciço - 10,30 m

e) Largura do Coroamento

Para determinação da largura do coroamento foram usadas as seguintes expressões

$$\text{PREECE: } L_c = 1,10\sqrt{H} + 1$$

$$\text{BUREAU OF RECLAMATION } L_c = 0,20 H + 3 \text{ (m) (pequenas barragens)}$$

onde

L_c - Largura do coroamento

H - altura da barragem acima do leito do rio

Para

$$H = 10,30 \text{ m}$$

$$\text{PREECE } L_c = 4,53 \text{ m}$$

$$\text{BUREAU } L_c = 5,06 \text{ m}$$

Adotou-se o valor de 4,50 m

f) Rip-Rap

- Camada Externa (Enrocamento)

A experiência tem mostrado que na maioria dos casos, o enrocamento de pedras jogadas constitui o melhor tipo de proteção do talude de montante, a custo mínimo, motivo pelo qual aqui é adotado. Para dimensionamento do Rip-Rap utilizou-se primeiramente as recomendações do Tennessee Valley Authority

$$e = CV^2$$

onde

e = espessura do Rip-Rap;

V = velocidade das ondas em metros.

C = coeficiente em função do talude e peso específico do material

Para

$$V = 1,78 \text{ m/s}$$

$$C = 0,03$$

$$e = 0,10 \text{ m}$$

O "U S Army Corps Engineers" indica, para uma altura da onda entre 0,60 - 1,20m e para um talude com inclinação 1/3, uma espessura de 0,45 m

Adotou-se, para o maciço auxiliar, $e = 50 \text{ cm}$

Esta camada deve assentar-se sobre três camadas filtrantes, cujas características estão indicadas a seguir

- Camadas Internas

- Espessuras adotadas

$$e_2 = 0,30 \text{ m (Brita "B")},$$

$$e_3 = 0,20 \text{ m (Brita "A")},$$

$$e_4 = 0,20 \text{ m (Areia)}$$

6.2.2 - Análise das condições de Fluxo

Com o objetivo de se estimar as vazões que atravessam a fundação e o aterro da barragem de Barra Velha, foram realizadas simulações numéricas de fluxo utilizando-se o programa FPM-500, que, através do Método dos Elementos Finitos (MEF), permite a análise de fluxo permanente em meios estratificados, incorporando efeitos de anisotropia

Os parâmetros hidráulicos dos materiais que compõem a fundação do maciço principal (que apresenta as condições mais desfavoráveis à estanqueidade do reservatório) foram estabelecidos com base em ensaios de infiltração apresentados no Relatório de Estudos Básicos - Estudos Geológicos e Geotécnicos

A estratigrafia do local onde será erguido o maciço principal pode ser brevemente descrita da seguinte forma: o terreno (aluvionar) apresenta uma camada superficial de solo silto-argiloso com espessura entre 1,0 m e 4,0 m e permeabilidade (determinada em ensaios de infiltração) oscilando entre 10^{-3} cm/s e 10^{-5} cm/s , uma camada (subjacente à anterior) de um material predominantemente arenoso (espessura de até 10,0 m), contendo lentes ou camadas irregulares de um solo silto-areno-argiloso, com permeabilidade variando entre 10^{-2} cm/s e 10^{-5} cm/s , e uma camada de rocha alterada, com espessuras irregulares, sobrepondo-se a um estrato rochoso pouco alterado e bastante fraturado

Foram adotados, inicialmente, para os materiais acima descritos, os seguintes coeficientes de permeabilidade (situação mais desfavorável)

- silte argiloso 10^{-3} cm/s,
- solo arenoso 10^{-2} cm/s,
- rocha alterada 10^{-4} cm/s,
- solo compactado 10^{-6} cm/s (vertical) e 9×10^{-6} cm/s (horizontal)

Na Figura 6 1 são apresentadas, em associação com as superfícies obtidas para o NA máximo do reservatório, as malhas de elementos finitos utilizadas nas simulações numéricas. Nelas foi considerada a existência de um tapete “impermeável” a montante, com comprimentos variando entre 0 e 120,0 m, associado à seção transversal de maior altura da barragem (seção 6 do maciço principal). Na análise desta seção foi introduzida a presença de elementos drenantes (filtro chaminé em conjunto com tapete horizontal), tal como estabelecido no Projeto Básico.

As vazões obtidas para cada uma das simulações são mostradas na Tabela 6 3, onde também são exibidos os gradientes de saída ao pé do talude de jusante calculados nas diversas análises.

Na Tabela 6 4 são apresentados os resultados de análises numéricas realizadas com as mesmas condições de contorno adotadas para a elaboração da Tabela 6 3, com exceção da condutividade hidráulica da camada superficial de silte, que, neste caso, foi considerada igual a 10^{-4} cm/s (ou seja, menos permeável do que caso anterior).

Na Figura 6 2 encontram-se plotadas curvas vazão vs comprimento do tapete para os dois casos analisados. Nela pode ser observado, como era de se esperar, que foram obtidas vazões pela fundação mais elevadas para a primeira simulação e que há uma diminuição gradual na taxa de redução de vazão à medida que o tapete é aumentado em seu comprimento. Com base nestas curvas, foi adotado, para o maciço principal da barragem, um tapete de montante com 65,0 m de comprimento, já que, após este valor, sua eficiência torna-se reduzida.

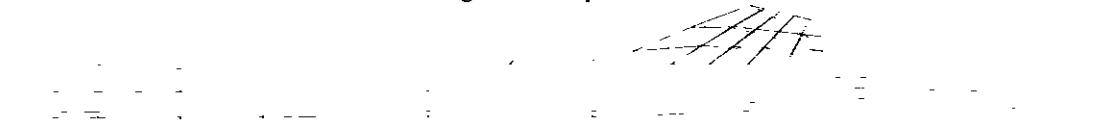
Já na Figura 6 3 são apresentadas as curvas gradiente de saída ao pé do talude de jusante vs comprimento do tapete. Este gráfico, em oposição à Figura anterior, mostra gradientes maiores na segunda simulação, onde foi admitida uma permeabilidade menor para a camada superficial de material aluvionar. Tendo em vista a possível ocorrência de gradientes elevados ao pé do talude de jusante, optou-se pela instalação de poços de alívio no maciço principal da Barragem de Barra Velha. A vazão pela fundação, calculada com o MEF após a introdução destes elementos drenantes, foi de $1,02 \times 10^{-4}$ m³/s/m (ou 28,56 l/s, para 280,0 m de terreno aluvionar).

Figura 6.1 - Malhas de Elementos Finitos

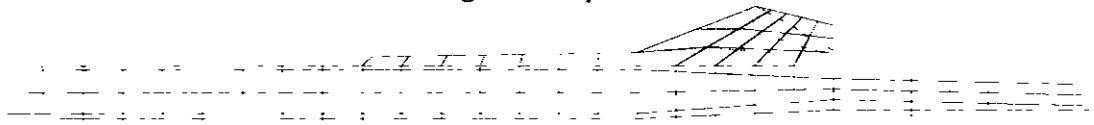
a - Barragem sem tapete



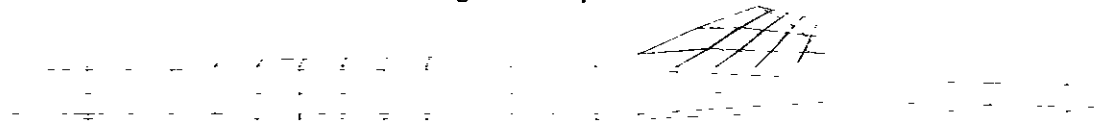
b - Barragem com tapete de 30 0m



c - Barragem com tapete de 65 0m



d - Barragem com tapete de 100 0m



e - Barragem com tapete de 120 0m



TABELA 6.3 - SIMULAÇÃO I

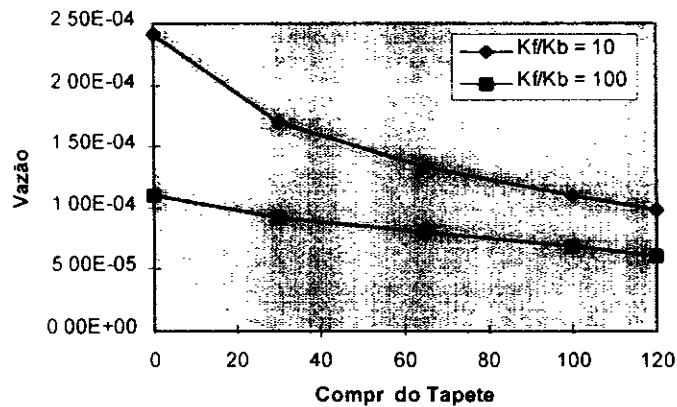
COMPRIMENTO DO TAPETE (m)	VAZÃO (m ³ /s/m)	GRADIENTE DE SAÍDA
0	$2,41 \times 10^{-4}$	0,19
30	$1,70 \times 10^{-4}$	0,13
65	$1,33 \times 10^{-4}$	0,10
100	$1,10 \times 10^{-4}$	0,09
120	$9,89 \times 10^{-5}$	0,08

TABELA 6.4 - SIMULAÇÃO II

COMPRIMENTO DO TAPETE (m)	VAZÃO (m ³ /s/m)	GRADIENTE DE SAÍDA
0	$1,10 \times 10^{-4}$	1,47
30	$9,24 \times 10^{-5}$	1,23
65	$8,00 \times 10^{-5}$	1,06
100	$6,93 \times 10^{-5}$	0,91
120	$6,14 \times 10^{-5}$	0,82

Figura 6.2

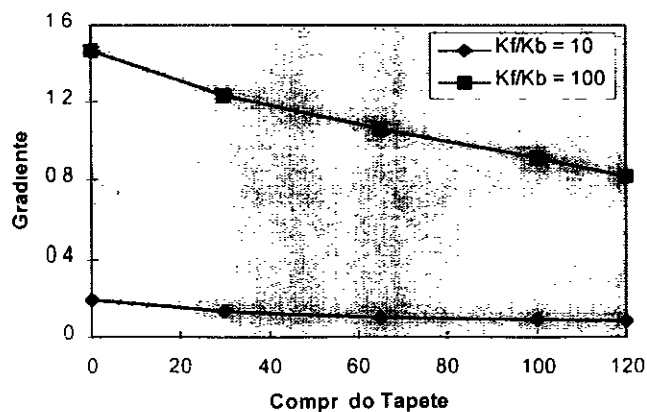
Comp. do Tapete x Vazão
(Kf = 10E-3m/s)



k_f (fundação) = 10^{-2} cm/s, k_b (camada superficial) = 10^{-3} cm/s e 10^{-1} cm/s

Figura 6.3

Compr. do Tapete x Gradiente de Saída



k_f (fundação) = 10^{-2} cm/s, k_b (camada superficial) = 10^{-3} cm/s e 10^{-1} cm/s

Tendo em vista a possibilidade de ocorrência de gradientes de saída elevados ao pé do talude de jusante do maciço principal, foi prevista, então, naquele local, a construção de poços de alívio. Estes poços, com diâmetro de 0,45 m (adotado), deverão ser preenchidos com material arenoso, em processo semelhante ao utilizado em diversas obras no país para facilitar a drenagem de solos argilosos na fundação de aterros (Cortes, H e Adeodato, W, 1978)

O espaçamento entre os poços de alívio foi calculado utilizando-se o método desenvolvido pelo US ARMY CORPS OF ENGINEER'S através dos diagramas apresentados na Figura 6 4

Inicialmente, admitiu-se como crítico um gradiente hidráulico igual a 0,50 e calculou-se a carga de percolação admissível, na seção onde a camada "impermeável" possui 1,50 m de espessura, pela expressão

$$h_a = i_{crit} \times e$$

$$h_a = 0,50 \times 1,50 = 0,75 \text{ m}$$

O caminho de percolação entre o início do tapete e a linha dos poços de alívio utilizado nos cálculos foi de 145,00 m (ver detalhe da seção máxima)

Considerou-se, no dimensionamento, poços com 50% de penetração, raio (rp) de 0,225 m, e carga máxima admissível entre os poços igual a 0,75 m. Variando o espaçamento, calculou-se a vazão de cada poço e a carga (hm) atuante na meia distância entre os dois poços. Foram obtidos, para um espaçamento igual a 10,00 m, os seguintes valores

Espaçamento	a/rp	D/a	Ext. Extra/a	ϕ	Q(m ³ /s)	hm(m)
10	44.44	1,0	0,60	0,70	1,1 x 10 ⁻³	0,757

Assim, admitindo-se um espaçamento de 10,00 m, obteve-se uma carga entre poços aproximadamente igual à admissível (0,75 m) e uma vazão por poços (adotando-se para a fundação uma permeabilidade de 10⁻² cm/s) igual a 1,1 x 10⁻³ m³/s

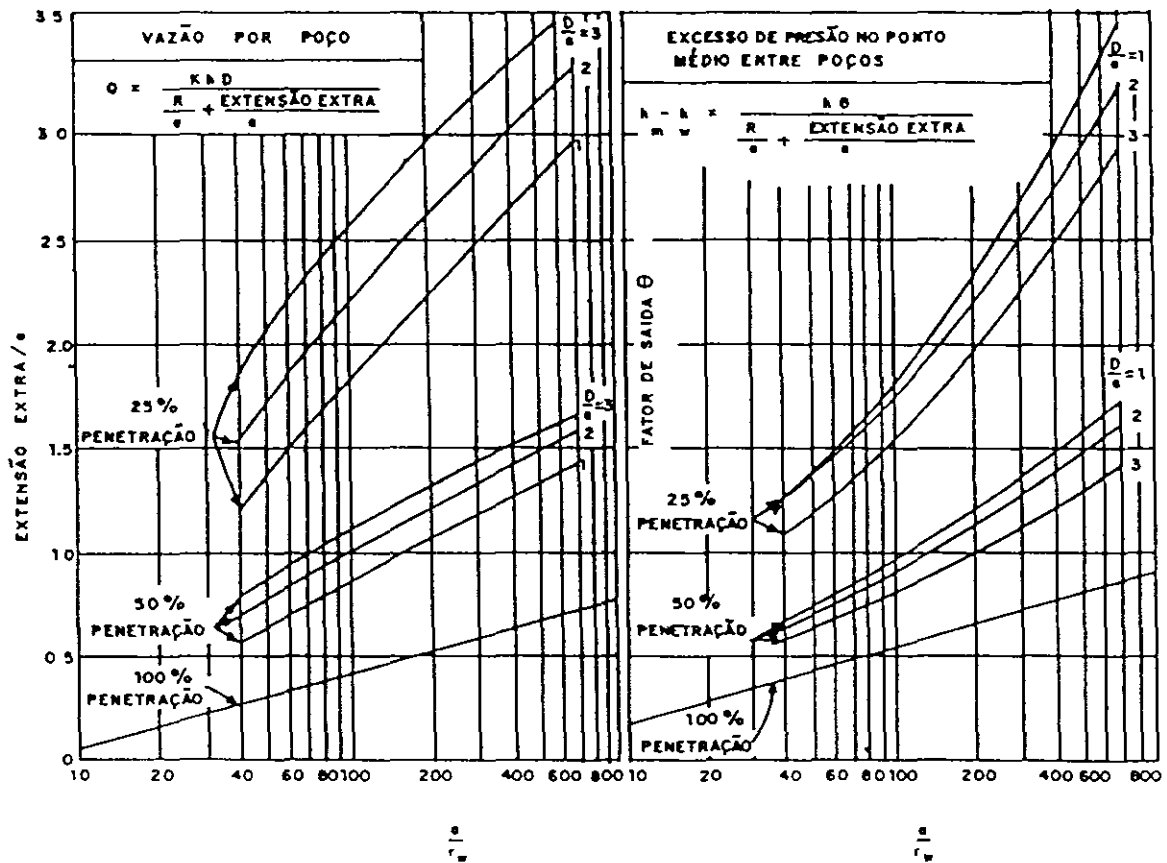
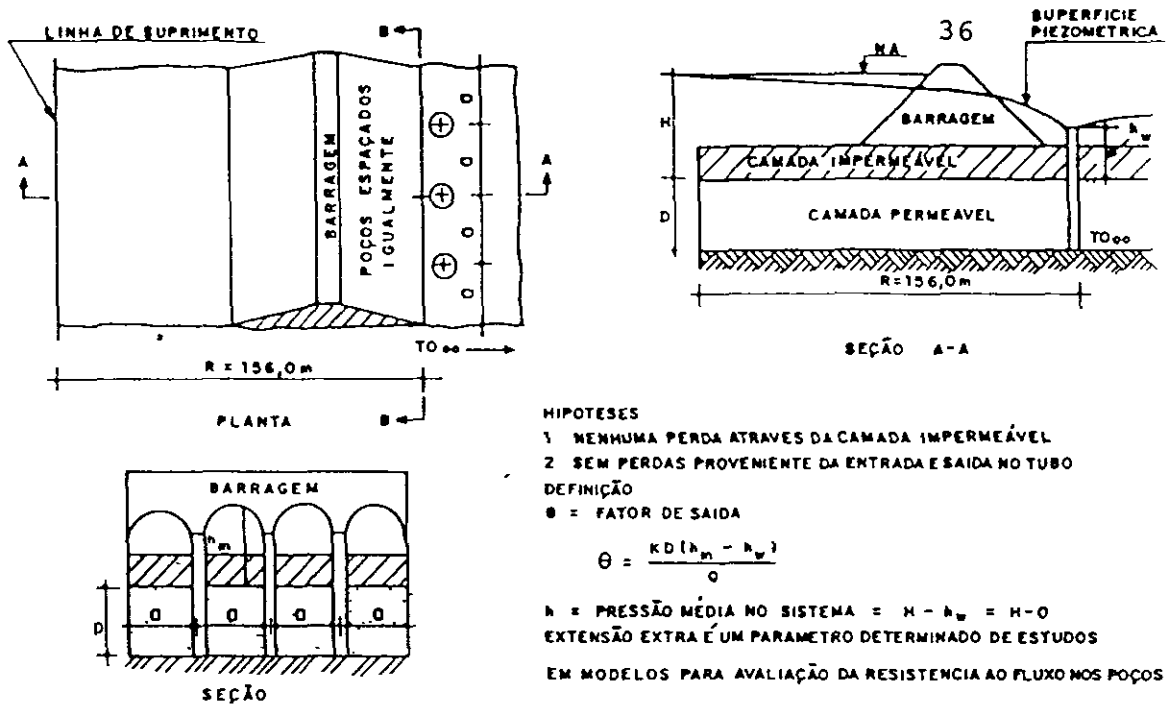


FIG. 6.4 - ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DE POÇOS DE ALÍVIO

6 2 3 - ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM PRINCIPAL E BARRAGEM AUXILIAR

6 2 3 1 - Considerações Gerais

Esta análise, em caráter preliminar, foi elaborada estimando-se os parâmetros de resistência para o solo compactado a partir de um ensaio de cisalhamento direto lento realizado em corpos de prova de uma amostra da Jazida 3 (furo SPP 28), classificação USCS tipo GC, executados com GC em torno de 91% e desvio de umidade em torno do 13% acima da ótima ($h \cong 1,13 h_{ot}$). Como estas especificações estão discrepantes com o que foi solicitado (GC = 100% e desvio de umidade nulo), recorreu-se aos resultados de dois ensaios de cisalhamento direto pré-existent (um rápido, com $c' = 5,8 \text{ t/m}^2$ e $\phi' = 24,6^\circ$ e um lento, com $c' = 1,2 \text{ t/m}^2$ e $\phi' = 34,1^\circ$) e adotou-se, nesta análise, uma coesão efetiva de $2,0 \text{ t/m}^2$ e um ângulo de atrito efetivo de $24,6^\circ$. Foram solicitados novos ensaios de cisalhamentos diretos lentos que servirão para definir efetivamente a segurança dos taludes.

Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto estão apresentados em anexo.

Foram realizadas duas análises, uma referente à Barragem Principal e outra à Barragem Auxiliar (mais a jusante com maior extensão e menor altura (10,0m) e taludes 1V 2H).

Os parâmetros do solo de fundação foram estimados a partir de correlações diversas com os resultados do SPT obtidos através de sondagens mistas atuais e do projeto básico.

6 2 3 2 - Condições de Solicitação

As condições de solicitação analisadas foram as seguintes:

- 1 Final de Construção,
- 2 Operação normal no nível operacional a montante na cota 333,60,
- 3 Rebaixamento Rápido até a cota 325,35

A condição de Final de Construção representa a situação em que o aterro compactado apresenta níveis finais de terraplenagem, com pressões neutras geradas durante a construção ainda não dissipadas, sendo estimadas nas análises por parâmetros de pressão neutra r_u . Nas análises realizadas foi adotado um valor de r_u constante é igual a 20%. Foi suposto também nesta condição de solicitação que o nível d'água estivesse coincidente com a superfície do terreno (cota 319,39). Foram analisadas nesta condição os taludes de montante e de jusante.

A condição de Regime de Operação considera que as pressões neutras atuantes no aterro compactado são provenientes do estabelecimento do fluxo em regime permanente pela seção. Para esta condição somente foi analisada o talude de jusante, devido a ação estabilizante da pressão externa exercida pela água no talude de montante.

A condição de Rebaixamento Rápido pretende retratar a situação em que o nível d'água do reservatório depleciona enquanto que o nível piezométrico no interior da seção não

rebaixa com igual velocidade. sendo admitida para esta situação o mesmo regime de fluxo da condição de regime de operação Nesta condição, a retirada da pressão externa exercida pela água no talude e a manutenção de níveis piezométrico parcialmente drenados no maciço levam a uma redução do Fator de Segurança (F S) Foi suposto nas análises que o rebaixamento realizava-se instantaneamente, considerando-se que a superfície freática se mantinha na posição imediatamente anterior ao início do rebaixamento

6 2 3 3 - Metodologia e Critérios de Análise

Todas as análises realizadas levaram em conta o mecanismo da ruptura por meio de superfícies circulares, considerando que a resistência ao cisalhamento ao longo desta superfície é mobilizada uniformemente, como preconiza a teoria do equilíbrio limite, ou seja, todos os pontos ao longo da superfície analisada estão submetidos ao mesmo F S

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor F S foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa SSTABI (WRIGHT, 1982)¹⁷ A acurácia da localização do centro do círculo foi pré-fixada em 1,5 m

As pressões neutras consideradas nas análises de estabilidade de Rebaixamento Rápido e Regime de Operação foram obtidas a partir de redes de fluxo previamente desenhadas

Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	F.S. ADMISSÍVEL
Final de construção	1,30
Regime de operação	1,50
Rebaixamento rápido	1,10

6 2 3 4 - Barragem Principal

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção representada pela maior altura de aterro compactado (est 6+0,00) A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 17,90 m possuindo a crista 6,0 m de largura e posicionada na cota 336,90 m Os taludes de montante e jusante estão previstos com inclinação 1 V = 2,5 H 1 V = 2,5 H e presença do rock-fill com crista na cota 325,00

As investigações geotécnicas indicaram na Estaca 6+0,00 a ocorrência de um aluvião com até 12 metros de profundidade composto basicamente por uma camada de silte argiloso compressível na superfície (sendo previsto a sua retirada na área abaixo do maciço) sobreposta a uma camada de areia fina e abaixo desta a presença de camadas localizadas de um silte argiloso de pequena espessura e de um horizonte de areia média e grossa

¹⁷ WRIGHT, S G (1982) - SSTABI - A General Computer Program for Slope Stability Analysis, Geotechnical Engineering Center - Bureau of Engineering Research - University of Texas, Austin

a) Parâmetros Geotécnicos de Análise

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises, estão apresentados na Tabela 6.5

TABELA 6.5 - PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL	c' t/m ²	ϕ'	γ_{nat} t/m ³	r_u
Aterro compactado (materiais 1 e 5)	2,0	24,6°	2,00	0,20
Filtro de Areia (materiais 2 e 4)	0	30°	1,64	-
Rock-fill (material 3)	0	40	2,10	-
silte argiloso (material 6)	0,75	13,5	1,90	-
areia fina siltosa(material 7)	0	27	1,90	-
areia siltosa média a grossa (material 8)	0	29	1,90	-

a 1) Solos de Fundação (Aluvião)

O ângulo de atrito dos solos de fundação aluvionar foram obtidos com base na avaliação dos resultados do SPT e consulta bibliográfica adequada

- Areia fina siltosa (material 7)

Dados

SPT médio = 6,

profundidade do nível d'água = 2,0 metros

i) Cálculo da pressão vertical efetiva (p_v')

$$p_v' = 3,0\text{m} \times 19 \text{ kN/m}^3 - 1,0\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 47 \text{ kPa} = 4,7\text{t/m}^2 = 0,47 \text{ kg/cm}^2$$

ii) Cálculo da Densidade Relativa da areia (D_r)

Com base no gráfico proposto por SEED (1971) ^{2/} entrando-se com $p_v' = 0,47 \text{ kg/cm}^2$ e SPT = 6, obtém-se $D_r = 55\%$

De acordo com o diagrama proposto por SCHULTZ E MELZER ^{3/} (1965) obtém-se a partir de $p_v' = 0,47 \text{ kg/cm}^2$ e $N = n$ obtém-se $D_r = 48\%$

Já com base no gráfico apresentado no "Task Comitee for Foundations Design Manual" da ASCE ^{4/} (1972) a compacidade da areia em função de N e p_v' é dada como "fofa"

Adotaremos nesta análise, $D_r = 50\%$

iii) Cálculo do ângulo de atrito da Areia (ϕ)

iii 1) MEYERHOF ²(1956) sugeriu para areias com mais de 5% de finas
 $\phi = 25^\circ + 15 D_r = 25^\circ + 15 \times 0,50 = 32,5^\circ$

iii 2) VICTOR DE MELLO ³(1971) indica

$$t_g \phi = \frac{0,712}{1,49 - D_r} = \frac{0,712}{1,49 - 0,50} = 0,719 \quad \Leftrightarrow \phi = 35,7^\circ$$

Com base nos resultados acima, e considerando-se que se trata de uma areia siltosa adotou-se nas análises de estabilidade um ângulo de atrito para o aluvião de 27° ($\phi' = 27^\circ$)

- **Areia média siltosa (material 8)**

Dados

SPT médio = 12,

profundidade do nível d'água = 2,0 metros

i) Cálculo da pressão vertical efetiva (p_v')

$$p_v' = 6,0\text{m} \times 19 \text{ kN/m}^3 - 5,0\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 64 \text{ kPa} = 6,4 \text{ t/m}^2 = 0,64 \text{ kg/cm}^2$$

ii) Cálculo da Densidade Relativa da areia (D_r)

Com base no gráfico proposto por SEED (1971) ² entrando-se com $p_v' = 0,64 \text{ kg/cm}^2$ e SPT = 12, obtém-se $D_r = 70\%$

De acordo com o diagrama proposto por SCHULTZ E MELZER ³ (1965) obtém-se a partir de $p_v' = 0,64 \text{ kg/cm}^2$ e $N=12$, obtém-se $D_r = 55\%$.

Já, com base no gráfico apresentada no "Task Comittee for Foundations Design Manual" da ASCE ⁴ (1972) a compacidade da areia em função de N e p_v' é dada como "media"

Adotaremos nesta análise, $D_r = 62\%$

² SEED, H B (1971) - "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential" - Journal ASCE - SM9

³ SCHULTZE, e MELZER, K J (1965) - "The Determination of the density and Modulus of Compressibility of Non Cohesive Soil by Soundings" - Proc 6th Int Conf on Soil Mec and Foundation Eng Vol 1

⁴ TASK COM FOR FOUND DESIGN MANUAL (1972) - "Subsurface Investigation for Design and Construction of Foundations of Buildings" - Journal ASCE - SMG

⁵ MEYERHOF, G G (1956) - "Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils" - Journal ASCE - SMI

⁶ MELLO, V F B (1971) - "The Standart Penetration Test" - Procc 4th Pana Conf on Soil Mec and Found Eng

iii) Cálculo do ângulo de atrito da Areia (ϕ)

iii 1) MEYERHOF ⁵ (1956) sugeriu para areias com mais de 5% de finos

$$\phi = 25^\circ + 15 D_r = 25^\circ + 15 \times 0,62 = 34,5^\circ$$

iii 2) VICTOR DE MELLO ^{2/} (1971) indica

$$t_g \phi = \frac{0,712}{1,49 - D_r} = \frac{0,712}{1,49 - 0,62} = 0,818 \Leftrightarrow \phi = 39,3^\circ$$

Com base nos resultados acima, e considerando-se que se trata de uma areia siltosa adotou-se nas análises de estabilidade um ângulo de atrito para o aluvião de 29 ($\phi' = 29^\circ$)

a 2) Drenos de Areia e Rock-fill

Os parâmetros de resistência do dreno de areia foram estimados com base na experiência do projetista

b) Resultados

A Tabela 6.6 apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F.S. apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares. As Figuras 6.5 a 6.7 indicam para cada tipo de solicitação, a localização dos círculos críticos associados aos F.S. obtidos.

TABELA 6.6 - F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,807
	Jusante	1,487
Regime de Operação	Jusante	1,577
Rebaixamento Rápido	Montante	1,367

6.2.3.5 - Barragem Auxiliar

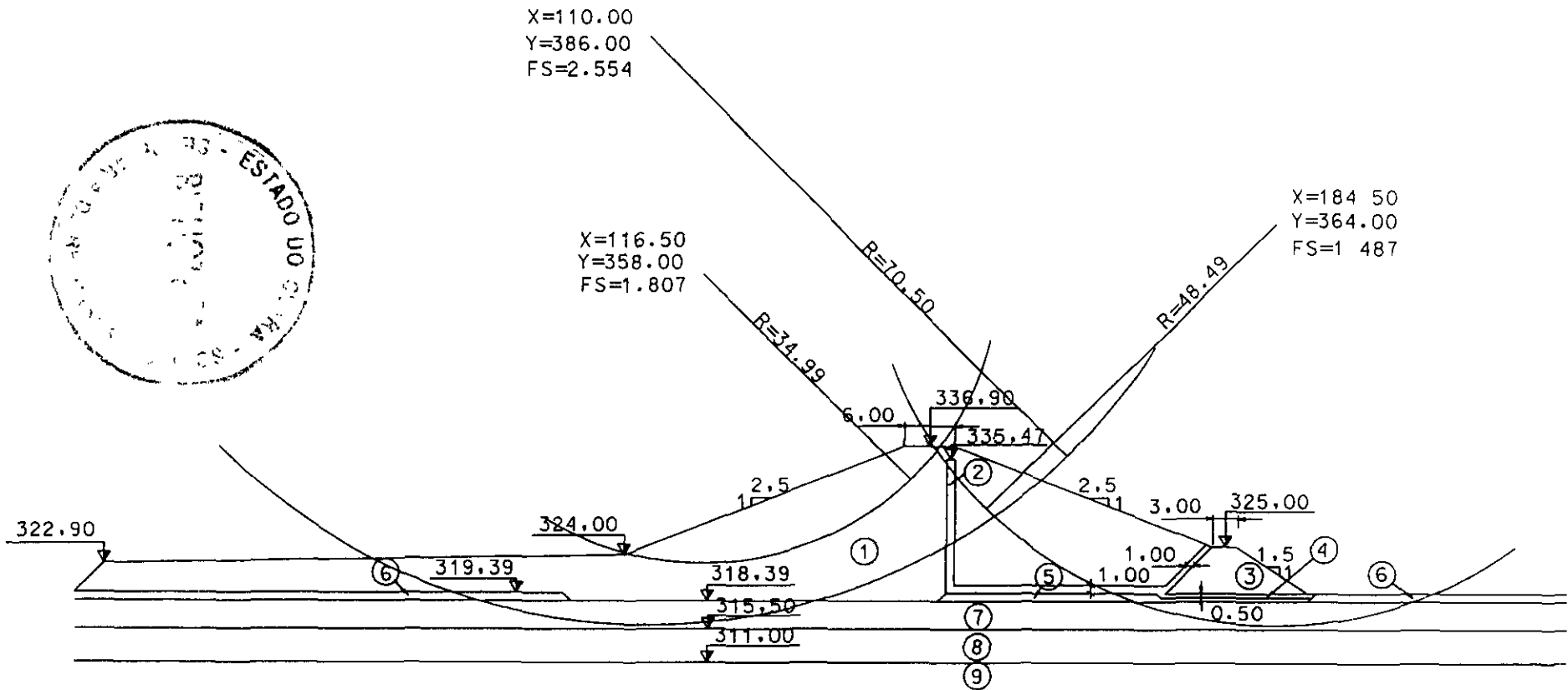
a) Parâmetros Geotécnicos de Análise

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises, estão apresentados na Tabela 6.7

Nº	MATERIAL	C' (+/m ²)	φ' (°)	γ' (+/m ³)	rU
1 e 5	ATERRO COMPACTADO	2,0	24,6°	2,00	0,20%
2 e 4	DRENO DE AREIA	0	30°	1,64	-
3	ROCK-FILL	0	40°	2,10	-
6	SOLO SILTE ARGILOSO	0,75	13,5°	1,90	-
7	AREIA FINA SILTOSA	0	27°	1,90	-
8	AREIA MÉDIA SILTOSA	0	29°	1,90	-
9	ROCHA POUCO ALTERADA	50	45°	2,50	-

FIGURA 6.5

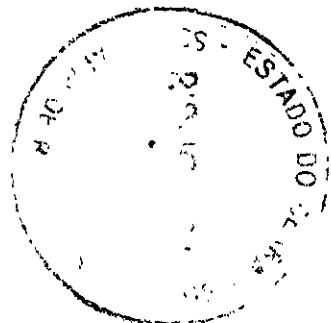
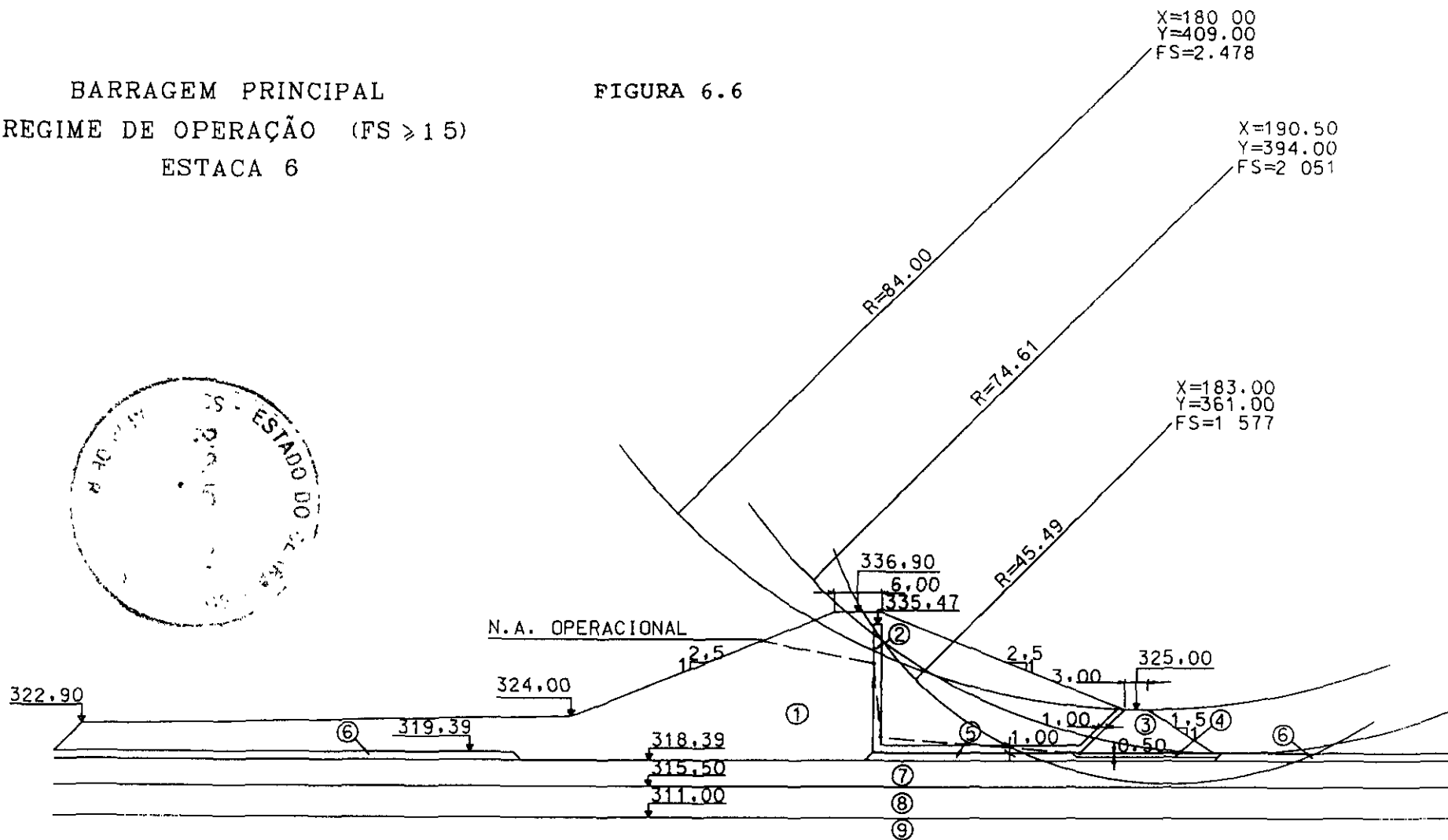
BARRAGEM PRINCIPAL
FINAL DE CONSTRUÇÃO (FS > 1.3)
ESTACA 6



000043

BARRAGEM PRINCIPAL
 REGIME DE OPERAÇÃO (FS ≥ 15)
 ESTACA 6

FIGURA 6.6



(99013)

FIGURA 6.7

BARRAGEM PRINCIPAL
REBAIXAMENTO RÁPIDO (FS > 11)
ESTACA 6

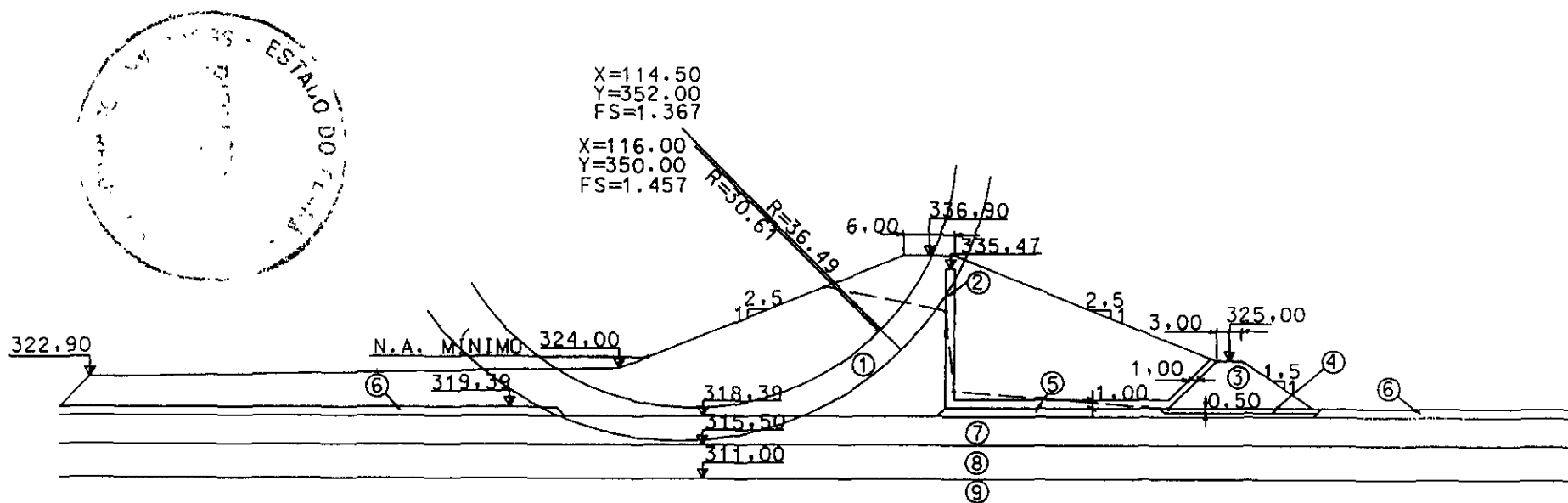


TABELA 6.7 - PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL	c' (t/m ²)	ϕ'	γ_{nat} (t/m ³)	r_u
Aterro compactado (material 1)	2,0	24,6°	2,00	0,20
Filtro de Areia (material 2)	0,0	30°	1,64	-
Rock-fill (material 3)	0,00	40	2,10	
Solo residual areno siltsoso(material 4)	0,0	32,0°	1,90	
Rocha pouco-alterada (material 5)	50,0	40°	2,10	

b) Resultados

A Tabela 5 8 apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares As Figuras 6 8 a 6 10 indicam para cada tipo de solicitação, a localização dos círculos críticos associados aos F S obtidos

TABELA 6.8 - F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,809
	Jusante	1,721
Regime de Operação	Jusante	1,707
Rebaixamento Rápido	Montante	1,196

6 3 - O VERTEDOIRO

O vertedouro localiza-se na sela da margem esquerda, com uma largura de 310 m e soleira na cota 333,6 definidos com base nos estudos de otimização de alternativas

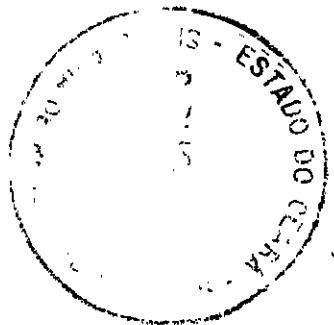
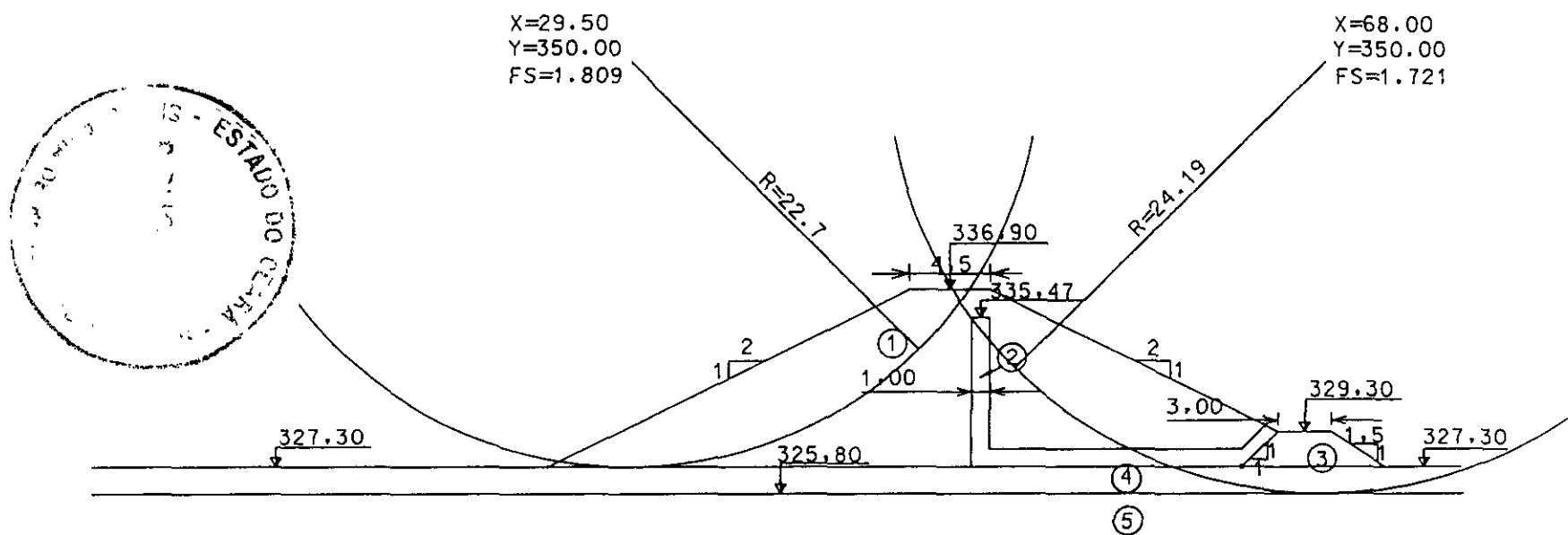
A cota média da linha de cumeeada do trecho onde será escavado o canal, é aproximadamente 355,50 m A rocha com condições suficientes para resistir à erosão, está, em média, a 2,0 m de profundidade (cota 333,5), o que coincide aproximadamente com a cota de fundo do canal (333,6)

Como medida de segurança, em razão das variações da resistência da rocha, previu-se um "cordão de fixação", de largura mínima = 0.80 m embutido na rocha, com fundação a, no mínimo, 1,0 m de profundidade, mas que poderá chegar a 2,60 m em um pequeno trecho, conforme pode ser observado na planta de detalhes do vertedouro

Nº	MATERIAL	C' (t/m ²)	ϕ'	γ' (t/m ³)	r_u
1	ATERRO COMPACTADO	2.0	24.6°	2.00	0.20%
2	DRENO DE AREIA	0	30°	1.64	-
3	ROCK-FILL	0	40°	2.10	-
4	SOLO RESIDUAL	0	32°	1.90	-
5	ROCHA POUCO ALTERADA	50	45°	2.50	-

FIGURA 6.8

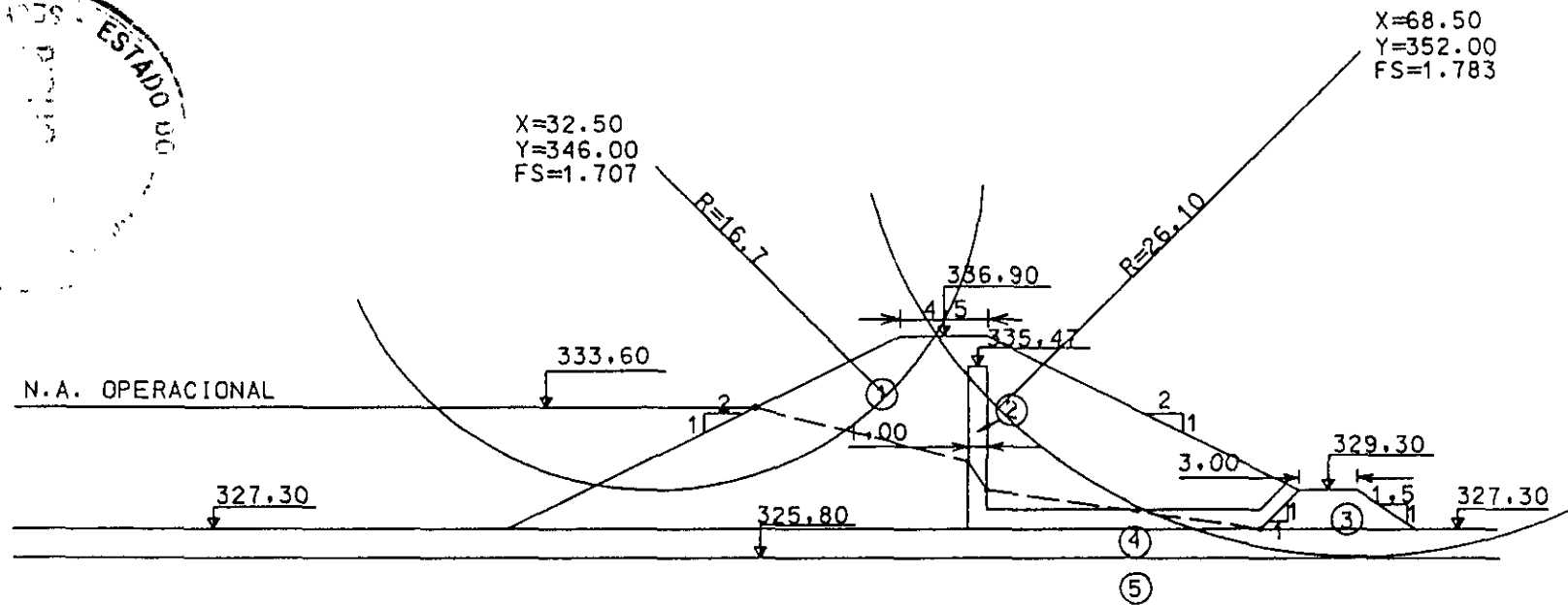
BARRAGEM AUXILIAR
FINAL DE CONSTRUÇÃO (FS \geq 1,3)



0005

FIGURA 6.9

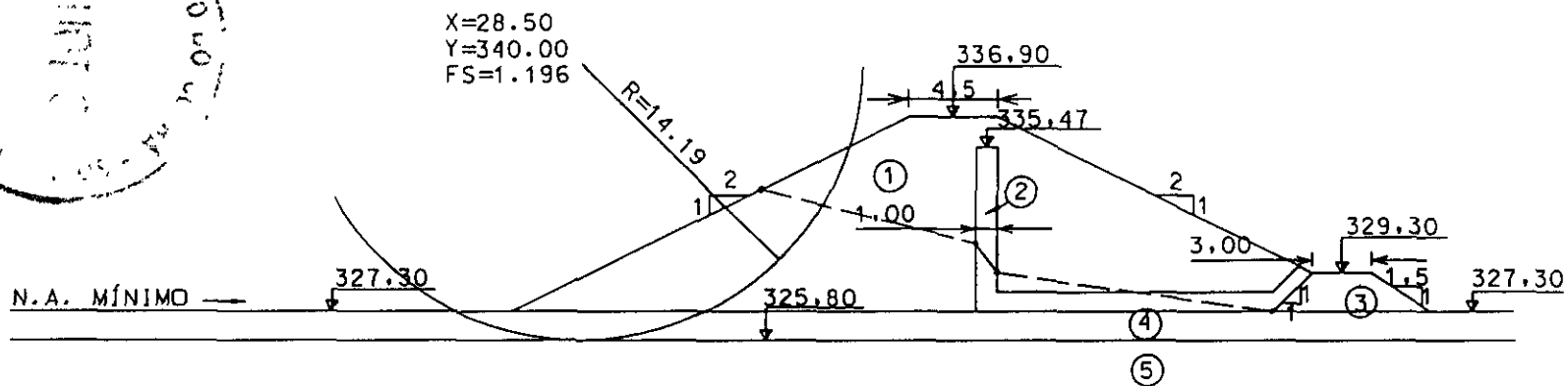
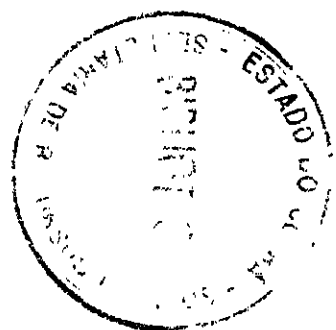
BARRAGEM AUXILIAR
REGIME DE OPERAÇÃO (FS ≥ 1,5)



649003

FIGURA 6.10

BARRAGEM AUXILIAR
REBAIXAMENTO RÁPIDO ($FS \geq 1.1$)



Para complementar o fechamento da sela, nos trechos laterais ao vertedouro, previu-se pequenos aterros complementares, a partir dos dois muros laterais, de tal forma a se evitar qualquer possibilidade de fuga, mesmo para a cheia milenar

Nos cálculos hidráulicos considerou-se o vertedouro como um canal de fundo plano, com o coeficiente de Manning, $\eta = 0,004$ ($K = 25$, escavação em rocha com vegetação) e estimou-se o nível no reservatório a partir de cálculo de curva de remanso

Os resultados finais após a simulação integrada com o cálculo da curva de remanso são apresentados a seguir (Tabela 6.9)

TABELA 6.9 - RESULTADOS FINAIS DO CÁLCULO DO SANGRADOURO

Largura	310,00 m
Vazão da Cheia Milenar	935 m ³ /s
Vazão da Cheia Decamilenar	1696 m ³ /s
Comprimento do Remanso	610,00 m
Cota d'água no Açude (Milenar)	335,42 m
Cota d'água na Saída do Canal (Milenar)	334,58 m
Perda de Energia Total (Milenar)	0,18 m
Cota d'água no Açude (Decamilenar)	336,12 m
Cota d'água na Saída do Canal (Decamilenar)	335,05 m
Perda de Energia Total (Decamilenar)	0,35 m
Comprimento do Canal	40,00 m
Declividade do Fundo	0,00 m/m

6.4 - TOMADA D'ÁGUA E ESTRUTURA DE DISSIPACÃO

6.4.1 - LOCALIZAÇÃO

Considerando-se as condições geotécnicas e sem a existência de qualquer restrição quanto as condições operacionais, decidiu-se manter a tomada d'água na posição definida no projeto anterior (estaca 9 da Barragem Auxiliar da Margem Direita), porém reduzindo-se o diâmetro e simplificando-se a sua estrutura, passando-se o controle para jusante

6.4.2 - CÁLCULO DO DIÂMETRO

O diâmetro foi calculado em função da vazão regularizada utilizando-se a fórmula do diâmetro econômico proposta por LENCASTRE (1983) que tem a forma

$$D = 0,95 \times Q^{0,43}$$

Sendo D, o diâmetro em m, Q, a vazão em m³/s

Logo, para a vazão regularizada, $Q_{90\%} = 500$ l/s, têm-se

$$D = 0,95 \times 0,500^{0,43} = 0,705 \text{ m}$$

Adotou-se o diâmetro $D = 700 \text{ mm}$

6 4 3 - DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA LINEAR (Hf_d)

Empregou-se a expressão de HAZEN-WILLIAMS $J = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$

Sendo J , a perda de carga unitária em m/m, Q , a vazão em m^3/s , C , o coeficiente de rugosidade e D , o diâmetro da tubulação em m

Assim, para $Q_{90\%} = 500 \text{ l/s} \Rightarrow V = 1,30 \text{ m/s}$
 $Q_{\text{galeria}} = 250 \text{ l/s} \Rightarrow V = 0,65 \text{ m/s}$
 $C = 90$ (aço soldado em uso)
 $D = 0,70 \text{ m}$
 $L = 52 \text{ m}$ (extensão da galeria)

Têm-se $J = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{90^{1,85} \times 0,7^{4,87}} = 0,0147 Q^{1,85}$

$hf_d = J \times L \quad hf_d = 0,0147 \times Q^{1,85} \times 52 = 0,764 \times Q^{1,85}$

ou seja, $hf_d = 0,764 \times Q^{1,85}$

6 4 4 - PERDA DE CARGA LOCALIZADA (hf_L)

Empregou-se a expressão geral para perda de carga localizada $hf_L = \frac{V^2}{2g}$

Velocidade em m/s, g , a aceleração da gravidade

Para $Q_{90\%} = 500 \text{ l/s} \Rightarrow Hf_L = 0,762 \times 0,500^{1,85} = 0,21 \text{ m c a}$

Para $Q_{\text{galeria}} = 250 \text{ l/s} \Rightarrow Hf_L = 0,762 \times 0,250^{1,85} = 0,06 \text{ m c a}$

Perda Consideradas.

- 1 Crivo $\varnothing 700 \text{ mm}$: $k = 0,75$
- 2 Registros de gaveta $\varnothing 700 \text{ mm}$ $k = 2 \times 0,20 = 0,40$
- 3 Saída $K = 1,0$

$$\text{Assim } H_f = 2,15 \frac{V^2}{2g} \text{ mas } \frac{V^2}{2g} = \frac{A^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right)}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{Q^2 \times 16}{2 \times g \times \pi^2 \times D^4} = 0,344 Q^2, \text{ logo } H_f = 2,15 \times 0,344 \times Q^2 = 0,740 Q^2$$

6 4 5 - PERDA DE CARGA TOTAL

$$H_f = H_{f_d} + H_{f_l} \quad H_f = 0,764 Q^{1,85} + 0,740 Q^2$$

Perdas para as vazões de operação

$$Q_{\text{REGULARIZADA } 90\%} = 500 \text{ l/s} \Rightarrow H_f = 0,40 \text{ m c a}$$

$$Q_{\text{ALERTA}} = \frac{Q_{90}}{2} = 250 \text{ l/s} \Rightarrow H_f = 0,11 \text{ m c a}$$

6 4 6 - A COTA DE ASSENTAMENTO DA GALERIA E OS NÍVEIS OPERACIONAIS

Pelas condições geotécnicas e observando-se as regras operacionais estabelecidas na simulação do reservatório, definiu-se a cota 324,50 para a geratriz inferior da entrada da tomada d'água com diâmetro de 700 mm

Considerando-se essa cota $CGI_M = 324,50$ e a condição de subemergência mínima a montante de 0,20m $\left(\frac{V^2}{2g} = 0,09 \text{ m/s} \text{ para } Q = 500 \text{ l/s} \right)$ estima-se a seguir o nível mínimo de garantia total de derivação para jusante

$$N_{\text{min}} = CGI_M + D + 0,20$$

$N_{\text{min}} = 324,50 + 0,70 + 0,20 = 325,40 \text{m}$, que na curva cota volume do reservatório corresponde a de $7,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, e situa-se 2,10 abaixo da cota do volume de alerta, que é de $19,4 \times 10^6$ na Cota 327,50 m ($I = 0,0077 \text{ m/m}$)

Como declividade de assentamento da tubulação, adotou-se a da linha piezométrica média para as perdas totais, quando passa a vazão regularizada de 500 l/s

$$\text{Cota de Jusante} \quad CGI_J = CGI_M - H_f$$

$$CGI_J = 324,50 - 0,40 = 324,10 \text{ m}$$

6 4 7 - CURVA DE DESCARGA EM FUNÇÃO DO NÍVEL À MONTANTE (Na_M)

- Equação das perdas de cargas totais (H_f)

$$H_f = H_{fd} + H_{fa} = 0,764 Q^{1,85} + 0,740 Q^2$$

- Nível de Saída a Jusante

$$Na_J = CGI_J + D$$

$$Na_J = 324,10 + 0,70 = 324,80 \text{ m}$$

- Carga Disponível em função do nível de montante Na_M (Variável)

$$\Delta Na = Na_M - Na_J = Na_M - 324,80$$

Fazendo-se $\Delta Na = H_f$, tem-se

$\Delta Na = Na_M - 324,80 = 0,764 Q^{1,85} + 0,740 Q^2$ é a equação final relacionando a descarga com o nível de montante, que varia do mínimo de 325,20 ao máximo de 335,47 m

VAZÃO (m3/s)	COTA (m)	H (m)	V (m/s)
0,500	325,20	0,40	1,30
0,600	325,36	0,56	1,56
0,700	325,56	0,76	1,82
0,800	325,78	0,98	2,08
0,900	326,03	1,23	2,34
1,000	326,30	1,50	2,60
1,100	326,61	1,81	2,86
1,200	326,94	2,14	3,12
1,300	327,29	2,49	3,38
1,400	327,67	2,87	3,64
1,500	328,08	3,28	3,90
1,600	328,52	3,72	4,16
1,700	328,98	4,18	4,42
1,800	329,46	4,66	4,68
1,900	329,98	5,18	4,94
2,000	330,51	5,71	5,20
2,100	331,08	6,28	5,46
2,200	331,67	6,87	5,72
2,300	332,28	7,48	5,98
2,400	332,92	8,12	6,24
2,500	333,59	8,79	6,50
2,600	334,28	9,48	6,76
2,700	334,99	10,19	7,02
2,765	335,47	10,67	7,18

Obs $N_{a_{\min \text{ mont}}} = 325,40 \text{ m}$ NA mínimo (Volume = $7,0 \times 10^6 \text{ m}^3$) considerando 0,20 m acima da geratriz superior do tubo a montante para garantir submersão mínima e $Q \geq 500 \text{ l/s}$

6 4 8 - DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPACÃO

A estrutura de dissipação selecionada para a descarga da tomada d'água foi a bacia de impacto padronizada pelo "BUREAU OF RECLAMATION" nas obras "DESIGN OF SMALL DAMS" ⁽¹⁾ e "HIDRAULIC DESIGN OF STILLING BASINS AND ENERGY DISSIPATORS" ⁽²⁾, cujo processo de cálculo é apresentado a seguir

$$\text{Carga hidráulica máxima } h = 335,47 - 324,80 = 10,67 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade de Impacto } V = \sqrt{2 \times g \times h} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 10,67} = 14,47 \text{ m/s} = 47,47 \text{ ft/s}$$

$$\text{Área fictícia de fluxo quadrado } A = \frac{Q}{V} = \frac{2,76}{14,77} = 0,191 \text{ m}$$

$$\text{Largura fictícia do fluxo } D = \sqrt{A} = \sqrt{0,191} = 0,437 \text{ m}$$

$$\text{Número de Froude } Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times d}} = \frac{14,47}{\sqrt{9,81 \times 0,437}} = 6,99$$

Pela Figura 10-14 do DESIGN OF SMALL DAMS, $\frac{w}{D} = 8,7$ OU SEJA. $w = 8,7 \times 0,44 = 3,83 \text{ m} = 12'6''$

Adotou-se então uma bacia padronizada com $W=13 \approx 4,00 \text{ m}$, Tabela pag 86 do livro (2) citado anteriormente

6 4 9 - VERTEDOR DE JUSANTE DA TOMADA D'ÁGUA

Foi adotado o vertedor retangular sem contração lateral, com curva de vazão calculada pela fórmula de Bazin, cuja expressão é

$$Q = m l \sqrt{2gH}^{3/2}, m = \left(0,405 + \frac{0,003}{0,15} \right) \left[1 + 0,55 \frac{0,15}{(0,15 + 0,66)} \right]$$

$$\text{Onde } L = 4,0 \text{ m}$$

$$P = 0,66 \text{ m}$$

A curva de vazão do vertedor é apresentada a seguir

$$Q = m \times 17,72 H^{3/2} \text{ ou } H = \left(\frac{Q}{m \times 17,72} \right)^{2/3}$$

$$\text{Para } Q = 0,500 \text{ l/s}, H = 0,15 \cdot m = 0,468$$



AÇUDE BARRA VELHA

RELAÇÃO DE PLANTAS

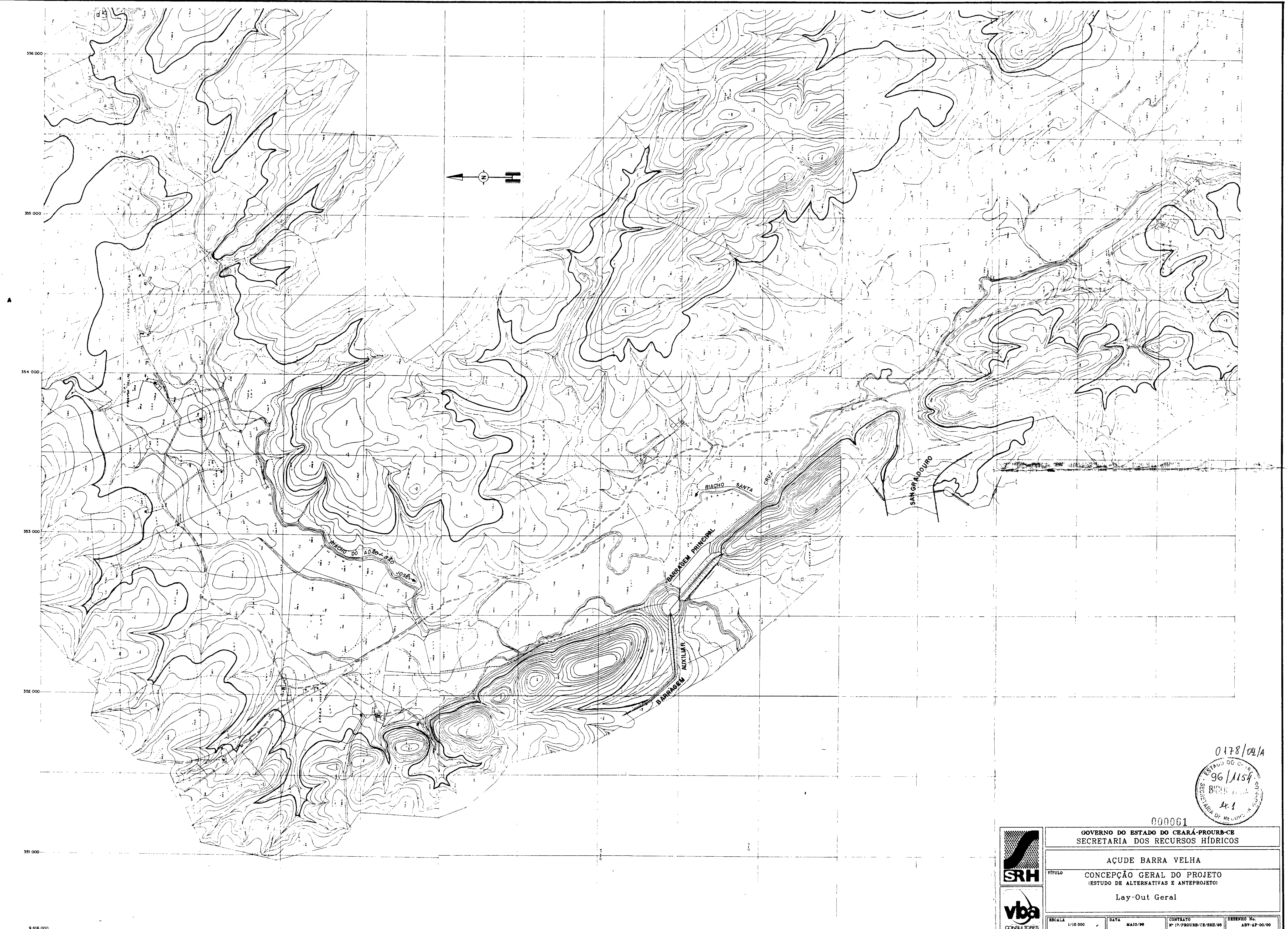
ANTEPROJETO

- ABV-AP-00/00 Lay-Out Geral ~
- ABV-AP-01/08 Barragem Principal e Auxiliar - Planta Baixa e Perfil Longitudinal ~
- ABV-AP-02/08 Barragem Principal Seções Transversais das Alturas Máximas e Ombreira com Detalhes (Seções 01, 06 e 19) ~
- ABV-AP-03/08 Barragem Principal Seções Transversais (seções 03, 05, 07, 09, 11 e 13) ~
- ABV-AP-04/08 Barragem Principal e Auxiliar Seções Transversais (Seções 10, 15 e 17) ~
- ABV-AP-05/08 Barragem Auxiliar e Sangradouro da Margem Esquerda - Planta Baixa e Perfis ~
- ABV-AP-06/08 Sangradouro Muros de Contenção, Seções Transversais e Longitudinais com Detalhes ~
- ABV-AP-07/08 Barragem Principal Seções de Detalhes e Verificação da Espessura Mínima do Tapete de Montante (Seções a 40, 60, 80 e 100 m). ~
- ABV-AP-08/08 Tomada D'água. Planta e Perfil com Detalhes. ~

Plantas que podem ser observadas em outro volume.

ESTUDOS GEOTÉCNICOS

- ABV-EG-01/04 Barragem Principal, Barragem Auxiliar da Margem Direita e Alternativa de Vertedouro na Margem Direita - Planta de Localização das Sondagens e Perfil Longitudinal do Subsolo
- ABV-EG-02/04 Barragem Principal - Perfis das Seções Transversais (estacas 5, 10 e 15) e Perfis Longitudinais (20 e 40m montante e 40m jusante)
- ABV-EG-03/04 Barragem Auxiliar e Vertedouro na Margem Esquerda - Planta de Localização das Sondagens, Perfil Longitudinal e Seções do Subsolo
- ABV-EG-04/04 Estudo de Materiais - Planta de Localização das Áreas de Emprestimo (Jazidas)



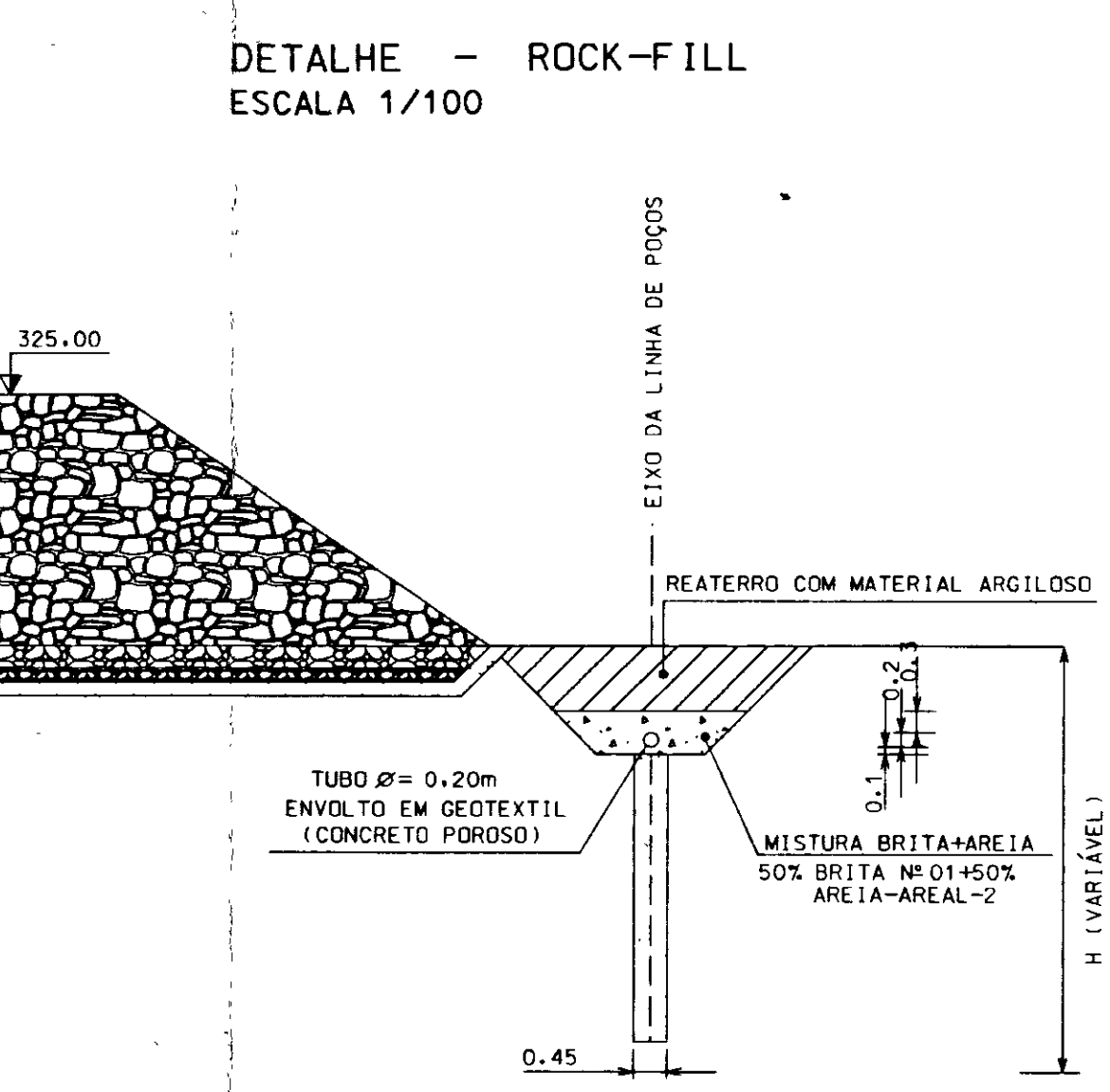
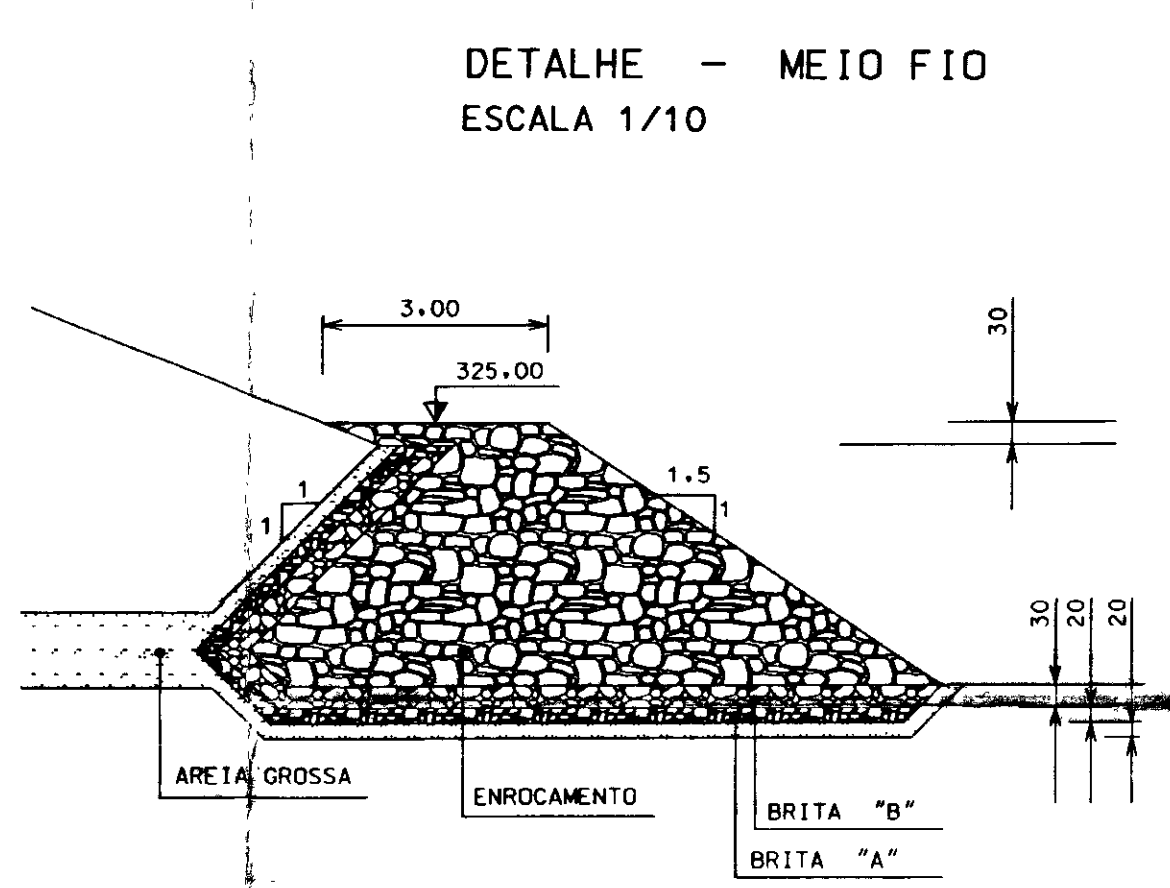
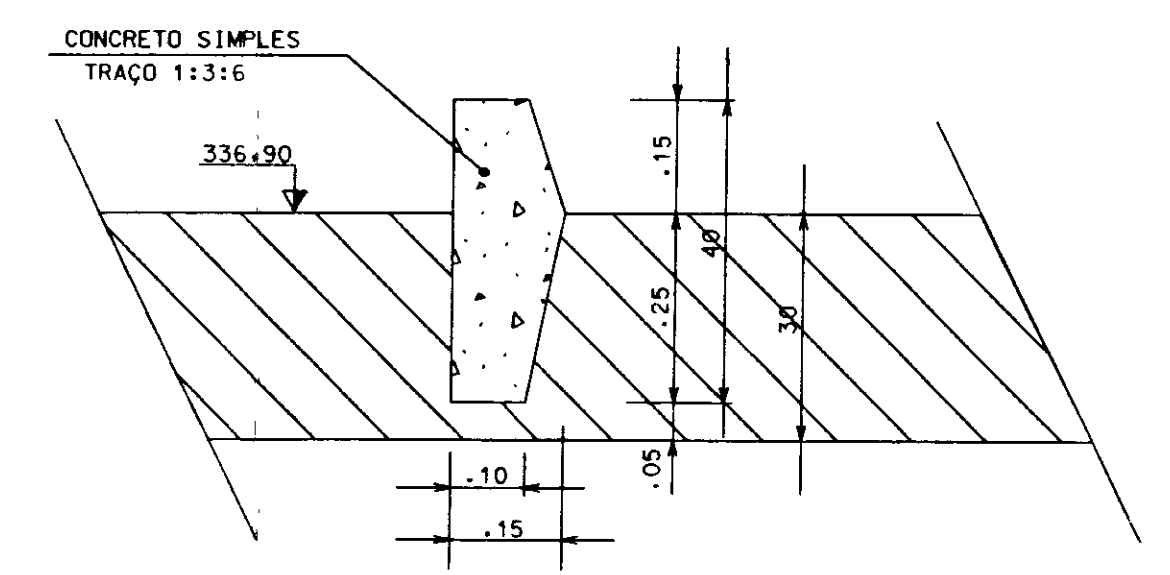
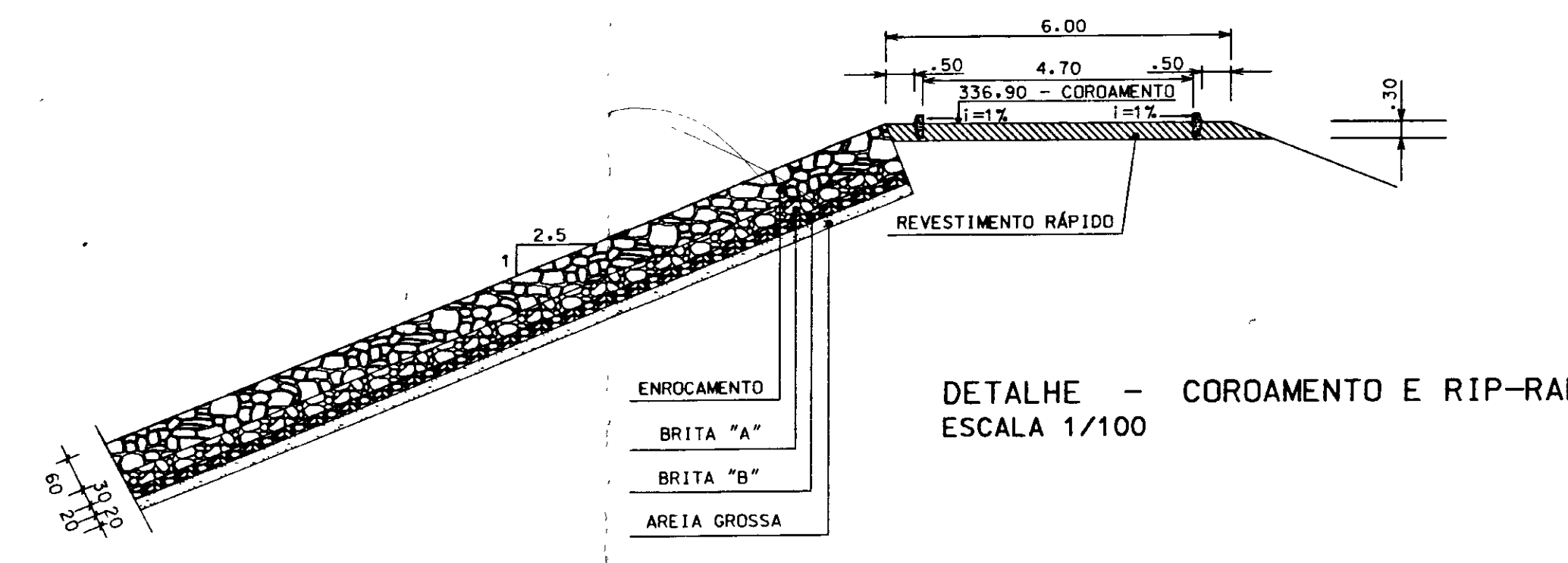
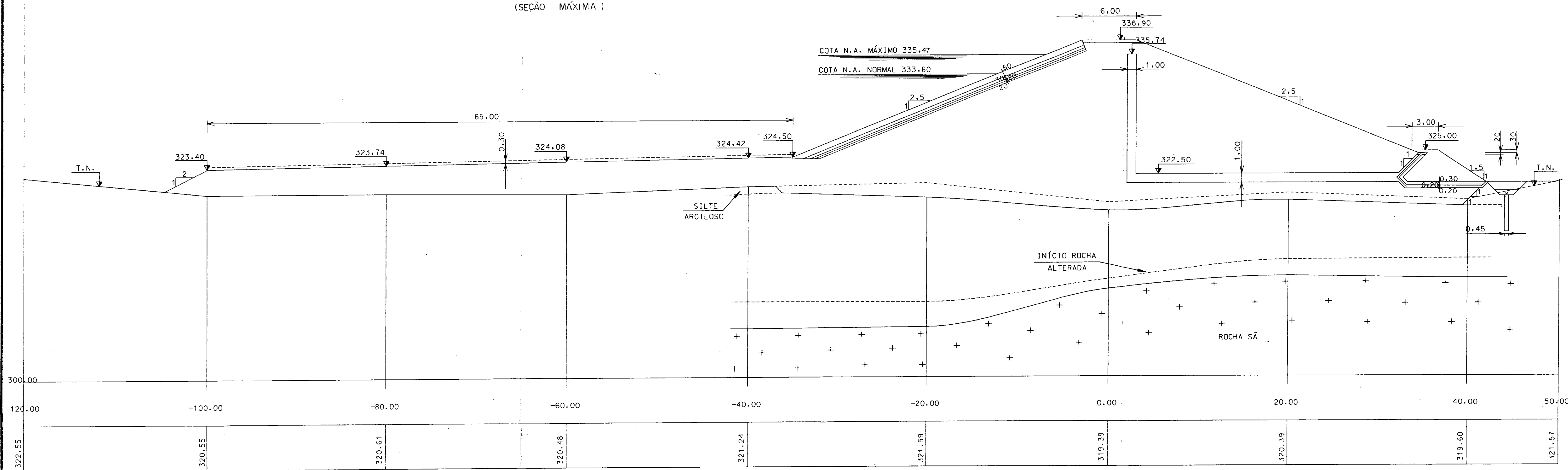
0178/04/A
 GOV. DO ESTADO DO CEARÁ
 96/1154
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
 Ar. 1

000061

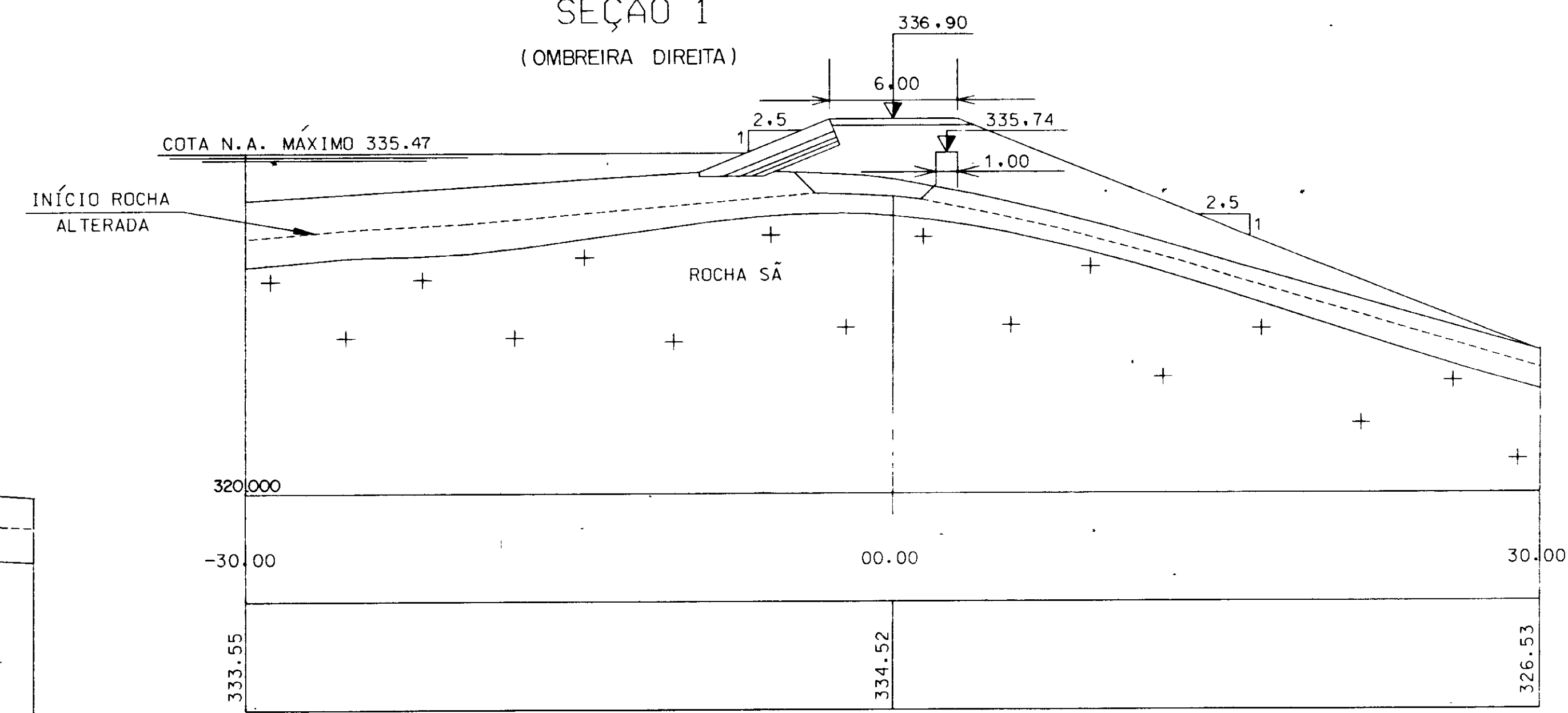


GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROURB-CE SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS			
TÍTULO AÇUDE BARRA VELHA CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO) Lay-Out Geral			
ESCALA 1/10 000	DATA MAIO/96	CONTRATO Nº 17/PROURB/CE/SRH/96	DESENHO Nº. ABY-AP-00/00

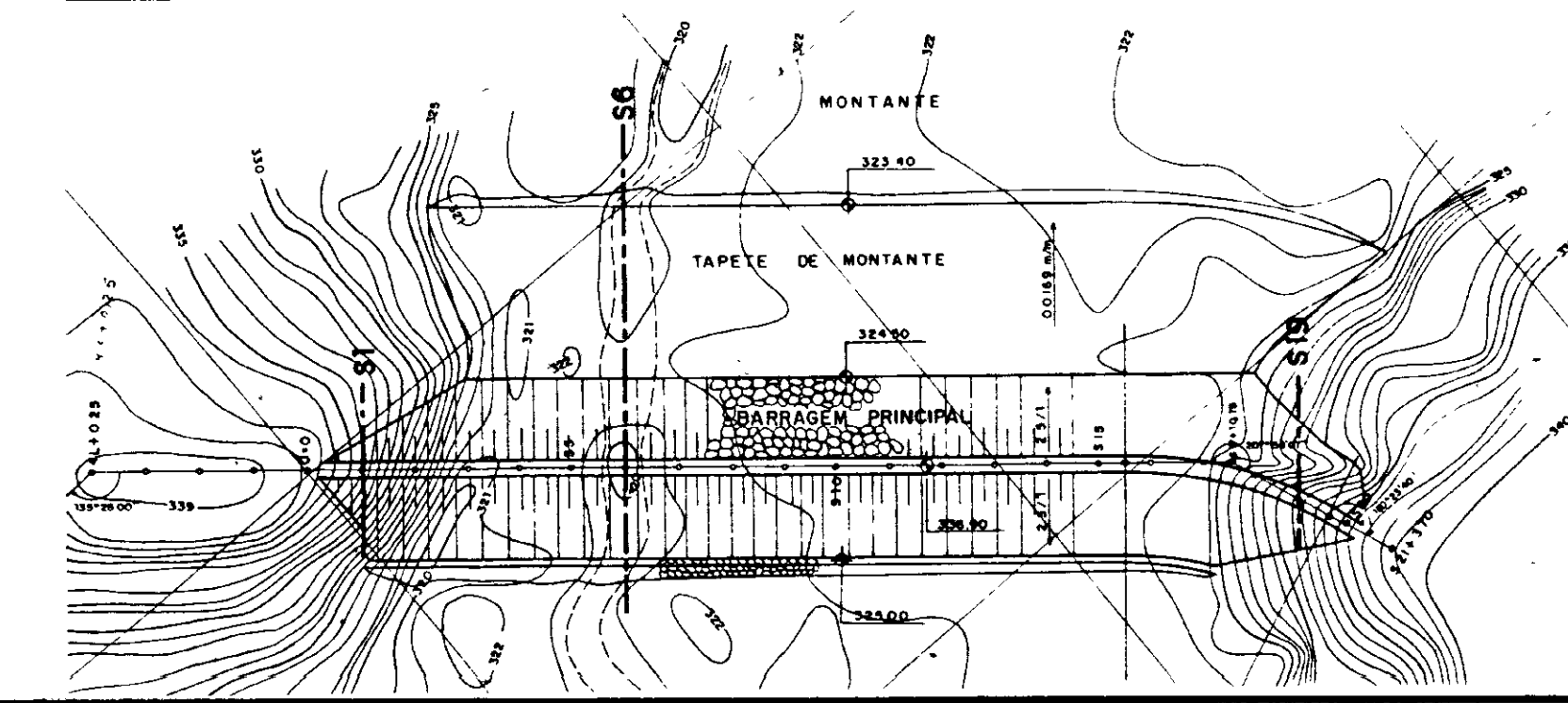
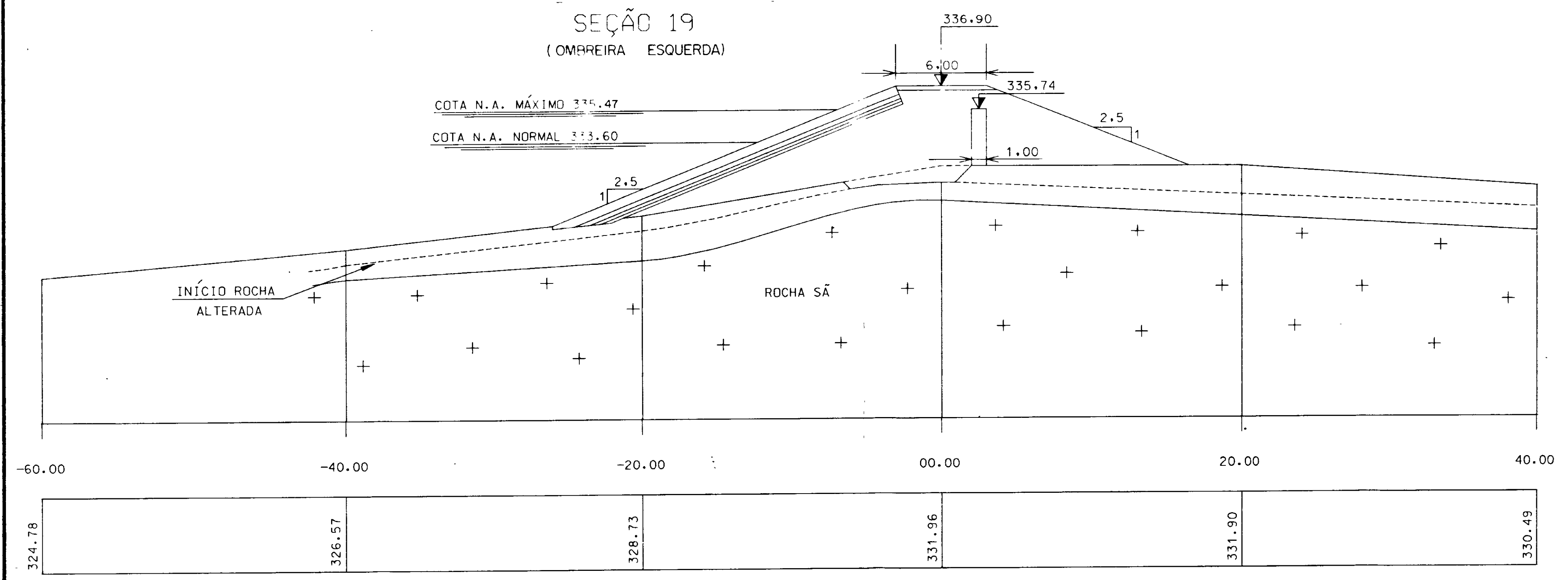
SEÇÃO 6
(SEÇÃO MÁXIMA)



SEÇÃO 1
(OMBREIRA DIREITA)



SEÇÃO 19
(OMBREIRA ESQUERDA)



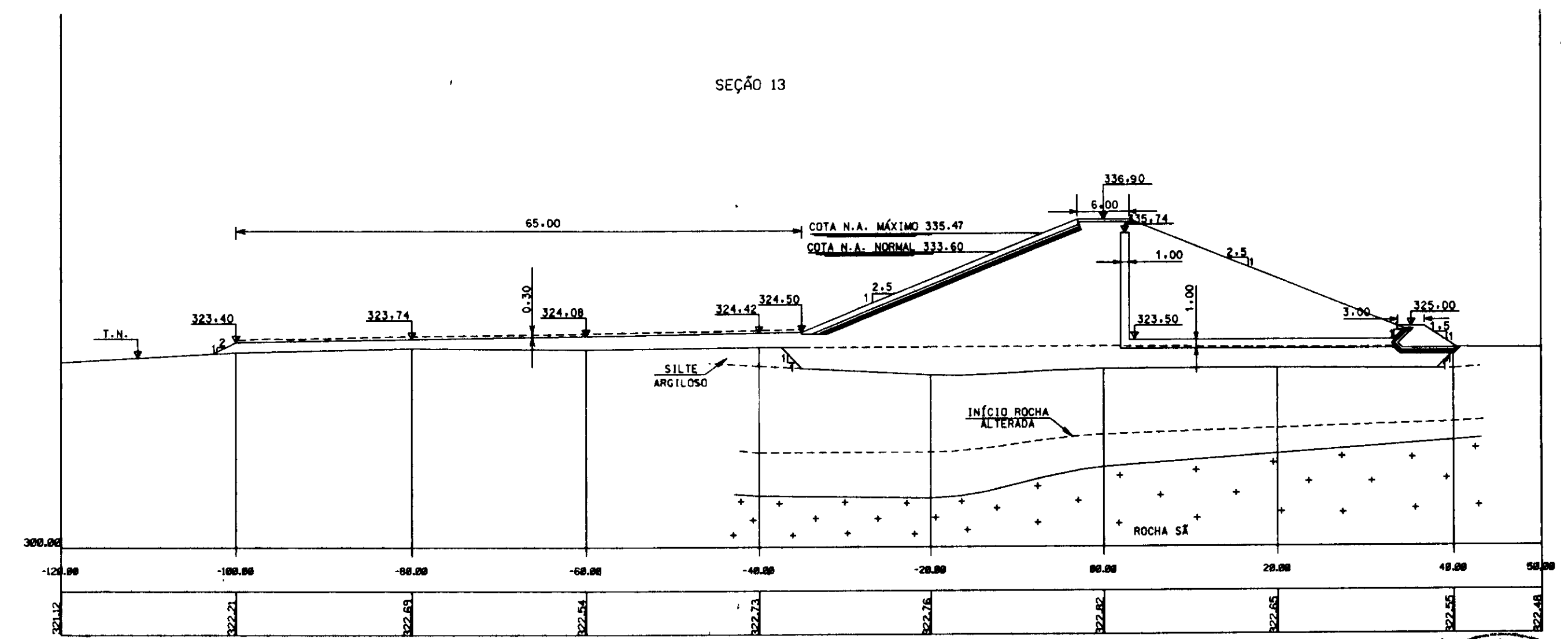
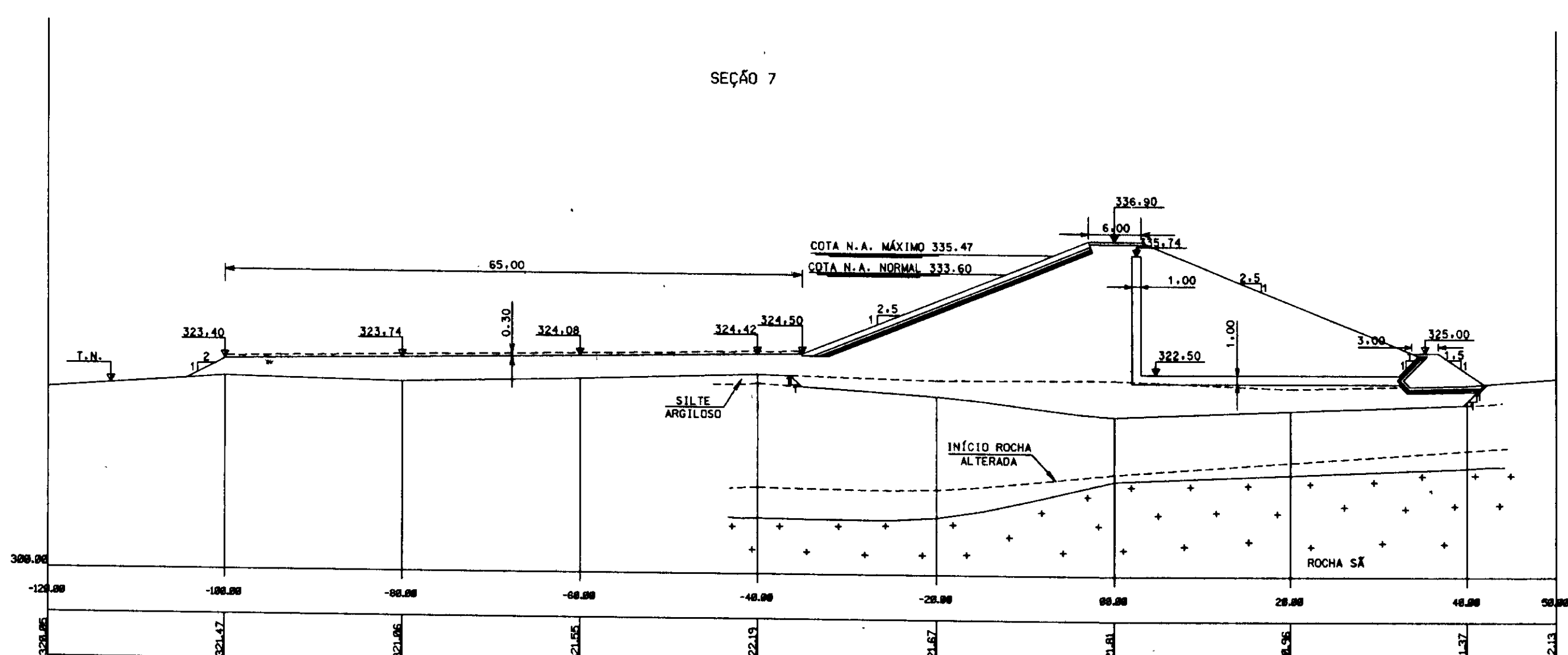
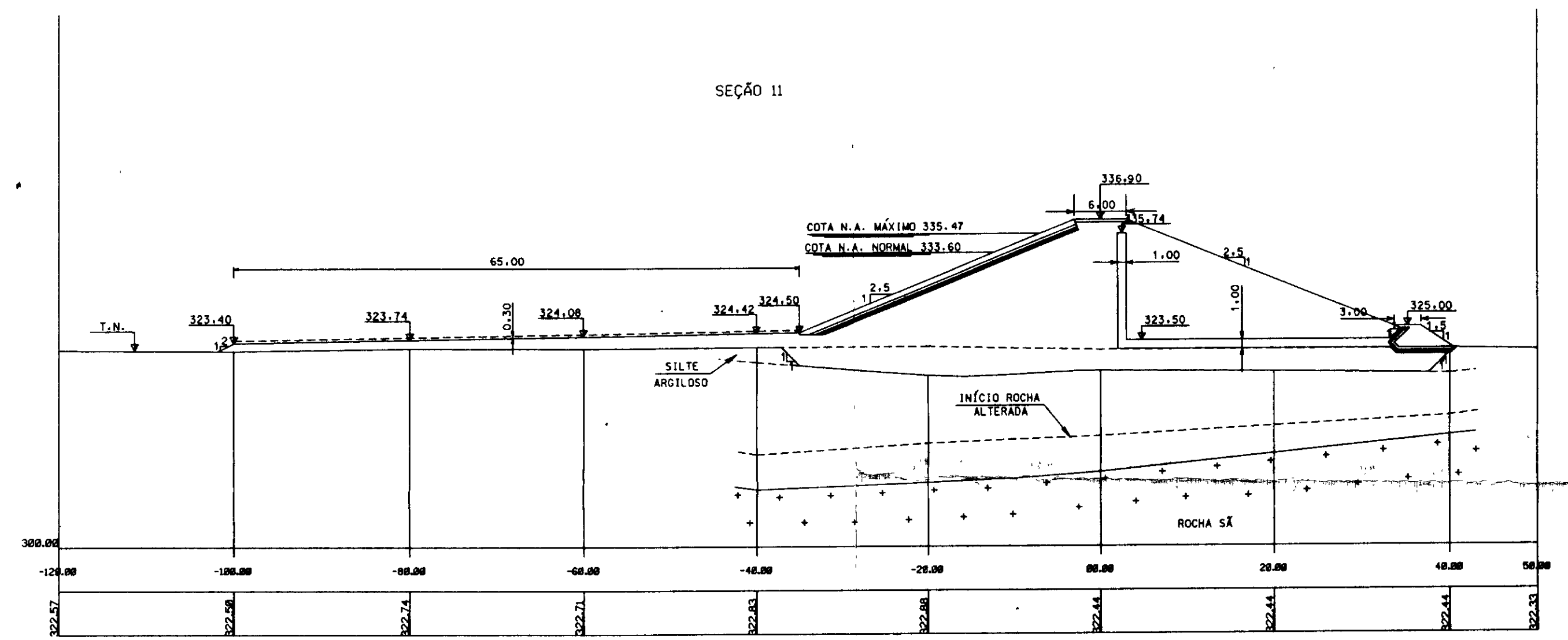
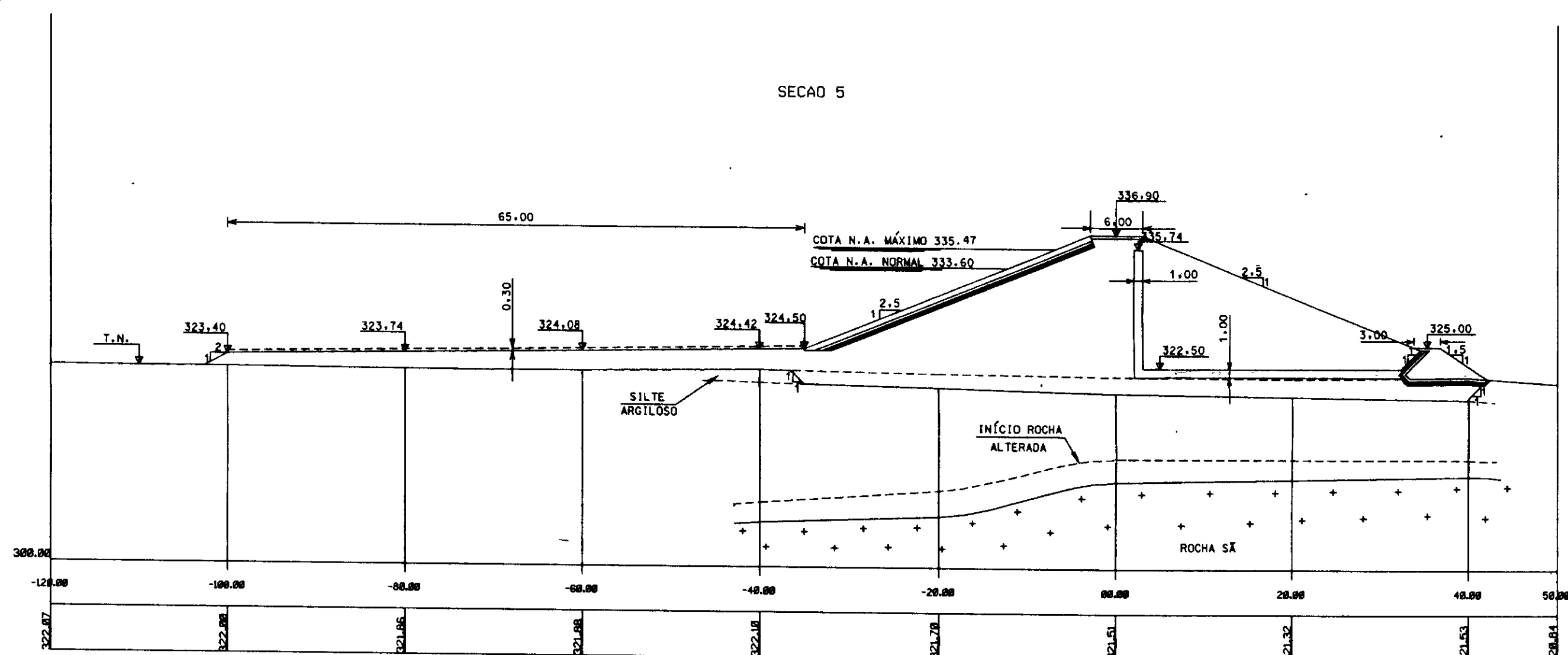
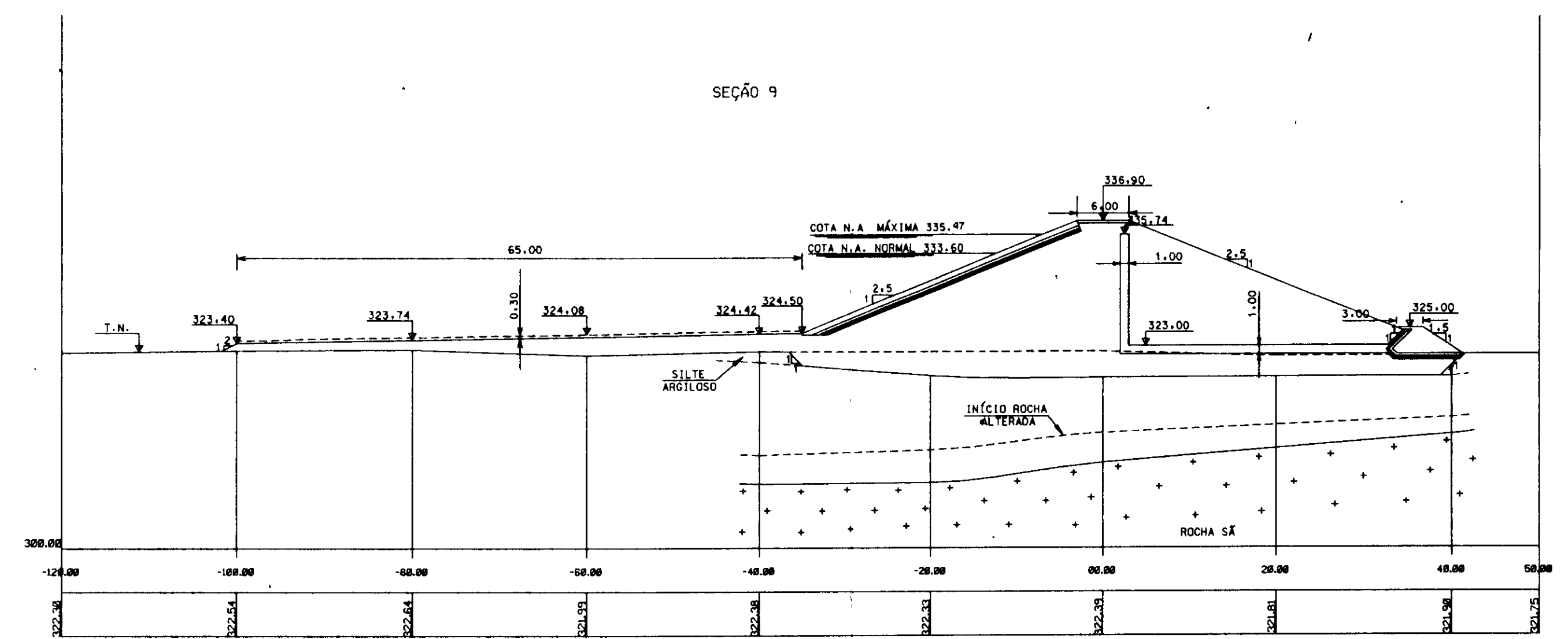
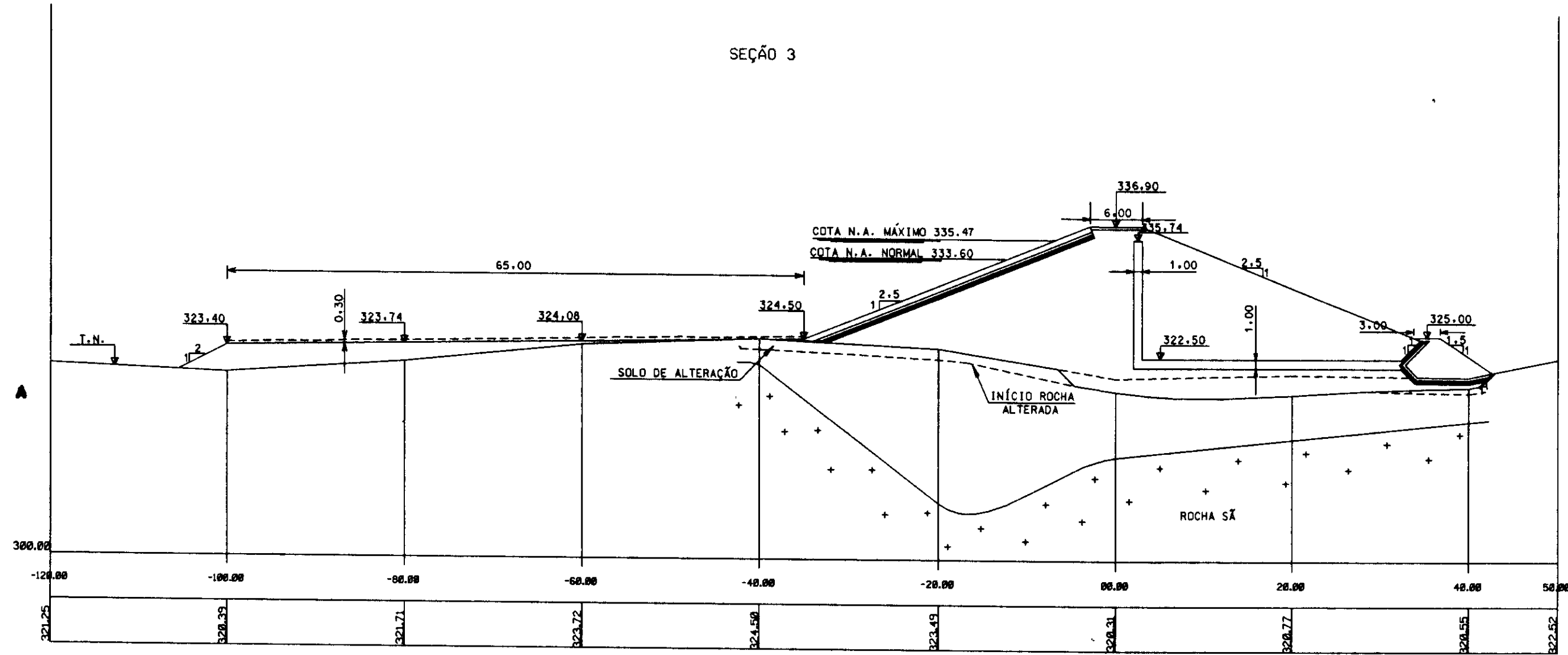
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES SEM ESCALA

DETALHE - VALA DRENANTE E POÇO DE ALÍVIO ESCALA 1/100

0178/04/A
ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
96/1154
BRUNO
DR. &
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

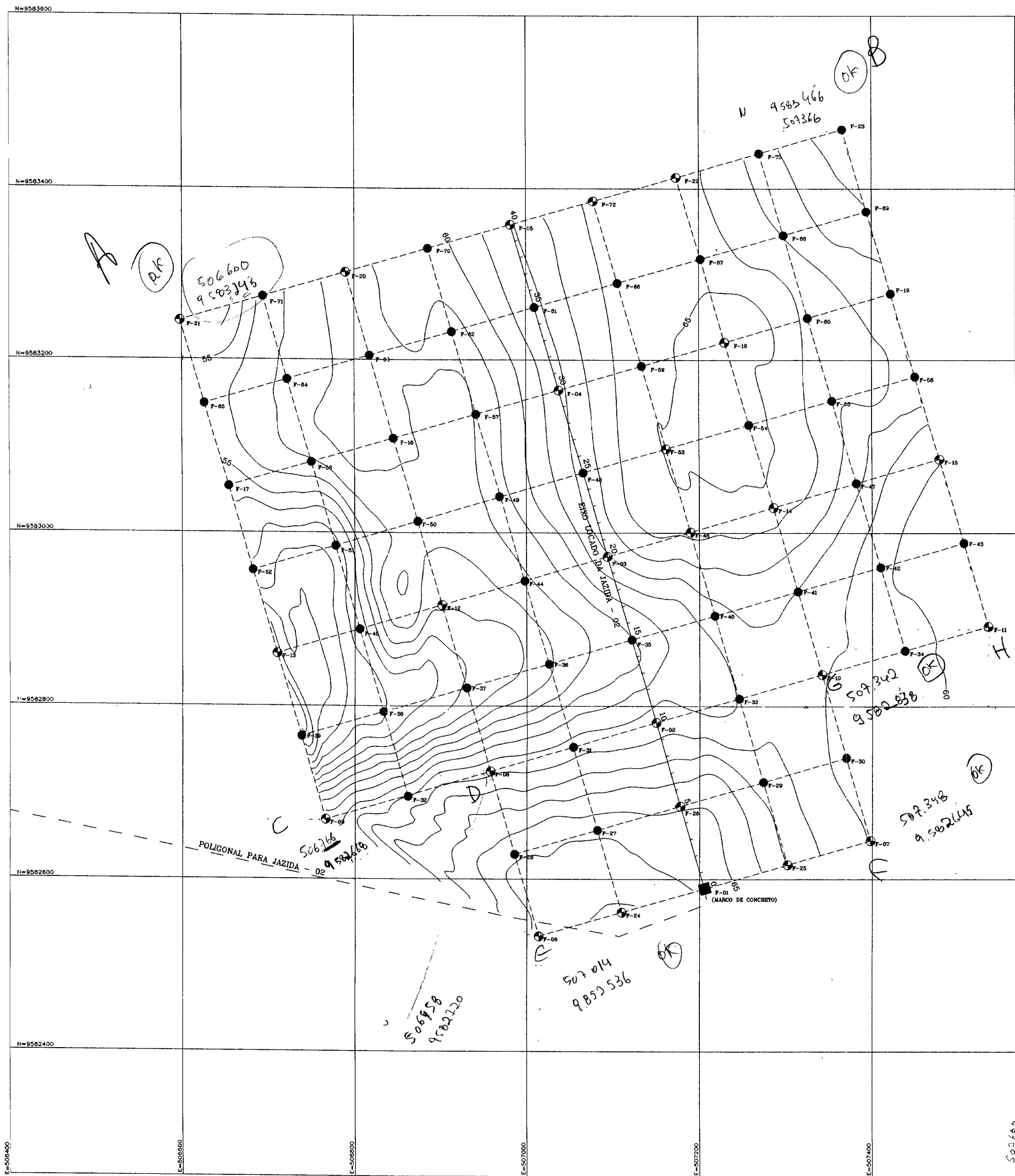
000063

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROURB-CE SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS			
AÇUDE BARRA VELHA			
TÍTULO CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO)			
Barragem Principal - Seções Transversais das Alturas Máximas e Ombreira com Detalhes (Seções 01, 06 e 19)			
ESCALA 1:100 1:200	DATA MAIO/98	CONTRATO Nº 17/PROURB-CE/98/98	DESENHO Nº. ART-AP-02/98



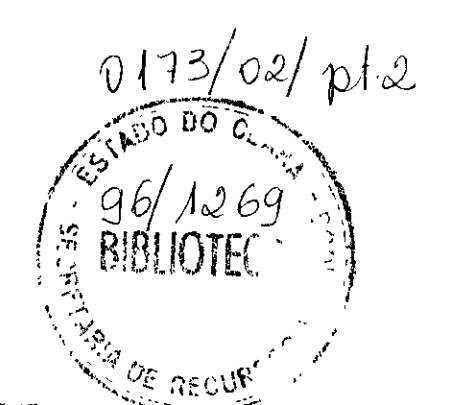
0178/04
 96/1154
 BIBLIOTECA
 000064

	GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROVINCIA SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS		
	AÇUDE BARRA VELHA TÍTULO: CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO) Barragem Principal: Seções Transversais (Seções 03, 05, 07, 09, 11 e 13)		
	ESCALA: H/1/500 V/1/500	DATA: MAIO/96	CONTRATO: Nº 17/PROBRH/CE/96/96 DEBENEF. Nº: ABT-AP-06/96



MATERIAL : AREIA SILTO-ARGILOSA, LATERÍTICA, CINZA E VERMELHA VARIEGADA
 LOCALIZAÇÃO : ESTACA 73 DO EIXO BARRAVEL
 DISTANCIA AO EIXO : 2.740m
 PROPRIETÁRIO : FERNANDO
 CONTATO : GERENTE JOÃO PINTO, NO LOCAL
 BENFEITORIA : CAJUEIRO
 TIPO DE VEGETAÇÃO : PEQUENO A MÉDIO PORTE
 ÁREA UTILIZÁVEL : 560.000 m²
 VOLUME DE EXPURGO : 168.000 m³
 VOLUME UTILIZÁVEL : 694.400 m³
 ESPESSURA MÉDIA ÚTIL : 1.24 m
 MALHA : 100m x 100m

	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)					PLASTICIDADE (%)		COMPACTAÇÃO		USC
	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL	IP	HOT (%)	γ _S MAX (g/cm ³)	
X	95	91	85	63	33	21	6	9,7	1,955	SM-SC
U	10,99	19,41	20,95	14,89	10,51	7,07	3,81	2,62	0,14	



- LEGENDA**
- MARCO DE AMARRAÇÃO No. 1, IMPLANTADO PELA GEONORTE
 - POLIGONAL DE AMARAÇÃO DA JAZIDA AO EIXO BARRAVEL
 - LINHA BASE DA JAZIDA
 - F-01 F-01 - SONDAAGEM A PA E PICARETA No. 1, COM COLETA DE AMOSTRA PARA ENSAIO DE LABORATÓRIO
 - F-16 F-16 - SONDAAGEM A PA E PICARETA No. 16
 - 60 CURVA DE NIVEL
 - ÁREA UTILIZÁVEL

NOTAS

DESENHOS DE REFERÊNCIA

REVISÕES

No	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO

0173/02/pl2

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

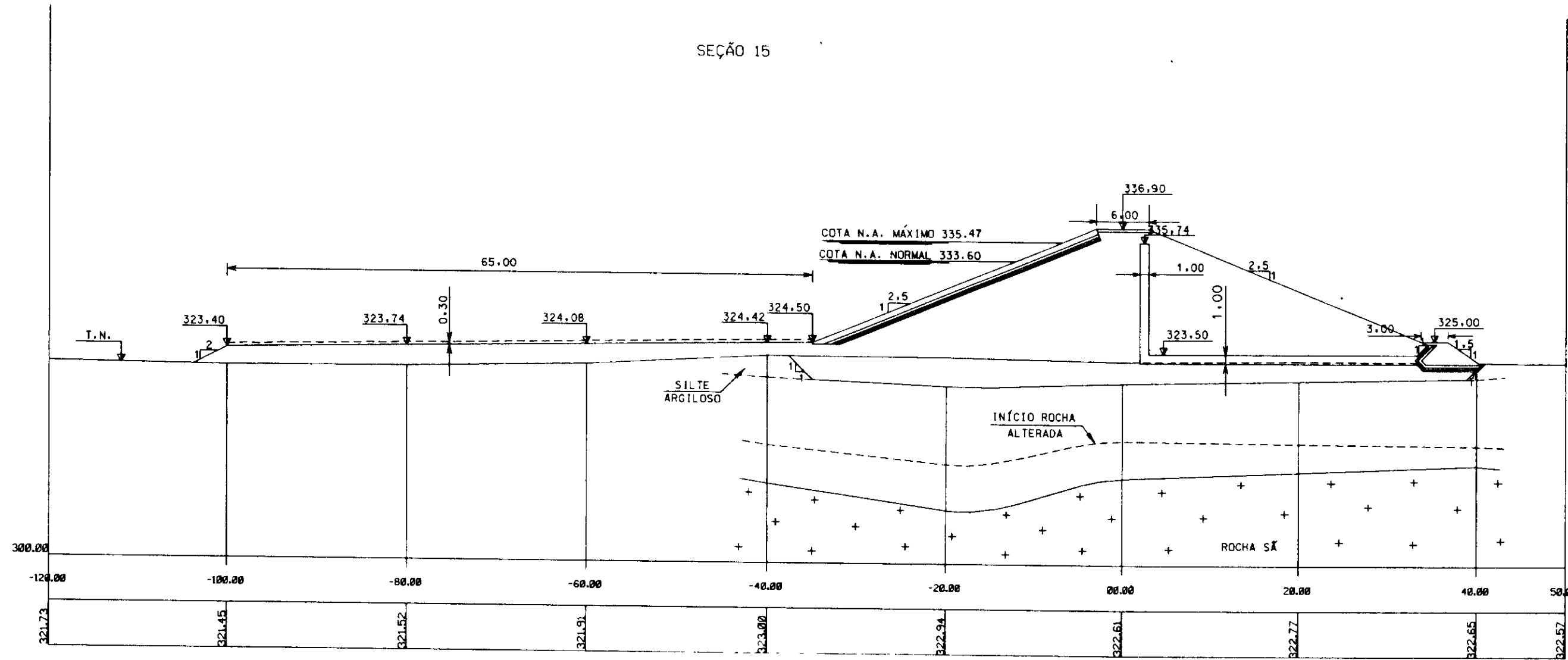
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SÍTIOS NOVOS

PROJETO	DESENHISTA: J.W.C.C.
VISTO:	DATA DA EMISSÃO: AGOSTO/98
VERIFICADO:	ESCALA: 1:3000
APROVO:	NO DO DESENHO: GT-08

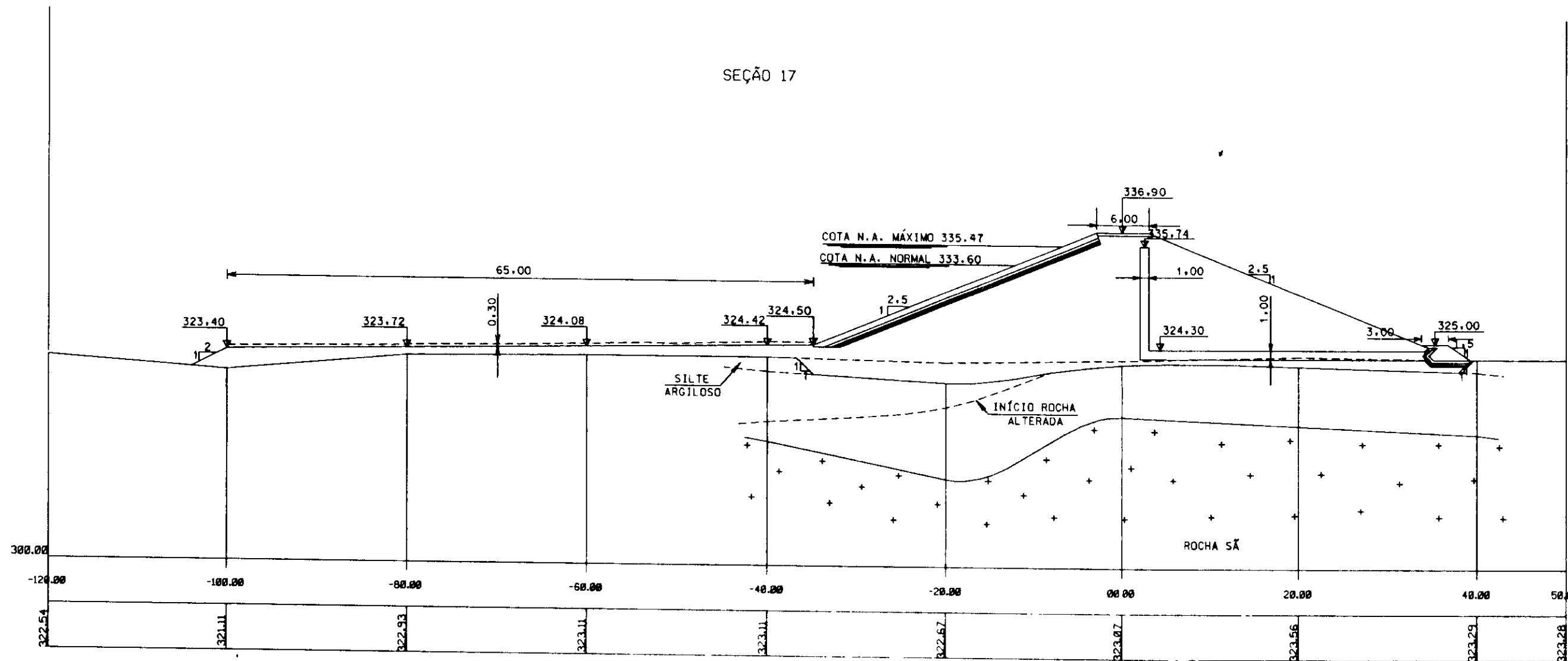
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA JAZIDA - 02

GEONORTE LTDA

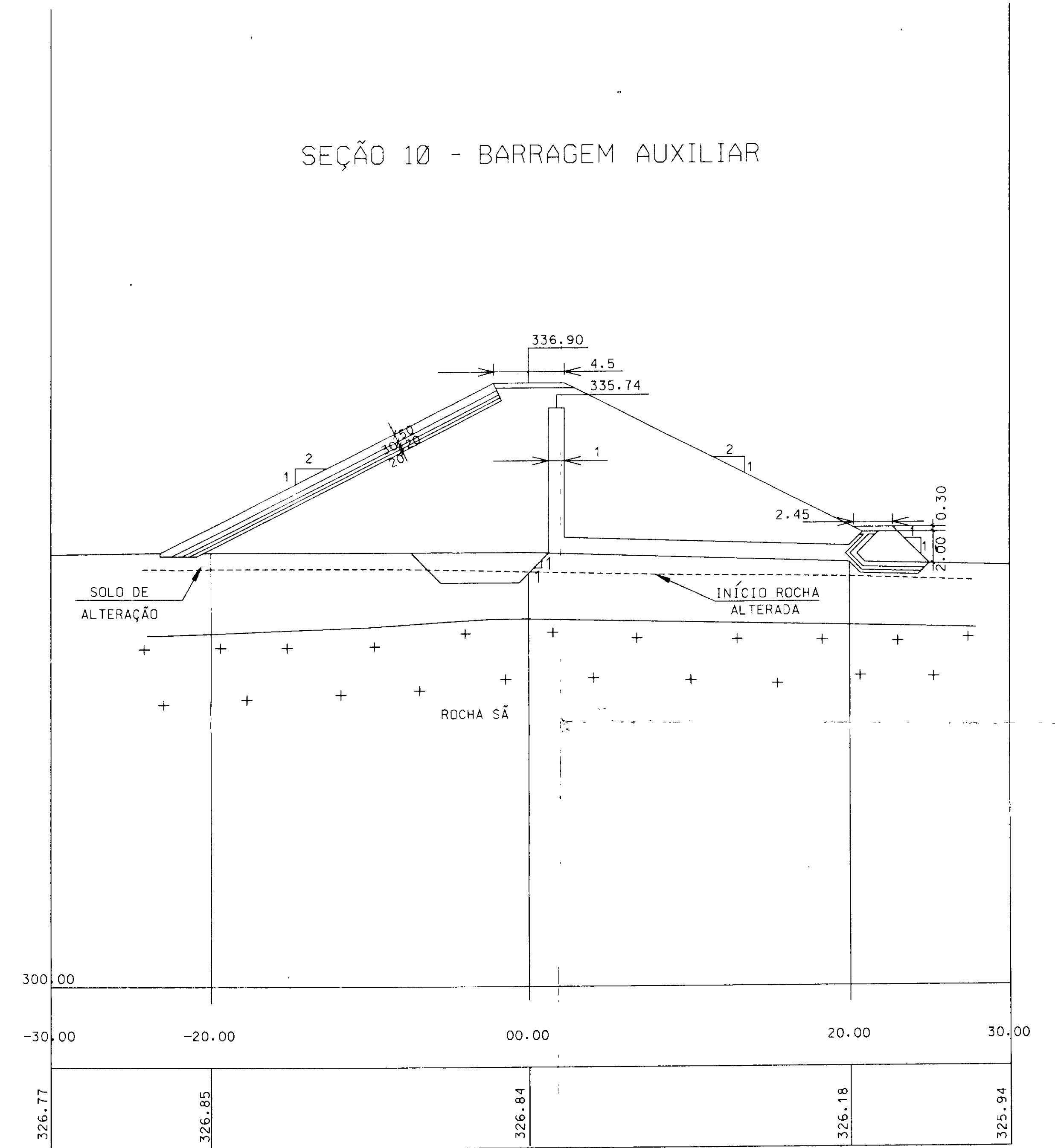
SEÇÃO 15



SEÇÃO 17



SEÇÃO 10 - BARRAGEM AUXILIAR

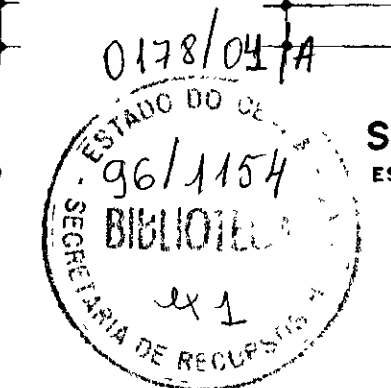
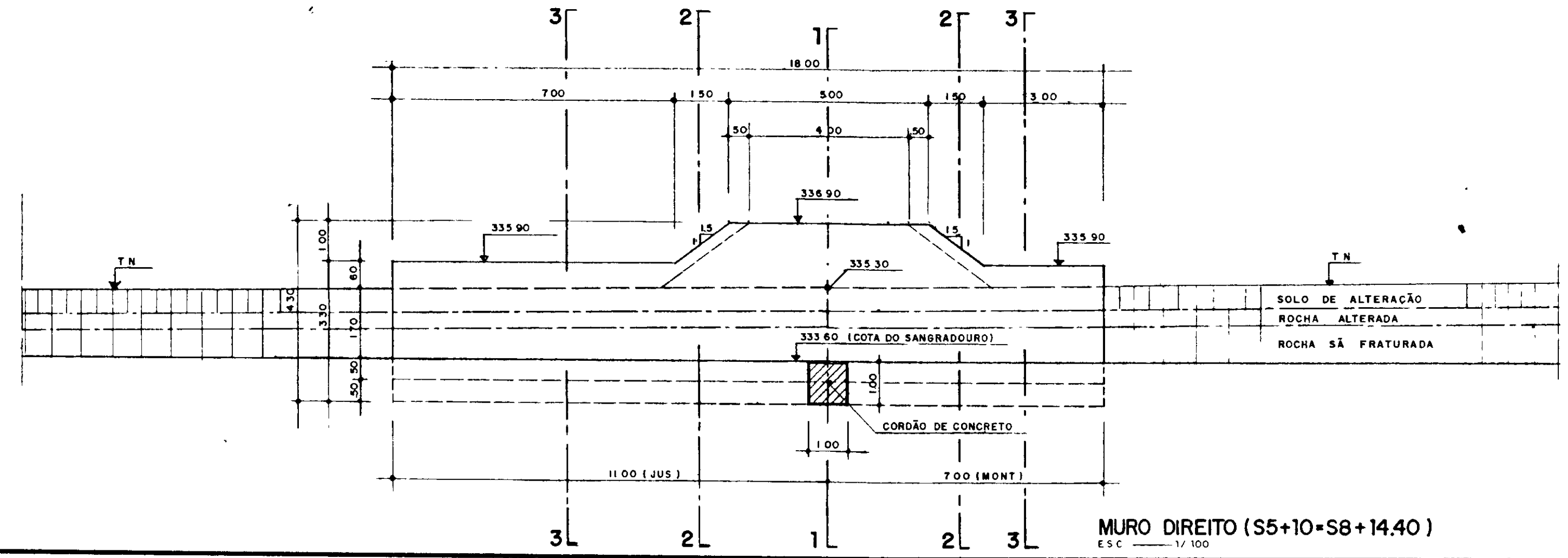
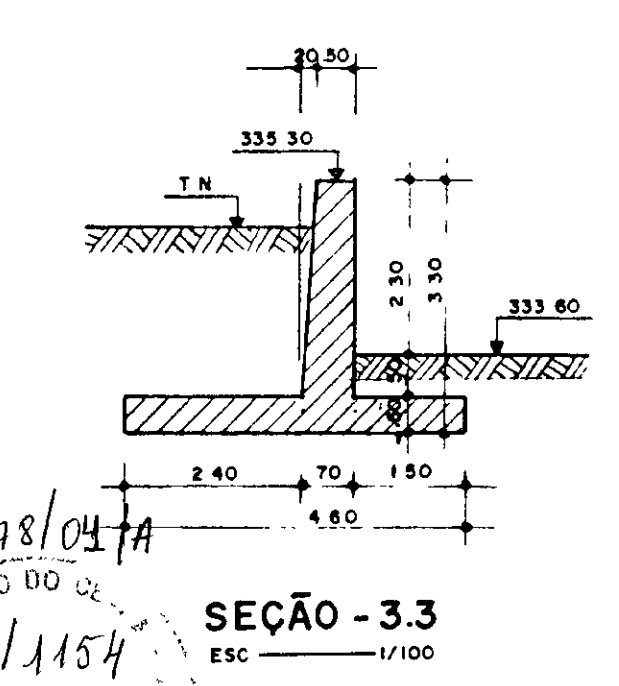
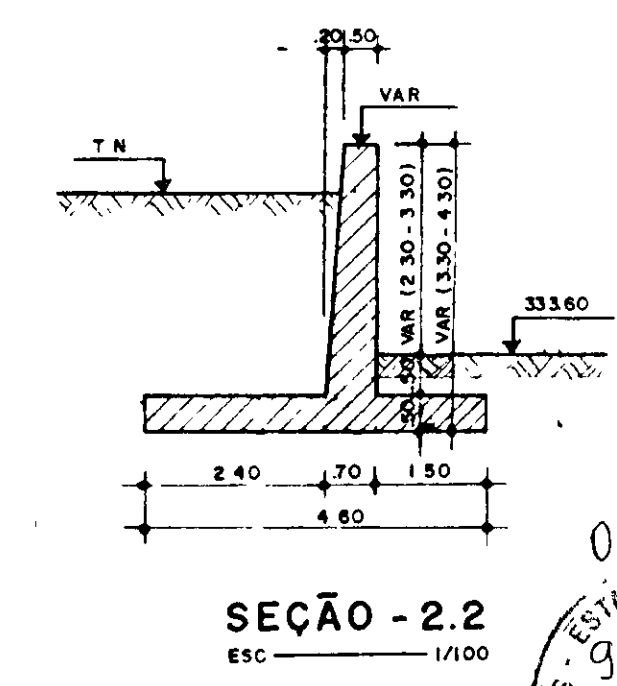
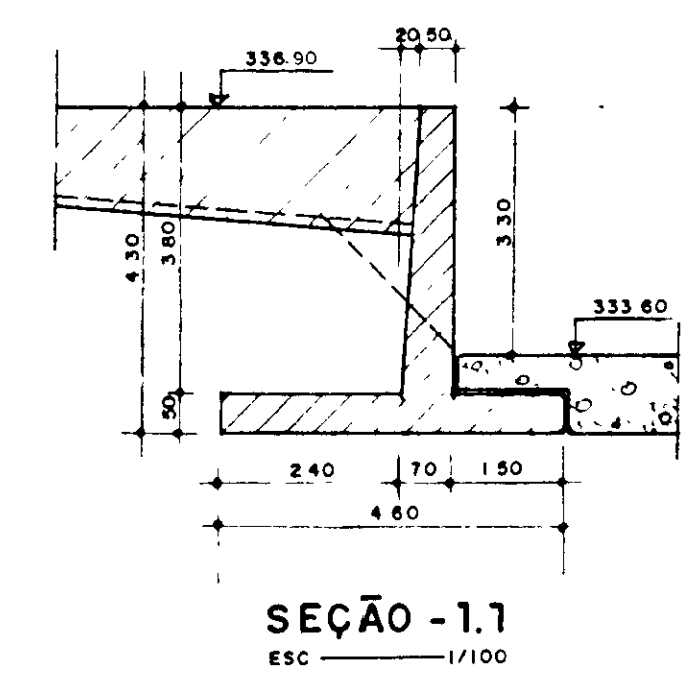
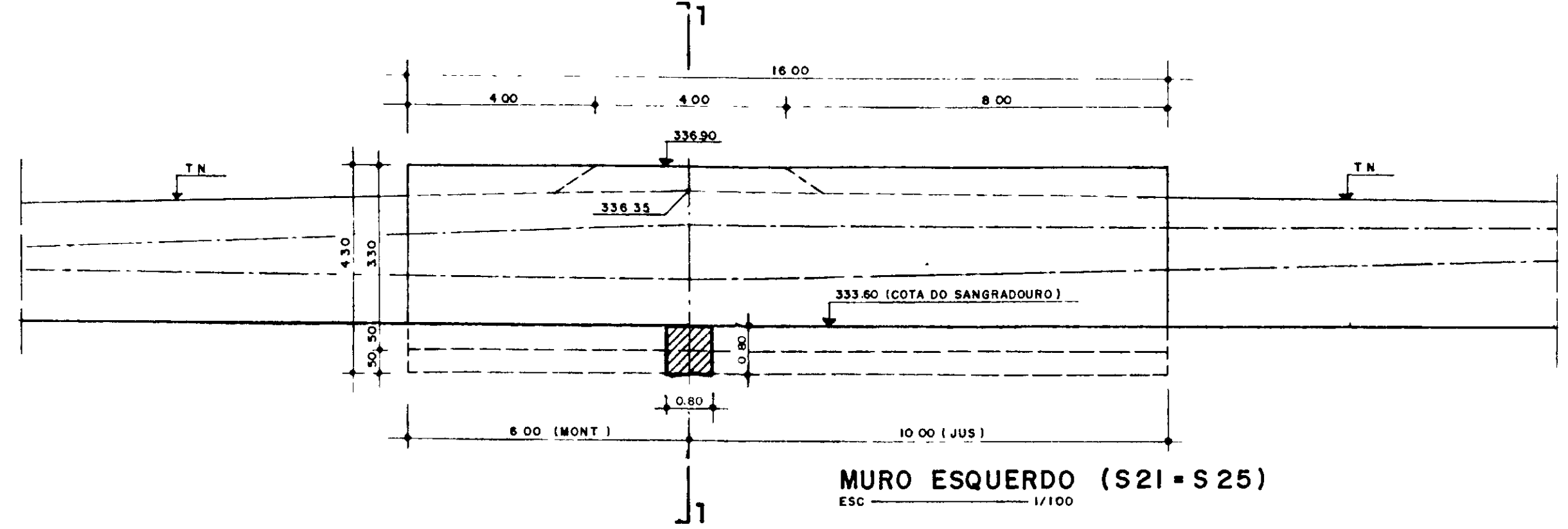
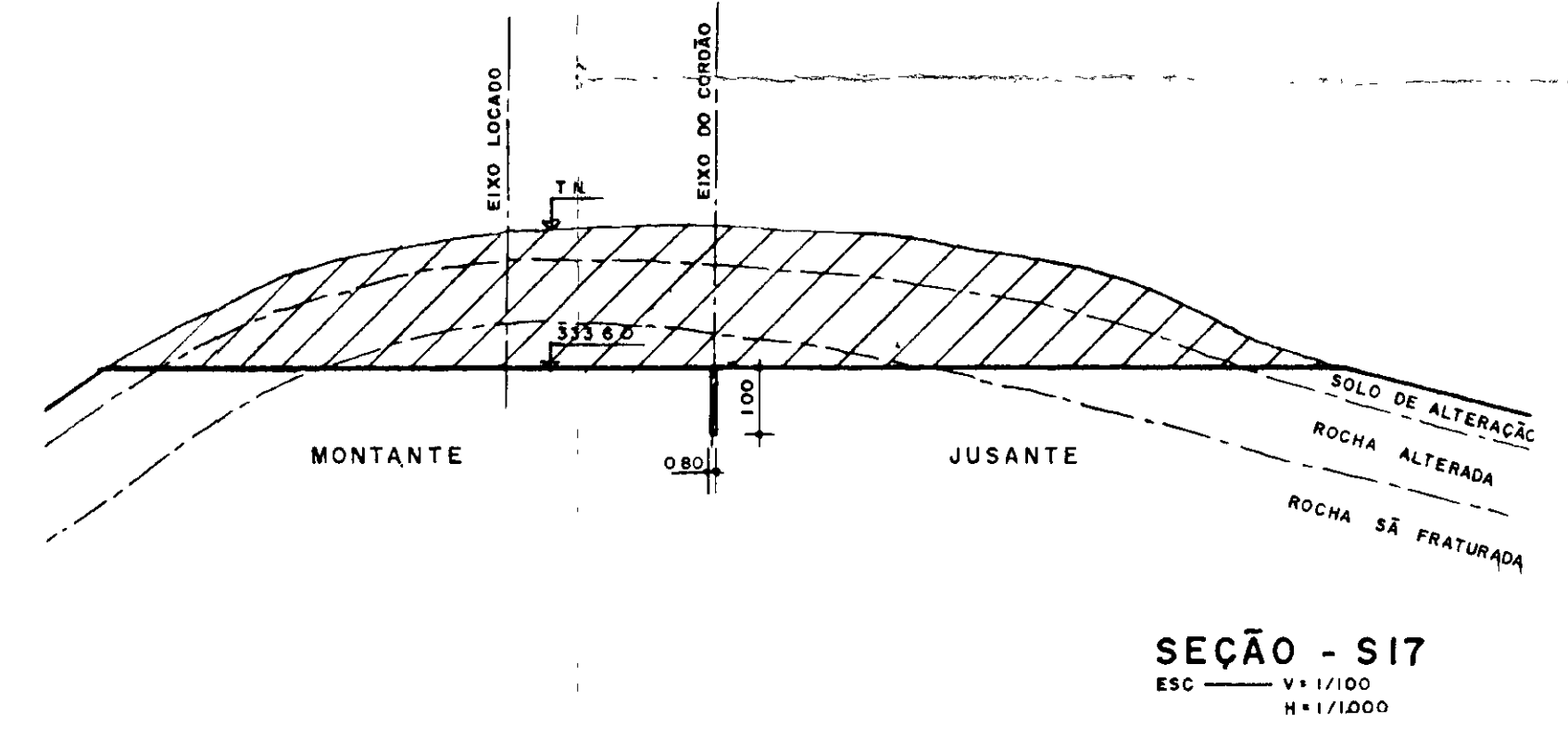
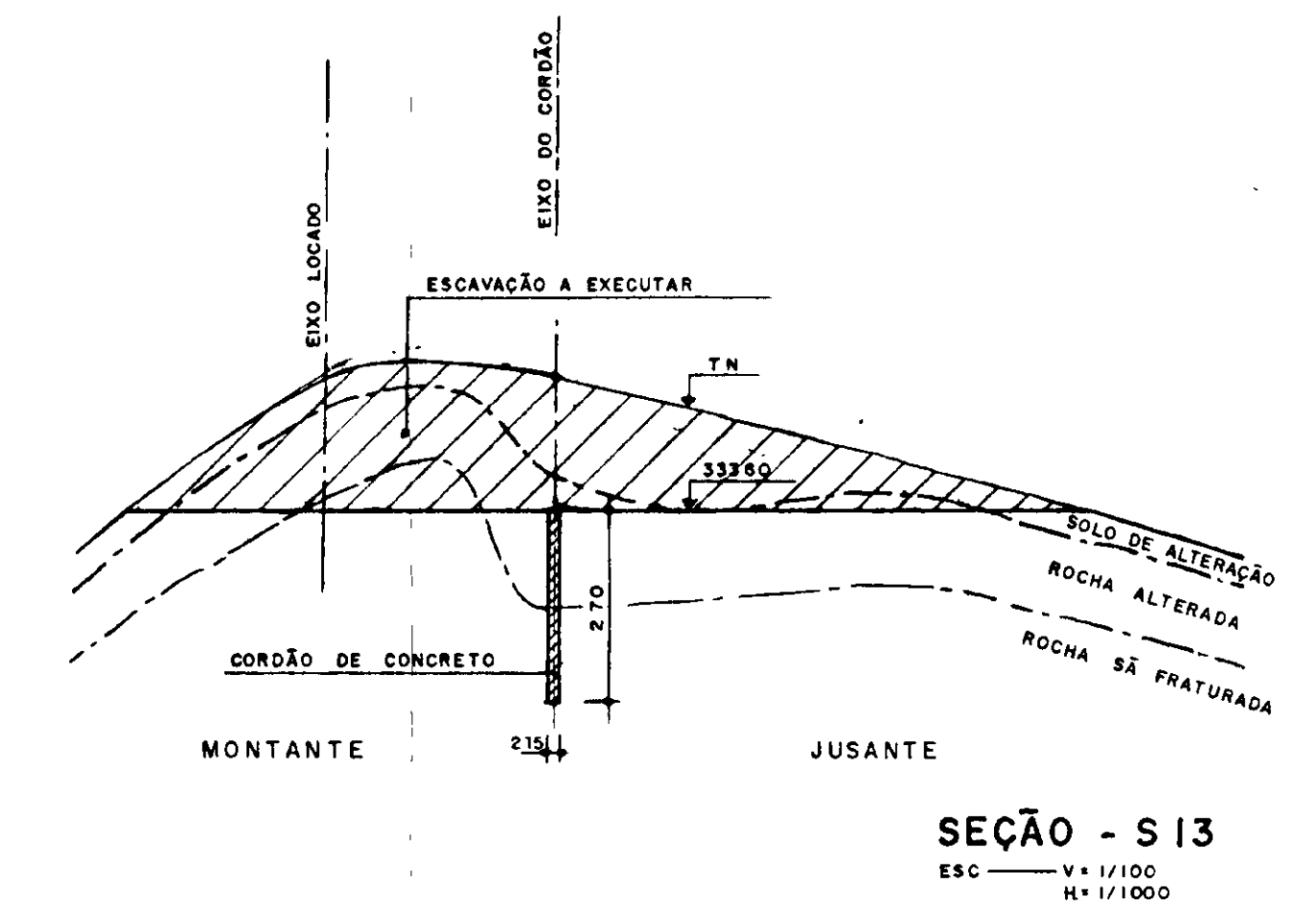
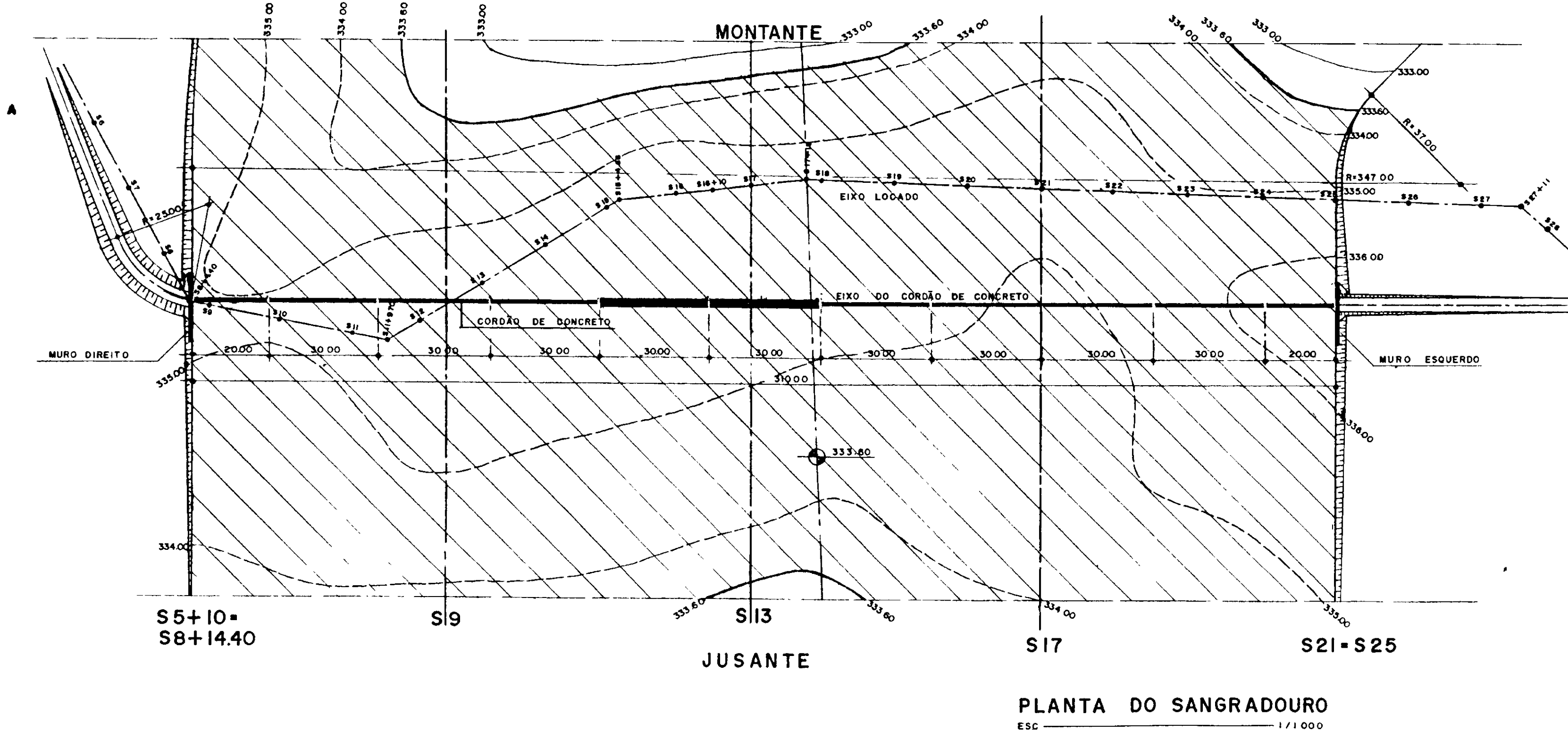
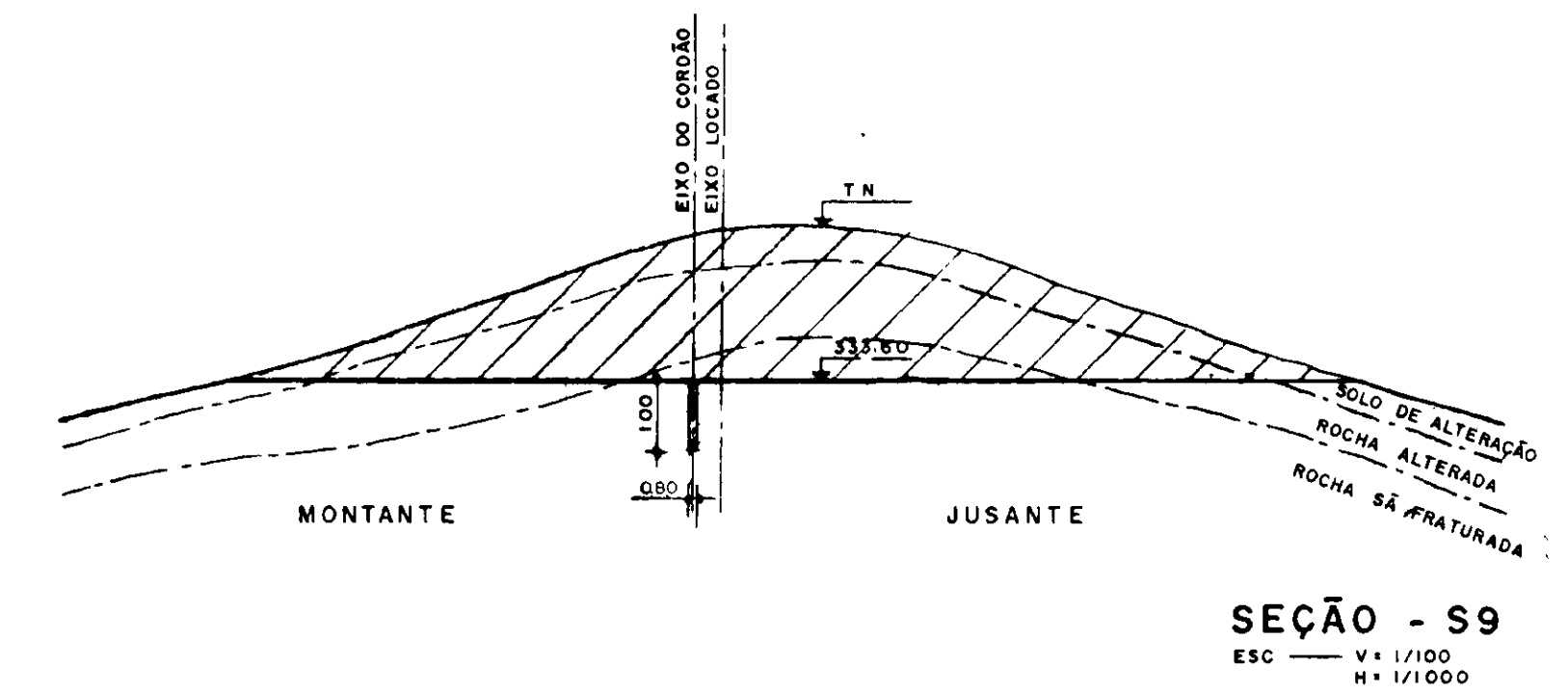
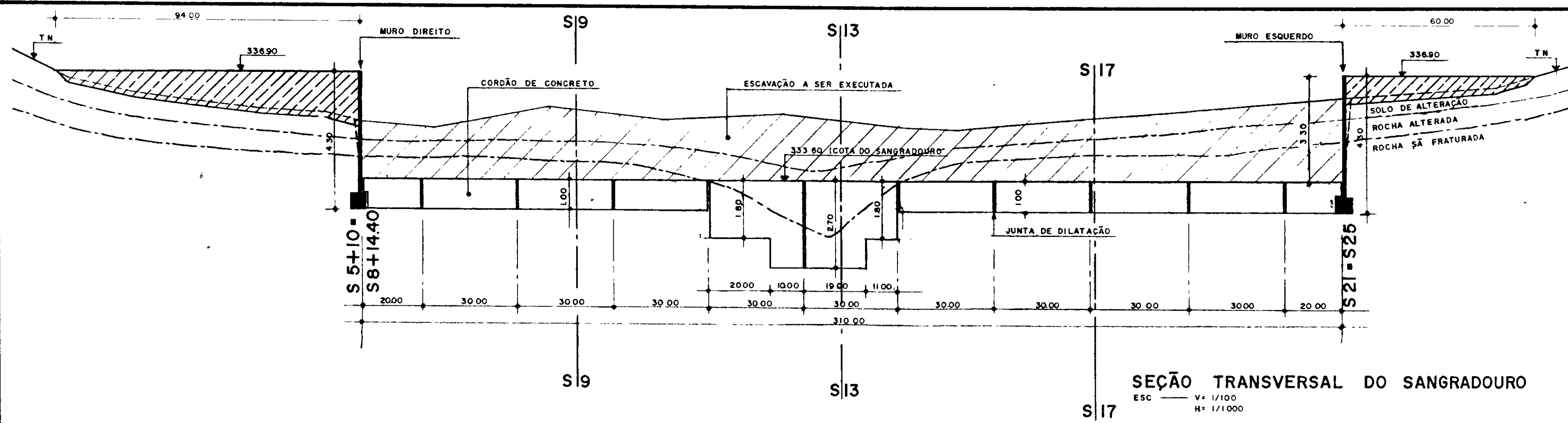


0178/04/A
 ESTADO DO CEARÁ
 96/1154
 SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS
 BIBLIOTECA
 2x.1

000066



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROURB-CE SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS			
AÇUDE BARRA VELHA			
TÍTULO CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO) Barragem Principal e Auxiliar : Seções Transversais (Seções 10, 15 e 17)			
ESCALA INDICADA	DATA MAYO/06	CONTRATO Nº 17/PROURB/CE/SRH/06	DESENHO Nº. ABV-AP-04/08



000008

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROURB-CE
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

ÁÇUDE BARRA VELHA

TÍTULO: **CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO**
 (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO)
 Sangradouro: Muros de Contenção, Seções Transversais e Longitudinais com Detalhes

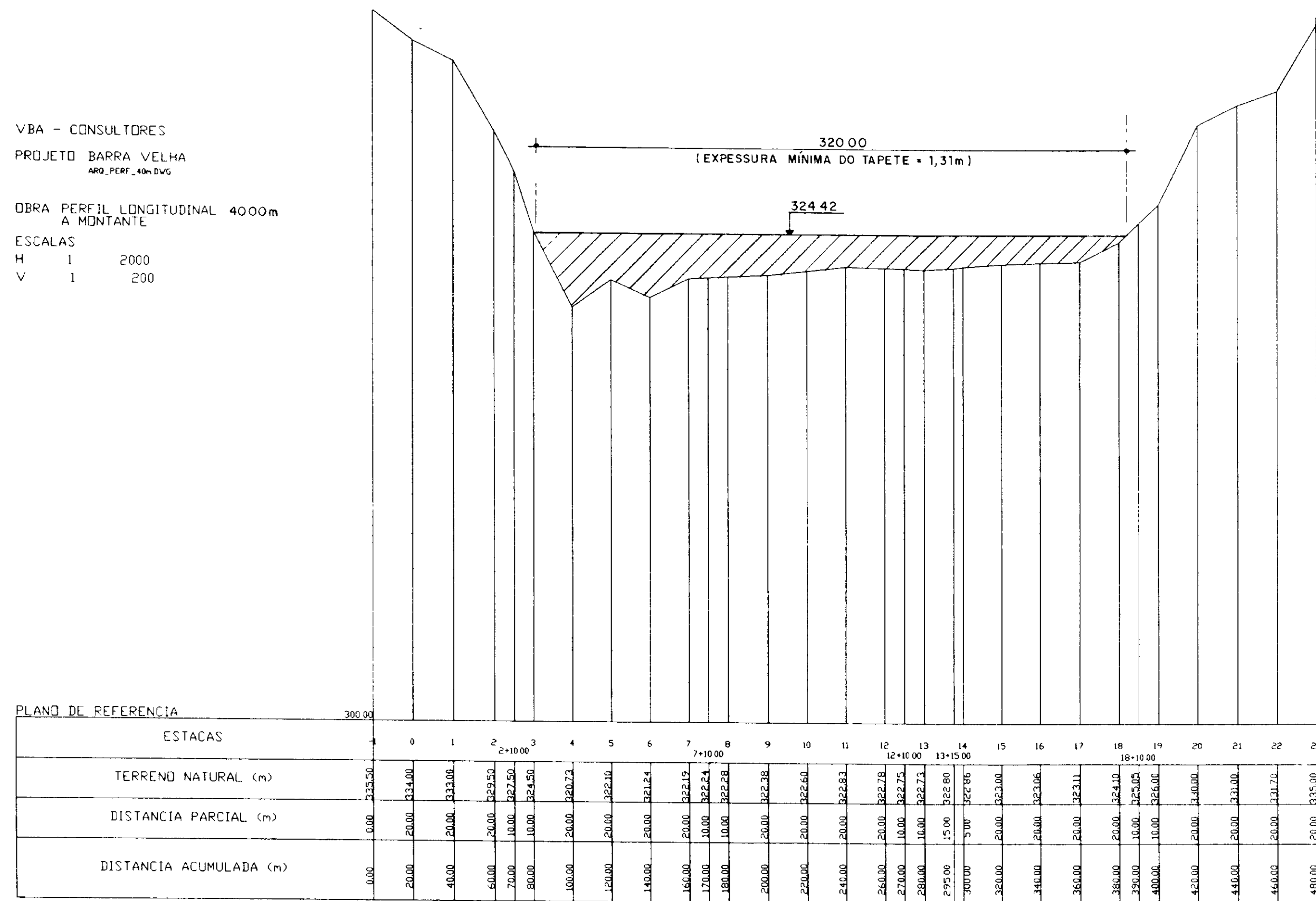
BRSCALA INDICADA DATA MAIO/96 CONTRATO Nº 17/PROURB/CE/SER/96 DESENHO Nº ABT-47-06/96

SRH
vba
 CONSULTORES

VBA - CONSULTORES
 PROJETO BARRA VELHA
 ARG. PERF. 40m-DWG

OBRA PERFIL LONGITUDINAL 4000m
 A MONTANTE

ESCALAS
 H 1 2000
 V 1 200



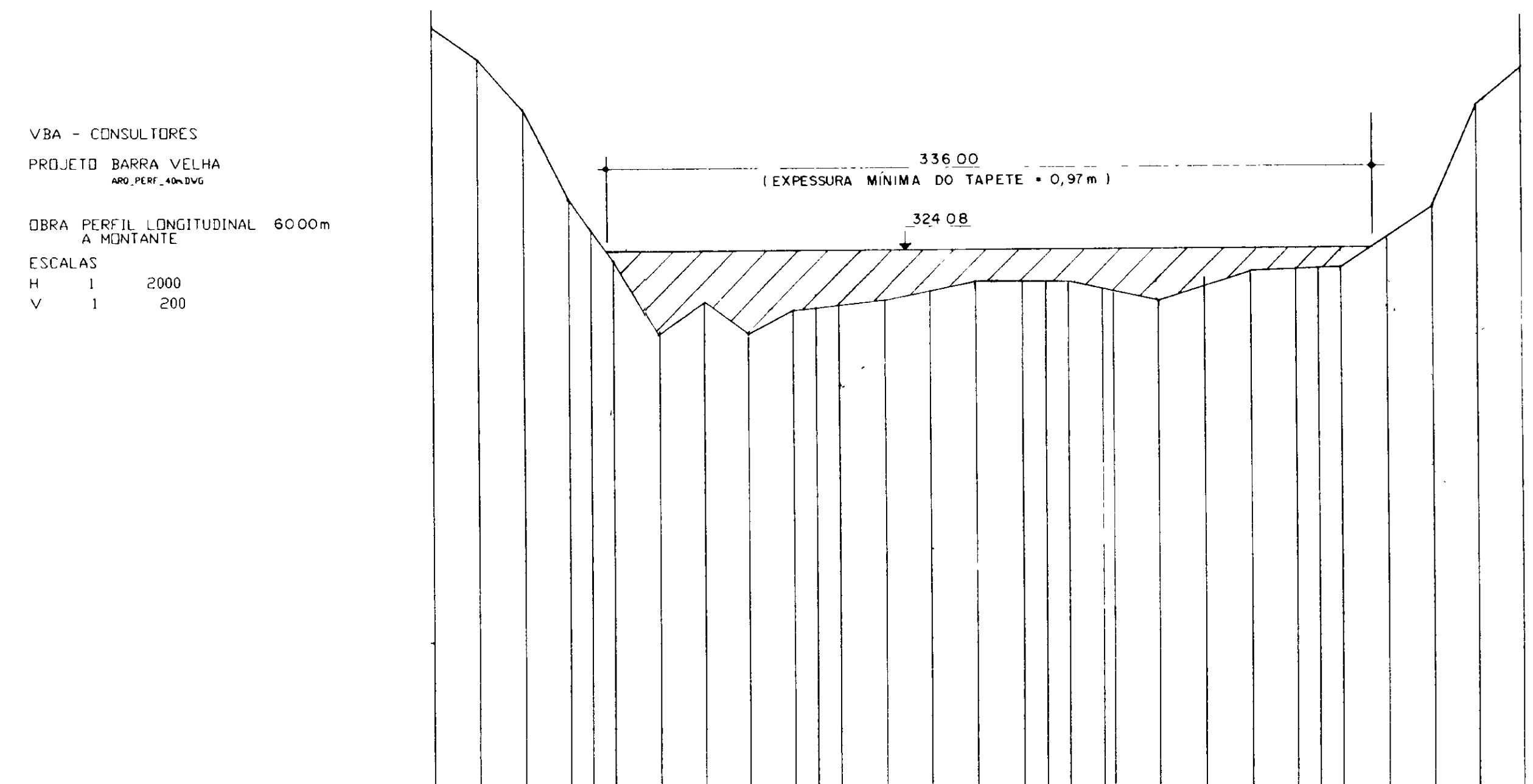
ESTACAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
TERRENO NATURAL (m)	300.00	315.50	314.00	313.00	312.50	312.50	312.15	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20
DISTANCIA PARCIAL (m)	0.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DISTANCIA ACUMULADA (m)	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00

SEÇÃO 4000m A MONTANTE

VBA - CONSULTORES
 PROJETO BARRA VELHA
 ARG. PERF. 60m-DWG

OBRA PERFIL LONGITUDINAL 6000m
 A MONTANTE

ESCALAS
 H 1 2000
 V 1 200



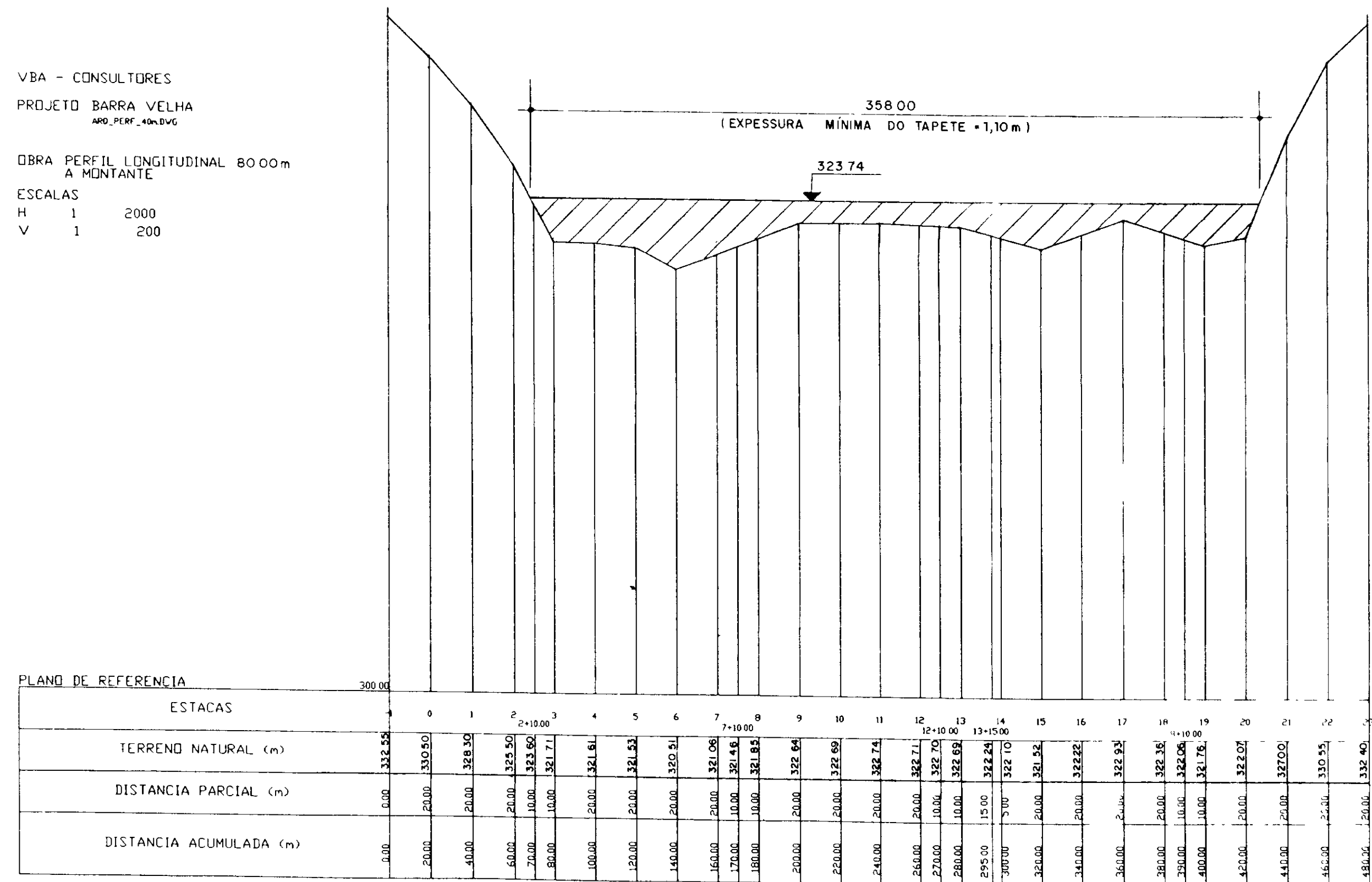
ESTACAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
TERRENO NATURAL (m)	300.00	315.50	314.00	313.00	312.50	312.50	312.15	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20	312.20
DISTANCIA PARCIAL (m)	0.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DISTANCIA ACUMULADA (m)	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00

SEÇÃO 6000m A MONTANTE

VBA - CONSULTORES
 PROJETO BARRA VELHA
 ARG. PERF. 80m-DWG

OBRA PERFIL LONGITUDINAL 8000m
 A MONTANTE

ESCALAS
 H 1 2000
 V 1 200



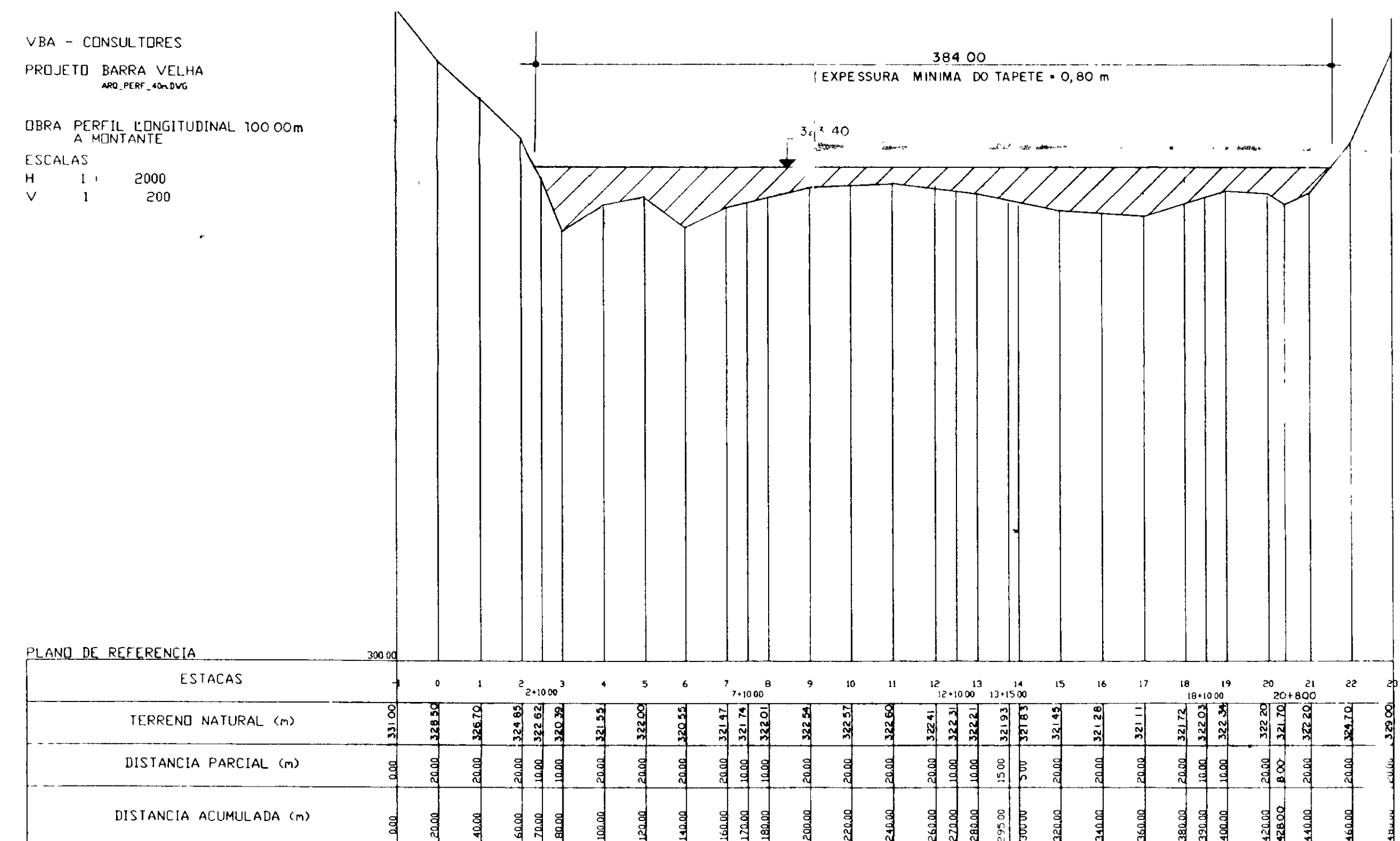
ESTACAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
TERRENO NATURAL (m)	300.00	312.50	310.50	309.50	308.50	308.50	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00
DISTANCIA PARCIAL (m)	0.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DISTANCIA ACUMULADA (m)	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00

SEÇÃO 8000m A MONTANTE

VBA - CONSULTORES
 PROJETO BARRA VELHA
 ARG. PERF. 100m-DWG

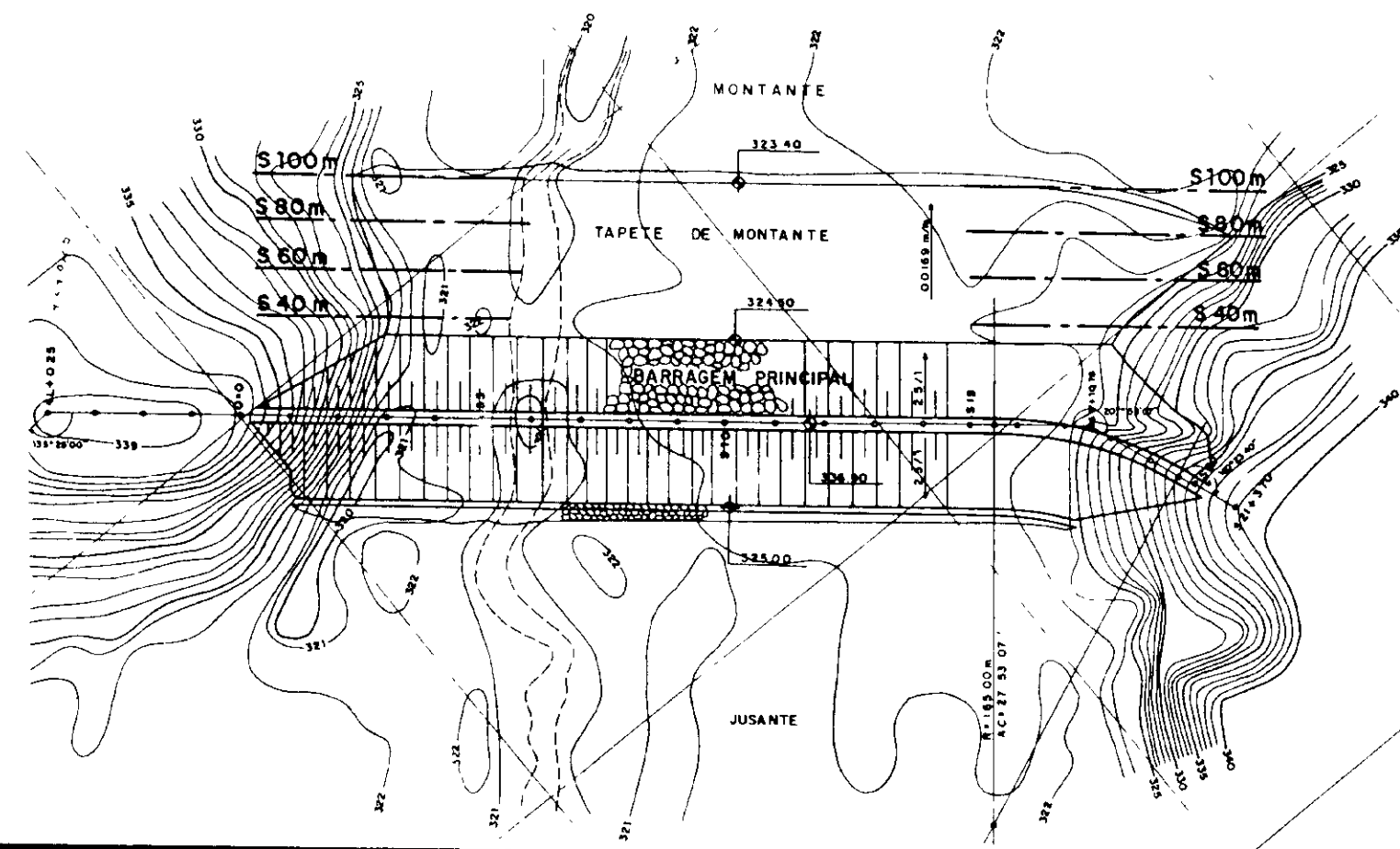
OBRA PERFIL LONGITUDINAL 10000m
 A MONTANTE

ESCALAS
 H 1 2000
 V 1 200

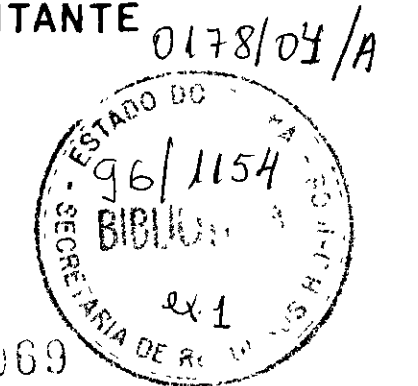


ESTACAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
TERRENO NATURAL (m)	300.00	311.00	309.50	308.50	308.50	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00	308.00
DISTANCIA PARCIAL (m)	0.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DISTANCIA ACUMULADA (m)	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00

SEÇÃO 10000m A MONTANTE



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DA SEÇÕES
 SEM ESCALA



	GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ-PROUR-CE SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS		
	AÇUDE BARRA VELHA		
	TÍTULO CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO (ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO) Barragem Principal Seções de Detalhes e Verificação da Espessura Mínima do Tapete de Montante (Seções 40, 60, 80 e 100m)		
	ESCALA H 1/2000 V 1/200	DATA MAIO/96	CONTRATO Nº 17/PROUR/CE/SRH/96

