

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO PROURB
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO
AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ - SDU
BANCO DO ESTADO DO CEARÁ - BEC

AÇUDE PÚBLICO ANGICOS

TOMO 2

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

**VOLUME 2 - ESTUDOS DE BASE (Hidrologia,
Geologia, Geotécnia e Topografia)**

VBA CONSULTORES
ENGENHARIA DE SISTEMA HIDRÍCOS

FORTALEZA- CE
1994



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO
PRO-URB / CE

AÇUDE PÚBLICO ANGICOS

TOMO 2:
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
VOLUME 2 - ESTUDOS DE BASE

Lote: 00454 - Prep Scan () Index ()
Projeto Nº 0064 102102
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
SECRETÁRIA

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
JOSÉ MOREIRA DE ANDRADE
SECRETÁRIO

BANCO DO ESTADO DO CEARÁ
PEDRO BRITO DO NASCIMENTO
PRESIDENTE



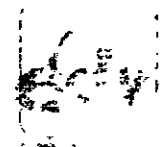
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DO CEARÁ
PRO-URB / CE
MARCONI MARTINS MORONI DA SILVEIRA
GERENTE GERAL

000003

APRESENTAÇÃO

44 01 24 31 - PA 01 01 01 01 01 01

01 01 01 01 01 01 01 01 01 01



000004

Este conjunto de documentos se constitui no Relatório Final do Projeto do Açude Angicos, desenvolvido no âmbito dos contratos firmados entre a VBA CONSULTORES e a SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS e a SDU - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE do Estado do Ceará.

O Projeto do Açude Angicos se insere no contexto do PRO-URB/CE - PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO que se encontra em fase inicial de implementação pelo Governo do Estado do Ceará, o qual está em entendimentos finais com o Banco Mundial para obtenção de financiamento

O PRO-URB é constituído por dois segmentos básicos:

- . o de ações no setor de urbanismo, com a implantação de projetos Habitar, em municípios selecionados, para população de baixa renda;**
- . o de ações no setor hídrico, com a implantação de açudes e adutoras associadas para abastecimento d'água de populações urbanas, dentro de uma adequada Política de Recursos Hídricos para o Ceará.**

O Açude Angicos, com 56,063 hm³, é um dos primeiros quatro açudes escolhidos dentro do elenco de quarenta unidades previstas no PRO-URB, devendo ter como função primordial o abastecimento das cidades de Senador Sá, Uruoca e Campanário

O presentemente denominado Projeto do Açude Angicos compreende, de fato, os seguintes estudos:

- . Projeto Executivo da barragem;**
- . Projeto Executivo da Adutora Senador Sá / Uruoca, sendo que a cidade de Campanário se situa nas margens do rio Coreaú com captação direta no mesmo,**
- . Cadastro das propriedades e benfeitorias a serem submersas pela bacia hidráulica;**
- . Plano de Reassentamento da População, que será diretamente atingida;**
- . Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos demais usos programados para o reservatório, em especial a irrigação de áreas propícias e a piscicultura, e incluindo a avaliação econômica dos empreendimentos;**
- . Relatório de Impacto Ambiental, com o EIA / RIMA do conjunto de intervenções**

No global, este Relatório Final está composto dos seguintes documentos:

TOMO 1 - SÍNTESE

TOMO 2 - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

**VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL
VOLUME 2 - ESTUDOS DE BASE**

000005

VOLUME 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

VOLUME 4 - PLANTAS

TOMO 3: RELATÓRIO DE IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

VOLUME 1 - SÍNTESE

VOLUME 2 - EIA

VOLUME 3 - RIMA

VOLUME 4 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

TOMO 4. PLANO DE APROVEITAMENTO DO RESERVATÓRIO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

TOMO 5: PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

TOMO 6: PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

VOLUME 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

VOLUME 3 - PLANTAS

TOMO 7: ANÁLISE ECONÔMICA

TOMO 8: CADASTRO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

VOLUME 2 - LAUDOS

Este volume específico correspondente ao Tomo 2 - Projeto Executivo da Barragem, Volume 2 - Estudos de Base - apresenta todos os Estudos de Base desenvolvidos na elaboração do Projeto Executivo do Açude Angicos, sendo dividido em 3 partes:

- Parte A - Estudos Hidrológicos
- Parte B - Estudos Geológico-Geotécnicos
- Parte C - Estudos Topográficos

000006

ÍNDICE

000007

ÍNDICE

	PÁGINA
PARTE A	
ESTUDOS HIDROLÓGICOS	1
CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS DA BACIA	2
1 1 - INTRODUÇÃO	3
1 2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA	3
1 3 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	4
CAPÍTULO 2 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DA BARRAGEM	10
2 1 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS	11
2 1 1 - DISPONIBILIDADE DE DADOS	11
2 1 2 - GERAÇÃO DAS SÉRIES DE DEFLUVIOS	11
2 1 3 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DO RESERVATÓRIO	12
2 1 4 - A BARRAGEM SELECIONADA	26
CAPÍTULO 3 - ESTUDO DE CHEIAS	41
3 1 - ESTUDO DE CHEIAS DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOR	42
3 1 1 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS	42
3 1 2 - ESTUDO DE CHEIAS	48
PARTE B	
ESTUDOS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS	57
CAPÍTULO 1 - DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS	58
1 - GENERALIDADES	59
2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS	60
3 - INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA	63
3 1 - Sondagens Mistas e Rotativas	63
3 2 - Ensaios de Campo	65
4 - ESTUDOS DOS MATERIAIS	66

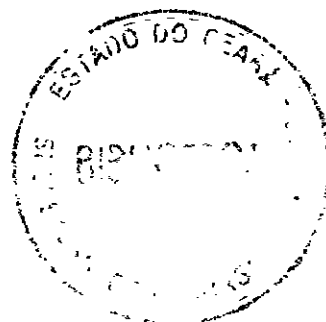
	PÁGINA
CAPÍTULO 2 - ANEXOS	71
ANEXO A - Perfis Individuais de Sondagens	71
ANEXO B - Ensaio de Infiltração "Le Franc"	99
ANEXO C - Ensaio de Perda D'água "Lugeon"	103
ANEXO D - Ensaio de Granulometria	120
ANEXO E - Ensaio de Permeabilidade com Carga Variável	150
ANEXO F - Ensaio de Cisalhamento Direto	152
ANEXO G - Ensaio abrasão de "Los Angeles"	160
PARTE C	
ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	162
1 - INTRODUÇÃO	163
2 - SERVIÇOS REALIZADOS	163

000009

PARTE A - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

000010

CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS DA BACIA



000011

1.1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos desenvolvidos para o projeto da barragem Angicos tiveram dois objetivos:

- dimensionar hidrológicamente a capacidade da barragem e determinar seu poder de regularização de vazões;
- dimensionar o sangradouro para escoamento de vazões de pico de cheia de 1000 anos de período de retorno

No âmbito do primeiro foi elaborado o estudo dos deflúvios afluentes ao local da barragem e feita a simulação computacional da operação para as diversas alternativas de barragem.

No contexto do segundo objetivo foram determinados os hidrogramas para cheias de 100, 500 e 1000 anos de retorno, e simulado o nível de amortecimento para as alternativas de sangradouro da barragem.

Nestes estudos foram utilizados os dados, critérios e produtos constantes no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, que se configura hoje como o documento norteador de toda a política hídrica do Estado. ^{1/}

1.2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA

O boqueirão de Angicos se localiza no rio Juazeiro, pertencente à alta bacia do rio Coreaú, na vizinhança dos limites dos municípios de Coreaú e Frecheirinha.

O mapa 1 apresenta esta localização, bem como a bacia hidrográfica associada.

Esta bacia hidrográfica, com 285,8 km², tem as seguintes características principais.

- apresenta uma faixa de montante situada nas bordaduras da Serra da Ibiapaba, que se constitui em um notável acidente topográfico, de feição muito abrupta, com desníveis da ordem de 600 m posicionados quase frontalmente ao deslocamento das massas úmidas;
- apresenta uma configuração com forte tendência circular, traduzida por um coeficiente de compacidade igual a 1,25;
- é composta por diversas sub-bacias que praticamente convergem na secção do local da barragem, o que se traduz por um fator de forma igual a 0,59;

^{1/} SRH/VBA CONSULTORES - "PERH - Plano Estadual dos Recursos Hídricos", Bloco 2, 1991

- as sub-bacias que a formam são razoavelmente semelhantes, apresentando sempre um trecho de montante de elevadíssima declividade, seguido por outro de baixa declividade,
- predominam largamente os solos impermeáveis, com uma cobertura vegetal marcadamente esparsa, em geral do tipo caatinga hiperxerófila.

No interior da bacia encontra-se implantada a barragem Diamante, com 13,2 hm³ e bacia contribuinte de 32 km², cuja vazão regularizada com garantia de 90% é de 0,10 m³/s.

1 3 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Os postos pluviométricos existentes fazem parte da rede instalada pela SUDENE e correspondem aos de Tianguá, Ubajara, Araquém e Frecheirinha (ver mapa 1)

Os primeiros postos (Tianguá e Ubajara) se localizam na parte superior da serra da Ibiapaba, apresentando níveis de precipitações superiores aos postos de Araquém e Frecheirinha, o forte gradiente de precipitações observado é devido aos efeitos orográficos da mencionada serra.

Os dados foram sujeitos à análise de consistência durante o PERH, com a análise consistindo na aplicação da metodologia do "Vetor Regional" para identificação de erros e preenchimento de falhas

O regime anual e mensal da pluviometria segue as características da maioria do Estado do Ceará

O principal fenômeno meteorológico gerador de precipitação é associado à Zona de Convergência Inter-tropical (ZCIT), esta zona de forte convecção associada com regiões quentes do Oceano Atlântico atinge a costa do Ceará nos meses de fevereiro, março, abril e maio gerando chuvas em todo o território. A Serra da Ibiapaba como barreira orográfica favorece as condições de precipitação

O outro fenômeno meteorológico que favorece as precipitações na região é a denominada "Linha de Instabilidade Litorânea", que consiste na formação de convecção na região litorânea decorrente do fluxo de ar originado pelo aquecimento diferenciado do continente e o oceano

O quadro 1 mostra os principais indicadores para cada um dos quatro postos pluviométricos; a pluviometria sobre a bacia, obtida pela aplicação do Método de Thiessen a partir das séries diárias dos postos, encontra-se no quadro 2, a seguir, apresentando uma média anual de 1117 mm e uma elevada irregularidade temporal como demonstra o coeficiente de variação. A figura 1 apresenta os hietogramas mensais para os postos de Araquém e Tianguá

QUADRO 1

PRINCIPAIS INDICADORES DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

NOME	CÓDIGO	Pluviometria (mm) Média Anual	Indicadores de Concentração % no período			C.V. Anual
			Mês %	Trimestre %	Semestre %	
ARAQUÉM	2778238	1004	Março 28,3	Fev/Abril 69,8	Jan/Junho 94,2	0,41
TIANGUÁ	2778406	1197	Março 25,3	Fev/Abril 65,3	Jan/Junho 91,8	0,36
FRECHEIRINHA	2778538	1080	Março 27,9	Fev/Abril 70,0	Jan/Junho 93,1	0,42
UBAJARA	2778714	1467	Março 23,8	Fev/Abril 63,9	Jan/Junho 92,0	0,34

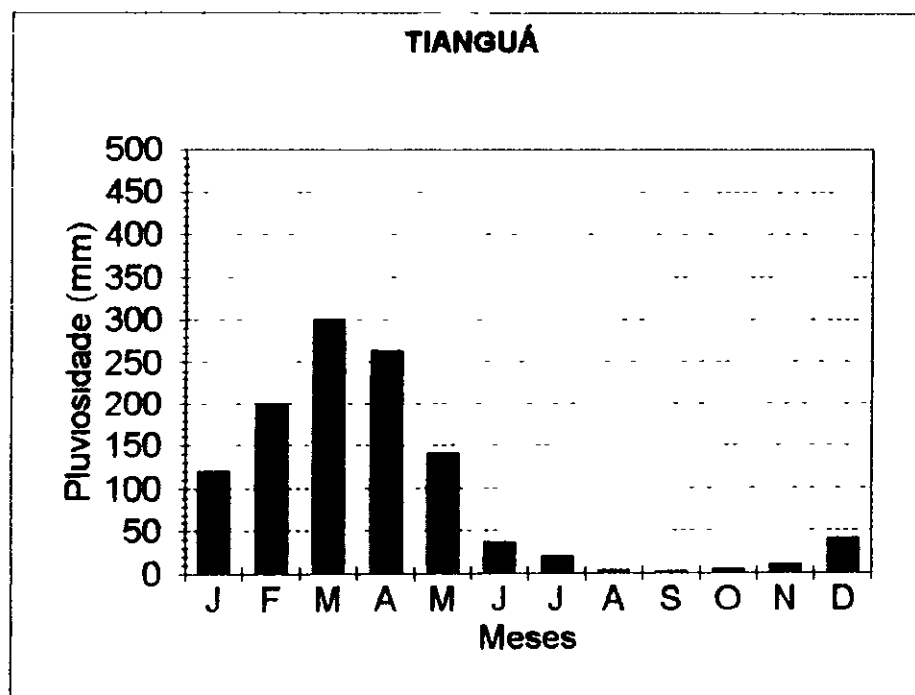
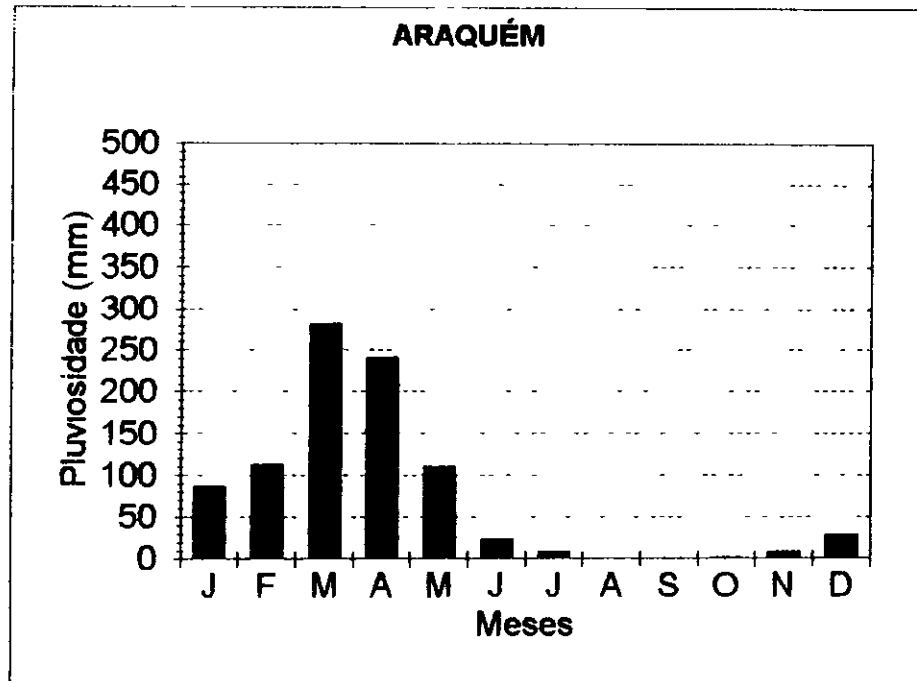
A irregularidade anual e mensal das chuvas pode, também, ser constatada a partir dos quadros 3 e 4; o primeiro apresenta a análise de frequência da pluviosidade anual para os postos de Araquém e Tianguá, enquanto o outro contém a análise de frequência da quantidade de dias com qualquer índice de precipitação para cada mês

Em relação aos demais parâmetros climatológicos não existem dados específicos da parte elevada da Serra da Ibiapaba, tais parâmetros sendo estimados a partir de outras regiões similares. A temperatura média varia de 26 a 28° C na parte baixa, podendo atingir menos de 22° C na serra; nesta, as médias das mínimas decaem para 16 a 17° C, mantendo-se, contudo, a característica básica de pequenas amplitudes térmicas, muito raramente existindo mínimas absolutas inferiores a 13° C

A evaporação média anual sobre espelho d'água é da ordem de 1600 no local da barragem, enquanto a evapotranspiração potencial em Araquém é de 1926^{1/}, conforme quadro 5

^{1/} HARGREAVES, George H - "Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil"

Figura 1
Hietogramas Mensais



000016

QUADRO 2

SERIE DE PRECIPITACAO MEDIA

METODO DE THIESSEN/MALHA

ACUDE PROJETADO : ANGICOS

Valores em mm

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
1912	62.0	319.0	302.0	221.0	144.0	31.0	17.0	35.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1132.0
1913	75.0	241.0	346.0	180.0	114.0	23.0	17.0	2.0	3.0	27.0	0.0	145.0	1173.0
1914	342.0	133.0	112.0	95.0	70.0	71.0	40.0	38.0	0.0	0.0	1.0	0.0	902.0
1915	25.0	66.0	87.0	142.0	33.0	17.0	2.0	4.0	1.0	6.0	0.0	93.0	476.0
1916	112.0	168.0	386.0	271.0	129.0	116.0	1.0	0.0	0.0	35.0	52.0	27.0	1297.0
1917	277.0	288.0	626.0	287.0	366.0	58.0	14.0	2.0	6.0	0.0	74.0	79.0	2077.0
1918	245.0	81.0	162.0	194.0	265.0	45.0	6.0	30.0	0.0	0.0	0.0	12.0	1040.0
1919	119.0	111.0	103.0	36.0	37.0	18.0	5.0	0.0	2.0	0.0	2.0	30.0	463.0
1920	20.0	87.0	428.0	200.0	75.0	55.0	24.0	10.0	3.0	0.0	5.0	63.0	970.0
1921	112.0	208.0	348.0	221.0	311.0	11.0	65.0	0.0	51.0	2.0	13.0	23.0	1365.0
1922	47.0	235.0	434.0	409.0	165.0	79.0	29.0	13.0	8.0	0.0	0.0	5.0	1424.0
1923	159.0	386.0	318.0	355.0	42.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	1288.0
1924	219.0	410.0	574.0	602.0	228.0	12.0	0.0	0.0	2.0	63.0	8.0	121.0	2239.0
1925	337.0	232.0	374.0	484.0	86.0	34.0	34.0	9.0	2.0	24.0	21.0	38.0	1675.0
1926	119.0	313.0	383.0	479.0	92.0	35.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1481.0
1927	145.0	200.0	402.0	293.0	65.0	70.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1196.0
1928	39.0	34.0	401.0	232.0	72.0	8.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	836.0
1929	104.0	396.0	352.0	379.0	233.0	48.0	51.0	43.0	12.0	23.0	0.0	77.0	1718.0
1930	122.0	234.0	275.0	222.0	50.0	116.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	15.0	1039.0
1931	119.0	268.0	379.0	121.0	58.0	9.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	963.0
1932	85.0	264.0	270.0	91.0	14.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	756.0
1933	224.0	222.0	207.0	487.0	60.0	1.0	0.0	1.0	0.0	8.0	0.0	157.0	1367.0
1934	166.0	449.0	561.0	243.0	491.0	54.0	0.0	0.0	8.0	0.0	35.0	117.0	2124.0
1935	66.0	269.0	266.0	565.0	224.0	31.0	3.0	0.0	0.0	0.0	4.0	40.0	1468.0
1936	59.0	187.0	69.0	130.0	40.0	17.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	503.0
1937	21.0	233.0	201.0	241.0	173.0	46.0	13.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	933.0
1938	68.0	107.0	299.0	316.0	60.0	7.0	25.0	1.0	0.0	0.0	0.0	23.0	906.0
1939	41.0	479.0	318.0	230.0	89.0	14.0	45.0	1.0	5.0	39.0	10.0	11.0	1282.0
1940	106.0	203.0	335.0	335.0	138.0	90.0	21.0	5.0	0.0	13.0	0.0	3.0	1249.0
1941	31.0	112.0	155.0	165.0	55.0	15.0	14.0	2.0	0.0	0.0	0.0	6.0	555.0
1942	39.0	125.0	197.0	156.0	47.0	2.0	0.0	10.0	0.0	0.0	1.0	123.0	700.0
1943	64.0	86.0	260.0	154.0	59.0	20.0	31.0	0.0	2.0	1.0	12.0	48.0	737.0
1944	62.0	71.0	303.0	259.0	152.0	5.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	152.0	1030.0
1945	83.0	388.0	266.0	274.0	9.0	71.0	25.0	0.0	0.0	12.0	0.0	12.0	1180.0
1946	246.0	179.0	238.0	275.0	54.0	71.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	74.0	1140.0
1947	35.0	246.0	421.0	348.0	121.0	30.0	34.0	4.0	0.0	2.0	75.0	44.0	1360.0
1948	30.0	274.0	199.0	179.0	142.0	26.0	4.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.0	864.0
1949	65.0	154.0	295.0	170.0	84.0	32.0	39.0	2.0	1.0	1.0	67.0	1.0	911.0
1950	89.0	133.0	314.0	501.0	12.0	1.0	5.0	1.0	0.0	0.0	1.0	42.0	1099.0
1951	42.0	50.0	95.0	220.0	139.0	25.0	6.0	0.0	0.0	0.0	1.0	87.0	665.0
1952	36.0	131.0	186.0	253.0	147.0	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	15.0	796.0
1953	28.0	70.0	259.0	249.0	14.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	632.0
1954	15.0	199.0	279.0	117.0	108.0	35.0	1.0	5.0	0.0	0.0	3.0	3.0	765.0
1955	251.0	176.0	194.0	331.0	136.0	6.0	0.0	0.0	0.0	10.0	7.0	43.0	1154.0
1956	1.0	255.0	328.0	217.0	37.0	29.0	1.0	0.0	0.0	9.0	6.0	15.0	898.0
1957	147.0	26.0	274.0	375.0	72.0	0.0	11.0	0.0	0.0	1.0	0.0	25.0	931.0

000017

QUADRO 2 (CONTINUAÇÃO)

SERIE DE PRECIPITACAO MEDIA

METODO DE THIESSEN/MALHA

ACUDE PROJETADO : ANGICOS

Valores em mm

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
1958	76.0	40.0	71.0	47.0	34.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	293.0
1959	44.0	232.0	396.0	90.0	113.0	67.0	10.0	8.0	1.0	0.0	4.0	0.0	965.0
1960	15.0	38.0	328.0	163.0	21.0	33.0	1.0	0.0	0.0	9.0	0.0	27.0	635.0
1961	257.0	472.0	421.0	246.0	61.0	11.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.0	1654.0
1962	107.0	219.0	326.0	138.0	171.0	49.0	3.0	0.0	0.0	0.0	11.0	57.0	1081.0
1963	219.0	219.0	380.0	276.0	49.0	0.0	7.0	2.0	0.0	0.0	37.0	94.0	1283.0
1964	274.0	458.0	367.0	318.0	211.0	20.0	8.0	13.0	1.0	0.0	0.0	2.0	1672.0
1965	113.0	100.0	361.0	586.0	167.0	93.0	9.0	0.0	2.0	38.0	2.0	3.0	1474.0
1966	18.0	146.0	165.0	194.0	83.0	26.0	17.0	2.0	1.0	0.0	2.0	4.0	658.0
1967	59.0	202.0	383.0	356.0	289.0	11.0	4.0	1.0	3.0	0.0	0.0	17.0	1325.0
1968	64.0	144.0	270.0	219.0	299.0	22.0	19.0	0.0	0.0	1.0	7.0	27.0	1072.0
1969	98.0	133.0	292.0	186.0	125.0	51.0	61.0	1.0	0.0	0.0	0.0	118.0	1065.0
1970	76.0	96.0	297.0	147.0	13.0	16.0	25.0	0.0	1.0	0.0	133.0	7.0	811.0
1971	135.0	150.0	320.0	301.0	207.0	24.0	64.0	1.0	0.0	3.0	0.0	14.0	1219.0
1972	78.0	55.0	184.0	203.0	277.0	37.0	20.0	18.0	0.0	0.0	0.0	23.0	895.0
1973	360.0	199.0	404.0	459.0	215.0	90.0	151.0	13.0	14.0	3.0	3.0	46.0	1957.0
1974	333.0	201.0	434.0	475.0	363.0	85.0	13.0	0.0	2.0	40.0	0.0	92.0	2038.0
1975	146.0	231.0	457.0	198.0	155.0	53.0	16.0	3.0	19.0	0.0	3.0	121.0	1402.0
1976	99.0	221.0	458.0	290.0	43.0	4.0	0.0	9.0	0.0	1.0	10.0	2.0	1137.0
1977	246.0	175.0	269.0	294.0	162.0	79.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	1279.0
1978	99.0	125.0	167.0	282.0	66.0	8.0	32.0	0.0	0.0	0.0	5.0	18.0	802.0
1979	62.0	94.0	150.0	150.0	139.0	11.0	8.0	0.0	8.0	0.0	1.0	24.0	647.0
1980	61.0	328.0	159.0	89.0	35.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	68.0	756.0
1981	157.0	67.0	364.0	64.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0	810.0
1982	69.0	228.0	287.0	279.0	56.0	34.0	6.0	1.0	0.0	0.0	6.0	0.0	966.0
1983	6.0	168.0	104.0	106.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	396.0
1984	95.0	171.0	326.0	282.0	183.0	43.0	13.0	0.0	0.0	2.0	0.0	24.0	1139.0
1985	300.0	351.0	386.0	440.0	250.0	56.0	72.0	2.0	9.0	0.0	0.0	116.0	1982.0
1986	149.0	254.0	488.0	461.0	92.0	78.0	24.0	0.0	9.0	3.0	31.0	12.0	1601.0
1987	68.0	99.0	549.0	96.0	52.0	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	920.0
1988	134.0	102.0	298.0	382.0	278.0	54.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	87.0	1337.0

PARAMETROS ESTADISTICOS

MES->	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
L _n	115.8	197.6	304.4	261.3	125.5	34.8	17.8	3.8	2.3	5.0	8.8	40.1	1117.3
S	90.34	110.50	120.52	131.06	97.45	28.88	23.89	8.65	6.65	11.72	21.52	44.86	422.16
C _v	0.780	0.559	0.396	0.502	0.777	0.830	1.339	2.265	2.878	2.363	2.455	1.119	0.378
g	1.105	0.726	0.136	0.656	1.281	0.897	2.753	3.108	5.538	2.954	3.703	1.186	0.621
r ₁	0.2713	0.4121	0.4113	0.3289	0.2855	0.2091	0.2257	0.0687	0.0302	0.0232	0.0000	0.3629	-
r ₀	0.1541	0.0074	0.1009	0.1037	0.1234	0.0000	0.1215	0.0000	0.0910	0.0610	0.0000	0.0000	0.2218

L_n=media S=desvio padrao C_v=coeficiente de variacao g=assimetria r₁=correlacao r₀=autocorrelacao

000018

QUADRO 3
ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE ANUAL

POSTO	PROBABILIDADE P (H ≤ Hp) (%)										
	1	2	5	10	20	50	80	90	98	99	
ARAQUÉM	287,0	372,0	417,0	545,0	602,0	948,0	1325,0	1556,0	2023,0	2207,0	Hp (mm) ←
TIANGUÁ	389,0	502,0	559,0	714,0	781,0	1158,0	1537,0	1758,0	2188,0	2353,0	

Hp - Pluviosidade anual esperada para probabilidade indicada.

QUADRO 4
FREQUÊNCIA DE PELO MENOS n DIAS COM
OCORRÊNCIA DE CHUVA
(%)

POSTO	MÊS	NÚMERO DE DIAS									
		1	2	4	8	12	15	18	20	22	25
2778238 ARAQUÉM	JAN	96,2	90,6	62,3	26,4	7,6	3,8	1,9	1,9	0,0	0,0
	FEV	100,0	94,4	87,0	64,8	38,9	22,2	13,0	7,4	7,4	0,0
	MAR	100,0	100,0	100,0	90,7	72,2	51,8	33,3	25,9	14,8	5,6
	ABR	100,0	100,0	96,3	79,6	57,4	38,9	25,9	14,8	9,3	1,9
	MAI	94,4	90,7	75,9	40,7	18,5	11,1	3,7	3,7	3,7	0,0
	JUN	77,8	50,0	22,2	3,7	1,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	JUL	46,3	31,5	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AGO	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SET	7,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	OUT	9,3	3,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NOV	31,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	DEZ	68,5	44,4	18,5	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POSTO	MÊS	NÚMERO DE DIAS									
2778406 TIANGUÁ	JAN	100,0	96,0	89,3	53,3	26,7	12,0	9,3	8,0	5,3	2,7
	FEV	100,0	100,0	100,0	86,7	57,3	42,7	28,0	16,0	9,3	5,3
	MAR	100,0	100,0	100,0	97,3	89,3	81,3	65,3	48,0	38,7	16,0
	ABR	100,0	100,0	100,0	97,3	80,0	65,3	46,7	37,3	24,0	12,0
	MAI	100,0	100,0	93,3	65,3	38,7	24,0	17,3	10,7	5,3	1,3
	JUN	94,7	89,3	54,7	24,0	8,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	JUL	80,0	68,0	40,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AGO	53,3	33,3	8,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SET	38,7	14,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	OUT	44,0	20,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NOV	52,7	25,7	9,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	DEZ	88,0	74,7	41,3	9,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

QUADRO 5
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
VALOR (mm)	182	143	130	118	122	129	152	175	188	202	193	192	1926

CAPÍTULO 2 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DA BARRAGEM

000020

2 1 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

2 1.1 - DISPONIBILIDADE DE DADOS

Como quase sempre ocorre no Nordeste semi-árido, a escassa disponibilidade de dados observados de vazões inviabiliza, por completo, o emprego de metodologias baseadas em séries fluviométricas confiáveis e de duração aceitável, os dados disponíveis são escassos, de pouca qualidade, e, em geral, ou apresentam muitas falhas ou têm séries muito curtas

A bacia do rio Coreau dispõe de dados para dois postos fluviométricos, Paula Pessoa e Granja. O primeiro dos postos fluviométricos disporia, a princípio, de dois períodos de observação, 1973/79 e 1982/88; contudo, a análise de consistência destes dados, conforme demonstrado no PERH, demonstrou a absoluta impropriedade de uso

O segundo dos postos fluviométricos, Granja, apresenta uma série de dados razoável, 1969/88, com falha no ano de 1974, ano de ocorrência da maior cheia registrada

A análise de consistência viabilizou sua utilização, sendo esta série a base para a obtenção de parâmetros do modelo chuva-deflúvio indispensável para o desenvolvimento dos estudos. O posto de Granja localiza-se na vizinhança da cidade homônima, no trecho final da bacia do rio Coreau, controlando uma área de 3786 km².

2 1 2 - GERAÇÃO DAS SÉRIES DE DEFLUVIOS

O modelo de transformação chuva-deflúvio utilizado foi o MODHAC ^{1/}, desenvolvido no IPH da UFRGS para a região nordestina

Este modelo simula o processo de transformação chuva-deflúvio de forma contínua a nível diário, utilizando dados de precipitação diária e dando como resultado deflúvios mensais

O processo de separação do escoamento é realizado no modelo mediante uma analogia hidráulica composta de três reservatórios lineares, correspondentes aos armazenamentos de água superficial, sub-superficial e subterrâneo. O modelo utiliza nove parâmetros relacionados com as capacidades máximas dos referidos reservatórios, suas taxas de esvaziamento e condições de permeabilidade.

Os períodos de calibração/validação utilizados foram 1969/81 e 1978/88, com um período em comum de 1978/81

^{1/} LANNA P.A; SCHWARZBACH M - "MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável", Instituto de Pesquisas Hidráulicas de UFRGS, 1988

No processo de calibração em um primeiro passo foram buscados os domínios dos parâmetros, utilizando-se uma função-objetivo modulada com precisão de 0,01, obtendo-se o conjunto de parâmetros com preservação dos valores médios

Em seguida foi realizada uma calibração automática utilizando o procedimento de rotação de eixos de Rosembrok; esta pesquisa foi realizada até obter conjuntos de valores dos parâmetros consistentes (onde os parâmetros não adotam valores não válidos)

Numa terceira etapa de refino foi utilizada uma função objetivo de mínimos quadrados para ajuste específico dos máximos

A título ilustrativo, a figura 2 mostra a calibração obtida para o período 1969/74, e o hidrograma médio para todo o período

Os parâmetros obtidos na calibragem do posto Granja, mostrados no quadro 6, foram empregados para gerar os deflúvios para a barragem Angicos

Sendo ambas as bacias aceitavelmente homogêneas do ponto de vista hidrológico e, também, sendo o intervalo de simulação amplamente superior aos tempos de concentração das bacias, esta transferência de parâmetros é perfeitamente satisfatória.

A série temporal gerada, com uma extensão de 77 anos (1912/1988), período para o qual se dispunha de dados pluviométricos na região, encontra-se no quadro 7 sob a forma de deflúvios em milímetros

2.1.3 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DO RESERVATÓRIO

O dimensionamento hidrológico de reservatórios visa obter as diversas alternativas da capacidade do reservatório associadas à potencialidade de regularização de vazões.

Os resultados alcançados servem de base para a análise de custos do empreendimento

2.1.3.1 - Prédimensionamento

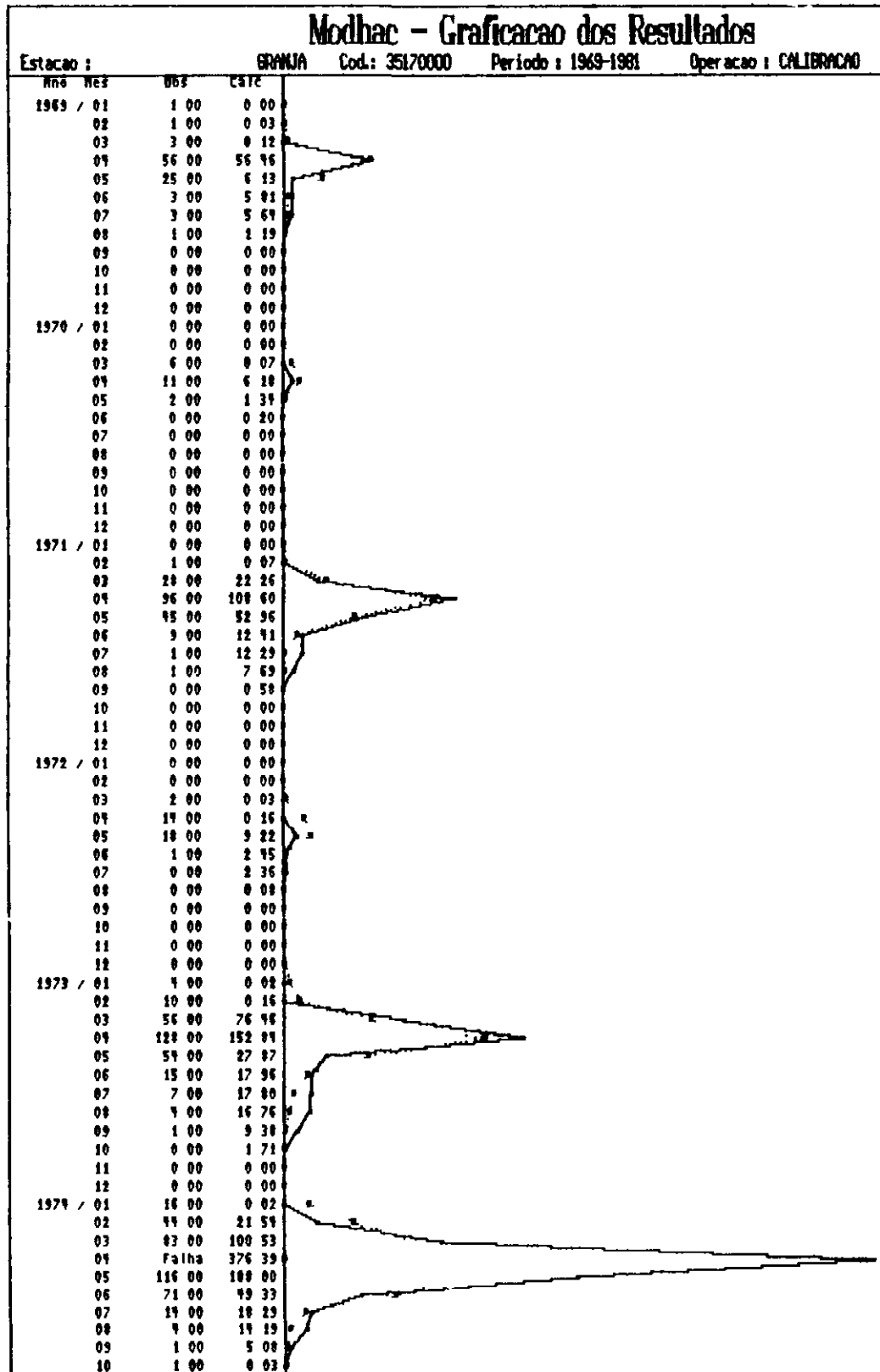
Como a barragem de Angicos tinha sido identificada e prédimensionada no Estudo de Viabilidade do Vale do Coreáú^{1/}, já se possuía, no início do presente estudo, uma visão razoavelmente precisa do seu porte - anteriormente foi definida com 52,0 hm³, bacia hidráulica estimada em 1170 ha, cota d'água no sangradouro em 104,5 m.

Em consequência, a etapa de prédimensionamento, anteriormente prevista, tornou-se menos relevante

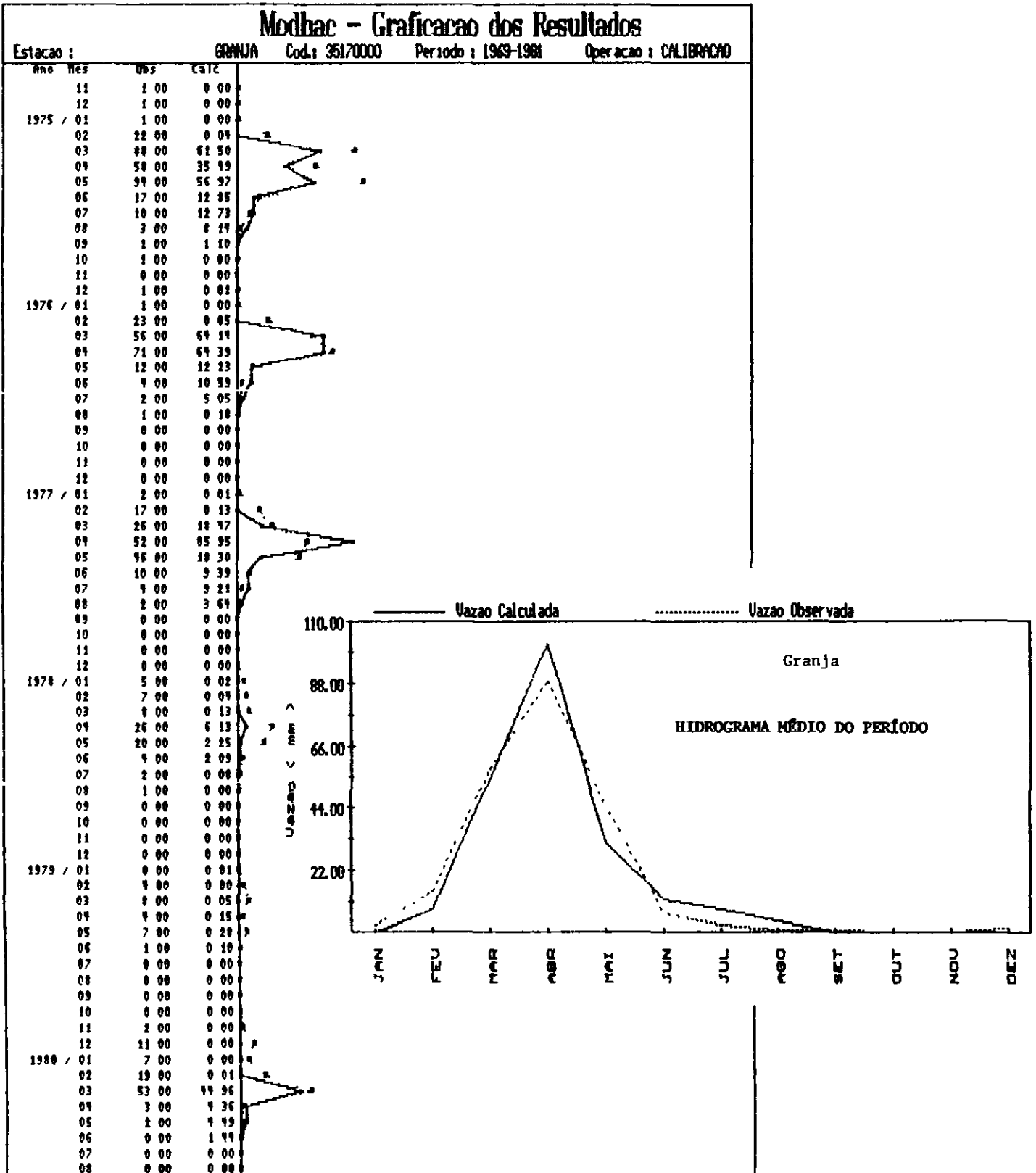
^{1/} DNOCS - "Estudo de Viabilidade para o Aproveitamento Hidroagrícola da Bacia do rio Coreáú", 1988

ESTUDO DOS DEFLUVIOS
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

FIGURA 2



ESTUDO DOS DEFLUVIOS
AJUSTAMENTOS DO MODHAC
FIGURA 2 (CONTINUAÇÃO)



QUADRO 6

PARÂMETROS CALIBRADOS DO MODHAC PARA O POSTO GRANJA

PARÂMETRO	VALOR
RSPX - Capacidade máxima do reservatório superficial	205,5
RSSX - Capacidade máxima do reservatório subsuperficial	209,6
IMIN - Infiltração mínima	6,15
IMAX - Permeabilidade do solo	18,67
IDEC - Coeficiente de infiltração	0,7920
CEVA - Parâmetro da lei de evapotranspiração do solo	0,8454
ASP - Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial	0,001
ASS - Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial	0,0043

Ainda assim foi desenvolvido um expedito estudo de prédimensionamento, com emprego do Método de Campos ^{2/}, cujo principal objetivo era o de melhor definir os serviços de campo básicos, em especial os levantamentos topográficos, visto que o efetuado no Estudo de Viabilidade foi apenas de reconhecimento.

A metodologia desenvolvida por Campos tem como suporte a Teoria Estocástica do Armazenamento, ou Teoria de Moran, com as modificações necessárias para representar os efeitos da intermitência e evaporação. Sua descrição detalhada encontra-se na citada bibliografia, não cabendo repeti-la neste relatório.

O modelo utiliza os seguintes dados de entrada

$$a = \frac{V}{Hm^3} \Rightarrow \text{fator de forma do reservatório}$$

$$f_e = \frac{3\alpha^{1/3} \times Ev}{u^{1/3}} \Rightarrow \text{fator adimensional de evaporação}$$

$$fk = \frac{V}{u} \Rightarrow \text{fator adimensional de retirada}$$

PE \Leftrightarrow probabilidade de esvaziamento,

^{1/} CAMPOS, JNB, "A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers under High Evaporation Rate" Dissertação de Doutorado, Colorado State University, Fort Collins, USA, 1987

QUADRO 7

OPERACAO SIMULADA DE RESERVATORIOS

VAZES GERADAS PELO MODHAC

ACUDE : ANGICOS

Valores em mm

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
1912	0.00	0.10	73.67	77.07	31.68	16.79	13.79	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	214.77
1913	0.00	0.04	58.06	52.52	19.24	11.76	8.46	0.05	0.00	0.00	0.00	0.07	150.20
1914	24.45	2.60	3.15	3.26	3.47	3.25	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.67
1915	0.00	0.01	0.00	0.13	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41
1916	0.01	0.15	60.80	71.57	57.97	16.79	15.48	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	226.12
1917	0.13	14.39	381.13	103.45	246.00	26.59	24.15	9.64	0.00	0.00	0.00	0.01	805.49
1918	0.01	0.14	0.07	0.32	34.25	6.54	6.05	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	47.57
1919	0.03	0.01	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1920	0.00	0.00	42.64	53.37	12.98	11.52	8.93	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	129.56
1921	0.01	0.08	36.10	61.36	126.14	19.68	18.19	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00	267.48
1922	0.00	0.05	133.39	202.54	65.24	23.30	21.12	6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	451.94
1923	0.05	38.87	102.73	148.35	25.75	22.29	13.17	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	351.48
1924	0.01	74.04	317.96	482.10	188.25	23.76	15.56	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	1102.42
1925	10.21	87.69	116.07	313.03	60.51	23.34	17.65	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	630.64
1926	0.01	0.06	140.44	259.29	26.25	22.84	20.26	5.55	0.00	0.00	0.00	0.00	474.70
1927	0.01	0.16	154.87	75.58	20.45	17.88	15.23	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	285.87
1928	0.00	0.00	43.29	59.69	18.51	12.91	7.71	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	142.12
1929	0.00	46.40	119.94	210.11	90.44	25.49	23.54	13.86	0.67	0.00	0.00	0.00	530.45
1930	0.01	0.14	18.61	60.75	12.39	10.99	9.47	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	112.78
1931	0.04	0.10	137.64	9.32	9.02	7.79	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	164.82
1932	0.00	0.17	99.85	5.42	5.29	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.26
1933	0.04	0.36	27.00	236.90	20.93	18.21	8.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	311.67
1934	0.27	129.21	303.42	126.44	385.23	25.26	22.63	5.90	0.00	0.00	0.00	0.01	998.37
1935	0.00	0.04	23.89	272.18	129.23	25.04	21.32	3.99	0.00	0.00	0.00	0.00	475.69
1936	0.00	0.03	0.26	0.37	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
1937	0.00	0.02	0.40	76.17	20.72	10.98	9.81	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	118.78
1938	0.00	0.01	0.16	73.15	12.30	10.90	4.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	101.00
1939	0.00	56.41	131.96	62.51	23.47	20.45	15.91	2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	313.19
1940	0.00	0.11	43.38	85.29	22.96	27.53	20.96	9.61	0.00	0.00	0.00	0.00	209.84
1941	0.00	0.02	0.15	0.31	0.57	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12
1942	0.00	0.05	0.20	0.51	0.89	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.06
1943	0.00	0.01	0.11	0.50	0.95	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.57
1944	0.00	0.00	0.13	79.99	14.46	10.54	8.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	113.16
1945	0.01	30.92	58.23	107.07	18.43	16.08	13.59	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	245.53
1946	0.06	0.23	0.70	82.31	11.56	10.29	6.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	112.10
1947	0.00	0.05	107.14	114.13	57.10	24.39	20.81	4.18	0.00	0.00	0.00	0.02	327.82
1948	0.00	0.08	0.50	24.21	42.58	9.48	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.23
1949	0.00	0.05	0.22	34.52	5.12	4.77	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.91
1950	0.01	0.00	0.12	202.92	20.22	17.10	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	245.13
1951	0.00	0.00	0.00	0.16	0.63	1.02	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	2.19
1952	0.00	0.02	0.12	0.47	24.41	5.80	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.71
1953	0.00	0.00	0.22	38.89	5.58	4.38	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.08
1954	0.00	0.03	15.93	11.83	10.05	6.38	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.87
1955	0.03	19.33	11.09	113.92	30.04	17.03	12.47	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	204.30
1956	0.00	0.09	52.22	57.18	13.89	12.19	4.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.91
1957	0.03	0.02	0.13	89.52	23.32	13.30	5.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131.55

QUADRO 7 (CONTINUAÇÃO)

OPERACAO SIMULADA DE RESERVATORIOS

VAZDES GERADAS PELO MODHAC

ACUDE : ANGICOS

Valores em mm

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
1958	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1959	0.00	0.04	72.34	14.13	14.37	12.98	10.79	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	125.16
1960	0.00	0.00	3.20	8.23	6.13	5.56	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.15
1961	0.04	174.66	208.40	130.90	58.95	22.95	12.88	0.38	0.00	0.00	0.00	0.06	609.22
1962	0.04	0.15	42.51	26.08	51.86	14.28	10.26	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	145.32
1963	0.08	0.36	100.33	98.52	31.07	20.73	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	260.10
1964	0.06	98.22	159.08	182.67	109.09	24.86	20.81	4.28	0.00	0.00	0.00	0.00	599.07
1965	0.01	0.10	16.07	290.16	98.14	23.87	21.72	6.17	0.00	0.00	0.00	0.00	456.24
1966	0.00	0.06	0.11	0.40	0.86	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43
1967	0.00	0.01	49.98	129.72	172.37	24.84	19.25	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	398.46
1968	0.00	0.00	0.19	22.34	102.43	18.38	15.42	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	160.44
1969	0.00	0.02	0.14	14.65	6.50	6.39	6.10	0.70	0.00	0.00	0.00	0.06	34.56
1970	0.00	0.00	4.40	2.77	3.21	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	13.14
1971	0.01	0.13	17.00	106.05	73.87	19.90	17.12	4.34	0.00	0.00	0.00	0.00	238.42
1972	0.00	0.00	0.03	0.23	44.45	8.38	7.25	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	60.53
1973	0.09	7.34	126.93	295.75	101.38	25.21	23.38	20.73	5.85	0.00	0.00	0.00	606.66
1974	12.99	13.46	153.96	338.69	240.00	70.41	23.78	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	861.09
1975	0.03	0.10	98.10	47.80	29.41	20.88	18.63	3.97	0.00	0.00	0.00	0.01	218.93
1976	0.00	0.06	114.85	101.17	22.08	19.14	7.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.28
1977	0.02	0.30	35.90	91.44	49.35	17.63	16.42	5.03	0.00	0.00	0.00	0.00	216.09
1978	0.01	0.05	0.26	11.47	7.75	3.40	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.54
1979	0.00	0.00	0.02	0.14	0.42	0.71	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31
1980	0.00	14.20	30.83	7.10	6.87	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.44
1981	0.02	0.04	32.49	8.02	7.53	6.40	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	54.87
1982	0.00	0.01	36.60	104.29	12.24	10.85	5.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	169.24
1983	0.00	0.09	0.11	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
1984	0.00	0.07	6.66	72.79	45.61	19.43	16.75	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	163.66
1985	0.04	66.40	120.66	319.00	169.03	24.31	22.45	10.97	0.00	0.00	0.00	0.00	732.86
1986	0.01	0.15	181.96	257.99	35.05	23.30	21.33	6.35	0.00	0.00	0.00	0.00	526.14
1987	0.00	0.01	101.36	14.26	13.58	11.91	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	145.92
1988	0.01	0.01	0.05	145.48	93.16	20.36	18.51	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	281.88

PARAMETROS ESTADISTICOS

MES->	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
L_n	0.64	11.41	58.87	90.69	46.18	14.06	9.94	2.11	0.08	0.00	0.00	0.00	233.97
S	3.32	31.04	78.72	102.22	66.62	10.84	8.18	3.70	0.67	0.00	0.01	0.01	246.62
C_v	5.235	2.721	1.337	1.127	1.443	0.771	0.823	1.751	7.913	0.000	8.775	3.203	1.054
g	5.860	3.351	1.906	1.496	2.717	1.681	0.240	2.578	8.444	0.000	8.603	3.820	1.525
r_1	0.0807	0.5892	0.5318	0.5540	0.6773	0.8558	0.7591	0.6203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	-
r_0	0.0000	0.0000	0.1442	0.3040	0.1588	0.2475	0.2540	0.1313	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3026

L_n =media S =desvio padrao C_v =coeficiente de variacao g =assimetria r_1 =correlacao r_0 =autocorrelacao

000027

onde

- V ⇨ capacidade do reservatório,
- Hm ⇨ altura d'água à cota do vertedouro;
- Ev ⇨ Lâmina média evaporada durante a estação seca;
- u ⇨ deflúvio médio anual afluente ao reservatório;
- M ⇨ volume retirado anualmente;
- Cv ⇨ coeficiente de variação dos deflúvios anuais

O ano se constitui na unidade de tempo do modelo, dividido, contudo, nas duas estações uma úmida, quando ocorrem todas as afluições ao reservatório, e uma seca, quando são retiradas todas as vazões

As alternativas de capacidade estudadas estão no quadro 8, com respectivos parâmetros.

Na figura 3 estão mostrados os resultados sob a forma de curvas de vazão regularizável para os níveis de garantia de 75%, 90% e 95%

Tais resultados indicaram que, a princípio, não deveria existir grandes restrições de potencialidade hidrológica para barragens maiores do que aquela anteriormente prevista, até, pelo menos, uma dimensão próxima de 90 milhões; na realidade, as restrições seriam de caráter topográfico/geométrico e geológico/geotécnico

2 1 3 2 - Dimensionamento

O dimensionamento constou de,

- simulação da operação de barragem para alternativas de interesse;
- análise dos incrementos de vazão regularizável e determinação dos custos do metro cúbico regularizado

a) Curvas de vazão regularizável

Empregou-se a metodologia convencional do balanço hídrico de reservatório, onde:

Varição na reserva = volume afluente ao reservatório oriundo da bacia hidrográfica + volume decorrente da precipitação direta sobre o espelho d'água - volume perdido por evaporação - volume sangrado - volume retirado para regularização

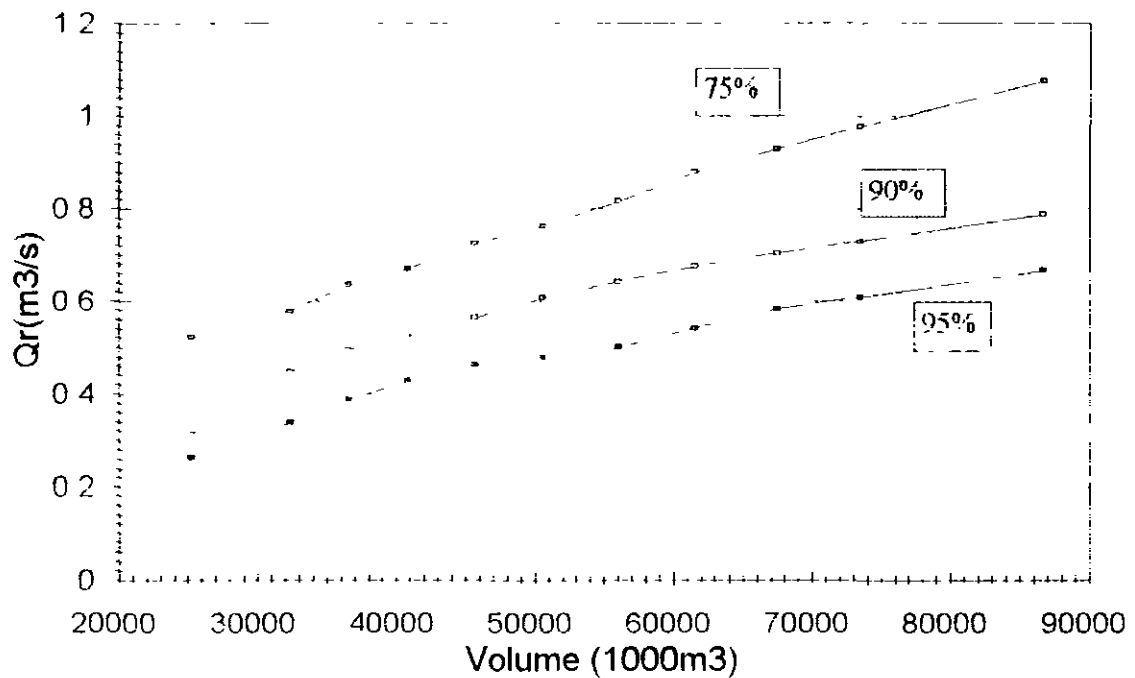
QUADRO 8

ALTERNATIVAS DE BARRAGEM ESTUDADAS

Alternativas de capacidade		Parâmetros
Cota (m)	Vol (x1000m ³)	
102 00	25264 500	$\alpha = 14802 576$ $f_e = 0 200$ $C_v = 1 054$ $\mu = 66 924 \text{ hm}^3$ $E_v = 1102 \text{ mm}$
103 00	32397 000	
103 50	36608 750	
104 00	40820 500	
104 50	45710 375	
105 00	50600 250	
105 50	56053 000	
106 00	61505 750	
106 50	67501 438	
107 00	73497 125	
108 00	86698 875	
108 00	86698 875	

FIGURA 3

Vazão regularizada x Volume
Método de Campos



000029

Este balanço se traduz através da equação básica

$$V_i = V_{i-1} + V_{ci} + V_{pi} - V_{ei} - V_{si} - Q_{ri}$$

- V_i volume acumulado na barragem no mês i ;
- V_{i-1} volume acumulado na barragem no mês $i-1$;
- V_{ci} volume afluente da bacia hidrográfica no mês i ;
- V_{pi} volume da precipitação direta sobre o espelho d'água no mês i ;
- V_{ei} volume evaporado sobre o espelho d'água no mês i ;
- V_{si} volume sangrado no mês,
- Q_{ri} volume retirado no mês i , correspondente à vazão regularizada.

O processo consistiu em simular, com passo de tempo mensal, para o período de 1912 a 1988, portanto 77 anos, o balanço do reservatório para uma determinada vazão contínua pré-fixada; somente em duas situações ela é alterada:

- quando há volume sangrado

$$V_{si} > Q_{ri} \Rightarrow Q_{ri} = 0$$

$$V_{si} > Q_{ri} \Rightarrow Q'_{ri} = V_{si} - Q$$

- quando não é possível retirar Q_{ri} integralmente

Sempre que ocorrer esta última, é identificada uma falha para aquele mês; no total de m meses processados tendo ocorrido n falhas, a frequência (ou nível de garantia) para a vazão considerada será de $(1 - n/m)$

A repetição do processo para diferentes valores de vazão retirada permite a definição da curva de vazão regularizável.

Os dados de entrada para a simulação compreendem:

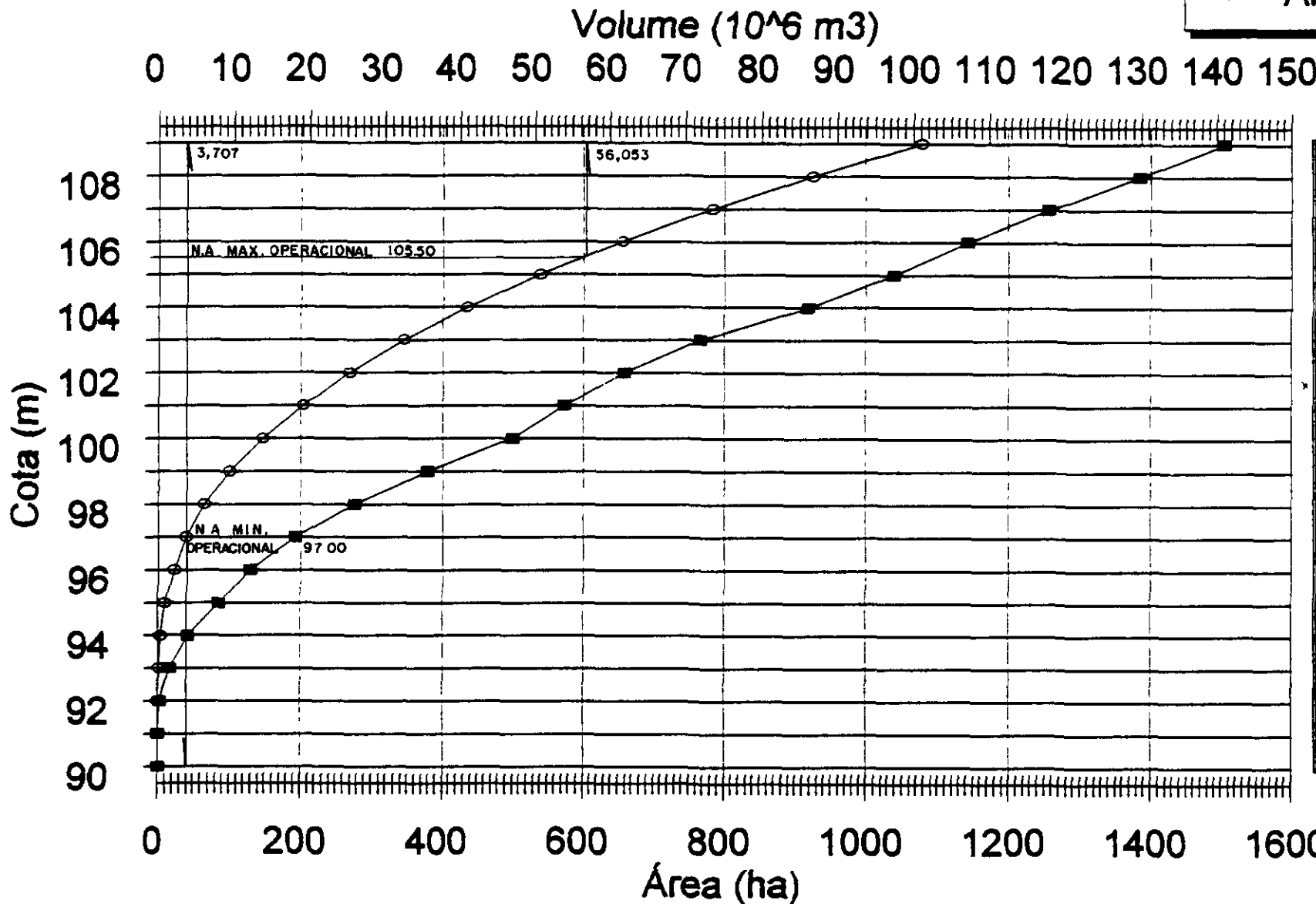
- séries históricas de vazões afluentes, conforme quadro 7,
- curva cota x área x volume, figura 4, com volumes máximo e mínimo operacionais,
- série pluviométrica mensal sobre espelho d'água;
- índices de evaporação mensal, admitida como igual à ETP em face de inexistência de dados de evaporação específicos

000030

FIGURA 4

Curva Cota x Área x Volume

■ Área ○ Volume



COTA (m)	AREA (ha)	VOLUME (x 10 ⁶ m ³)
90	0.000	0.000
91	0.450	0.002
92	2.600	0.018
93	15.350	0.107
94	42.150	0.395
95	85.700	1.034
96	128.125	2.103
97	192.750	3.708
98	277.325	6.058
99	377.950	9.334
100	500.425	13.726
101	573.900	19.098
102	659.450	25.265
103	767.050	32.397
104	917.650	40.821
105	1038.300	50.600
106	1142.800	61.506
107	1255.475	73.497
108	1384.875	86.699
109	1503.500	101.141

Face à existência da barragem Diamante no interior da bacia de Angicos, todas as simulações foram realizadas a partir dos seguintes princípios.

- simulou-se, inicialmente, a barragem Diamante (cujos dados estão integralmente no Plano Estadual de Recursos Hídricos), com a vazão de retirada de $f = 90\%$, $q_r = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$; além de ser a vazão básica prevista para sua operação, a alternativa de considerar outras vazões de frequências diferentes em nada alteraria os resultados pretendidos (série sangrada) face à pequena representatividade dos valores,
- desta simulação obteve-se uma série temporal de volumes sangrados, como mostrada no quadro 9 com escoamentos em milímetros,
- esta série adicionou-se à série temporal contribuinte à barragem Angicos, levando em conta somente sua própria bacia hidrográfica;
- admitiu-se que toda a vazão regularizada pela barragem Diamante seria consumida em outros aproveitamentos, de modo que não atingiria o Angicos

Os resultados obtidos para a barragem Angicos são apresentados sob a forma de vazão regularizada x volume armazenado, para as frequências de 75, 90 e 95% da figura 5.

b) Análise dos incrementos de vazão e custo do m^3 da vazão regularizada

Com o objetivo de obter-se elementos mais apropriados para a seleção final da dimensão ideal para a barragem, procedeu-se a um estudo dos incrementos da vazão regularizada para as alternativas de capacidade estudadas.

Os gráficos da figura 6 mostram a variação dQ_r/dv versus volumes, para as frequências de $f = 75, 90$ e 95% . Ainda que não mantenham um comportamento rigorosamente uniforme, verifica-se, com nitidez, que a partir de volumes próximos a 50 hm^3 há uma sensível redução, seguida por uma estabilização, dos ganhos de vazão regularizada por unidade de volume.

Tal fato praticamente corroborou a tendência de que, do ponto de vista hidrológico, a barragem deveria se situar em torno deste volume.

Finalmente, para propiciar uma solução final adequada introduziu-se um fator econômico na avaliação: o custo atualizado do metro cúbico d'água regularizado

Para tanto, foram orçadas todas as alternativas da barragem conforme demonstrado no Capítulo 4 - Item 4.2 do Relatório Geral, considerando-se o custo inicial do empreendimento (barragem + sangradouro + desapropriação), os custos de manutenção e período de 30 anos de viabilização do investimento

QUADRO 9
SANGRIA DO ACUDE DIAMANTE (mm)

ANOMES	JANEIRO	FEVEREIRO	MARCO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
1912	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1913	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1914	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1915	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1916	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1917	0 00	0 00	102 57	109 68	235 93	9 62	3 38	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	461 18
1918	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1919	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1920	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1921	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1922	0 00	0 00	0 00	98 41	57 15	6 31	0 33	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	162 20
1923	0 00	0 00	17 92	155 56	17 66	5 31	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	196 45
1924	0 00	0 00	257 73	487 33	180 18	6 79	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	932 03
1925	0 00	0 00	84 18	317 26	51 44	6 37	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	459 25
1926	0 00	0 00	10 03	266 52	18 18	5 87	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	300 60
1927	0 00	0 00	29 76	82 81	12 38	0 91	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	125 86
1928	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1929	0 00	0 00	11 86	216 34	80 37	8 52	2 77	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	319 86
1930	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1931	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1932	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1933	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1934	0 00	0 00	281 58	133 67	377 16	8 29	1 86	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	802 56
1935	0 00	0 00	0 00	152 46	57 22	7 43	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	217 11
1936	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1937	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1938	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1939	0 00	0 00	0 00	0 00	0 66	5 41	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	6 07
1940	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1941	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1942	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1943	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1944	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1945	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1946	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1947	0 00	0 00	0 00	96 07	18 43	5 66	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	120 16
1948	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1949	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1950	0 00	0 00	0 00	69 44	11 10	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	80 54
1951	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1952	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1953	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1954	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1955	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1956	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1957	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1958	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1959	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1960	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1961	0 00	0 00	0 00	134 14	50 88	5 98	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	191 00
1962	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1963	0 00	0 00	0 00	75 87	16 09	4 05	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	96 01
1964	0 00	24 51	211 32	182 40	67 06	7 86	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	493 15
1965	0 00	0 00	0 00	286 98	79 18	6 79	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	372 95
1966	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1967	0 00	0 00	0 00	0 00	25 99	6 44	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	32 43
1968	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1969	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1970	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1971	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1972	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1973	0 00	0 00	5 65	279 92	128 62	8 43	2 76	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	423 38
1974	0 00	0 00	100 71	243 83	248 93	66 43	2 91	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	662 81
1975	0 00	0 00	58 14	90 90	26 24	5 81	0 34	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	181 43
1976	0 00	0 00	0 00	110 77	13 29	1 52	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	125 58
1977	0 00	0 00	0 00	34 33	63 76	2 12	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	100 21
1978	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1979	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1980	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1981	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1982	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1983	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1984	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
1985	0 00	0 00	0 00	200 40	171 02	7 90	2 16	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	381 48
1986	0 00	0 00	161 37	390 53	28 89	6 12	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	586 91
1987	0 00	0 00	12 33	22 10	7 36	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	41 79
1988	0 00	0 00	0 00	80 78	92 12	5 01	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	177 91

FIGURA 5

Vazão regularizada x Volume
Operação do reservatório - 77 anos

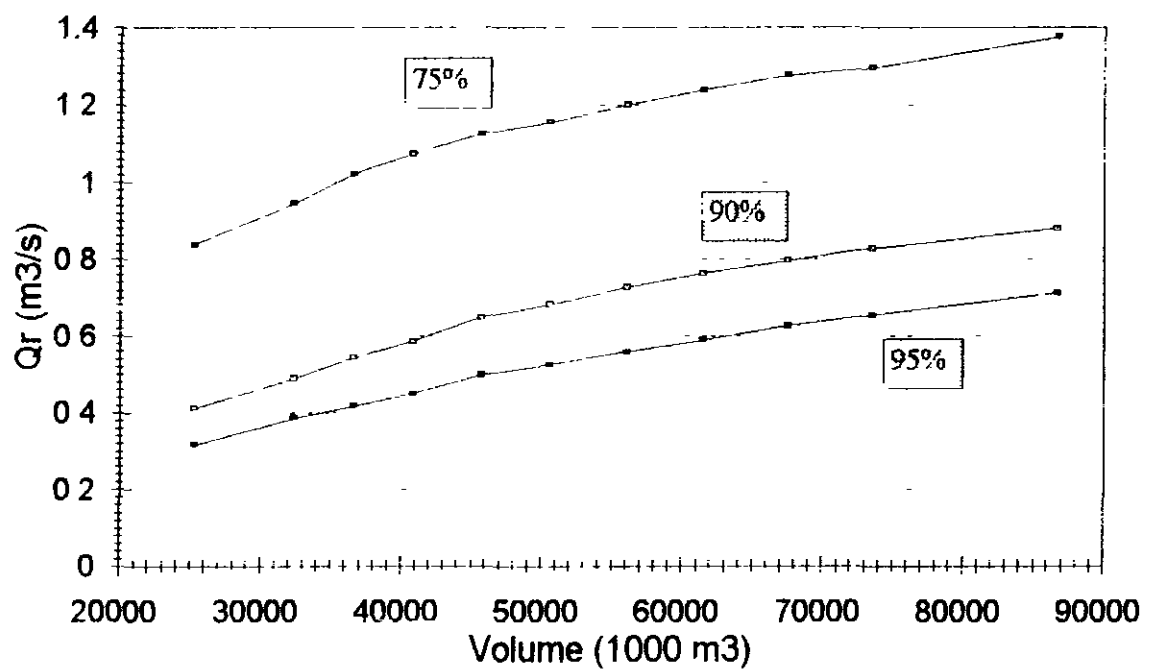
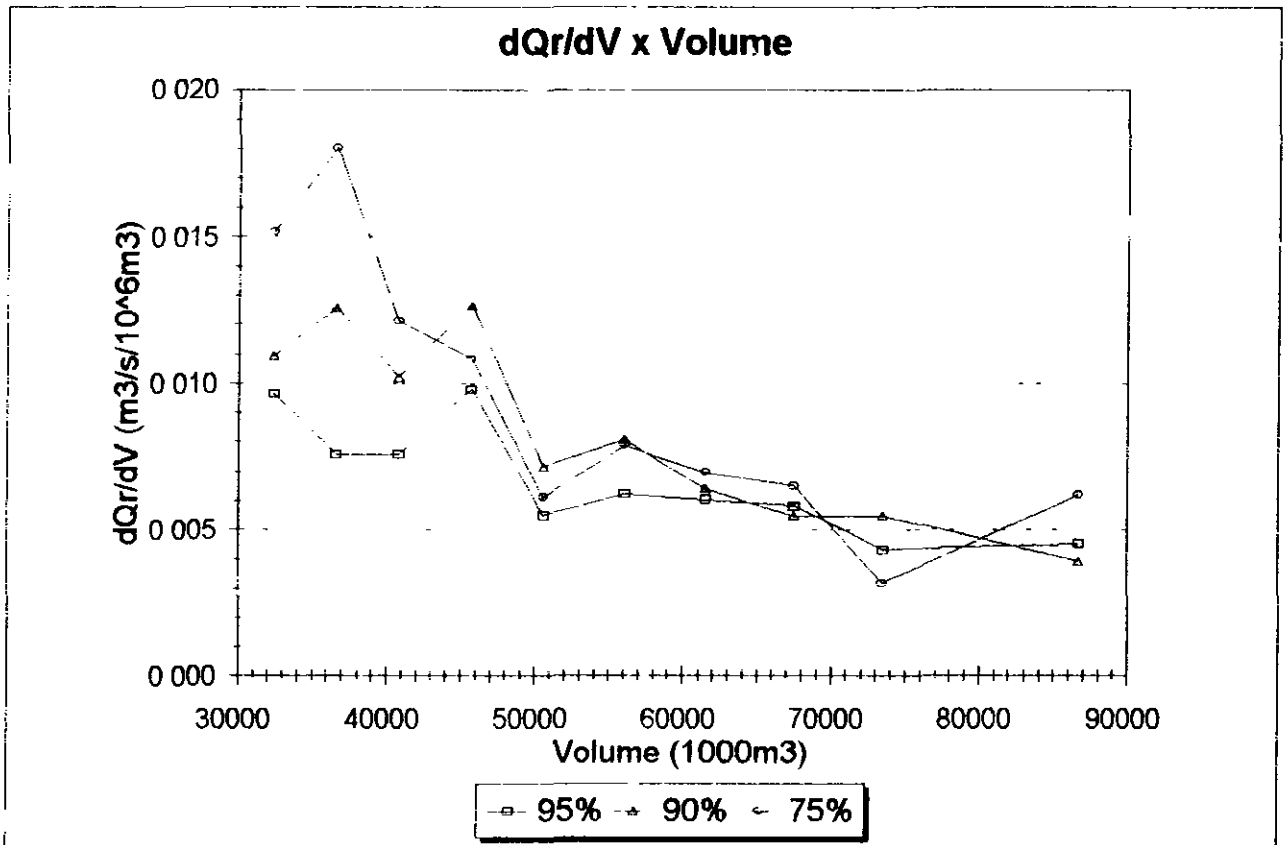


FIGURA 6



No presente tomo são apresentados somente os resultados finais obtidos para o m³ regularizado, e sob a forma gráfica mostrada na figura 7, para alternativas de largura L do sangradouro de 75 a 200m.

Ela demonstra claramente que para qualquer vazão, em especial para aquela programada como a básica para sua operação (a garantida com 90%), a barragem selecionada deveria ser aquela com nível de acumulação próximo de 55 hm³.

2.1.4 - A BARRAGEM SELECIONADA

2 1 4 1 - Regularização e Princípios Básicos de Operação

A barragem selecionada pelos estudos resultou tanto de dimensionamento hidrológico como dos demais condicionamentos geométrico, geológico/geotécnico de engenharia, e de potencialidades de aproveitamento.

Em síntese, tem as seguintes características básicas

- cota da soleira do sangradouro 105,50m.
- volume de acumulação na cota do sangradouro 56.053 hm³,
- bacia hidráulica 1090 ha
- volume mínimo operacional. 3,707 hm³

Para esta barragem, o quadro 10 contém o resultado da simulação, enquanto que a figura 8 mostra a curva da vazão regularizável F (%) x Q_r (m³/s), que tem os valores abaixo para as frequências de maior interesse:

$f(\%)$	Q_r (l/s)
75	1200
90	727
95	560

A barragem deveria ser operada tomando por base a vazão garantida com 90% ($Q_r = 727$ l/s).

Contudo, como sua principal função será o abastecimento humano das cidades do Campanário, Uruoca e Senador Sá, procurou-se estudar um princípio operacional que permitisse uma garantia o mais próximo de 100% para tal fim. No conjunto, a vazão total de abastecimento humano dessas cidades é de

- adutora Uruoca/Senador Sá → 18 l/s ✓
- Campanário → 3 l/s ✓
- Total → 21 l/s ✓

FIGURA 7

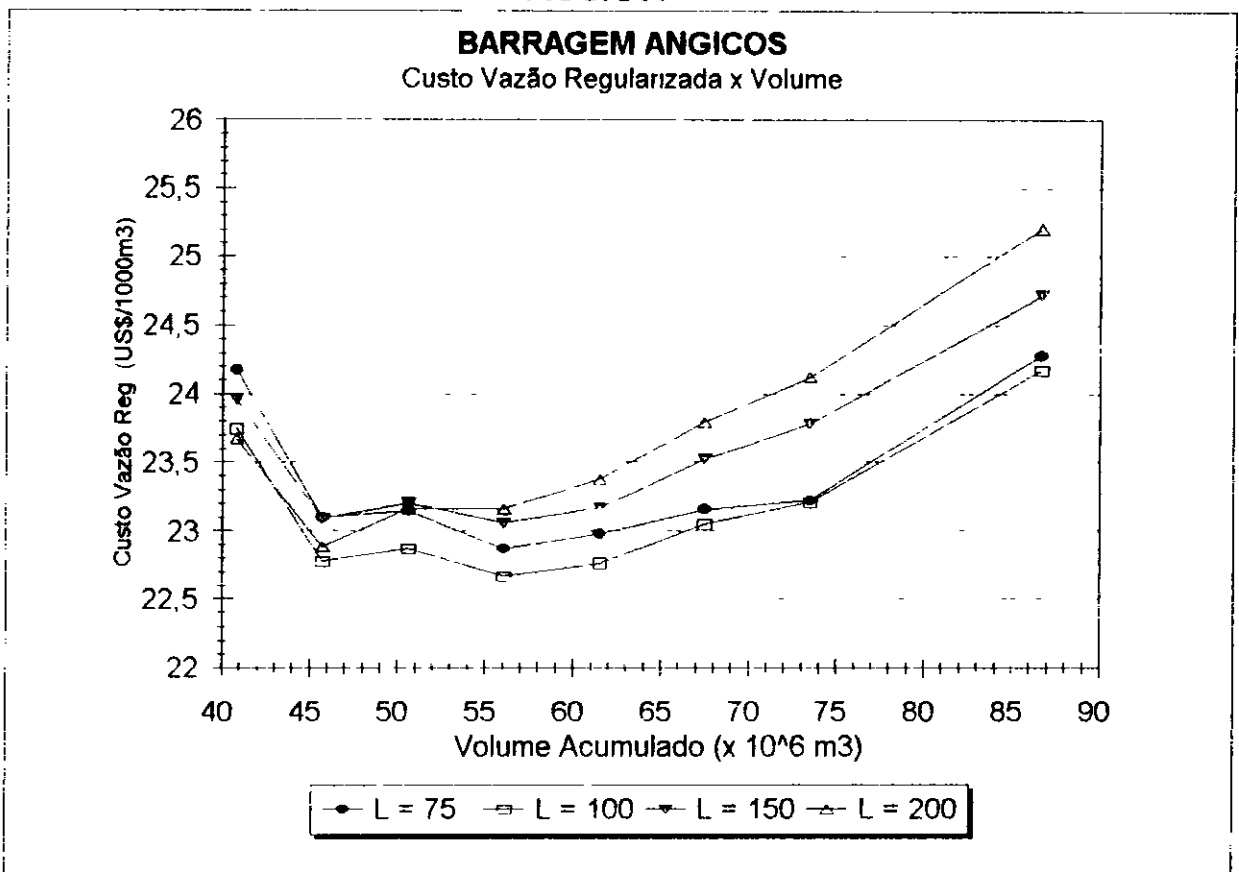
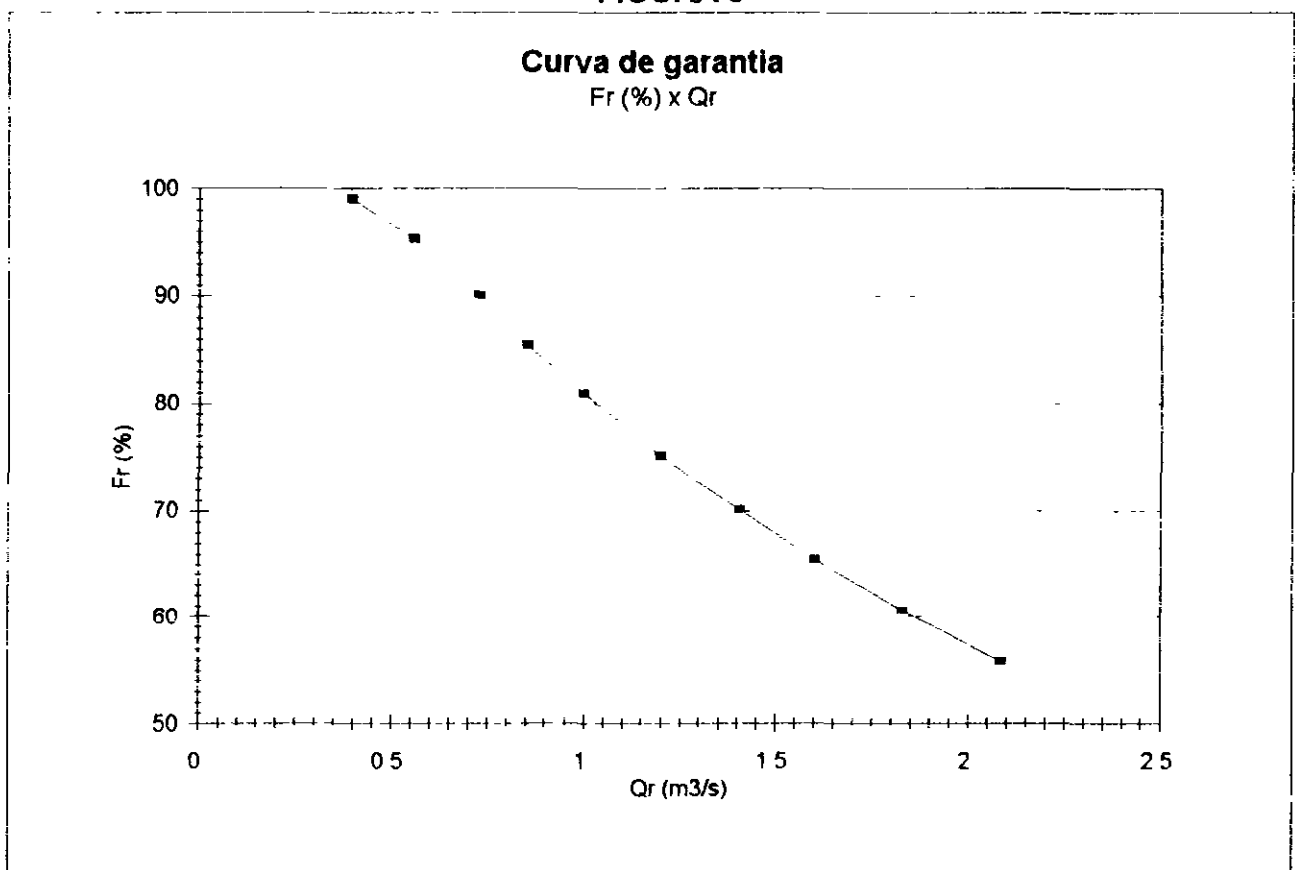


FIGURA 8



QUADRO 10 SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Anos	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1951	38088200 00	34904260 00	34769830 00	34405820 00	33135200 00	31211280 00	28844920 00	26191960 00	23521940 00	20847760 00	18328090 00	16022270 00
1952	14167280 00	12885920 00	13551440 0f	14170430 0f	18937400 00	18419100 00	18940210 00	14577170 00	13483710 0f	12375080 0f	11389890 0f	10569050 0f
1953	10098730 0f	10078290 0f	10641510 0f	19720710 00	19705300 00	18818490 00	16607480 00	14252310 00	13168330 0f	12078960 0f	11108960 0f	10298440 0f
1954	9834124 0f	9819048 0f	13126950 00	15339270 00	16458710 00	16119530 00	14623770 00	12327730 00	11336010 0f	10344910 0f	9483106 0f	8726928 0f
1955	8308693 0f	13201320 0f	15392270,00	43837900 00	50039430 00	51914210 00	52175640 00	49023670 00	45707440 00	42352380 00	39211470 00	36398720 00
1956	34301970 00	33131030 00	46379230 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54208220,00	50922640 00	47563680 00	44163330 00	40977360 00	38115750 00
1957	36002100 00	34822770 00	34719260 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54432780 00	51143460 00	47780000 00	44374390 00	41183620 00	38317110 00
1958	38195540 00	35012200 00	34883290 00	34481020 00	33050370 00	30870620 00	28418370 00	25776530 00	23117690 00	20454590 00	17944880 00	15644780 00
1959	13793910 00	13815510 0f	31763810 00	34920740 00	37140480 00	38180010 00	38244020 00	35450660 00	32512460 00	29578760 00	26827290 00	24332730 00
1960	22388370 00	21138970 00	21485210 00	22929460 00	23054200 00	22420190 00	20396880 00	17951920 00	15494550 00	13041410 00	12022290 0f	11173890 0f
1961	10700190 0f	53855280 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52832500 00	49434590 00	45988600 00	42781210 00	39872290 00
1962	37738120 00	36599520 00	47442130 00	53958880 00	56053000 0s	56053000 0s	55701890 00	52426770 00	49037130,00	45600840 00	42382250 00	39487300 00
1963	37366700 00	38281550 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55386500 00	52081350 00	48698760 00	45270720 00	42059620 00	39172320 00
1964	37051180 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53814840 00	50398900 00	46929380 00	43680640 00	40757800 00
1965	38601450 00	37456920 00	41537660 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54290900 00	50886470 00	47386260 00	44127160 00	41195650 00
1966	39031360 00	37879030 00	37859530 00	37829060 00	38417440 00	34432920 00	31902380 00	29169690 00	26417560 00	23662820 00	21071220 00	18703610 00
1967	18819360 00	15548720 00	27788800 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53313600 00	49906600 00	46449090 00	43211250 00	40287520 00
1968	38145200 00	36972860 00	38947340 00	42329490 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53159950 00	49755690 00	46301880 00	43067370 00	40156420 00
1969	38006120 00	36837910 00	36795770 00	40201860 00	40423390 00	39726880 00	38595750 00	35838980 00	32887960 00	29940040 00	27180510 00	24692980 00
1970	22742640 00	21494770 00	22159320 00	22216440 00	21599350 00	20258250 00	18017320 00	15628800 00	13230840 00	12136050 0f	11182830 0f	10371010 0f
1971	9907593 0f	9918882 0f	13509040 00	39900700 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53829950 00	50413740 00	46943860 00	43694790 00	40771680 00
1972	38612600 00	37442670 00	37389820 00	37104780 00	48965740 00	46690800 00	45719990 00	42651860 00	39484300 00	36308570 00	33358180 00	30707180 00
1973	28708570 00	29358160 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54069720 00	50522670 00	47192390 00	44201430 00
1974	45287560 00	47573460 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54701470 00	51269710 00	47780750 00	44512700 00	41573720 00
1975	39412440 00	38272410 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53736760 00	50322210 00	48854580 00	43607520 00	40688620 00
1976	38530730 00	37375620 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55128620 00	51825790 00	48448410 00	45026480 00	41820920 00	38939290 00
1977	36811370 00	35707850 00	44832780 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54003750 00	50584440 00	47110390 00	43857550 00	40931280 00
1978	38772700 00	37616380 00	37627870 00	40236240 00	40775300 00	39319840 00	36819120 00	33942150 00	31052350 00	28160480 00	25450260 00	22987020 00
1979	21055550 00	19800430 00	19301710 00	18833560 00	17307270 00	15526240 00	13380040 00	12398080 0f	11400840 0f	10408190 0f	9521270 0f	8782430 0f
1980	8353314 0f	11939710 0f	19157380 00	20270200 00	20582550 00	19446820 00	17221360 00	14851680 00	12483650 00	11429750 0f	10492700 0f	9710952 0f
1981	9264693 0f	9247140 0f	16799590 00	18106260 00	18585960 00	18223690 00	16111980 00	13768540 00	12703200 0f	11637290 0f	10689670 0f	9901822 0f
1982	9446306 0f	9422768 0f	18038890 00	44061590 00	45741670 00	48104960,00	44840500 00	41547680 00	38411100 00	35273210 00	32358790 00	29731610 00
1983	27722010 00	26519180 00	28197010 00	25648320 00	24229020 00	22176510 00	19898860 00	17485890 00	15020680 00	12586950 00	11590970 0f	10761370 0f
1984	10286780 0f	10285830 0f	12531240 0f	30352910 00	40507530 00	43100380 00	44583180 00	42082070 00	38930500 00	35774290 00	32841430 00	30203800 00
1985	28198620 00	43882550 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55499940 00	52053940 00	48547970 00	45262500 00	42308980 00
1986	40133800 00	39010510 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54338240 00	50911000 00	47429820 00	44169720 00	41237400 00
1987	39072610 00	37907780 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54324280 00	51036770 00	47875480 00	44272410 00	41083970 00	38219820 00
1988	36099640 00	34918310 00	34796970,00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53819880,00	50403850,00	46934210,00	43685360,00	40762430,00

000039

QUADRO 10 SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Anos	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1912		Of 25977 Of	17747650 00	36782220 00	43399380 00	45290320 00	45990340 00	43288320 00	40103640 00	36906070 00	33936090 00	31270130 00
1913	29242030 00	28033580 00	42664440 00	55870480 00	58053000 0s	56053000 0s	55247730 00	51957480 00	48577420 00	45152330 00	41943920 00	39076900 00
1914	43113800 00	42627870 00	43513150 00	44129270 00	43581640 00	42051850 00	39711590 00	36745340 00	33764270 00	30787850 00	28004820 00	25482750 00
1915	23523560 00	22281610 00	21833780 00	21208490 00	19841900 00	17848140 00	15652970 00	13320380 00	12277570 Of	11234950 Of	10307820 Of	9536607 Of
1916	9091809 Of	9100679 Of	23918910 00	41686330 00	54962190 00	56053000 0s	56053000 0s	53580590 00	50168830 00	46704920 00	43461280 00	40542690 00
1917	38419670 00	40913850 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55164930 00	51724910 00	48226070 00	44947910 00	42003000 00
1918	39831510 00	38704000 00	38698260 00	38468890 00	45736900 00	45012060 00	43767720 00	40741280 00	37627720 00	34517460 00	31625670 00	29017810 00
1919	27024380 00	25797910 00	25448060 00	24859690 00	23427570 00	21385810 00	19123340 00	16708840 00	14282870 00	13138160 Of	12114110 Of	11281710 Of
1920	10776020 Of	10781450 Of	20972350 00	33983910 00	35850390 00	36524570 00	36182410 00	33355100 00	30483260 00	27608340 00	24913430 00	22482070 00
1921	20538940 00	19301950 00	28061420 00	43267380 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54227930 00	50804620 00	47325750 00	44068020 00	41137670 00
1922	38974080,00	37818890 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54323640 00	50898630 00	47417720 00	44157900 00	41225800 00
1923	39073760 00	47800860 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52804790 00	49407450 00	45962110 00	42735320 00	39831990 00
1924	37888830 00	55357740 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52923180 00	49523420 00	46075260 00	42845900 00	39939940 00
1925	40387520 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53275810 00	49869490 00	46412880 00	43175860 00	40282820 00
1926	38113520 00	36956100 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54134730 00	50713090 00	47236200 00	43980500 00	41051850 00
1927	38891820 00	37764180 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53162460 00	49758160 00	46304270 00	43069720 00	40158730 00
1928	38008390 00	36835100 00	47883610 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55058500 00	51781320 00	48385250 00	44964860 00	41760700 00
1929	38748380 00	47380880 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52765790 00	49244380 00	45943110 00	42976380 00
1930	40793920 00	39671750 00	44458730 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55502580 00	52301280 00	48914200 00	45480900 00	42265040 00
1931	37243820 00	36091760 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52831890 00	49569470 00	46240720 00	42872650 00	39717300 00
1932	34786600 00	33638730 00	56053000 0s	56053000 0s	55989000 00	54122160 00	51208000 00	47976390 00	44884180 00	41354100 00	38240900 00	35455360 00
1933	33382150 00	32274980 00	39021240 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55189700 00	51887820 00	48509180 00	45085760 00	41878860 00
1934	36930180 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54222890 00	50799670 00	47320910 00	44063290 00	41135540 00
1935	38971980 00	37814230 00	43910000 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53741800 00	50327160 00	46859390 00	43612240 00	40690720 00
1936	38532810 00	37370070 00	37374370 00	37124940 00	35743030 00	33518360 00	31008730 00	28299340 00	25571590 00	22840850 00	20270400 00	17920140 00
1937	18044440 00	14773080 00	14259790 00	32991780 00	36824220 00	37345610 00	37203920 00	34485110 00	31578710 00	28671150 00	25946780 00	23472240 00
1938	21535410 00	20284890,00	19833030 00	37903200 00	39597650 00	40051010 00	38505500 00	35576480 00	32634160 00	29694510 00	26941780 00	24444610 00
1939	22497010 00	35810300 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53381450 00	49953800 00	46494840 00	43256060 00	40341460 00
1940	38188520 00	37044250 00	48121000 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55157380 00	51717490 00	48218820 00	44940820 00	41993530 00
1941	39819630 00	38861490 00	38675120 00	38440450 00	37155300 00	34923870 00	32381200 00	29636030 00	26870830 00	24102930 00	21500290 00	19123330 00
1943	7518186 Of	7476309 Of	7883815 Of	8300976 Of	8401896 Of	8174087 Of	7562557 Of	6887111 Of	6170426 Of	5482377 Of	4876470 Of	4370971 Of
1944	4057133 Of	3976305 Of	4194942 Of	23618440 00	25857240 00	26440810 00	26091660 00	23519270 00	20919180 00	18316320 00	15860610 00	13605320 00
1945	13070150 Of	19649950 00	34109760 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53039040 00	49636940 00	46186010 00	42954140 00	40045620 00
1946	37912020 00	36796780 00	36897740 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54864220 00	51567750 00	48195630 00	44779860 00	41579900 00	38706490 00
1947	38576860 00	35408360 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53789650 00	50374160 00	46905240 00	43657050 00	40739700 00
1948	38581080 00	37431350 00	37499280 00	43370990 00	52757790 00	52897830 00	50907680 00	47681780 00	44396330 00	41073260 00	37967880 00	35189980 00
1949	33110460 00	31922980 00	31761960 00	40157630 00	40028600 00	38931000 00	36848750 00	33970870 00	31080200 00	28187490 00	25476530 00	23012890 00
1950	21083460 00	19828460 00	19358050 00	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54314190 00	51026850 00	47665760 00	44282920 00	41074700 00	38210780 00

000040

Atribuindo uma eficiência de transporte em torno de 80% , e deixando uma margem bastante segura para atender as populações ribeirinhas, admitiu-se que a vazão equivalente à uma parcela de 10% da vazão garantida com 90% deveria ter uma garantia plena

Para obter-se esta garantia definiu-se um nível de alerta, conceitualmente semelhante aquele concebido no Plano Estadual de Recursos Hídricos, o volume acumulado entre o mínimo operacional e este volume de alerta deveria ser tal que possibilitasse o fornecimento desta vazão de abastecimento em 100% do tempo. Isto significaria dizer que quando a barragem atingir este nível de alerta, somente seria liberada a vazão de abastecimento

O programa computacional utilizado foi o mesmo do PERH. Ressalte-se, contudo que, para utilizar somente a série temporal e reduzir a influência marcante do estado inicial do reservatório (no caso, praticamente incontornável caso se partisse dele seco face à ocorrência de períodos deficientes logo no início da série), admitiu-se que o reservatório estaria com metade de sua capacidade no início da simulação

Os resultados encontram-se no quadro 11, que contém:

- a vazão normal de retirada (Col 1), com a garantia em torno de 90% (Col 2),
- o volume de alerta associado à cada vazão normal (Col 3), com as respectivas vazões emergenciais (Col 4) e a garantia a estas associadas (Col 5)

Em síntese, ficaram estabelecidos três níveis operacionais a que estão associadas duas vazões de operação

- operação normal quando o volume do reservatório estiver entre o máximo - 56 053 hm³ - e aquele de alerta - 14,177 hm³ -, situação em que a vazão garantida com 90% será de 554 l/s,
- operação de emergência quando o volume do reservatório estiver entre o de alerta (14,177 hm³) e aquele morto (3,707 hm³), situação em que a vazão garantida com 100% será de 55 l/s. *com 21 l/s*

2.1.4.2 - Frequência de Enchimento

Para a barragem selecionada foi desenvolvido um estudo simplificado da probabilidade de enchimento (na realidade, um estudo de frequência sobre as séries disponíveis), com a seguinte metodologia:

QUADRO 11

ESTUDO DO VOLUME DE ALERTA

VAZÃO C/ OPERAÇÃO NORMAL (m ³ /s)	GARANTIA DA VAZÃO NORMAL (%)	VOLUME DE ALERTA (m ³)	VAZÃO DE EMERGÊNCIA (m ³ /s)	GARANTIA DA VAZÃO DE EMERGÊNCIA (%)
.728	90.043	3707500.000	.073	23.946
.728	90.043	5016138.000	.073	23.946
.684	90.909	6324775.000	.068	49.837
.684	90.368	7633413.000	.068	70.195
.643	90.693	8942050.000	.064	90.698
.635	90.368	10250690.000	.063	92.135
.597	90.584	11559330.000	.060	95.121
.589	90.043	12867960.000	.059	95.652
.554	90.584	14176600.000	.055	100.000
.520	90.909	15485240.000	.052	100.000
.520	90.152	16793880.000	.052	100.000
.489	90.693	18102510.000	.049	100.000

- utilizando-se a série temporal de aflúencias, referente ao período 1912/88 (77 anos), procedeu-se a 77 simulações diferentes como se a barragem tivesse sido concluída em cada um dos anos do período, sempre se iniciando com ela seca;
- para os últimos anos, a continuação da série era feita retornando ao ano inicial de 1912, reconstituindo-se, então, outras séries de 77 anos;
- a simulação para cada série foi feita com a vazão de retirada definida na regra de operação normal, isto é, $qr = 554 \text{ l/s}$, e, quando não possível, com a vazão de emergência $qr = 55 \text{ l/s}$ e volume de alerta de $14,177 \text{ hm}^3$,
- o programa identificava tanto o 1º mês em que houve sangria, o que significava o enchimento integral da barragem, como o 1º mês em que não ocorreu falha de retirada da vazão regularizada, o que significava o enchimento parcial porém suficiente para o início da operação normal do reservatório.

Os resultados de cada uma das simulações são mostrados no quadro 12, com a situação de acumulação do reservatório mês a mês apresentada até o primeiro ano em que ocorreu sangria

No quadro 13 encontra-se uma síntese indicando o número de meses de cada simulação, até a ocorrência da primeira sangria e do primeiro mês sem falha.

Da análise de ambos os quadros podem ser obtidas as seguintes conclusões fundamentais:

- em geral, o início da operação normal ocorre logo no começo do primeiro ano, salvo naqueles períodos de ocorrência de seca prolongada; a situação mais desfavorável foi a registrada na grande seca dos anos quarenta, quando foram necessárias mais de três anos para se ter uma operação normal;
- considerando o regime de escoamento da região (os escoamentos naturais se concentram ao primeiro semestre), os resultados podem ser interpretados como indicadores das seguintes probabilidades de enchimento (capaz de permitir o fornecimento da vazão básica de 90%) associado à cada período após a construção (se esta terminar no final do semestre seco).

NÚMERO DE MESES / ANO	PROBABILIDADE DE SE TER OPERAÇÃO NORMAL
- até 6 meses / 1º ano	71 %
- até 18 meses / 2º ano	91 %
- até 30 meses / 3º ano	99 %
- até 42 meses / 4º ano	100 %

- é bastante satisfatória a frequência de enchimento integral da barragem, com sangria; somente nos períodos secos mais extensos é que ela poderá passar longo tempo sem sangrar;
- uma análise semelhante à anterior, conduziu aos seguintes indicadores de probabilidades de sangria associadas a cada período após a construção:

NÚMERO DE MESES / ANO	PROBABILIDADE DE SANGRIA NO PERÍODO
- até 6 meses / 1º ano	34%
- até 18 meses / 2º ano	57%
- até 30 meses / 3º ano	70%
- até 42 meses / 4º ano	84%
- até 54 meses / 5º ano	91%
- até 66 meses / 6º ano	100%

QUADRO 12
RESULTADOS DAS 77 SIMULAÇÕES

Anos	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Ano de Início 1912												
1912	Of	25977 Of	17747850 0	36782220 0	43399390 0	45290320 0	45990340 0	43288320 0	40103640 0	36908070 0	33936090 0	31270130 0
1913	29242030 0	28033580 0	42864440 0	55870480 0	56053000 0s	56053000 0s	55247730 0	51957480 0	48577420 0	45152330 0	41943920 0	39076900 0
Ano de Início 1913												
1913	Of	10402 Of	13804820 0	26549750 0	30091520 0	31006650 0	30783290 0	28158020 0	25519320 0	22875200 0	20389080 0	18139220 0
1914	22523000 0	22022520 0	22465210 0	22740480 0	22275830 0	21155200 0	19357440 0	17022480 0	14673920 0	13525840 Of	12490460 Of	11630090 Of
1915	11144770 Of	11144820 Of	11708240 Of	12182310 Of	12117890 Of	11545360 Of	10807630 Of	9955408 Of	9094187 Of	8236914 Of	7477718 Of	6847333 Of
1916	6476503 Of	6469067 Of	21278830 0	39060120 0	52441960 0	54318950 0	55393640 0	53017780 0	49701590 0	46334340 0	43184430 0	40356680 0
1917	38322000 0	40902200 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55250520 0	51894510 0	48477250 0	45278720 0	42412660 0
Ano de Início 1914												
1914	5971948 Of	6593061 Of	7764805 Of	8909000 Of	9667029 Of	9982699 Of	9684217 Of	8894041 Of	8098881 Of	7309374 Of	6610013 Of	6026661 Of
1915	5682008 Of	5638749 Of	5938958 Of	6199000 Of	6140737 Of	5746527 Of	5257312 Of	4708528 Of	4165089 Of	3633643 Of	3289100 Of	3018064 Of
1916	2889643 Of	2977676 Of	17726820 0	35517240 0	48979720 0	50971720 0	52171450 0	49929540 0	46758050 0	43542750 0	40536400 0	37851590 0
1917	35933140 0	38581440 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55330980 0	52053950 0	48713370 0	45589680 0	42798140 0
Ano de Início 1916												
1915	Of	2616 1f	3475 1f	40351 1f	106496 5f	92220 2f	74758 3f	57235 0f	42841 2f	31375 2f	23474 2f	20586 0f
1916	20620 Of	60512 7f	14518960 0	32113350 0	45445020 0	47348510 0	48475800 0	46179820 0	42965380 0	39715000 0	36689420 0	33984040 0
1917	31991270 0	34487210 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55201780 0	51797930 0	48334210 0	45080330 0	42179460 0
Ano de Início 1918												
1918	2343 Of	41425 2f	14428590 0	31948510 0	45210080 0	47046730 0	48109710 0	45752020 0	42478300 0	39173650 0	36096920 0	33339070 0
1917	31285130 0	33707190 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55132280 0	51660240 0	48130300 0	44821770 0	41846720 0
Ano de Início 1917												
1917	31098 1f	3718608 Of	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	55219840 0	51833720 0	48387220 0	45180150 0	42285970 0
Ano de Início 1918												
1918	2343 Of	38829 3f	68300 7f	168739 2f	8741814 Of	9906499 Of	10745350 Of	9949926 Of	9095703 Of	8245023 Of	7492073 Of	6865249 Of
1919	6505810 Of	6469872 Of	6832181 Of	7098784 Of	6973509 Of	6553015 Of	6025145 Of	5427859 Of	4835654 Of	4255878 Of	3745268 Of	3443327 Of
1920	3298814 Of	3353634 Of	13435460 0	26458450 0	28479010 0	29425590 0	29401580 0	26917400 0	24381130 0	21836530 0	19444970 0	17266170 0
1921	15554550 0	14451980 0	23257370 0	38525880 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54381900 0	51109730 0	47777810 0	44863120 0	41874690 0
Ano de Início 1919												
1919	7137 2f	10089 Of	32573 6f	44515 6f	44580 Of	36541 9f	31156 4f	23744 9f	17657 Of	12804 8f	9453 2f	7266 6f
1920	6366 9f	6689 8f	11040440 Of	23933200 0	25889220 0	26808680 0	26776910 0	24297450 0	21767220 0	19231000 0	16842230 0	14655980 0
1921	12912540 0	12949030 0f	21843890 0	36814080 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54318280 0	50883650 0	47590880 0	44417200 0	41570300 0
Ano de Início 1920												
1920	Of	Of	11025820 Of	23850210 0	25738830 0	26594790 0	26499650 0	23980580 0	21372540 0	18780690 0	16336740 0	14094690 0
1921	13553240 Of	13585520 Of	22236840 0	37351300 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54251470 0	50851280 0	47394830 0	44159000 0	41250380 0
Ano de Início 1921												
1921	2343 Of	23253 7f	9353105 Of	24179790 0	54813140 0	56053000 0s	56053000 0s	54251470 0	50851280 0	47394830 0	44159000 0	41250380 0
Ano de Início 1922												
1922	Of	12998 1f	33103350 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54347180 0	50945270 0	47486790 0	44248860 0	41338510 0
Ano de Início 1923												
1923	11930 7f	9604061 Of	36037150 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52628330 0	49453970 0	46030950 0	42826060 0	39843980 0
Ano de Início 1924												
1924	2343 Of	17479090 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52948720 0	49569940 0	46144090 0	42936840 0	40051930 0
Ano de Início 1925												
1925	2534192 Of	23513410 0	55662050 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53299350 0	49918130 0	46481830 0	43266720 0	40375410 0
Ano de Início 1926												
1926	2343 Of	18061 9f	35251220 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	54158270 0	50759730 0	47305280 0	44071470 0	41164560 0
Ano de Início 1927												
1927	2343 Of	44021 2f	39639560 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	53186000 0	48604810 0	46373220 0	43160570 0	40271330 0
Ano de Início 1928												
1928	Of	Of	11194650 Of	25843260 0	28936870 0	30096680 0	29621860 0	26974570 0	24306940 0	21634650 0	19118380 0	16816530 0
1929	14978480 0	25530070 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52789320 0	49290840 0	46011960 0	43087420 0
Ano de Início 1929												
1929	Of	11712680 Of	42252230 0	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	56053000 0s	52789320 0	49290840 0	46011960 0	43087420 0
Ano de Início 1930												

1930	2343 8f	38829 3f	4811829 0f	19348560 0	21084890 0	21870800 0	22004520 0	19649880 0	17172670 0	14694850 0	12365750 0	11504700 0f
1931	11028020 0f	11041510 0f	45716320 0	47943080 0	48829420 0	48406880 0	45833740 0	42739920 0	39592280 0	36438040 0	33504810 0	30873470 0
1932	28873730 0	27720440 0	53085380 0	54421340 0	54380930 0	52552830 0	49883280 0	46506250 0	43271220 0	39999080 0	36950980 0	34225010 0
1933	22192890 0	31103520 0	37842370 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	55213280 0	51934540 0	48578410 0	45178750 0	41991250 0	39128980 0
Ano de Início 1931												
1931	9533 9f	35954 8f	34224450 0	38225480 0	37110180 0	36846920 0	34508470 0	31728180 0	28925830 0	26120700 0	23489090 0	21092250 0
1932	19205350 0	18009380 0	43168400 0	44355950 0	44294400 0	42597910 0	39895920 0	36947340 0	33982920 0	31022760 0	28258620 0	25752040 0
1933	23823440 0	22895880 0	29219570 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	55213280 0	51934540 0	48578410 0	45178750 0	41991250 0	39128980 0
Ano de Início 1932												
1932	0f	44148 5f	24516300 0	25318880 0	25254290 0	23849900 0	21563650 0	19114180 0	16650690 0	14186990 0	13117740 0f	12223920 0f
1933	11729280 0f	11817190 0f	18071110 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	55213280 0	51934540 0	48578410 0	45178750 0	41991250 0	39128980 0
Ano de Início 1933												
1933	9533 9f	103448 8f	7075853 0f	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	55213280 0	51934540 0	48578410 0	45178750 0	41991250 0	39128980 0
Ano de Início 1934												
1934	64637 4f	31587320 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	54248430 0	50848310 0	47389980 0	44154280 0	41248250 0
Ano de Início 1935												
1935	0f	10402 8f	6159423 0f	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53785330 0	50373800 0	46928330 0	43703080 0	40803320 0
Ano de Início 1936												
1936	0f	7807 1f	83551 0f	199851 3f	248373 7f	221348 7f	186398 2f	148455 1f	114131 8f	84223 4f	63345 8f	49755 3f
1937	44172 8f	51387 1f	175308 9f	18586290 0	22542480 0	23407800 0	23698940 0	21489810 0	19046820 0	16819130 0	14330410 0	13401180 0f
1938	12880480 0f	12899340 0f	13588740 0f	31859370 0	33478830 0	34182470 0	32886740 0	30251470 0	27593170 0	24928380 0	22428990 0	20156320 0
1939	18381380 0	31801050 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53486320 0	50201020 0	46880700 0	43738000 0	40938730 0
Ano de Início 1937												
1937	0f	5211 8f	119967 8f	18480890 0	22351410 0	23154110 0	23385120 0	21096680 0	18820480 0	16139570 0	13798120 0	12879020 0f
1938	12363410 0f	12371200 0f	13029760 0f	31018520 0	32772040 0	33403020 0	32081230 0	29403380 0	26704110 0	24000420 0	21459910 0	19143450 0
1939	17314340 0	30463480 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53421230 0	50072050 0	46870040 0	43486780 0	40827400 0
Ano de Início 1938												
1938	0f	2816 1f	48778 9f	17809050 0	19380630 0	20183280 0	19130510 0	18775210 0	14407250 0	13263820 0f	12239240 0f	11387280 0f
1939	10904770 0f	24019320 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53421230 0	50072050 0	46870040 0	43486780 0	40827400 0
Ano de Início 1939												
1939	0f	12954880 0	46202820 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53352890 0	49938840 0	46489870 0	43223030 0	40300520 0
Ano de Início 1940												
1940	0f	28572 8f	11256270 0f	32327230 0	36806760 0	41576480 0	44223000 0	43631200 0	40515950 0	37380850 0	34472000 0	31869280 0
1941	29911680 0	28779880 0	28802510 0	28228520 0	27019890 0	25024210 0	22789380 0	20344780 0	17903550 0	15459700 0	13154500 0	12264400 0f
1942	11784210 0f	11778810 0f	12422520 0f	13019950 0f	13114790 0f	12807800 0f	11826290 0f	10928350 0f	10014380 0f	9103198 0f	8294890 0f	7631785 0f
1943	7238489 0f	7201800 0f	7803492 0f	8017412 0f	8128088 0f	7914118 0f	7321221 0f	6848110 0f	5989531 0f	5302581 0f	4718003 0f	4227085 0f
1944	3925078 0f	3850634 0f	4089887 0f	23588230 0	25885230 0	28548020 0	28272080 0	23772410 0	21242870 0	18708390 0	16320040 0	14132220 0
1945	13595780 0f	20257350 0	34812220 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53118580 0	49790610 0	46413180 0	43253450 0	40418330 0
Ano de Início 1941												
1941	0f	5211 8f	49171 3f	143908 8f	288943 9f	275309 8f	233583 8f	188308 0f	147338 8f	111117 2f	83787 7f	65886 4f
1942	58504 9f	74125 1f	147986 0f	310734 7f	537225 5f	578830 6f	504428 6f	420845 0f	341488 7f	270928 8f	218745 6f	187284 4f
1943	189357 8f	178534 9f	245581 8f	417726 3f	659545 8f	847733 8f	748852 0f	636778 0f	530614 5f	431783 8f	351842 3f	293784 4f
1944	288082 1f	277558 2f	365584 4f	19802850 0	22202950 0	22995510 0	22872830 0	20538430 0	18170890 0	15800320 0	13565880 0	12885850 0f
1945	12187130 0f	18901250 0	33503850 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53197530 0	49951000 0	46850280 0	43565850 0	40803500 0
Ano de Início 1942												
1942	0f	12998 1f	73008 7f	225346 9f	451768 8f	498727 8f	431913 1f	356508 1f	287488 3f	226482 5f	179633 9f	155417 3f
1943	139841 2f	148159 4f	210425 8f	378238 5f	820028 9f	810785 1f	715119 4f	607100 8f	504599 3f	409175 9f	332485 7f	277173 7f
1944	252887 0f	261713 0f	347238 4f	19851010 0	21920010 0	22586170 0	22341550 0	19888400 0	17410050 0	14930770 0	12597580 0	11728900 0f
1945	11236250 0f	17833010 0	32276830 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53087550 0	49893440 0	46289520 0	43084180 0	40181760 0
Ano de Início 1943												
1943	0f	2616 1f	34617 5f	178227 7f	419858 8f	823822 5f	545280 8f	458780 3f	372819 4f	298710 3f	238272 9f	196328 0f
1944	177758 0f	184601 0f	258042 0f	19555800 0	21824590 0	22482030 0	22248210 0	19798280 0	17322240 0	14845330 0	12515380 0	11648300 0f
1945	11158390 0f	17756880 0	32197680 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53087550 0	49893440 0	46289520 0	43084180 0	40181760 0
Ano de Início 1944												
1944	0f	0f	36911 9f	19316860 0	21585820 0	22256480 0	22018180 0	19572770 0	17102510 0	14631540 0	13549840 0f	12637500 0f
1945	12126640 0f	18729150 0	33194380 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	53087550 0	49893440 0	46289520 0	43084180 0	40181760 0
Ano de Início 1945												
1945	2343 8f	7765889 0f	21904610 0	48735580 0	52017300 0	53881430 0	54210810 0	51255850 0	47918800 0	44537980 0	41371940 0	38529310 0
1946	38445870 0	35351320 0	35439270 0	58053000 0s	58053000 0s	58053000 0s	54892780 0	51624340 0	48279480 0	44890070 0	41718030 0	38867740 0
Ano de Início 1946												

1946	14327 4f	74708 0f	285254 3f	20179260 0	21711690 0	22317570 0	21811450 0	19360990 0	18898140 0	14430750 0	13353910 0f	12452770 0f
1947	11943510 0f	11954700 0f	36628020 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	53618180 0	50430660 0	46988750 0	43767090 0	40876070 0
Ano de Inicio 1947												
1947	0f	12998 1f	26359260 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	53618180 0	50430660 0	46988750 0	43767090 0	40876070 0
Ano de Inicio 1948												
1948	0f	20785 1f	165950 8f	6377814 0f	15872000 0	18435330 0	15481100 0	13264900 0	12235960 0f	11206650 0f	10292010 0f	9530067 0f
1949	9094126 0f	9088865 0f	9617872 0f	17664000 0	17644800 0	16986290 0	15490540 0	13274000 0	12244600 0f	11214810 0f	10299750 0f	9537487 0f
1950	9103863 0f	9085955 0f	9586762 0f	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54426780 0	51249960 0	47996360 0	44697400 0	41611360 0	36646440 0
Ano de Inicio 1949												
1949	0f	12998 1f	78671 3f	8953151 0f	10124940 0f	10604030 0f	10652840 0f	9810670 0f	8959589 0f	8113037 0f	7363405 0f	6738657 0f
1950	6373151 0f	6329182 0f	6693122 0f	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54426780 0	51249960 0	47996360 0	44697400 0	41611360 0	36646440 0
Ano de Inicio 1950												
1950	2343 6f	2488 8f	37291 6f	53093660 0	56053000 0e	56053000 0e	54360960 0	51119520 0	47803080 0	44443390 0	41297600 0	38474800 0
Ano de Inicio 1951												
1951	0f	0f	0f	44437 3f	204611 5f	429515 8f	456630 3f	380114 8f	307169 2f	242673 7f	193153 2f	159959 9f
1952	144051 4f	155068 8f	221149 9f	382212 7f	6461055 0f	7512267 0f	7867538 0f	8966903 0f	8303740 0f	5627147 0f	5031971 0f	4539067 0f
1953	4240058 0f	4182297 0f	4458158 0f	13562630 0	13755420 0	13157290 0	12372200 0f	11456950 0f	10530400 0f	9603719 0f	8780578 0f	8067232 0f
1954	7705495 0f	7691513 0f	12243700 0f	14643090 0	15971490 0	15846410 0	14562660 0	13556040 0f	12521450 0f	11485810 0f	10566270 0f	9601760 0f
1955	9376670 0f	13190670 0	15592620 0	44252330 0	50662970 0	52739290 0	53197420 0	50234160 0	47096800 0	43914320 0	40940660 0	38286010 0
1956	36369910 0	35420060 0	48635760 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54415680 0	51334140 0	48173420 0	44664680 0	41967160 0	39266170 0
Ano de Inicio 1952												
1952	0f	5211 6f	40674 5f	177159 1f	6243270 0f	7268507 0f	7440695 0f	6756944 0f	6077389 0f	5403418 0f	4810705 0f	4316957 0f
1953	4012846 0f	3939671 0f	4188423 0f	13153380 0	13220010 0	13716850 0f	12897920 0f	11945180 0f	10961230 0f	10017620 0f	9160574 0f	8446717 0f
1954	8033999 0f	8010490 0f	12565110 0f	14846030 0	16048430 0	15797140 0	14389710 0	13374510 0f	12337000 0f	11299190 0f	10376680 0f	9608298 0f
1955	9175047 0f	14065300 0f	16365960 0	44932040 0	51216720 0	53162470 0	53469600 0	50396700 0	47131040 0	43623260 0	40727060 0	37953660 0
1956	35917170 0	34838450 0	48212540 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54290690 0	51066060 0	47805830 0	44481570 0	41370460 0	38581360 0
Ano de Inicio 1953												
1953	0f	0f	62402 4f	10063050 0f	11348960 0f	11894470 0f	11145490 0f	10276750 0f	9396669 0f	8522927 0f	7747391 0f	7101278 0f
1954	6721414 0f	6685378 0f	11176360 0f	13414110 0	14616290 0	14383940 0	13007000 0	12049030 0f	11079730 0f	10110730 0f	9248939 0f	8530646 0f
1955	8123600 0f	13024900 0f	15293810 0	43821460 0	50106010 0	52062710 0	52404640 0	49330450 0	46089250 0	42806880 0	39735000 0	36969400 0
1956	34966660 0	33862690 0	47233210 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54290690 0	51066060 0	47805830 0	44481570 0	41370460 0	38581360 0
Ano de Inicio 1954												
1954	0f	7807 1f	4074803 0f	7269067 0f	9682946 0f	10767640 0f	10712640 0f	9658223 0f	8995082 0f	8136883 0f	7376385 0f	6741444 0f
1955	6371198 0f	11249740 0f	13381470 0	41805390 0	48021920 0	49933480 0	50237620 0	47138370 0	43880460 0	40585030 0	37509360 0	34759370 0
1956	32701120 0	31537010 0	44763330 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	54223360 0	50952650 0	47808140 0	44221760 0	41049540 0	38201240 0
Ano de Inicio 1955												
1955	7137 2f	4810631 0f	7936263 0f	36199200 0	42414910 0	44363370 0	44791410 0	41806440 0	36679540 0	35547150 0	32636740 0	30019460 0
1956	26021550 0	26835400 0	39949560 0	54320250 0	56053000 0e	56053000 0e	54223360 0	50952650 0	47808140 0	44221760 0	41049540 0	38201240 0
Ano de Inicio 1956												
1956	0f	23381 0f	13548720 0f	27496870 0	29694110 0	30737660 0	29478590 0	26908430 0	24318480 0	21721720 0	19279160 0	17049910 0
1957	15291370 0	14117650 0	13616400 0	35960020 0	40460090 0	41605670 0	40313080 0	37427340 0	34522630 0	31620670 0	28913800 0	26469630 0
1958	24601650 0	23462650 0	23145660 0	22612380 0	21268000 0	19367960 0	17243330 0	14972570 0	12697920 0	11642070 0f	10704020 0f	9922901 0f
1959	9476969 0f	9471356 0f	27370160 0	30539180 0	32658810 0	34052040 0	34336910 0	31783160 0	29037600 0	26304890 0	23744300 0	21417970 0
1960	19603950 0	18443460 0	18832610 0	20330960 0	20555990 0	20055450 0	18177210 0	15884350 0	13578880 0	12474830 0f	11494360 0f	10678810 0f
1961	10226050 0f	63479160 0	56063000 0e	56063000 0e	56063000 0e	56063000 0e	56063000 0e	52932300 0	46631850 0	46260460 0	43146640 0	40348220 0
Ano de Inicio 1967												
1967	7137 2f	12685 1f	52791 9f	21666700 0	26475900 0	27663540 0	26905300 0	24419120 0	21912340 0	19396700 0	17032260 0	14666540 0
1968	13148230 0	13166070 0f	13827890 0f	14344870 0f	13029300 0	12435620 0f	11666820 0f	10776500 0f	9676112 0f	8976385 0f	8178854 0f	7515474 0f
1969	7126954 0f	7102678 0f	24931670 0	28071020 0	30407670 0	31657290 0	32017060 0	29525710 0	26679970 0	24226210 0	21736800 0	19473490 0
1960	17696190 0	16547030 0	16911710 0	16383250 0	18635410 0	18177960 0	16352440 0	14119930 0	13052560 0f	11979000 0f	11025480 0f	10232060 0f
1961	9790934 0f	53058950 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	52949550 0	46666030 0	46330670 0	43212500 0	40430720 0
Ano de Inicio 1968												
1968	2343 6f	2488 8f	6147 1f	7495 0f	7506 9f	6391 0f	5024 4f	3650 6f	2519 6f	1629 3f	1082 2f	767 2f
1969	649 4f	11066 8f	17588790 0	20674200 0	23089010 0	24522470 0	25109150 0	22874020 0	20485270 0	18088810 0	15833590 0	13774010 0
1960	13252370 0f	13279070 0f	13640320 0	15143020 0	15463960 0	15126990 0	13437840 0	12470370 0f	11490510 0f	10510140 0f	9639138 0f	8914153 0f
1961	8511340 0f	51850900 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	53026120 0	49621720 0	46561120 0	43515760 0	40606560 0
Ano de Inicio 1969												
1969	0f	10402 6f	17459350 0	20414110 0	22701640 0	24013920 0	24484610 0	22138770 0	19643390 0	17144350 0	14787260 0	12632330 0
1960	12123160 0f	12127300 0f	13665310 0f	14937640 0	15131320 0	14672360 0	12870890 0	11918180 0f	10954350 0f	9690953 0f	9133699 0f	8420150 0f
1961	8016833 0f	51225860 0	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	56053000 0e	52901950 0	46571660 0	46191690 0	43028930 0	40203170 0

Ano de início 1960												
1960	Of	Of	870010 Of	3114664 Of	4536789 Of	5575890 Of	5340682 Of	4777323 Of	4219919 Of	3675224 Of	3327640 Of	3051732 Of
1961	2929732 Of	46101910 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	52901950 0	49571880 0	46191690 0	43028830 0	40203170 0
Ano de início 1961												
1961	9533 9f	43082730 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	52834090 0	49437740 0	45993280 0	42767360 0	39679880 0
Ano de início 1962												
1962	9533 9f	48934 4f	11045680 Of	16854930 0	26598880 0	30084920 0	30229370 0	27576990 0	24871050 0	22161480 0	19009940 0	17275580 0
1963	15428710 0	14242870 0	39413400 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	55388100 0	52084520 0	48703460 0	45276890 0	42067240 0	39181340 0
Ano de início 1963												
1963	19119 8f	113431 8f	24895090 0	51803250 0	58053000 0a	58053000 0a	55388100 0	52084520 0	48703460 0	45276890 0	42067240 0	39181340 0
Ano de início 1964												
1964	14327 4f	24409920 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	53818440 0	50402080 0	46934060 0	43886800 0	40785430 0
Ano de início 1965												
1965	2343 6f	28445 6f	4133672 Of	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54292490 0	50669620 0	47380930 0	44133310 0	41203280 0
Ano de início 1966												
1966	Of	15593 6f	50740 9f	169959 5f	388713 3f	594574 1f	518898 Of	433450 1f	352441 2f	279937 Of	224267 5f	184307 4f
1967	166617 Of	175714 5f	13136530 Of	45672360 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	53400680 0	50079180 0	46704210 0	43547410 0	40714130 0
Ano de início 1967												
1967	Of	2616 1f	12935030 Of	45397530 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	53333710 0	49946460 0	46508020 0	43288900 0	40393750 0
Ano de início 1968												
1968	Of	Of	53905 5f	5768208 Of	30457280 0	33053780 0	34529390 0	32246930 0	29512500 0	26770300 0	24202020 0	21870390 0
1969	20056080 0	18907370 0	18528010 0	21688740 0	21992680 0	21688980 0	21057580 0	18876550 0	16499720 0	14120640 0	13081870 Of	12193380 Of
1970	11697450 Of	11701450 Of	13435300 Of	13435180 0	12922200 0	13001870 Of	12209900 Of	11292320 Of	10364150 Of	9436481 Of	8631952 Of	7945819 Of
1971	7549854 Of	7549493 Of	12362180 Of	38826350 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	53934480 0	50820830 0	47250040 0	44098200 0	41271620 0
Ano de início 1969												
1969	Of	5211 6f	46339 Of	3831824 Of	5359753 Of	6590584 Of	7580402 Of	7075106 Of	6384652 Of	5700495 Of	5098230 Of	4613119 Of
1970	4310632 Of	4251280 Of	5621449 Of	6553483 Of	7246536 Of	7491515 Of	6926965 Of	6283063 Of	5638262 Of	5004943 Of	4467853 Of	4003268 Of
1971	3720712 Of	3737376 Of	8362169 Of	34786580 0	52305870 0	55088800 0	58053000 0a	54013780 0	50778010 0	47482820 0	44404780 0	41851470 0
Ano de início 1970												
1970	Of	Of	1189704 Of	2031333 Of	2848090 Of	3363621 Of	3118433 Of	2829488 Of	2540723 Of	2256490 Of	2032221 Of	1837333 Of
1971	1746517 Of	1815180 Of	6321707 Of	32618780 0	50074830 0	52797070 0	54341920 0	52288980 0	49003880 0	45899580 0	42580300 0	39811380 0
1972	37787840 0	36736390 0	36787430 0	36812550 0	48596160 0	46447610 0	45802610 0	42658390 0	39811310 0	36551630 0	33713980 0	31175010 0
1973	29292740 0	30088070 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54191340 0	50783520 0	47549500 0	44673140 0
Ano de início 1971												
1971	2343 6f	36233 4f	4384297 Of	30481840 0	47802810 0	50414800 0	51857640 0	46692220 0	46348640 0	42965930 0	39796040 0	36954900 0
1972	34838180 0	33635080 0	33458820 0	33070300 0	42918490 0	42679750 0	41765380 0	38775780 0	35715420 0	32680650 0	29813080 0	27236140 0
1973	25267200 0	25888500 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54057880 0	50488810 0	47157080 0	44154750 0
Ano de início 1972												
1972	Of	Of	8597 7f	74179 Of	11230320 Of	12780450 Of	12596470 0	11704470 Of	10752120 Of	9800258 Of	8953571 Of	8248845 Of
1973	7862733 Of	9702217 Of	41819810 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54143940 0	50689650 0	47410240 0	44489220 0
Ano de início 1973												
1973	21515 4f	1904893 Of	33621350 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54076370 0	50535830 0	47211880 0	44227180 0
Ano de início 1974												
1974	3228935 Of	6578717 Of	48522980 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	54708120 0	51282880 0	47800280 0	44538390 0	41605550 0
Ano de início 1975												
1975	7137 2f	33451 7f	25918040 0	40550940 0	47438450 0	50505870 0	52357850 0	50109610 0	46775100 0	43400620 0	40238580 0	37406130 0
1976	35301680 0	34135380 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	55133280 0	51838990 0	48467970 0	45052180 0	41852680 0	38976890 0
Ano de início 1976												
1976	Of	15593 6f	28322140 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	55133280 0	51838990 0	48467970 0	45052180 0	41852680 0	38976890 0
Ano de início 1977												
1977	4740 4f	82867 2f	9369331 Of	33021050 0	46191820 0	48354130 0	49689220 0	47777580 0	44514940 0	41213980 0	38129570 0	35372120 0
1978	33317680 0	32156610 0	32037250 0	34542200 0	35105560 0	33773100 0	31433520 0	28738040 0	26022980 0	23304280 0	20747000 0	18411470 0
1979	18555580 0	15306850 0	14733280 0	14008330 0	13979730 Of	13531330 Of	12718360 Of	11788890 Of	10806300 Of	9846855 Of	8992693 Of	8261255 Of
1980	7888877 Of	11451390 Of	18678100 0	19807900 0	20145500 0	19040780 0	16848120 0	14512280 0	13422970 Of	12320130 Of	11340200 Of	10524000 Of
1981	10062210 Of	10054200 Of	17659830 0	19007280 0	19512420 0	19182980 0	17058570 0	14717750 0	12379550 0	11333810 Of	10404110 Of	9631183 Of
1982	9184175 Of	9180742 Of	17791170 0	43837250 0	45542620 0	45933450 0	44497020 0	41432310 0	38323860 0	35213910 0	32324330 0	29724930 0
1983	27740580 0	26563210 0	26267750 0	25745980 0	24352010 0	22322990 0	20067610 0	17655430 0	15230580 0	12612880 0	11807860 Of	10971280 Of
1984	10494540 Of	10497930 Of	12755630 Of	30609110 0	40789080 0	43403000 0	44805730 0	42422780 0	39288540 0	36142650 0	33222610 0	30800130 0
1985	28615340 0	44326410 0	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	58053000 0a	55525040 0	52103680 0	48821640 0	45359520 0	42429190 0
Ano de início 1978												

1978	2343 6f	15468 3f	83066 9f	3121381 0f	4667043 0f	5463661 0f	5139472 0f	4600117 0f	4066012 0f	3543691 0f	3205726 0f	2937453 0f	
1979	2609110 0f	2857798 0f	3124039 0f	3381689 0f	3490187 0f	3490271 0f	3243029 0f	2945504 0f	2648165 0f	2355462 0f	2104421 0f	1905076 0f	
1980	1809627 0f	5348419 0f	13653100 0f	14859080 0f	15360510 0f	14482600 0f	13652310 0f	12673830 0f	11682780 0f	10681160 0f	9810217 0f	9076771 0f	
1981	8664233 0f	8660022 0f	16383130 0f	17873910 0f	18543400 0f	18370250 0f	16443780 0f	14280080 0f	13213500 0f	12138110 0f	11183490 0f	10392680 0f	
1982	9945046 0f	9944892 0f	18768640 0f	44997010 0f	46867030 0f	47405580 0f	46107110 0f	43170780 0f	40176400 0f	37162710 0f	34370980 0f	31881130 0f	
1983	30034340 0f	29032580 0f	26984360 0f	28661430 0f	27432400 0f	25523660 0f	23369740 0f	21041010 0f	18692150 0f	16337080 0f	14116580 0f	13201680 0f	
1984	12691730 0f	12730680 0f	13957950 0f	32008920 0f	42353610 0f	45112290 0f	46748930 0f	44369370 0f	41367070 0f	38314350 0f	35484880 0f	32963780 0f	
1985	31113420 0f	46999920 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55666170 0f	52426940 0f	46100360 0f	45990020 0f	43210350 0f
Ano de Início 1979													
1979	0f	0f	5767 7f	45854 0f	152665 0f	306285 3f	265436 8f	215193 6f	169743 7f	129558 6f	98704 1f	77622 6f	
1980	66963 0f	3706667 0f	11919280 0f	14205980 0f	14644890 0f	13714420 0f	12897440 0f	11949050 0f	10969220 0f	10029480 0f	9176154 0f	8465879 0f	
1981	8062092 0f	8045661 0f	15683580 0f	17098960 0f	17705930 0f	17481630 0f	15510340 0f	13306990 0f	12277270 0f	11247050 0f	10331720 0f	9571921 0f	
1982	9136373 0f	9122738 0f	17854980 0f	44005020 0f	45812480 0f	46301540 0f	44980020 0f	41986390 0f	38662750 0f	35930520 0f	33117810 0f	30598890 0f	
1983	26705470 0f	27634920 0f	27469120 0f	27073900 0f	25782200 0f	23835060 0f	21651760 0f	19302570 0f	16936580 0f	14567390 0f	13496850 0f	12596640 0f	
1984	12083940 0f	12121440 0f	13257020 0f	31227550 0f	41509890 0f	44216370 0f	45806400 0f	43405200 0f	40343750 0f	37262820 0f	34406410 0f	31854010 0f	
1985	29955580 0f	45774610 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55626250 0f	52304240 0f	46918660 0f	45750700 0f	42913650 0f
Ano de Início 1980													
1980	0f	3638048 0f	11837670 0f	14115560 0f	14488880 0f	13485350 0f	12680380 0f	11735970 0f	10780720 0f	9826026 0f	8976692 0f	8269582 0f	
1981	7864113 0f	7839406 0f	15403360 0f	16747680 0f	17288990 0f	17005290 0f	14977870 0f	12729460 0f	11723080 0f	10716810 0f	9822088 0f	9078080 0f	
1982	8647860 0f	8622978 0f	17270830 0f	43344940 0f	45086780 0f	45519310 0f	44126150 0f	41105470 0f	38042090 0f	34977940 0f	32132000 0f	29573230 0f	
1983	27626990 0f	26485670 0f	26225250 0f	25739510 0f	24382050 0f	22388890 0f	20188400 0f	17789890 0f	15397870 0f	13008600 0f	11997170 0f	11155910 0f	
1984	10678690 0f	10687340 0f	12957420 0f	30853390 0f	41069920 0f	43716680 0f	45250250 0f	42796080 0f	39685240 0f	36563150 0f	33685210 0f	31067350 0f	
1985	29113230 0f	44862990 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55561240 0f	52175420 0f	48727880 0f	45499440 0f	42602550 0f
Ano de Início 1981													
1981	4740 4f	15373 5f	8406255 0f	10796440 0f	12577820 0f	13595120 0f	12665960 0f	11912680 0f	10948340 0f	9984465 0f	9127041 0f	8415202 0f	
1982	8001180 0f	7970104 0f	16594300 0f	42657010 0f	44398740 0f	44839510 0f	43457960 0f	40451540 0f	37406390 0f	34366580 0f	31540310 0f	28995560 0f	
1983	27056270 0f	25912280 0f	25637920 0f	25141120 0f	23783570 0f	21798440 0f	19589270 0f	17224560 0f	14846710 0f	12480220 0f	11495700 0f	10676290 0f	
1984	10209700 0f	10214290 0f	12462760 0f	30344940 0f	40561380 0f	43214900 0f	44757040 0f	42313380 0f	39216110 0f	36110560 0f	33227470 0f	30640930 0f	
1985	28691940 0f	44439910 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55561240 0f	52175420 0f	48727880 0f	45499440 0f	42602550 0f
Ano de Início 1982													
1982	0f	2616 1f	9463597 0f	35345340 0f	37085920 0f	37631360 0f	36399610 0f	33596640 0f	30778370 0f	27955550 0f	25311970 0f	22913020 0f	
1983	21043650 0f	19673540 0f	19462070 0f	18854040 0f	17495610 0f	15594360 0f	13503070 0f	12519250 0f	11523690 0f	10528340 0f	9643215 0f	8904827 0f	
1984	8478827 0f	8467642 0f	10634280 0f	26465460 0f	36681600 0f	41362560 0f	42936330 0f	40531550 0f	37485740 0f	34441210 0f	31612680 0f	29066220 0f	
1985	27136170 0f	42877520 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55561240 0f	52175420 0f	48727880 0f	45499440 0f	42602550 0f
Ano de Início 1983													
1983	0f	23381 0f	60421 7f	105428 4f	118285 7f	102757 5f	83317 6f	63808 3f	47785 0f	35020 1f	26224 2f	20466 4f	
1984	18146 4f	37181 6f	1825060 0f	19381920 0f	29596640 0f	32426040 0f	34209700 0f	32061780 0f	29269580 0f	26511100 0f	23906710 0f	21538440 0f	
1985	19694580 0f	35400550 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55561240 0f	52175420 0f	48727880 0f	45499440 0f	42602550 0f
Ano de Início 1984													
1984	0f	18189 2f	1803225 0f	19289880 0f	29435740 0f	32201470 0f	33920370 0f	31713550 0f	28863240 0f	26049090 0f	23389030 0f	20963960 0f	
1985	19058010 0f	34691810 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55482980 0f	52040150 0f	48527550 0f	45235610 0f	42275660 0f
Ano de Início 1985													
1985	9533 9f	15510970 0f	45924590 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	55482980 0f	52040150 0f	48527550 0f	45235610 0f	42275660 0f
Ano de Início 1986													
1986	2343 6f	41425 2f	50817390 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	54329280 0f	50897210 0f	47409400 0f	44142840 0f	41204060 0f
Ano de Início 1987													
1987	0f	2616 1f	25225230 0f	26991030 0f	31237600 0f	32061120 0f	30603100 0f	28082160 0f	25363290 0f	22631600 0f	20059560 0f	17706920 0f	
1988	15829100 0f	14547230 0f	13929680 0f	53026120 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	53812920 0f	50390080 0f	46913820 0f	43658500 0f	40729140 0f	
Ano de Início 1988													
1988	2343 6f	5064 3f	20690 4f	36674710 0f	56053000 0a	56053000 0a	56053000 0a	53812920 0f	50390080 0f	46913820 0f	43658500 0f	40729140 0f	

QUADRO 13
SÍNTESE DOS RESULTADOS DAS 77 SIMULAÇÕES

Anos	1º Mês		Anos	1º Mês	
	s/falha	c/sangria		s/falha	c/sangria
1912	3	17	1951	28	64
1913	3	51	1952	18	52
1914	27	39	1953	16	40
1915	15	27	1954	15	28
1916	3	15	1955	4	17
1917	3	3	1956	4	63
1918	27	41	1957	4	51
1919	16	29	1958	15	39
1920	4	17	1959	3	27
1921	4	6	1960	14	15
1922	3	4	1961	2	3
1923	3	4	1962	4	16
1924	2	3	1963	3	5
1925	2	4	1964	2	3
1926	3	4	1965	4	4
1927	3	4	1966	16	17
1928	4	15	1967	4	5
1929	3	4	1968	5	41
1930	4	40	1969	28	31
1931	3	28	1970	16	39
1932	3	16	1971	4	27
1933	4	4	1972	7	16
1934	2	3	1973	3	4
1935	4	4	1974	3	4
1936	16	39	1975	3	15
1937	4	27	1976	3	4
1938	4	15	1977	4	99
1939	2	4	1978	28	87
1940	4	64	1979	17	75
1941	40	52	1980	5	63
1942	28	40	1981	15	51
1943	16	28	1982	4	39
1944	4	16	1983	16	27
1945	3	16	1984	4	15
1946	4	16	1985	2	4
1947	3	4	1986	3	4
1948	5	28	1987	3	17
1949	16	16	1988	4	5
1950	4	5			

Arq Q13 wq1

3 - ESTUDO DE CIEIAS

000051

3 1 - ESTUDO DE CHEIAS DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOR

O dimensionamento do vertedor de um reservatório consiste na determinação das suas dimensões com base na simulação do comportamento durante um evento extremo

Para bacias hidrográficas equivalentes a esta em estudo, um evento extremo se encontra sempre associado à ocorrência de chuva intensa com duração não superior a 24 horas

Assim, a metodologia utilizada constou de dois aspectos um primeiro, relacionado com o cálculo do montante de chuvas intensas para várias durações, e que permitiu obter uma curva, e um outro aspecto referente à transformação da precipitação intensa em deflúvio e a simulação do comportamento do reservatório sujeito à esta afluência

3 1 1 - ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

Utilizou-se o método das Isozonas⁽¹⁾ para obtenção das precipitações intensas para períodos de retorno de 100, 500 e 1 000 anos. A metodologia consiste em se utilizar estudos estatísticos de uma série de chuvas diárias para, através de um processo de regionalização, estimar as precipitações de menor duração (6 min, 1h, 2h, ..., 24 h).

O processo de cálculo obedeceu a seguinte sequência

- a) Seleção do posto pluviométrico: dentre os postos disponíveis selecionou-se Tianguá como o representativo,
- b) Compilação dos dados foram compiladas as precipitações máximas de cada um dos 77 anos da série observada no posto de Tianguá, (quadro 14);
- c) Estudo probabilístico das precipitações diárias: a série observada foi ajustada à lei de distribuição de Pearson III, e a partir desta foram determinadas as precipitações máximas diárias para períodos de retorno de 100, 500 e 1.000 anos (quadro 15);
- d) Cálculo da chuva virtual de 24 horas de duração (P_{24h}): esses valores foram obtidos pela multiplicação das chuvas de duração de um dia relativas aos períodos de retorno de 100, 500 e 1 000 anos pelo fator 1,10. Os valores obtidos foram os seguintes

(1) TABORGA TORRICO, J - "Práticas Hidrológicas", 2ª Ed., Rio de Janeiro, 1975

QUADRO 14

SÉRIE DE MÁXIMAS ANUAIS PARA TIANGUÁ - POSTO 2778406

ANO	VALOR (mm)	ANO	VALOR (mm)
1012	50 50	1051	60 70
1013	61 20	1052	40 00
1014	66 50	1053	60 70
1015	34 20	1054	98 40
1016	68 00	1055	70 00
1017	126 30	1056	74 00
1018	65 20	1057	107 50
1019	65 10	1058	76 50
1020	50 00	1059	109 50
1021	65 90	1060	61 50
1022	73 30	1061	126 60
1023	64 40	1062	96 00
1024	60 90	1063	84 00
1025	96 50	1064	70 00
1026	98 30	1065	90 00
1027	138 30	1066	58 10
1028	70 30	1067	128 00
1029	85 50	1068	55 30
1030	53 40	1069	57 00
1031	108 40	1070	59 00
1032	96 70	1071	55 20
1033	80 40	1072	53 00
1034	80 00	1073	67 00
1035	54 00	1074	141 00
1036	100 60	1075	105 00
1037	91 20	1076	76 00
1038	76 40	1077	64 00
1039	98 80	1078	141 00
1040	52 30	1079	95 00
1041	99 60	1080	100 70
1042	54 40	1081	67 90
1043	64 30	1082	55 40
1044	82 30	1083	60 40
1045	60 40	1084	53 00
1046	61 00	1085	85 20
1047	89 60	1086	140 00
1048	100 20	1087	90 00
1049		1088	80 00

QUADRO 15
ANÁLISE FREQUENCIAL DE MÁXIMAS ANUAIS- POSTO 2778406 TIANGUA

PERÍODO DE RETORNO (ANOS)	DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA (mm)
2 00	75 47
2 33	79 70
5 00	98 20
10 00	113 46
20 00	128 36
50 00	148 26
100 00	163 75
200 00	179 82
500 00	202 11
1000 00	219 90
Estatísticas dos valores observados	
MÉDIA = 79 75	
DESVIO PADRAO = 21 87	
COEF. DE CURT = 8030	

000054

Para $T_R = 100$ anos, $P_{24h} = 1,1 \times 163,75 = 180,13$ mm;
 Para $T_R = 500$ anos, $P_{24h} = 1,1 \times 202,14 = 222,35$ mm;
 Para $T_R = 1\ 000$ anos, $P_{24h} = 1,1 \times 219,99 = 241,99$ mm.

e) Determinação da isozona a qual pertence a bacia: o posto Tianguá com coordenadas 3°44' Sul e 40°59' Leste, fica situado dentro da Isozona D conforme a Figura 9, que contém o quadro percentil das chuvas de duração de 1h e 6 minutos em relação a chuva de 24 hs;

f) Determinação das chuvas de 1 hora e de 6 minutos para os períodos de retorno de 100, 500 e 1 000 anos: estas chuvas foram obtidas multiplicando-se as chuvas de 24 horas pelas relações R, entre as chuvas de 24 horas e de 1 hora, e entre 24 horas e 6 minutos. Em síntese obteve-se.

para $T_R = 100$ anos

$$P_{1h} = 0,403 \times 180,13 \Rightarrow P_{1h} = 72,59 \text{ mm}$$

$$P_{6min} = 0,10 \times 180,13 \Rightarrow P_{6min} = 18,01 \text{ mm}$$

para $T_R = 500$ anos

$$P_{1h} = 0,394 \times 222,35 \Rightarrow P_{1h} = 87,61 \text{ mm}$$

$$P_{6min} = 0,10 \times 222,35 \Rightarrow P_{6min} = 22,35 \text{ mm}$$

para $T_R = 1.000$ anos

$$P_{1h} = 0,390 \times 241,99 \Rightarrow P_{1h} = 94,38 \text{ mm}$$

$$P_{6min} = 0,10 \times 241,99 \Rightarrow P_{6min} = 24,19 \text{ mm}$$

g) determinação das respectivas precipitações para durações entre 1 hora e 24 horas e entre 6 minutos e 1 hora. são obtidas plotando-se as precipitações de 6 min, 1 h, e 24 h no papel de probabilidade da Figura 10 e ligando-as por uma reta segundo seu período de retorno.

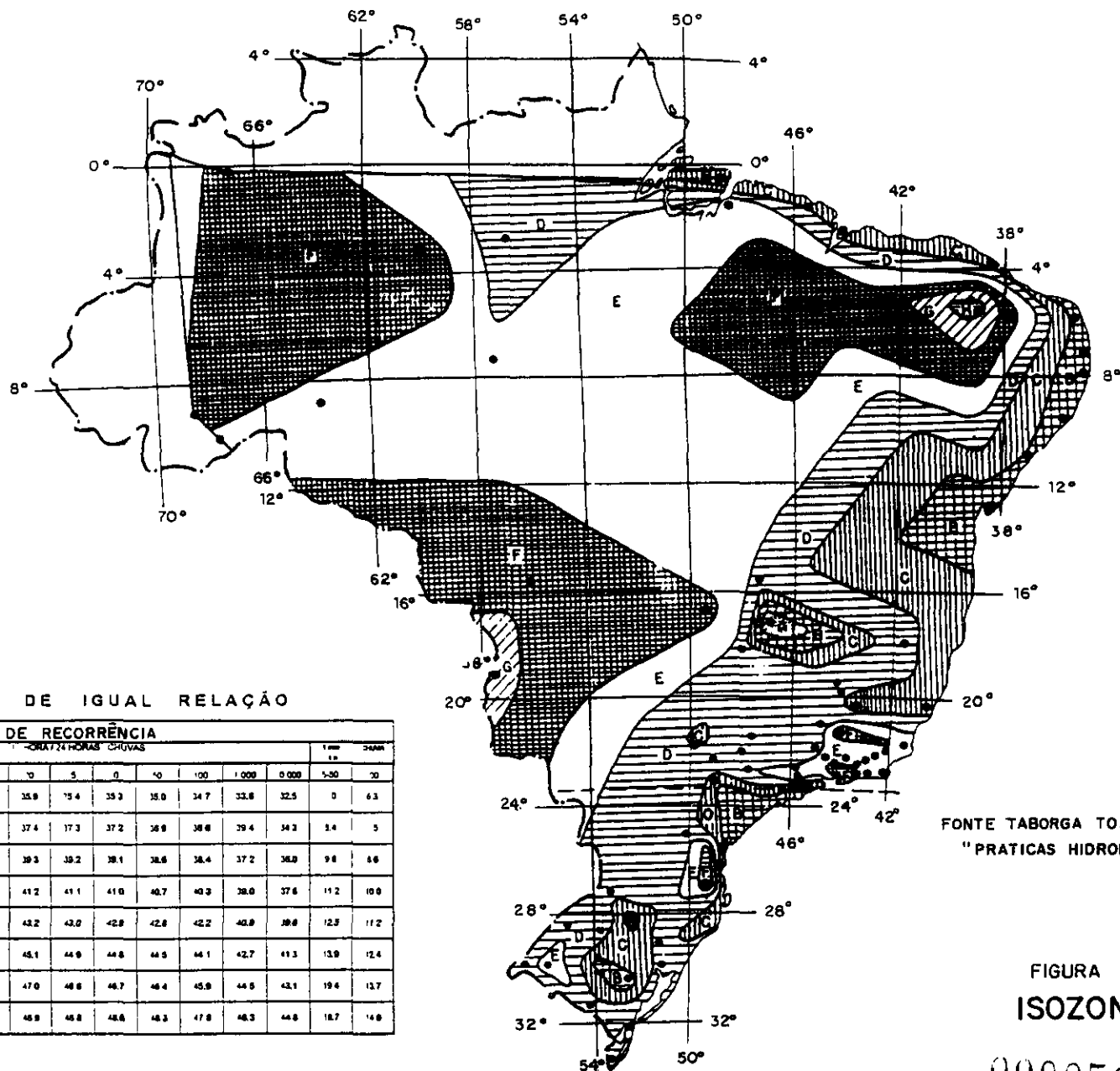
Os valores das chuvas intensas, para cada freqüência e durações entre 5min e 24h, estão mostrados no quadro 16, a seguir

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

TEMPO DE RECORRÊNCIA

ORÇAMENTO EM HORAS CHUVAS

ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA										1 mm		
	1	2	3	4	5	6	8	10	100	1.000	10.000	1-50	200
A	32,2	35,6	35,6	35,9	35,4	35,3	35,0	34,7	33,8	32,5	0	0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	36,4	34,3	3,4	5	5
C	40,1	38,7	38,5	38,3	38,2	38,1	38,5	38,4	37,2	36,0	9,8	6,6	6,6
D	42,0	41,8	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	38,0	37,6	11,2	10,0	10,0
E	44,0	43,8	43,3	43,2	43,0	42,8	42,8	42,2	40,9	39,6	12,3	11,2	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4	12,4
G	47,8	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	19,4	13,7	13,7
H	48,8	48,4	48,1	48,0	48,0	48,0	48,3	47,8	46,3	44,8	18,7	14,9	14,9



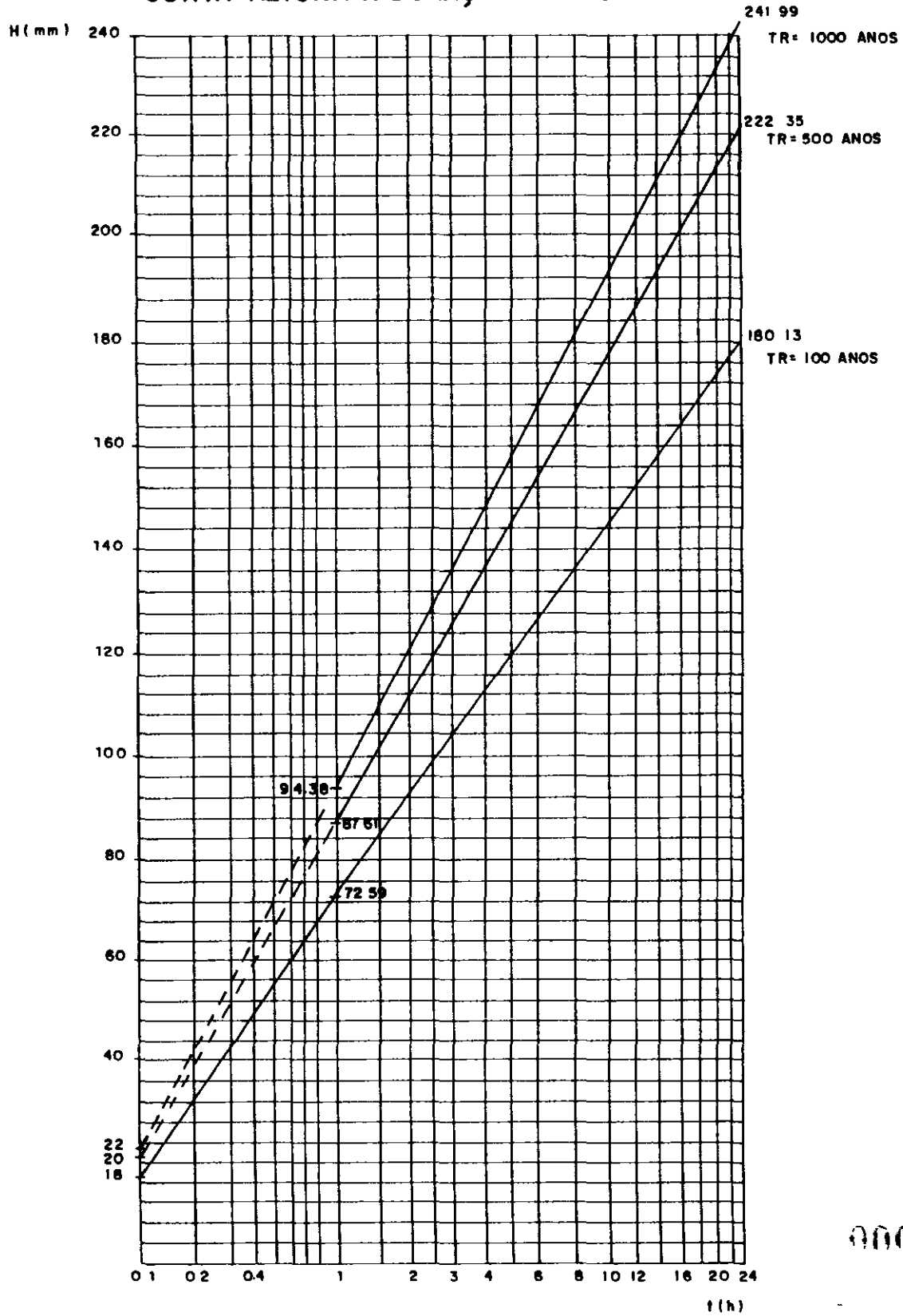
FORNE TABORGA TORRILLO, J
"PRÁTICAS HIDROLÓGICAS" 1975

FIGURA 9
ISOZONAS

000056

FIG 10

CURVA ALTURA X DURAÇÃO X FREQUÊNCIA



000057

QUADRO 16
CHUVAS INTENSAS

Duração	Tr = 100 anos	Tr = 500 anos	Tr = 1000 anos
5 min	18	22	24
15 min	38	45	48
1 h	73	88	95
2 h	92	111	120
3 h	104	124	136
6 h	122	152	166
12 h	152	186	202
24 h	180	222	242

3 1 2 - ESTUDO DE CHEIAS

O estudo dos picos de cheias desenvolvido foi dificultado pelas características particulares da bacia, já citadas no primeiro capítulo: ocorrência de fortes chuvas orográficas nas cabeceiras, forma circular da bacia com sub-bacias convergindo para a secção da barragem, muito elevadas declividades do trecho inicial e solos impermeáveis.

Todas estas condições obrigaram à análise exaustiva de que método utilizar, além de conduzirem a valores de pico bastante acentuados para bacias desse porte. A situação se tornou ainda mais crítica pelo fato de inexistirem por completo quaisquer dados de vazões de pico observados na secção (ou próxima dela), o que implicou, sem outra alternativa, no uso de métodos sintéticos na transformação chuva → vazão. Dois métodos foram analisados: o método do Hidrograma Unitário do Soil Conservation Service, e o método da Onda Cinemática do HEC-1 ^{1/}

Da comparação optou-se pelo método do HEC-1, com a seguinte metodologia básica

a) Composição de um hietograma de chuvas intensas

O menor intervalo de tempo com estimativa de chuvas intensas compõe a parte central do hietograma, os valores de intensidade sendo calculados de forma tal que seja possível encontrar para cada intervalo de tempo uma intensidade de chuva igual à calculada como máxima para aquela duração e para um dado período de retorno; este procedimento encontra-se incorporado ao modelo HEC-1,

^{1/} HEC-1, Flood Hydrograph Package, US Army Corps of Engineering, 1990.

- b) Separação do escoamento mediante o método TR-55 do SCS "Curve Number".

Com base no zoneamento de solos realizado durante PERH procedeu-se a identificação dos valores de CN correspondentes. O valor de CN estimado para a bacia foi de 79, que corresponde à áreas com predominância de solos rasos e pouco permeáveis, com cobertura vegetal esparsa, em geral caatinga xerófila ou campos de pastagem pobre;

- c) Conceituação da simulação do escoamento na bacia e nos canais principais mediante onda cinemática

O método de onda cinemática consiste em um modelo de propagação de cheias numa bacia que considera a mesma transformada em dois tipos de elementos hidráulicos:

- planos de escoamento, que representam as áreas da bacia onde o escoamento não é hierarquizado (overlands);
- canais, que representam os leitos de rio ou canais que possam existir na bacia.

Com base nestes dois elementos podem ser representadas redes complexas de canais e áreas de contribuição

Para estes elementos hidráulicos são resolvidas as seguintes equações:

$$\left. \begin{array}{l} S_p = S_f \quad (1) \\ \partial y / \partial t + \partial q / \partial x = i \quad (2) \end{array} \right\} \text{equações dos planos de escoamento}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_o = S_f \quad (3) \\ \partial A / \partial t + \partial Q / \partial x = q \quad (4) \end{array} \right\} \text{equações dos canais,}$$

onde S_f , S_p e S_o são a declividade da linha de energia, a declividade dos planos de escoamento, e declividade de fundo dos canais, respectivamente; y e q são o tirante de escoamento e a vazão unitária dos planos de escoamento e, A e Q são a área transversal e vazão dos canais.

As equações 1 e 3 equivalem a dizer que os efeitos dinâmicos do escoamento são desprezíveis e em todo momento é possível aplicar a equação de Manning; as equações 2 e 4 representam a continuidade de massa por unidade de largura para os planos (eq 2) e em função da área transversal para o canal (eq 4)

Estas equações são resolvidas pelo método das diferenças finitas, obtendo-se do cálculo as seguintes funções:

$$y = y(t,x); \quad q = q(t,x); \quad A = A(t,x), \quad Q = Q(t,x).$$

A variável $q(t,x)$ para cada plano da bacia é utilizada como entrada para a solução das equações 3 e 4

A função $Q = Q(t,xL)$ é a solução final desejada e corresponde ao hidrograma de saída da sub-bacia simulada

d) A Aplicação do Modelo

A bacia hidrográfica foi subdividida nas 4 principais sub-bacias identificadas anteriormente no Mapa 1

Os valores de declividade das áreas de escoamento não hierarquizado e dos canais naturais foram estimados mediante análise da cartografia disponível (cartas em escala 1:100 000)

Os valores de rugosidade para canais naturais e para "overlands" foram estimados a partir de análise "in loco" e valores obtidos na bibliografia, em especial à do próprio manual do HEC-1

As seções dos canais foram consideradas triangulares e os taludes foram estimados com base em análise de seções representativas; o intervalo de tempo da simulação foi fixado em 5 min, valor mínimo permitido pelo modelo HEC1.

A discretização espacial foi realizada do seguinte modo.

- cada sub-bacia foi simulada mediante dois canais consecutivos;
- cada canal com as características da alta e baixa bacia,
- cada canal dispunha de dois planos de escoamento laterais, representando o escoamento não hierarquizado com as características predominantes de cada região das sub-bacias

A discretização de cada elemento foi feita utilizando o máximo número de Δx admissíveis pelo modelo HEC1. Esta seleção, como também a do intervalo de tempo obedeceram ao objetivo de reduzir ao máximo os efeitos de atenuação numérica, próprio do modelo de onda cinemática

A inexistência na região de dados fluviométricos impediu que se realizasse um procedimento de calibração, restando, portanto, estimar os parâmetros do modelo com base em dados físicos da bacia e submeter o modelo ao mínimo de atenuação numérica.

e) Composição dos hidrogramas das sub-bacias.

Após simulado o escoamento nas respectivas sub-bacias, procedeu-se à composição em um hidrograma de entrada ao reservatório, procedimento este realizado pelo modelo HEC-1 de forma direta

f) Simulação da cheia no reservatório

A passagem da onda de cheia pelo reservatório foi realizada pelo método de Puls, levando em conta a capacidade do vertedor simulado; a equação levou em conta o perfil Creager e considerou o vertedor livre para quaisquer valores de vazão vertida.

Foram estudadas as cheias de 100, 500 e 1 000 anos para alternativas de vertedores de 75, 100 e 150 m definidas como possíveis pelo projeto

Os resultados estão apresentadas sob a forma gráfica nas figuras de 11 a 13. Constata-se, para qualquer situação, um elevado nível de amortecimento da onda afluyente isto decorre tanto da forma esbelta (altos picos com pouco volume) das ondas de cheia afluentes, como, também, das condições favoráveis de controle da barragem.

No caso da cheia de projeto de 1 000 anos obteve-se, para uma vazão afluyente de m^3/s , os amortecimentos abaixo listados:

-	$\ell = 75 \text{ m}$	\Rightarrow	$Q_e = 431,20$	\Rightarrow	$A = 69,52 \%$
-	$\ell = 100 \text{ m}$	\Rightarrow	$Q_e = 506,08$	\Rightarrow	$A = 64,22 \%$
-	$\ell = 150 \text{ m}$	\Rightarrow	$Q_e = 626,82$	\Rightarrow	$A = 55,83 \%$

Finalmente, para o sangradouro final selecionado pelo projeto de engenharia, $\ell=100m$, foi simulado o comportamento do tirante d'água sobre a soleira, expresso no cotograma da figura 14; a lâmina máxima será da ordem de 1,80 m

FIGURA 11a

BARRAGEM ANGICOS

Tr=100 anos - L=75m

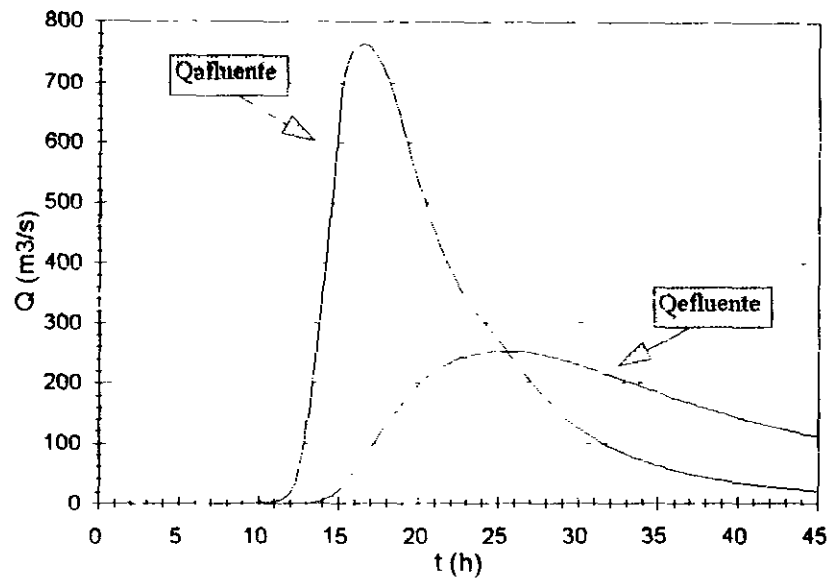


FIGURA 11b

BARRAGEM ANGICOS

Tr=500 anos - L=75m

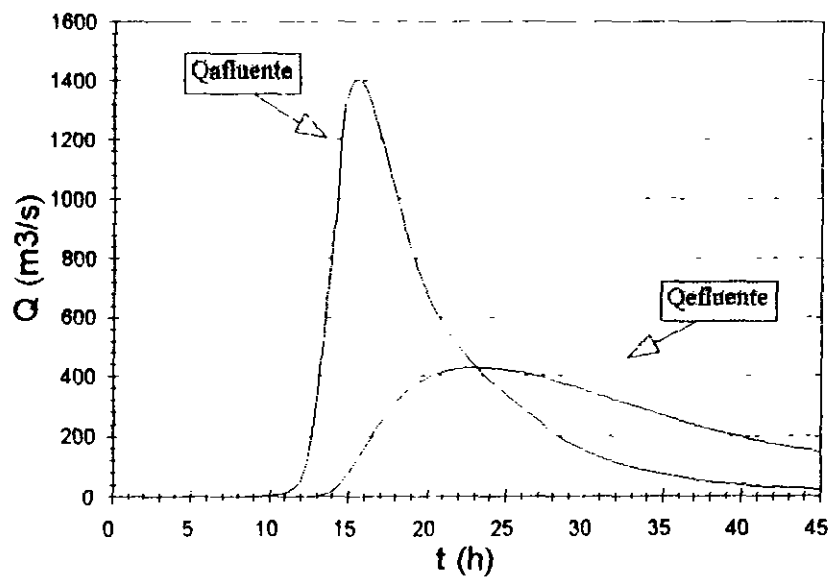


FIGURA 11c

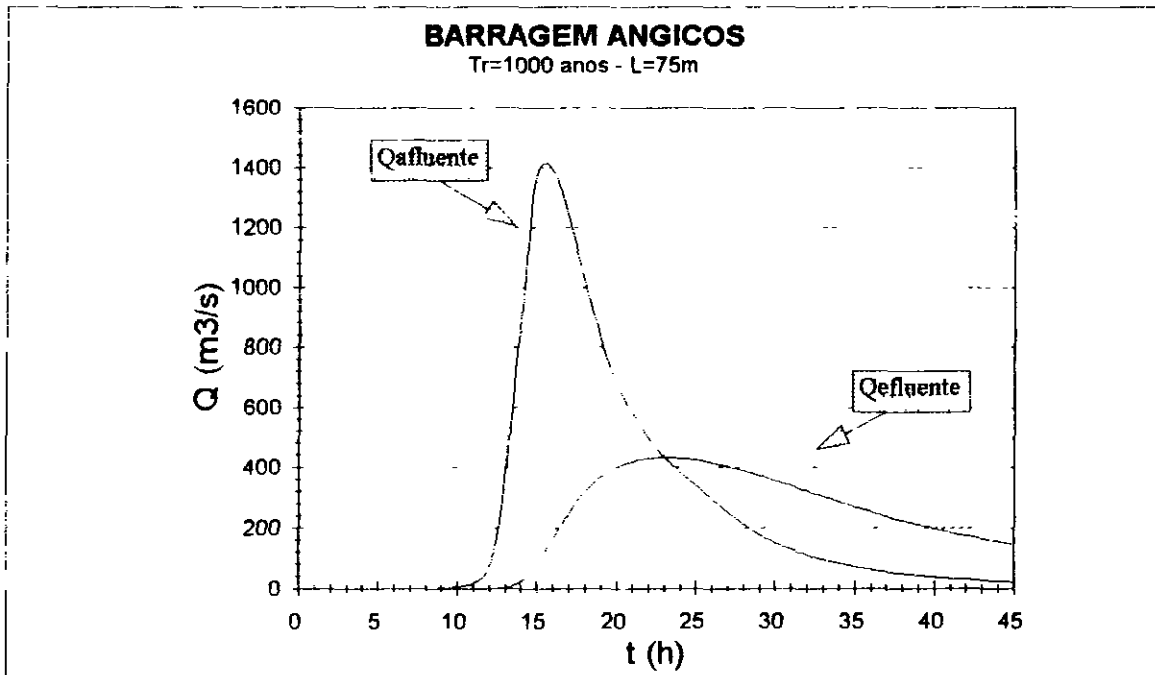
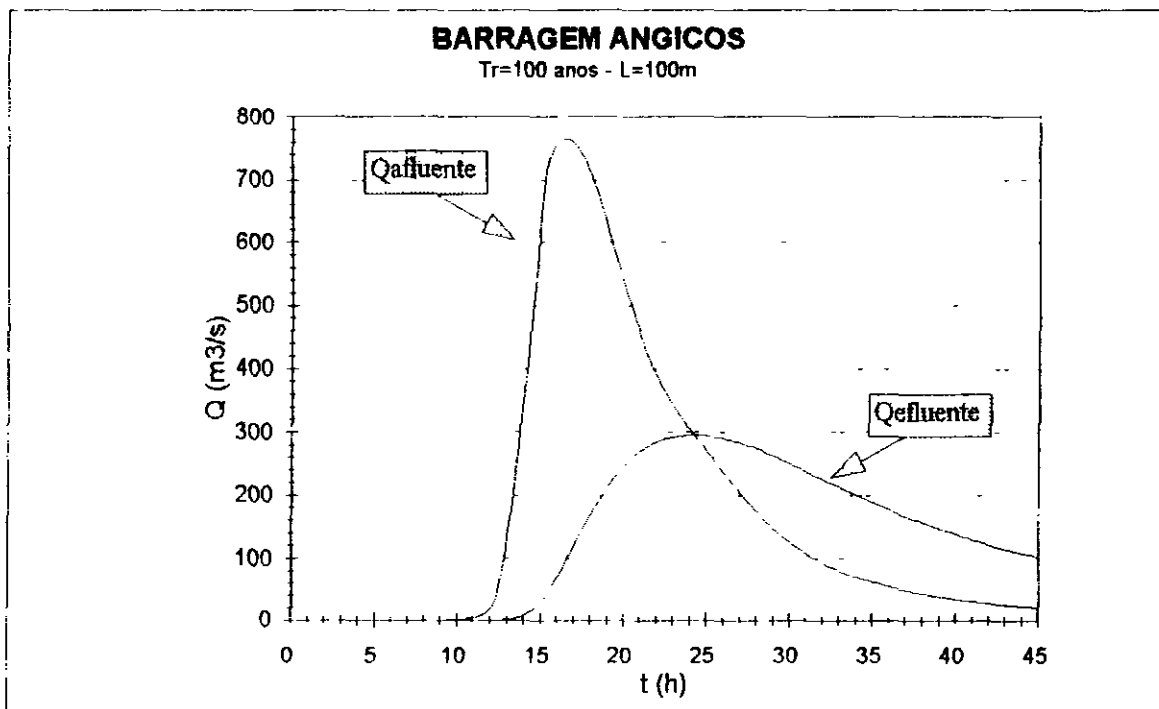


FIGURA 12a



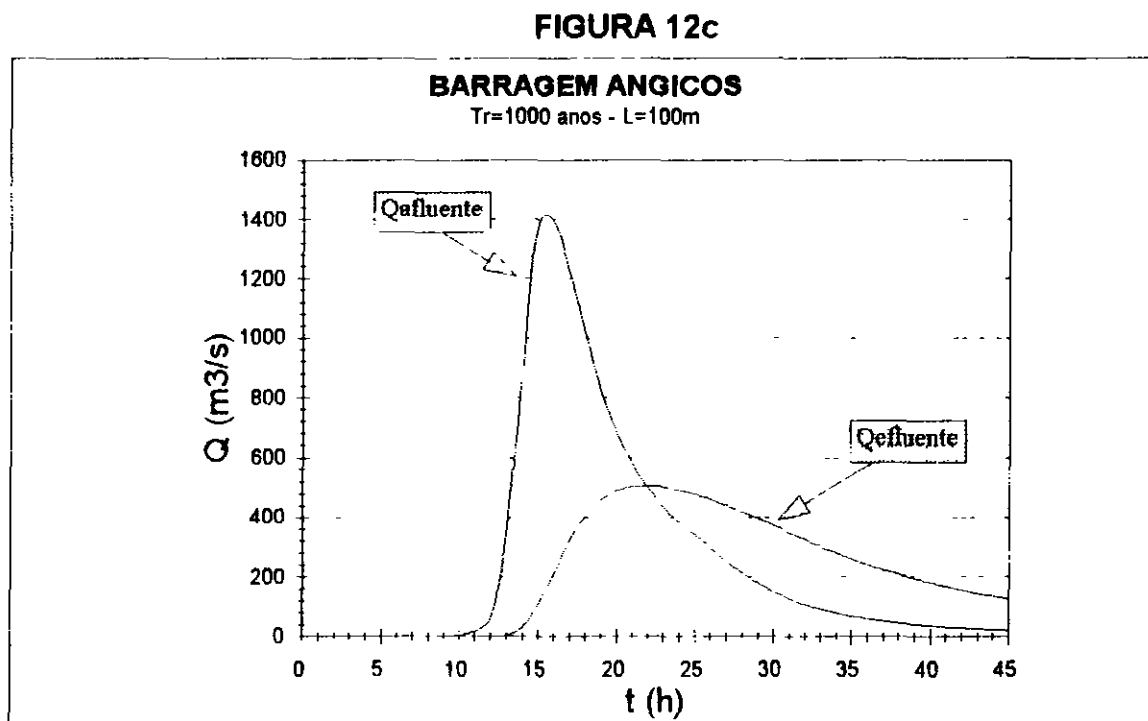
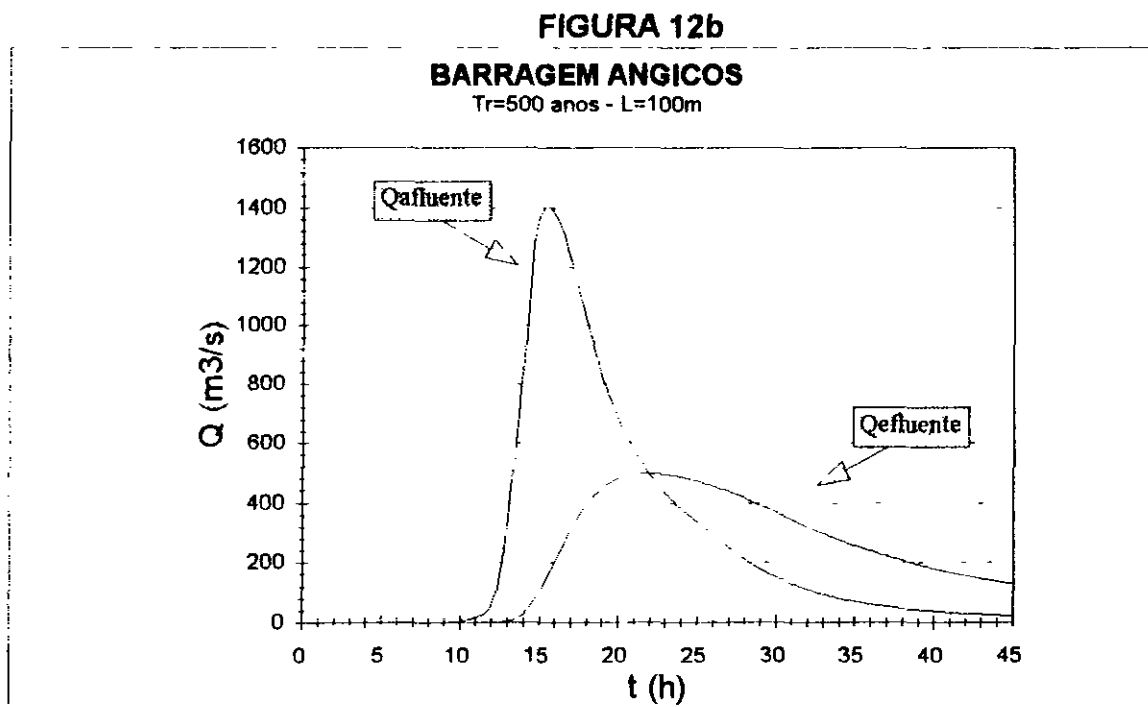


FIGURA 13a

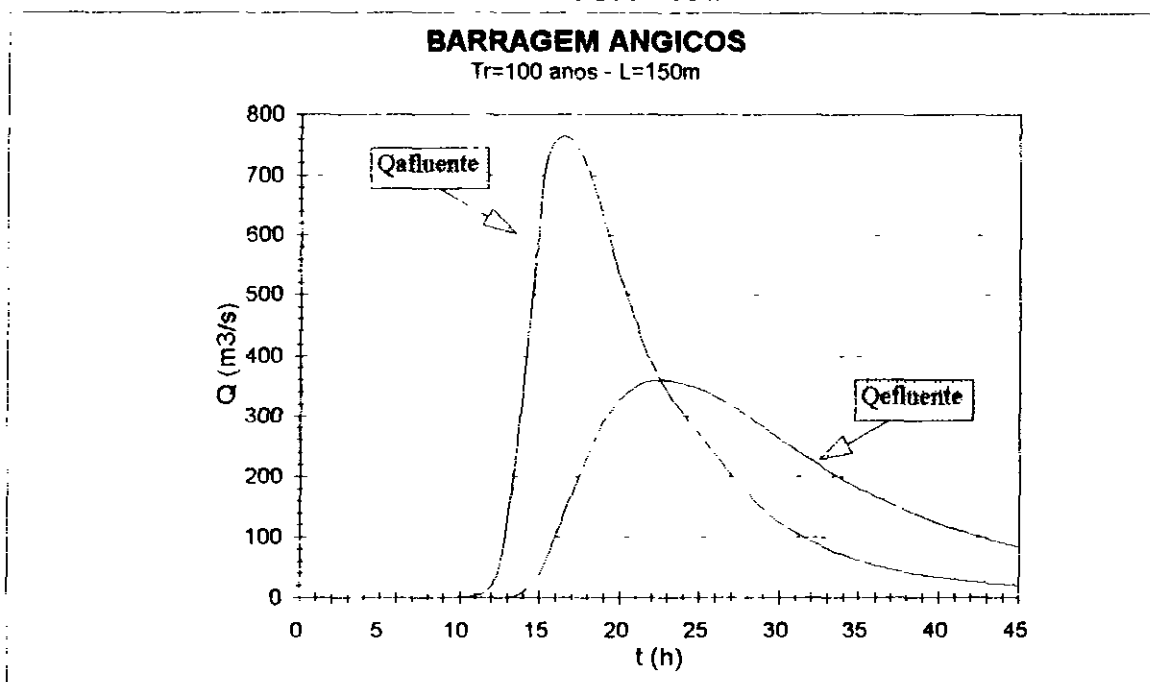


FIGURA 13b

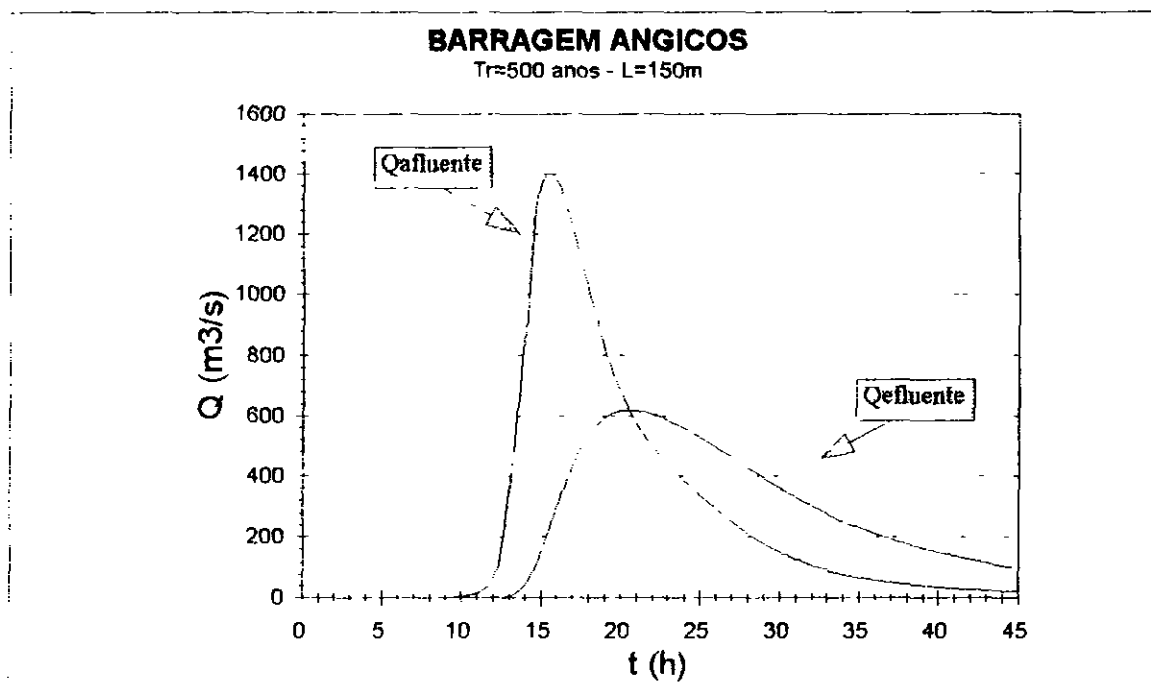


FIGURA 13c

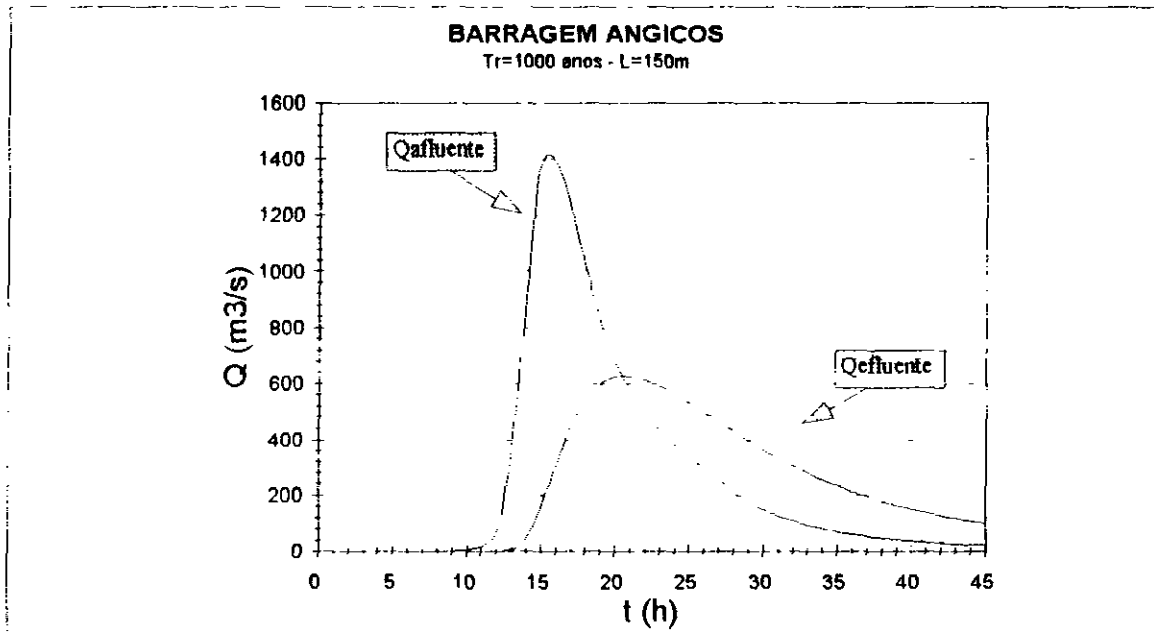
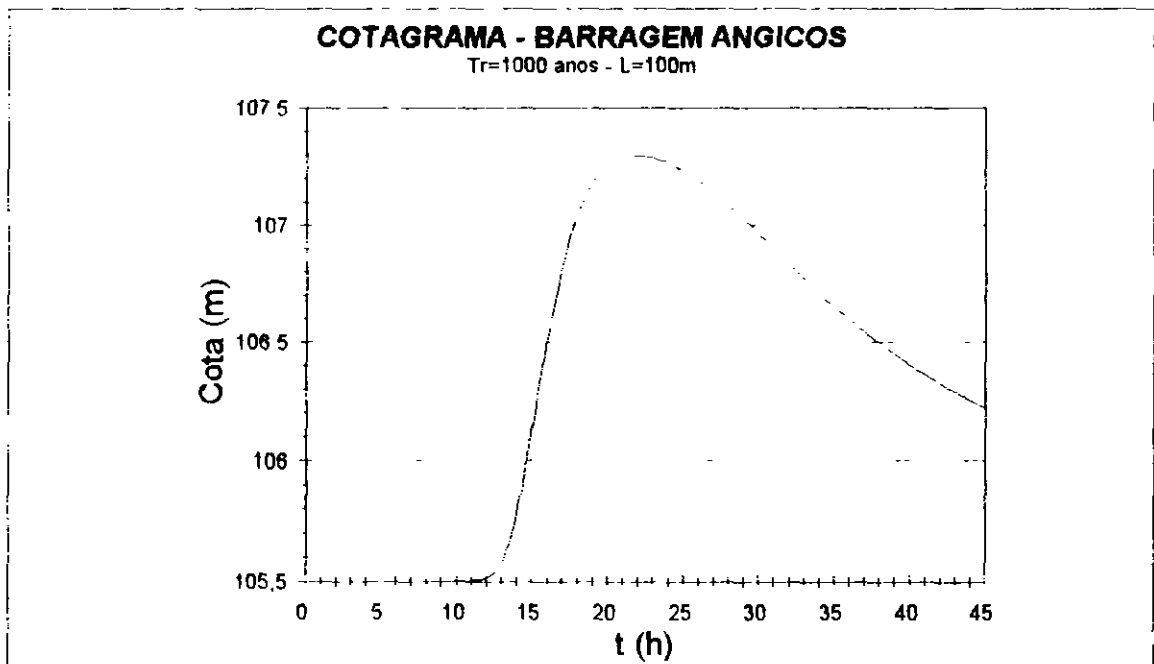


FIGURA 14



PARTE B - ESTUDOS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS

700067

CAPÍTULO 1 - DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

1 - GENERALIDADES

Objetivando definir as características de fundação da barragem Angicos, bem como dos materiais construtivos, terrosos, arenosos e pétreos, foram realizados estudos geológicos de superfície e geotécnicos, através de sondagens do subsolo e também ensaios de laboratório

Os estudos geológicos de superfície constaram de mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro, bacia hidráulica e estudos de reconhecimento superficial dos materiais construtivos

As sondagens de superfície realizadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos, constaram de sondagens mistas e rotativas com ensaios de infiltração e de perda d'água sob pressão e poços de inspeção.

Os resultados dos estudos realizados são aqui apresentados, os quais indicaram para o projeto executivo da barragem, os parâmetros básicos a serem seguidos na fundação da obra e as características gerais dos materiais construtivos

Os estudos geológico - geotécnicos executados são apresentados a seguir, divididos nos seguintes itens:

- . ESTUDOS GEOLÓGICOS;
- . INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICOS;
- . ESTUDOS DOS MATERIAIS.

Além dos tópicos acima, são apresentados ainda os seguintes anexos:

- . ANEXO A - Perfis Individuais de Sondagens;
- . ANEXO B - Ensaio de Infiltração "Le Franc";
- . ANEXO C - Ensaio de Perda D'água "Lugeon";
- . ANEXO D - Ensaio de Granulometria;
- . ANEXO E - Ensaio de Permeabilidade com Carga Variável;
- . ANEXO F - Ensaio de Cisalhamento Direto;
- . ANEXO G - Ensaio abrasão de "Los Angeles"

No Volume 4 - Plantas, são apresentados os desenhos

- . ANG-EG-01/04 - Planta de Locação das Sondagens
- . ANG-EG-02/04 - Perfil Longitudinal do Sub-solo - Seção AA'
- . ANG-EG-03/04 - Seções do Sub-solo - Seções - BB' e CC'
- . ANG-EG-04/04 - Ocorrências de Materiais de Construção

2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A Região Noroeste do Ceará, compreende quatro unidades geomorfológicas, assim distinguidas: Planície Litorânea, Superfície Sertaneja, Planalto da Ibiapaba e Planaltos Residuais.

A Planície Litorânea, engloba as Planícies Flúvio-marinha, as quais, destacam-se as embocaduras dos rios Acaraú e Coreaú, e também as Dunas.

A Superfície Sertaneja, a qual está inserida a área de estudos da Bacia Hidráulica do Açude Angicos, subdivide-se em duas partes distintas: a área conservada e a área dissecada. A área conservada está representada por superfície pediplanada, nas quais, os processos erosivos omitiram as feições geológicas dos mais variados tipos litológicos, tanto do complexo cristalino como sedimentares, predominando dessa maneira Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, Planossolos e Regossolos. A área dissecada corresponde às áreas residuais, com relevo mais elevado do que a superfície pediplanada. As características do Regime Pluviométrico da Superfície Sertaneja, associada às secas periódicas, estão conduzindo as autoridades governamentais a construir açudes públicos, favorecendo a irrigação de subsistência e abastecimento d'água nas cidades vizinhas. Nestas condições tem-se, grandes reservatórios públicos, destacando-se os açudes Pereira de Miranda, Caxitoré, Aires de Sousa, Tucunduba, Paulo Sarasate (Araras), dentre outros, todos no Estado do Ceará.

O Planalto Sertanejo está restringido à feição geomorfológica da Serra da Ibiapaba, com altitude em torno de 700m.

Os Planaltos Residuais, compreendem os relevos residuais, que sobressaem dentro da Superfície Sertaneja. São representados pelas serras, tais como, Meruoca, Uruburetama, Penanduba, Carnutum e outros.

A região estudada situa-se dentro do Graben de Jaibaras, com deposição de sedimentos marinhos, continentais, por associações de rochas vulcanoplutônica e limitada por falhas normais e paralelas de direção NE-SO, conforme Almeida (1967) Apud Projeto Radam/Brasil. Com base em dados litoestruturais, a região enquadra-se estratigraficamente na Formação Trópiá, unidade basal do Grupo Ubajara, de idade Cambriana. A Formação Trópiá é composta por Arenitos finos com cores variadas e Arenitos arcoseanos.

Estruturalmente, a região estudada foi afetada por reativações dos lineamentos de maiores proporções (Sobral - Pedro II, Arópá), refletindo no comportamento das formações do Grupo Ubajara, as quais encontram-se intensamente fraturadas.

2 2 - GEOLOGIA LOCAL

. PETROGRAFIA

A área estudada da bacia hidráulica, é formada litologicamente por arenito e arenito quartzítico

Esta unidade litoestratigráfica ocorre em faixa alongada, no sentido NE - SW A granulometria é fina, exibindo uma coloração avermelhada e cinza esverdeada, em continuidade exhibe granulometria mais grossiera com cristais de feldspato e quartzo bem evoluídos, de coloração esbranquiçada Apresenta-se bastante compacto, formando o boqueirão servindo de ombreiras para o eixo barrável

. ESTRATIGRAFIA

A coluna estratigráfica proposta para este estudo, teve como base os dados geocronológicos de GOMES et alii (projeto Radam Brasil, 1981) Assim a área de estudo compõe-se de arenito e arenito quartzítico da formação Trapiá, parte basal do Grupo Ubajara, de idade Cambriana (400 a 500 MA)

. GEOLOGIA ESTRUTURAL E GEOTECTONICA

Na área estudada observa-se efeitos tectônicos tanto plástico como quebrável A tectônica plástica produziu dobramento em pequena escala, observado no leito do Rio Grande A tectonica regida produziu fraturamento por toda área estudada

. GEOMORFOLOGIA

O relevo da área estudada apresenta-se na parte leste e oeste em estado de arrasamento, tendo consequência a ação dos agentes erosivos atuando na rocha, caracterizado pela acumulação de seixos rolados nas ombreiras do boqueirão e aluvião do Rio Grande

Na parte central da área estudada, caracteriza-se por apresentar um relevo suavemente ondulado evoluindo para áreas planas A tectonica influiu na formação de um relevo mais íngreme, caracterizado pela serra da Penanduba, situado na parte leste da área estudada.

GEOLOGIA HISTÓRICA

A origem sedimentar da área estudada, inicia-se com o surgimento da bacia cratônica, denominada de "Graben Jaibaras" Inicialmente ocorreu uma sedimentação representada por psamitos e pelitos em ambiente marinho de água calma, num período de calma tectônica Esses sedimentos deram origem aos arenitos finos de coloração avermelhado e cinza-esverdeado e ao arenito quartzítico, o qual está relacionado a produtos finais de evolução dos sedimentos arenosos, apresentando grande quantidade de quartzo na fração dentrítica, dando a rocha uma coloração esbranquiçada.

Em seguida ocorre reativação da plataforma, com intenso vulcano plutonismo de caráter básico a ácido (basaltos riolitos e dacitos, os quais estão fora da área de estudo) Após esse evento tectonomagnético, as falhas são reativadas, formando na área em estudo a serra do Penanduba, ocasionando também o fraturamento e microdobramentos na rocha sedimentar

Após esse evento tem-se um período de calma tectônica, onde inicia-se os processo erosivos com a deposição de seixos rolados na área de estudo

3 - INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

3.1 - SONDAGENS MISTAS E ROTATIVAS

O objetivo destas sondagens foi o de reconhecer as características dos solos e rochas em subsuperfície ao longo do eixo barrável e área do sangradouro, para definição das condições de fundação

As informações obtidas referem-se às características do aluvião incluindo-se a permeabilidade com ensaios de infiltração, e ao estágio de alteração das rochas, condições de fraturamento e estanqueidade, definido pelos ensaios de perda d'água sob pressão

Foram realizadas ao todo cinco sondagens rotativas, duas sondagens mistas (iniciadas a percussão e prosseguidas com rotativa) dezesseis ensaios de perda d'água ao longo do eixo e do sangradouro da barragem e treze ensaios de infiltração no aluvião. Além destas foram executadas sondagens a pá e picareta (poços de inspeção)

São descritos a seguir os processos de execução destas sondagens. O Quadro 1 mostra o resumo das sondagens realizadas

a) Sondagens a percussão

São sondagens desenvolvidas através de um trado concha de 4". até que se chegue ao impenetrável a este processo, sendo então revestidas e prosseguidas pelo processo de circulação (lavagem)

Para extração das amostras, utilizou-se o amostrador padrão de 2" e 1 3/8" de diâmetros externo e interno respectivamente, que foi cravado no terreno por meio de golpes de um martelo de 65 kg, com altura de queda de 75 cm

Nos perfis das sondagens, são apresentados em forma de tabela o número de golpes necessários para cravar cada 15 cm, dos 45 cm de penetração total do amostrador e em forma de tabela e gráfico a soma das duas últimas parcelas. Esta soma é denominada SPT - "Standard Penetration Test", indicados nos desenhos nº 01 e 02 (ver Anexo A - Capítulo 2).

QUADRO 1

RESUMO DAS SONDAGENS

Nº	LOCALIZAÇÃO	PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA BX (m)	Nº DE ENS INFILTRAÇÃO	ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA		OBSERVAÇÕES
					QUANTIDADE	TRECHOS ENSAIADOS (m)	
SM-1	Estaca 21+2,0	6,40	10,0	6	3	6,40 a 9,90, 9,90 a 13,40 13,40 a 16,40	Eixo da Barragem (Aluvião)
SM-2	Estaca 28	7,32	10,0	7	3	7,32 a 10,82, 10,82 a 14,32, 14,32 a 17,32	Eixo da Barragem (Aluvião)
SR-1	Estaca 15	0,90	10,0	-	3	0,90 a 4,40, 4,40 a 7,90, 7,90 a 10,90	Eixo da Barragem (Ombreira Direita)
SR-2	Estaca 35+10,0	1,20	10,0	-	3	1,20 a 4,70, 4,70 a 8,20, 8,20 a 11,20	Eixo da Barragem (Ombreira Esquerda)
SR-3	Estaca 62 + 10,0m à 17,0m (JUSANTE)	1,60	4,40	-	-	-	Eixo da Barragem / Sangradouro
SR-4	Estaca 63 à 30,0m (MONTANTE)	1,40	4,60	-	2	1,40 a 3,00, 3,00 a 6,00	Sangradouro
SR-5	Estaca 70 à 80,0m (MONTANTE)	1,20	4,80	-	2	1,20 a 3,00, 3,00 a 6,00	Sangradouro
TOTAL		20,02	53,8	13	16	-	-

b) Sondagem Mista (SM)

Este tipo de sondagem, como o próprio nome indica, é a sondagem iniciada a percussão e prosseguida por sondagem rotativa, já descritas nos itens a e b. Os dados estão indicados nos desenhos dos perfis de sondagem nos desenhos nºs 01 a 02 (Anexo A).

c) Sondagem Rotativa (SR)

Foram executadas através de sonda rotativa MACH 920 da MAQUESONDA de avanço manual, furos com diâmetros BX (diâmetro externo 59,50 mm)

Para cada operação de barrilete foram registrados: tipo de material, total perfurado, total recuperado (%) e número de peças, dados que estão indicados nos desenhos dos perfis de sondagens nºs 03 a 07 (ver Anexo A - Capítulo 2)

d) Sondagens a Pá e Picareta (SPP)

Este tipo de sondagem consiste em escavar um poço com o auxílio de pás e picaretas até chegar ao impenetrável a este processo.

Destas sondagens são anotadas: tipo de material, profundidade e cor. Os dados estão indicados nos desenhos dos perfis de sondagens nºs 08 a 28 do Anexo A; a localização destas sondagens estão indicadas no Desenho ANG-EG-01/04 do Volume 4 - "Plantas"

Com base nos resultados das sondagens, foram preparadas seções esquemáticas do sub-solo, apresentadas nos Desenhos ANG-EG-01/04, ANG-EG-02/04 e ANG-EG-03/04 do Volume 4 - "Plantas", que representam apenas uma indicação do desenvolvimento provável das camadas do subsolo, constatadas somente nas verticais das sondagens e foram elaboradas para permitir uma melhor visualização da natureza geral do subsolo no local da barragem e sangradouro

3 2 - ENSAIOS DE CAMPO

Os procedimentos para execução dos ensaios de campo são a seguir descritos de forma sumária:

3 2 1 - ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO

Os ensaios de infiltração em solo foram executados nos próprios furos de sondagem mista, nos trechos de percussão, concomitantemente à perfuração e a cada 1,0 m. Os furos ensaiados foram SM-01 (Est. 21+2,00 m - Eixo) e SM-02 (Est. 28 - Eixo)

Foram executados ensaios a nível variável e a nível constante. No primeiro caso foi medido o rebaixamento d'água dentro do tubo de revestimento, a cada minuto, durante dez minutos, com o tubo de revestimento sendo posicionado a 50 centímetros do fundo do furo, a exceção do trecho a 1,0 m de profundidade, do furo SM-02, em que as paredes se mostraram instáveis, ficando o tubo posicionado a 10 centímetros do fundo. No caso de ensaios realizados a nível constante foi utilizado um tambor graduado com capacidade de 203 litros.

Os resultados dos ensaios de infiltração estão apresentados nas Tabelas 01 e 02 (Anexo B)

3.2.2 - ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA

Os ensaios de perda d'água "LUGEON" foram executados em todas as sondagens rotativas e mistas, nos trechos perfurados em rocha, com exceção da sondagem SR-03 (sangradouro). Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos recomendados pela ABGE (Boletim 02-1975)

Os ensaios foram realizados em cinco estágios de pressão, que são abaixo mostrados:

Primeiro estágio.	0,10 kg/cm ²
Segundo estágio.	Pressão Intermediária = $P_{m\acute{a}x}/2$
Terceiro estágio.	Pressão Máxima
Quarto estágio.	Igual ao segundo estágio
Quinto estágio.	0,10 kg/cm ²

A pressão máxima foi calculada a partir da profundidade do obturador do trecho ensaiado pela seguinte expressão

$$P_{m\acute{a}x} = 0,25 \text{ (kg/cm}^2 \times \text{m)} \times \text{profundidade do obturador em metro}$$

Os resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão estão apresentados nas Tabelas n^{os} 03 a 18 (Anexo C)

O Quadro 1, mostrado anteriormente, apresenta o resumo das sondagens executadas e trechos ensaiados

4 - ESTUDOS DOS MATERIAIS

O estudo de ocorrência de materiais para construção foi iniciado por um reconhecimento de toda a área em volta do barramento, de modo a localizar possíveis jazidas, examinando a qualidade e estimando os volumes dos materiais disponíveis.

Desta forma, foram identificadas cinco jazidas de solos, um areal e duas pedreiras.

Para detalhamento das jazidas de solos, cujas localizações e detalhes são mostrados no Desenho ANG-EG-04/04 do Volume 4 - "Plantas", foram realizadas malhas de furos a pá e picareta nos vértices de "picadas", permitindo-se, assim, tanto a cubação do material terroso existente nas jazidas e possível de ser utilizado no maciço da barragem, como a coleta de amostras para realização de ensaios laboratoriais.

Os valores de espessura média do material utilizável, bem como dados da área, volume e distância média estão ressumidos no quadro a seguir

CARACTERÍSTICAS	JAZIDAS DE SOLOS				
	JS-01	JS-02	JS-03	JS-04	JS-05
Espessura Média (m)	1,40	1,60	1,50	1,50	1,60
Área (m ²)	35 000	60 000	40 000	160 000	150 000
Volume (m ³)	49 000	96 000	60 000	240 000	240 000
Distância Média (m)	800	4 500	100	900	1 300

De algumas sondagens foram calculadas amostras e realizadas os seguintes ensaios:

- Granulometria com sedimentação,
- Limite de Liquidez,
- Limite de Plasticidade;
- Compactação (Proctor Normal),
- Peso específico real dos grãos,
- Permeabilidade de carga variável;
- Cisalhamentos diretos rápido e lento

No Quadro 2 estão apresentados os resultados de todos os ensaios geotécnicos de laboratório, para a execução do projeto.

Devido às características de tipo de material e do volume disponível das jazidas de solos apresentadas acima, bem como da distância média de transporte, deverão ser utilizados no aterro da barragem preferivelmente os solos das jazidas JS-04 e JS-05, os quais se enquadram na classificação unificada (S U.C.S), que possibilita estimar suas características no que concerne a sua utilização na construção de barragens de terra, como solos do tipo CL para JS-04 e solos do tipo CL, com participação do solo ML, na JS-05

Segundo SHERARD (SHERARD, J L e outros - "EARTH AND EARTH ROCK DAMS" - JOHN WILEY and SONS - Inc , 1963), os solos do tipo CL e ML apresentam as seguintes características:

- CL
- impermeável,
 - alta resistência a erosão,
 - média resistência ao cisalhamento;
 - boa a razoável trabalhabilidade.

ML

- média permeabilidade,
- média a baixa resistência à erosão,
- média resistência ao cisalhamento,
- razoável trabalhabilidade

As propriedades acima citadas deverão ser obtidas desde que seja feito controle de umidade e densidade durante a construção. Para orientação deste controle são apresentados a seguir os valores médios da massa específica seca máxima (γ_{SMAX}) e da umidade ótima (h_{ot}), obtidas nos ensaios de caracterização das jazidas

VALORES DE COMPACTAÇÃO	JAZIDAS				
	JS - 01	JS - 02	JS - 03	JS - 04	JS - 05
γ_{SMAX} (g/cm ³)	1,879	1,620	1,767	1,806	1,743
h_{ot} (%)	12,6	18,0	15,1	14,0	15,9

Para possibilitar o dimensionamento de drenagem interna pelo maciço foram executados ensaios de permeabilidade de carga variável, cujos resultados estão apresentados no Anexo E

As características de resistência ao cisalhamento dos solos para a verificação da estabilidade dos taludes do maciço foram obtidas através de ensaios de cisalhamentos diretos. Os resultados destes ensaios estão apresentados no Anexo F (Capítulo 2).

A jazida de areia (areal - 01) localiza-se no leito do rio Ituaguçu no trecho que vai do eixo do barramento até o encontro com o riacho Jardim, onde se dá o início do rio Juazeiro, prosseguindo pelo leito deste rio por mais um 1,2 km aproximadamente, ver localização no Desenho ANG-EG-04/04 do Volume 4 - "Plantas"

Dados gerais do areal

- Comprimento limite do trecho 1 500 m
- Largura média do trecho 20 m
- Espessura média da camada 1,5 m
- Volume de material explorável 45 000 m³
- Distância média do areal no eixo 0,75 km

Do areal foram coletadas 2 (duas) amostras para os ensaios de granulometria, os resultados encontram-se no Quadro 2 e as curvas granulométricas podem ser visualizadas no Anexo D (Capítulo 2)

QUADRO 2 - RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORATÓRIO

JAZIDA	AMOSTRA (Nº)	POÇO (LOCAL)	PROF (m)	δ	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)					PLASTICIDADE (%)			COMPACTAÇÃO PROCTOR NORMAL		CLASSIFICAÇÃO (SUCS)	PERMEABILIDADE (cm/s)	CISALHAMENTO DIRETO			
					3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	LP	IP	h _{LL} (%)	γ _{Sat} (g/m ³)			RÁPIDO		LENTO	
																	C (kp _a)	φ	C' (kp _a)	φ'
JS-01	05	P-2	0,00 - 1,85	2,661	98	87	79	71	65	29	19	10	12,4	1,837	CL					
JS-01	06	P-1	0,00 - 2,50	2,654	100	98	96	90	69	27	16	11	12,8	1,920	CL					
JS-02	01		0,00 - 2,50	2,826	100	98	95	92	81	38	28	10	17,8	1,630	ML					
JS-02	02		0,00 - 2,00	2,834	100	99	97	92	87	41	29	12	18,1	1,610	ML					
JS-03	20	P-1 47 (5M)	0,40 - 1,70	2,756	97	73	57	48	41	41	28	13	16,4	1,770	ML					
JS-03	21	P-2 45 (5M)	0,20 - 1,70	2,779	98	90	82	72	59	35	25	10	13,8	1,765	ML					
JS-04	04	P-1	0,00 - 2,60	2,680	99	98	94	86	71	31	18	13	13,2	1,830	CL					
JS-04	05	P-2	0,00 - 2,20	2,664	100	100	97	88	70	25	14	11	12,0	1,895	CL	5,1 x 10 ⁻⁷	68	20,2°	-	-
JS-04	07	P-3	0,00 - 1,40	2,711	100	99	93	81	61	30	17	13	14,0	1,800	CL					
JS-04	12	P-4	0,00 - 1,50	2,702	98	92	86	80	68	32	18	14	15,2	1,750	CL					
JS-04	13	P-5	0,00 - 1,20	2,647	95	84	75	68	58	34	20	14	15,4	1,755	CL					
JS-05	07	P-1	0,00 - 1,60	2,710	92	80	76	74	64	38	26	12	17,8	1,730	ML					
JS-05	08	P-2	0,00 - 1,30	2,687	97	86	82	80	71	38	23	15	17,0	1,730	CL					
JS-05	09	P-6	0,00 - 2,80	2,683	97	88	81	77	67	36	26	10	16,0	1,780	ML					
JS-05	10	P-8	0,00 - 1,00	2,668	79	64	61	59	49	33	22	11	14,0	1,764	CG ₆₀		78	22,5°	14	33,4°
JS-05	11	P-10	0,00 - 0,90	2,649	88	73	66	62	54	33	22	11	14,8	1,740	CL					
JS-05	12	P-14	0,00 - 0,80	2,659	89	86	83	79	70	33	20	13	17,5	1,745	CL	5,1 x 10 ⁻⁸				
JS-05	13	P-13	0,00 - 1,50	2,748	97	81	66	61	57	37	24	13	14,8	1,830	CL					
JS-05	14	P-15	0,00 - 1,00	2,756	95	80	70	65	60	40	27	13	17,7	1,615	ML					
JS-05	15	P-4	0,00 - 0,80	2,647	98	93	88	82	69	32	20	12	14,9	1,795	CL					
JS-05	16	P-3	0,00 - 0,80	2,626	100	99	98	93	73	27	18	9	12,4	1,850	CL					
JS-05	17	P-5	0,00 - 0,80	2,624	89	86	85	81	65	30	20	10	13,8	1,695	CL					
JS-05	18	P-9	0,00 - 1,20	2,739	100	95	90	87	82	37	25	12	17,4	1,730	ML	3,7 x 10 ⁻⁸				
JS-05	19	P-11	0,00 - 1,50	2,744	100	93	85	81	75	39	25	14	18,8	1,650	CL					
AREAL-01	22	P-1	0,00 - 1,00	2,646	90	83	74	9	0	NL	NP	NP	-	-	SP					
AREAL-01	23	P-2	0,00 - 1,50	2,638	98	94	87	30	3	NL	NP	NP	-	-	SP					
ALUVIÃO	01	EIXO (Est 23)	0,00 - 1,50	2,657	100	98	78	60	55	22	17	5	-	-	ML - ML					
ALUVIÃO	02	EIXO (Est 30)	0,00 - 1,50	2,652	100	100	99	96	62	NL	-	NP	-	-	ML					
ALUVIÃO	03	300 m Mon	1,00 - 2,00		100	100	99	88	3	NL	-	NP	-	-	SP					
ALUVIÃO	04	500 m Mon	2,00 - 2,80		100	98	98	74	14	NL	-	NP	-	-	SP					

No Quadro 2 estão indicadas, também, as granulometrias de quatro amostras recolhidas do aluvião que apresentam grande quantidade de areia fina e silte, não servindo portanto para material filtrante

Foram localizadas duas pedreiras (JP-1 e JP-2), as quais podem ser localizadas no Desenho nº ANG-EG-04/04 do Volume 4 "Plantas". A jazida JP-1 apresenta uma grande aglomeração de seixos e blocos que podem ser utilizados como enrocamento do dreno de pé "rock-fill"; da JP-02 deverão ser retirados blocos para o rip-rap da barragem.

É importante salientar que na proximidade da ombreira esquerda do barramento, existe um paredão de arenito quartzítico, conhecido como "Serrote da Pedra Branca" que não será utilizado como pedreira, tendo em vista a sua proximidade com a barragem, cuja exploração poderia provocar efeitos danosos, tais como, fendilhamentos e fraturas, na fundação da barragem.

Da pedreira JP-1 foram recolhidas 2 amostras de rocha para execução de ensaios de abrasão "Los Angeles", os resultados destes ensaios estão apresentados no Anexo G.

CAPÍTULO 2 - ANEXOS

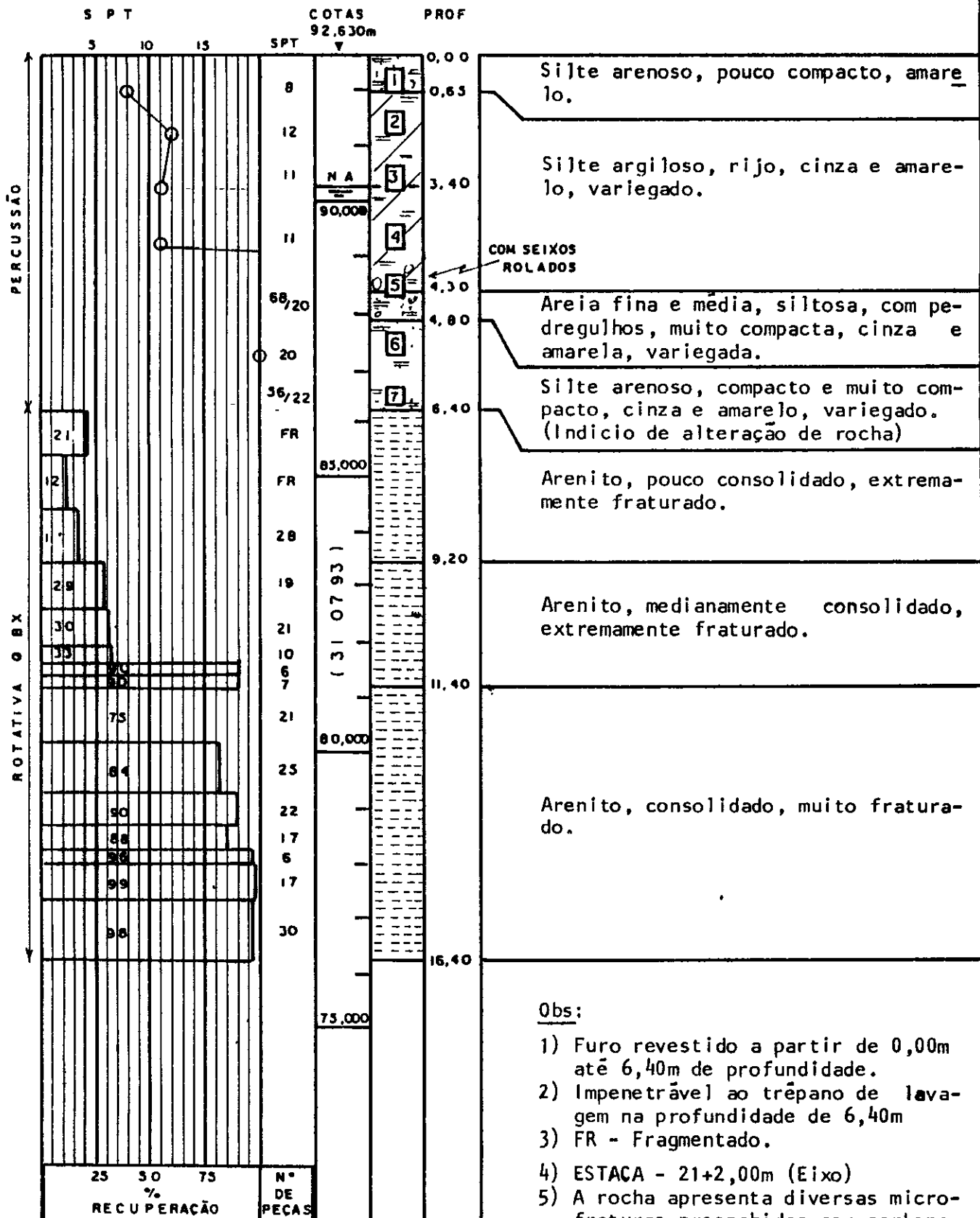
ANEXO A - PERFILES INDIVIDUALES DE SONDRAGENS

000082

SONDAGEM SM-1 Ø 2 1/2"

72

A MOSTRADOR - Ø_e = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO - 63 kg QUEDA - 75 cm



Obs:

- 1) Furo revestido a partir de 0,00m até 6,40m de profundidade.
- 2) Impenetrável ao trêpano de lavagem na profundidade de 6,40m
- 3) FR - Fragmentado.
- 4) ESTACA - 21+2,00m (Eixo)
- 5) A rocha apresenta diversas microfaturas preenchidas com carbonato de cálcio.

SPT - " STANDARD PENETRATION TEST "

DATA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA
29/07/93

VBA-CONSULTORIA ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.

DATA 20/08/93	DES <input checked="" type="checkbox"/>	VISTO <input checked="" type="checkbox"/>
ESC 1:100	APROV. <input checked="" type="checkbox"/>	

Geonorte

SONDAGEM - SM-1
Barr. Angicos-Coreau - Ceará.

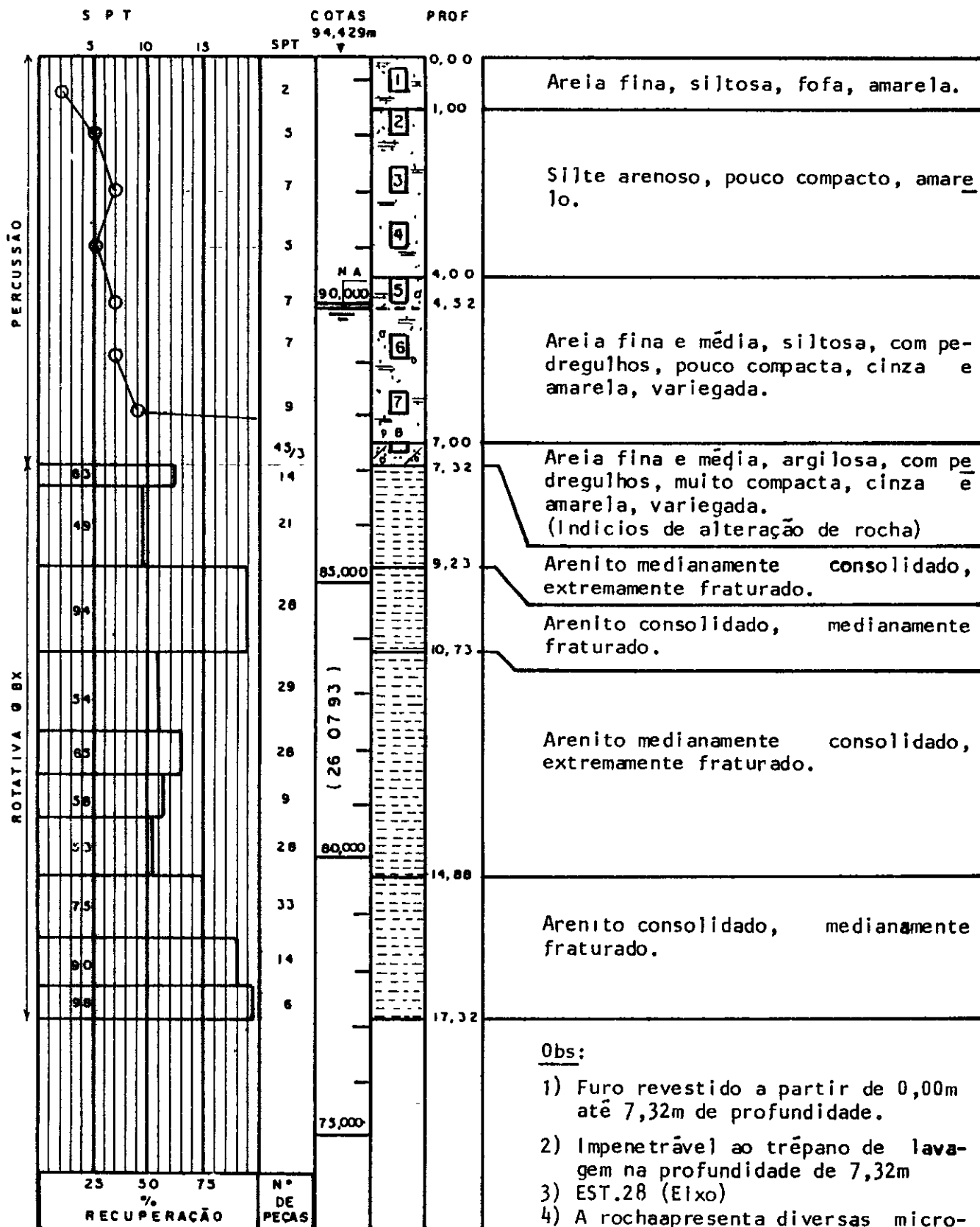
T-102/93
DES

000083

SONDAGEM SM-2 Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"
 MARTELO - 63kg QUEEDA - 75cm

73



- Obs:**
- 1) Furo revestido a partir de 0,00m até 7,32m de profundidade.
 - 2) Impenetrável ao trépano de lavagem na profundidade de 7,32m
 - 3) EST.28 (Elxo)
 - 4) A rocha apresenta diversas microfaturas preenchidas com carbonato de cálcio.

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"
 DATA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA
 25/07/93

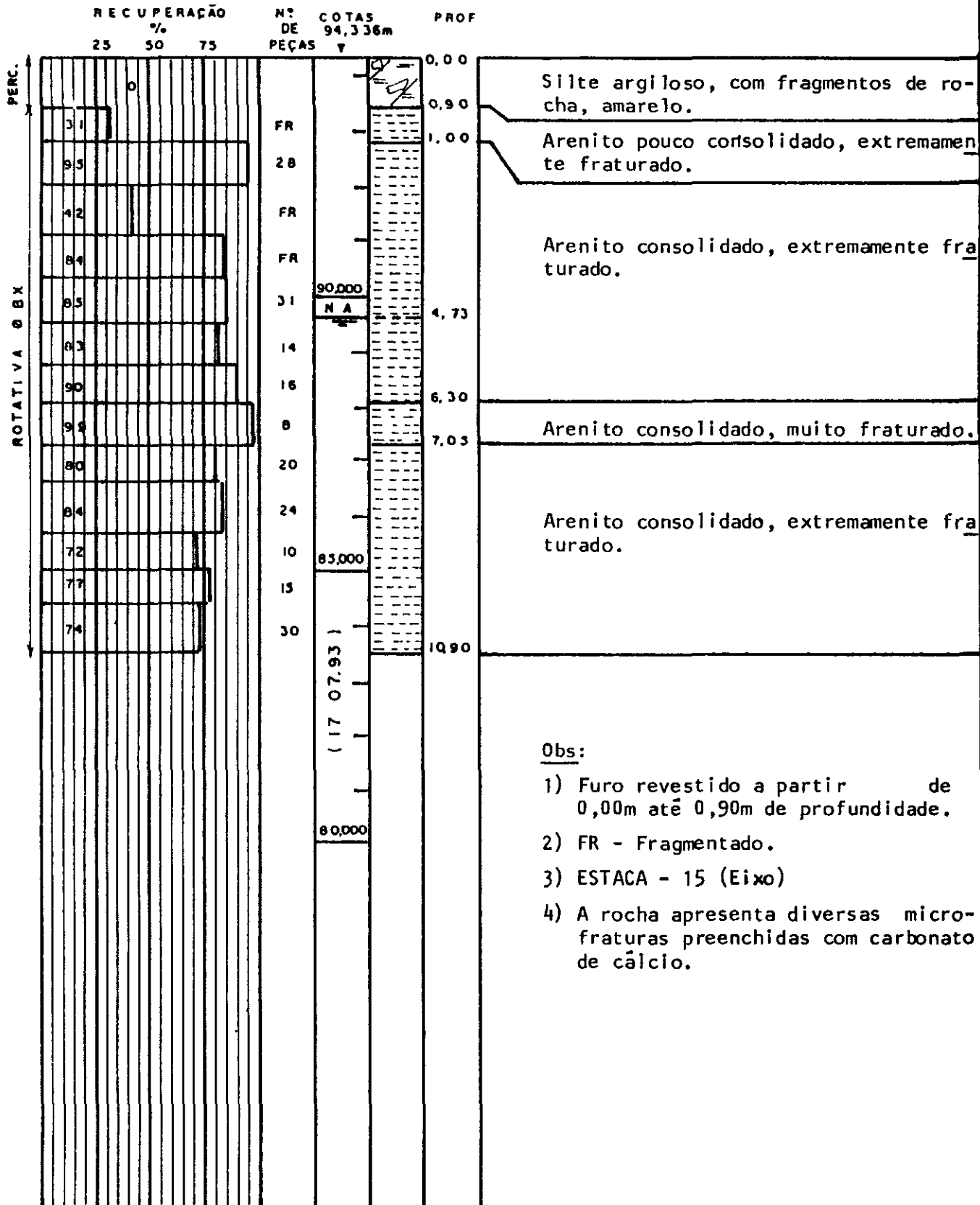
VBA-CONSULTORIA ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.			
DATA	20/08/93	DES	VISTO
ESC	1:100	A PROV	Geonorte
SONDAGEM - SM-2 Barr. Angicos-Coreau - Ceará			T-192/93 DES.02

000084

SONDAGEM ROTATIVA

SR-01

74



Obs:

- 1) Furo revestido a partir de 0,00m até 0,90m de profundidade.
- 2) FR - Fragmentado.
- 3) ESTACA - 15 (Eixo)
- 4) A rocha apresenta diversas microfaturas preenchidas com carbonato de cálcio.

DATA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA
17/07/93

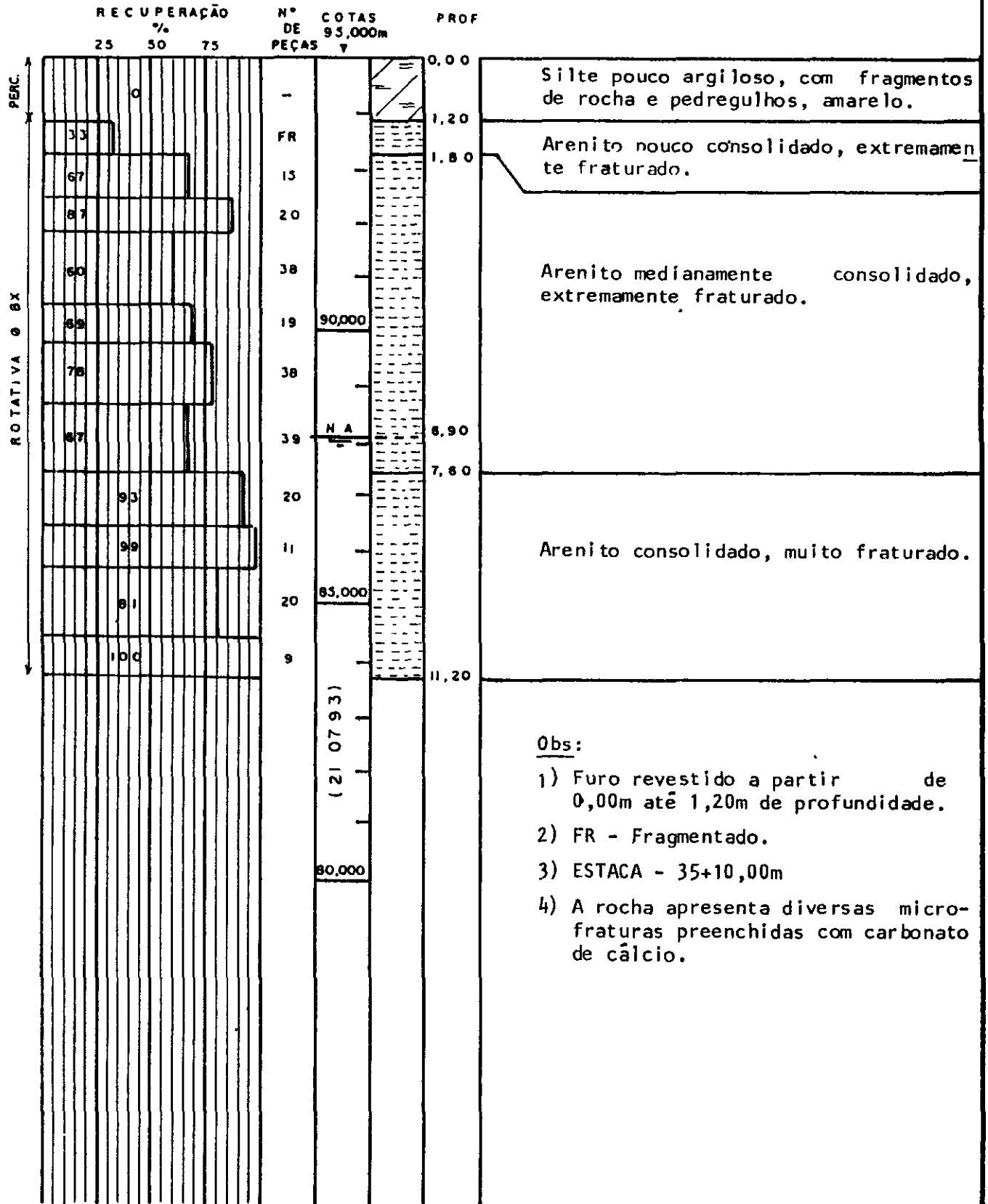
VBA-CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.			
DATA. 20/08/93	DES	VISTO	Geonorte
ESC 1:100	A PRO		
SONDAGEM - SR-01			T-192/93
Barr. Angicos-Coreau - Ceará.			DES.03

000085

SONDAGEM ROTATIVA

SR-02

75



DATA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA
22/07/93

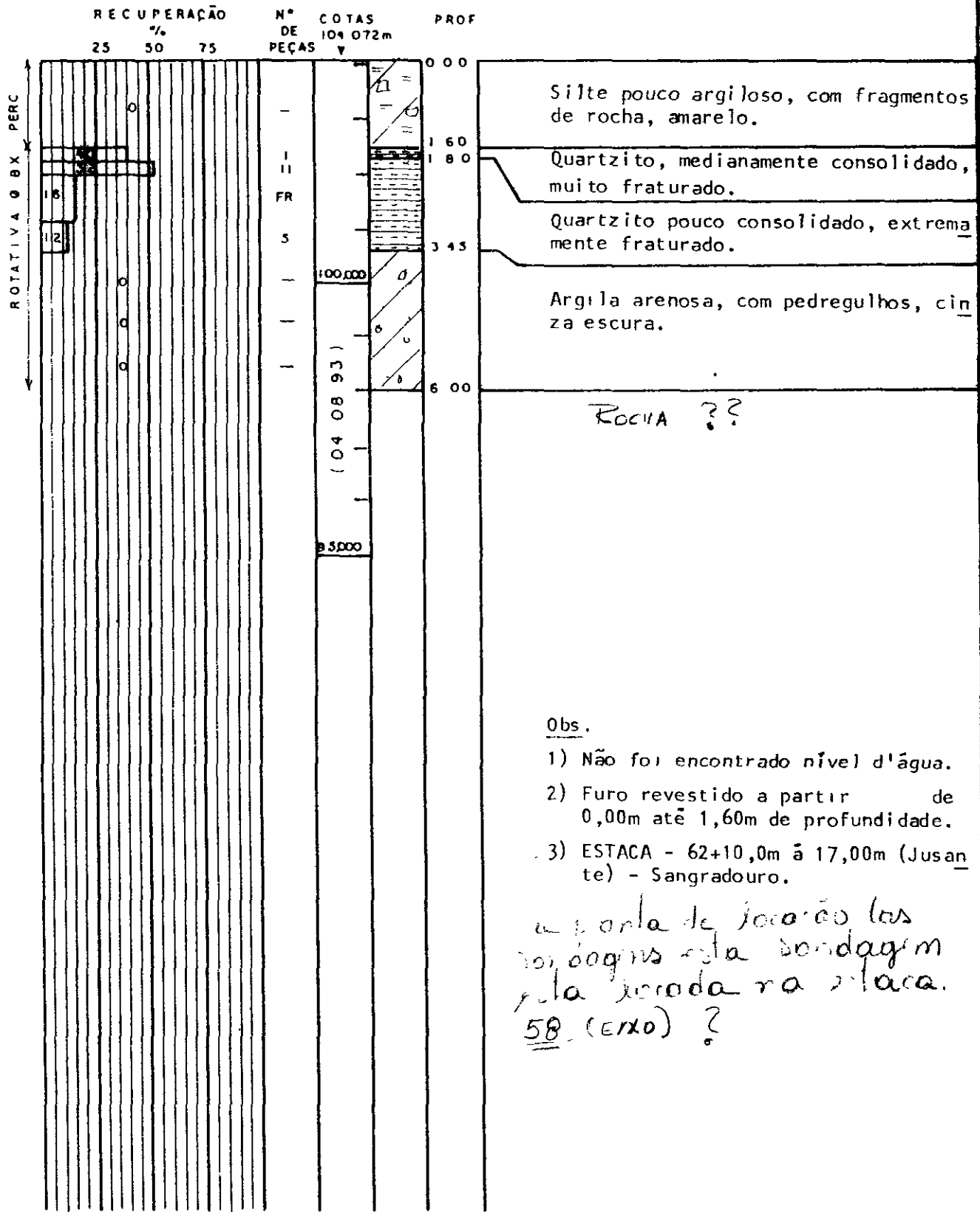
000086

VBA-CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.			
DATA	20/08/93	DES	VISTO
ESC	1:100	APROV.	Geonorte
SONDAGEM - SR-02			T-192/93
Barr. Angicos-Coreau - Cearã.			DES.04

SONDAGEM ROTATIVA

SR-03

76



Obs.

- 1) Não foi encontrado nível d'água.
- 2) Furo revestido a partir de 0,00m até 1,60m de profundidade.
- 3) ESTACA - 62+10,0m à 17,00m (Jusante) - Sangradouro.

*a porta de locação das sondagens esta sondagem pela locada na estaca.
58 (ERRO) ?*

VBA-CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.

DATA 20/08/93	DES. <i>[assinatura]</i>	VISTO. <i>[assinatura]</i>
ESC 1:100	APROV. <i>[assinatura]</i>	

Geonorte

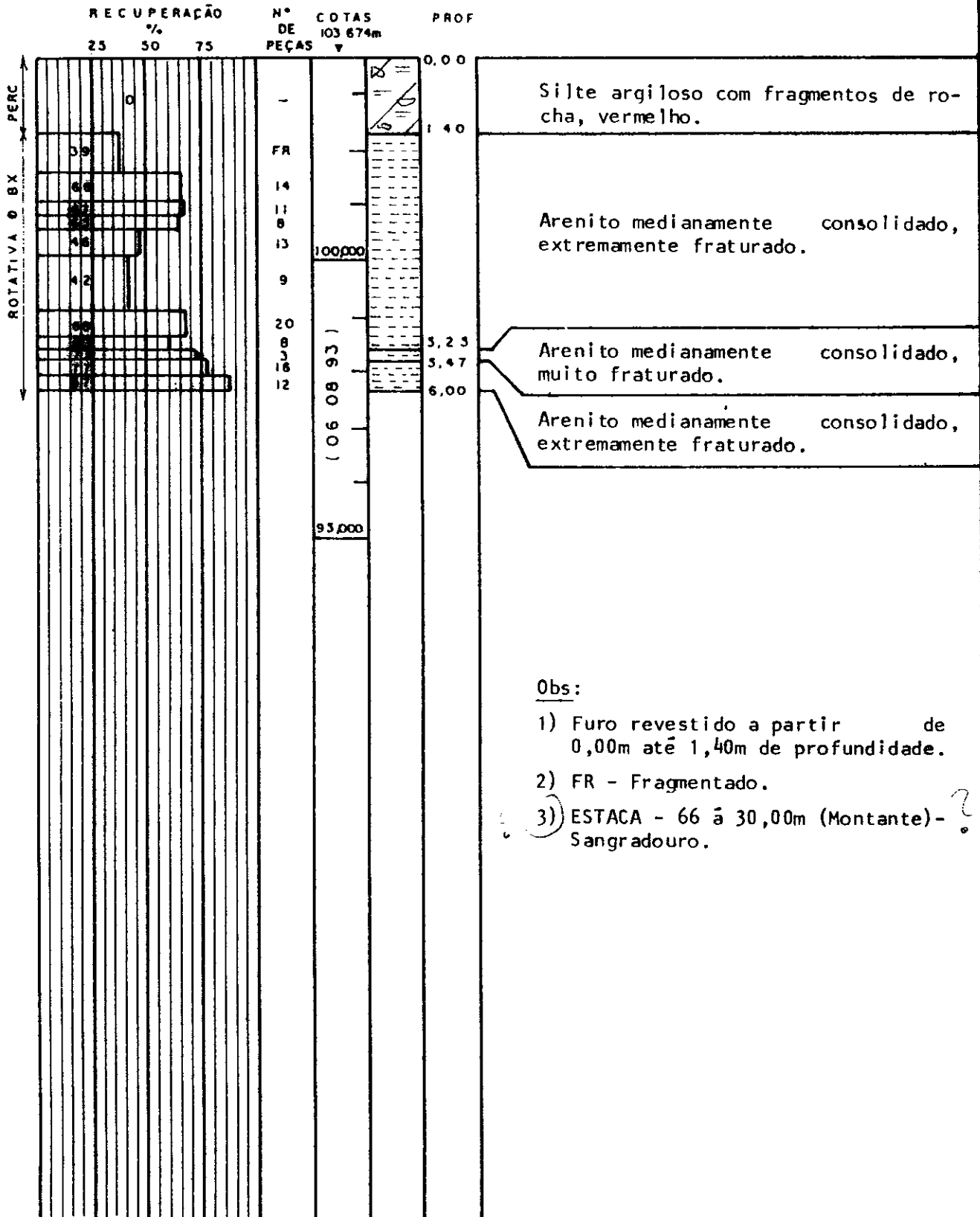
SONDAGEM - SR-03 Barr. Angicos-Coreau - Ceará.	T-192/93 DES.05
---	--------------------

000087

SONDAGEM ROTATIVA

SR-04

77



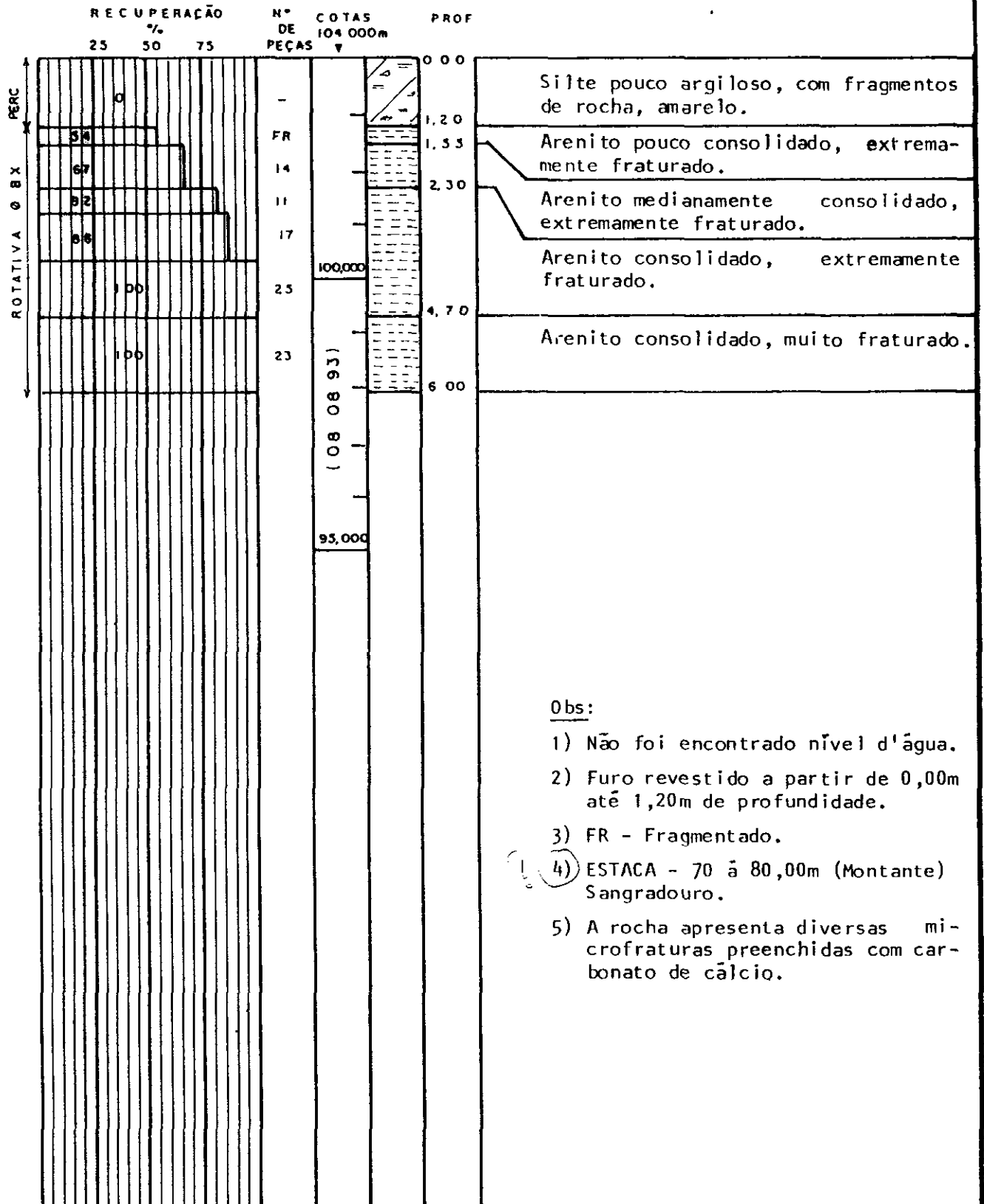
000088

VBA-CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.			
DATA 20/08/93	DES <i>[assinatura]</i>	VISTO <i>[assinatura]</i>	Geonorte
ESC 1:100	A PROY		
SONDAGEM - SR-04			T-192/93
Barr. Angicos-Coreau - Ceará.			DES.06

SONDAGEM ROTATIVA

SR-05

78



Obs:

- 1) Não foi encontrado nível d'água.
- 2) Furo revestido a partir de 0,00m até 1,20m de profundidade.
- 3) FR - Fragmentado.
- 4) ESTACA - 70 à 80,00m (Montante) Sangradouro.
- 5) A rocha apresenta diversas microfaturas preenchidas com carbonato de cálcio.

000089

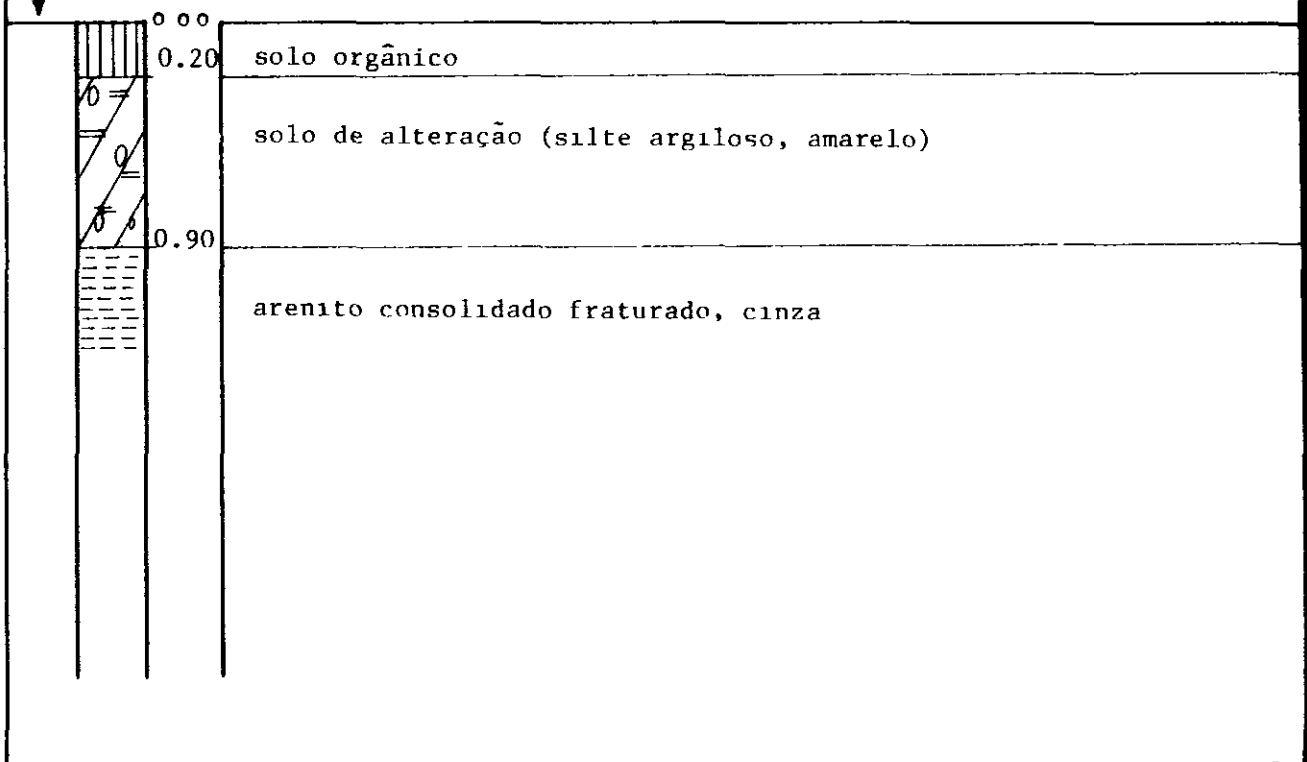
VBA-CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS.			
DATA 20/08/93	DES <input checked="" type="checkbox"/>	VISTO <input checked="" type="checkbox"/>	Geonorte
ESC 1:100	A PROVA <input checked="" type="checkbox"/>		
SONDAGEM - SR-05			T-192/93
Barr. Angicos-Coreau - Ceará.			DES.07

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

SPP-1

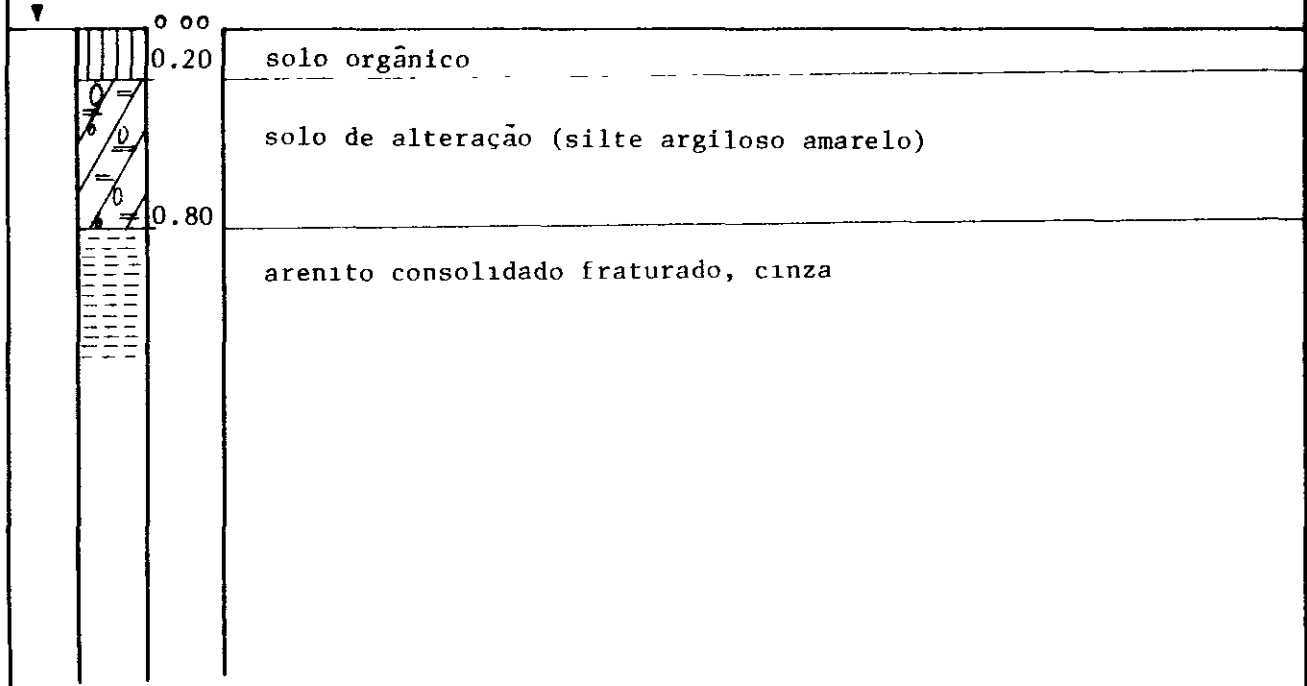
COTAS PROF (m) OMBREIRA DIREITA - EST. 12

102.339



98.540

SPP-2
OMBREIRA DIREITA - EST. 13



SRH / VBA

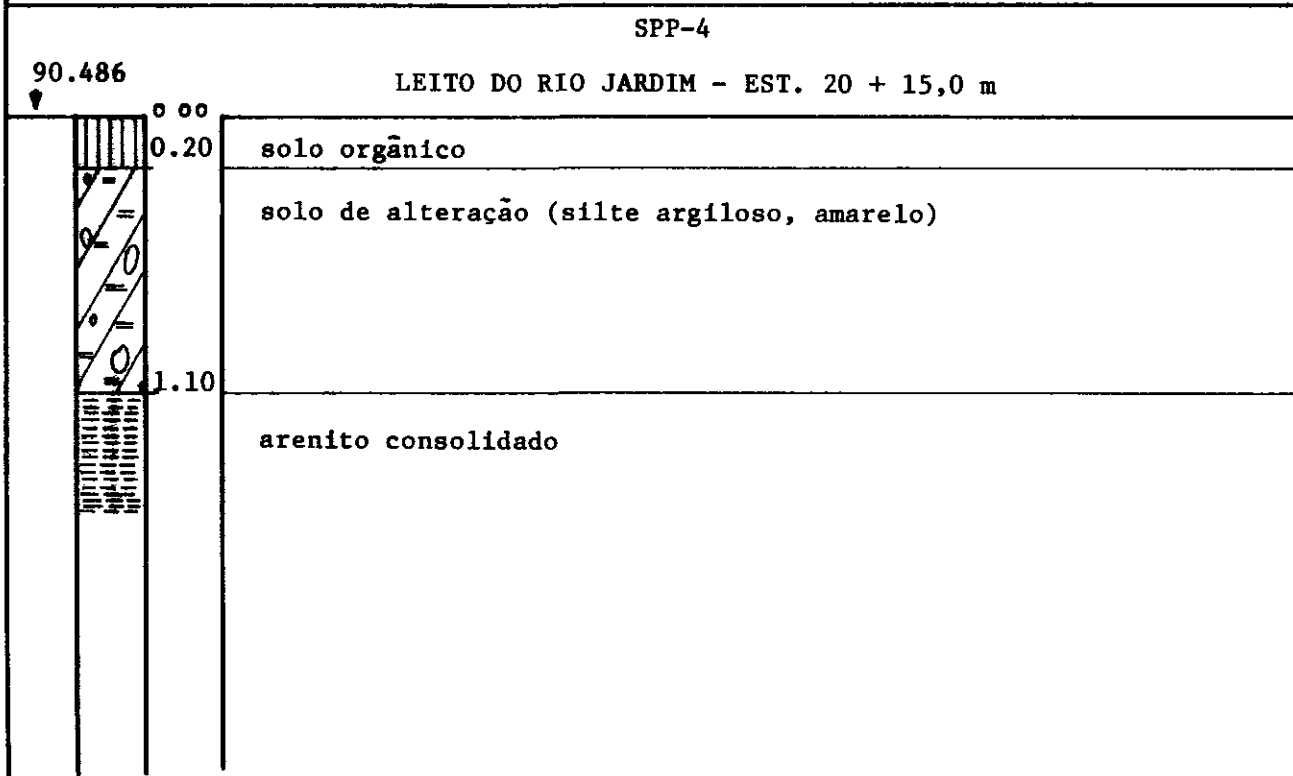
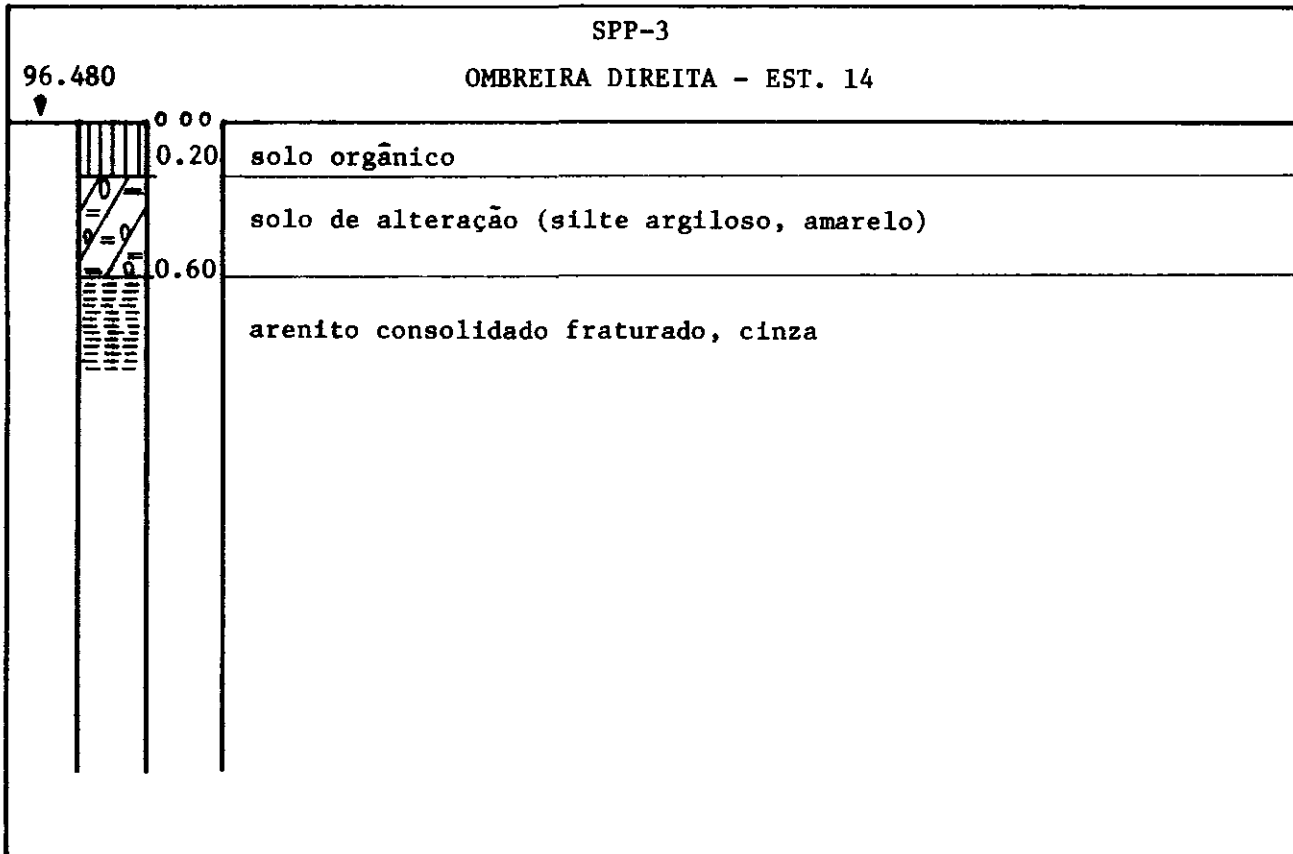
DATA	AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 8
ESC	1/30	APROV		

000090

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

80

COTAS PROF (m)

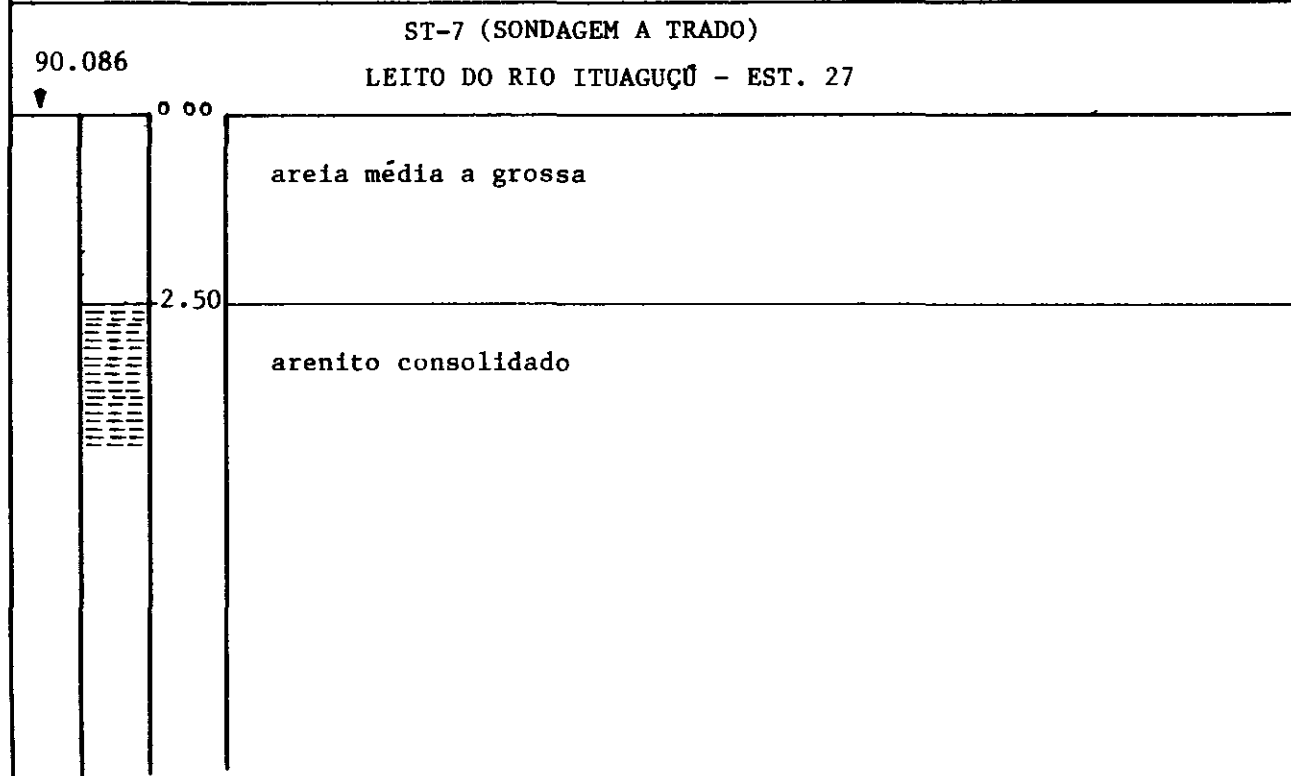
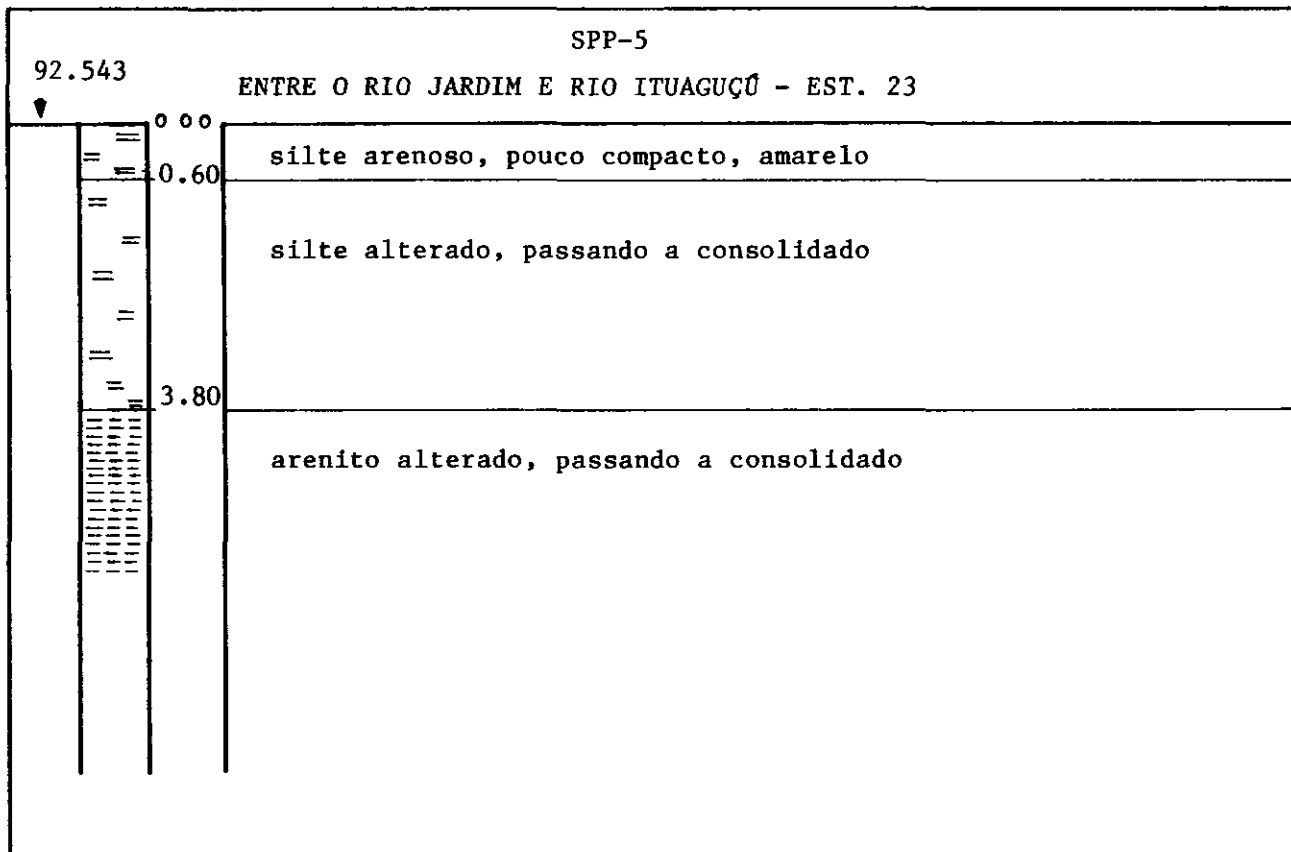


SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 9
ESC 1/30	APROV		

000091

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

COTAS PROF (m)



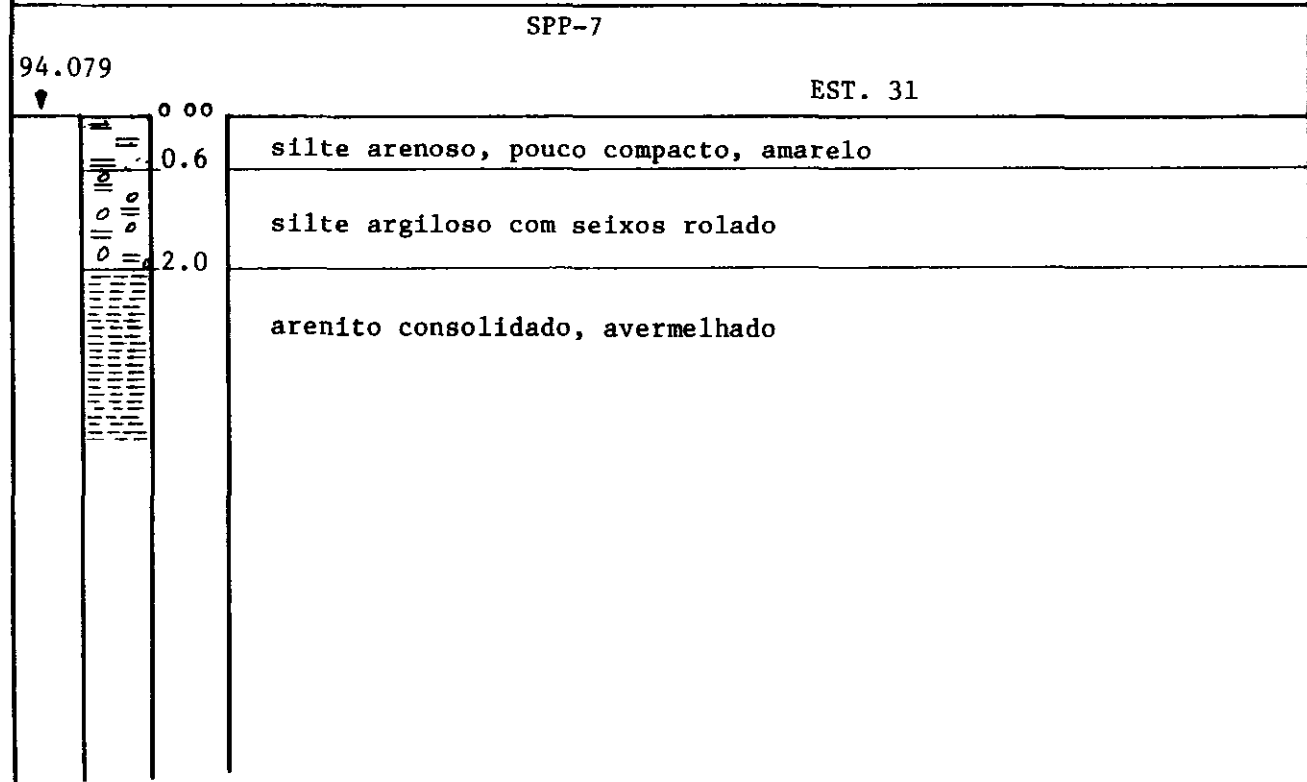
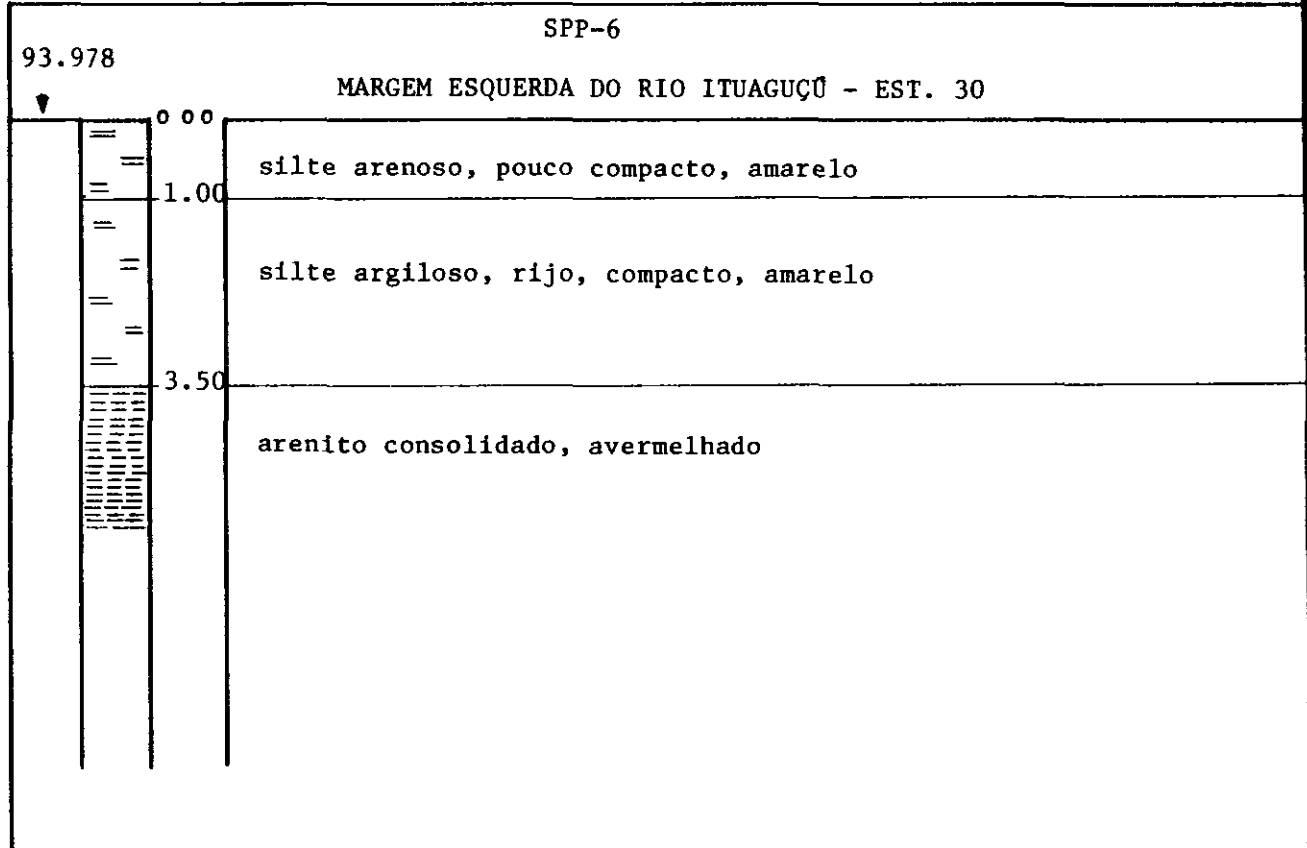
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 10
ESC 1/100	APROV		

000092

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

82

COTAS PROF (m)



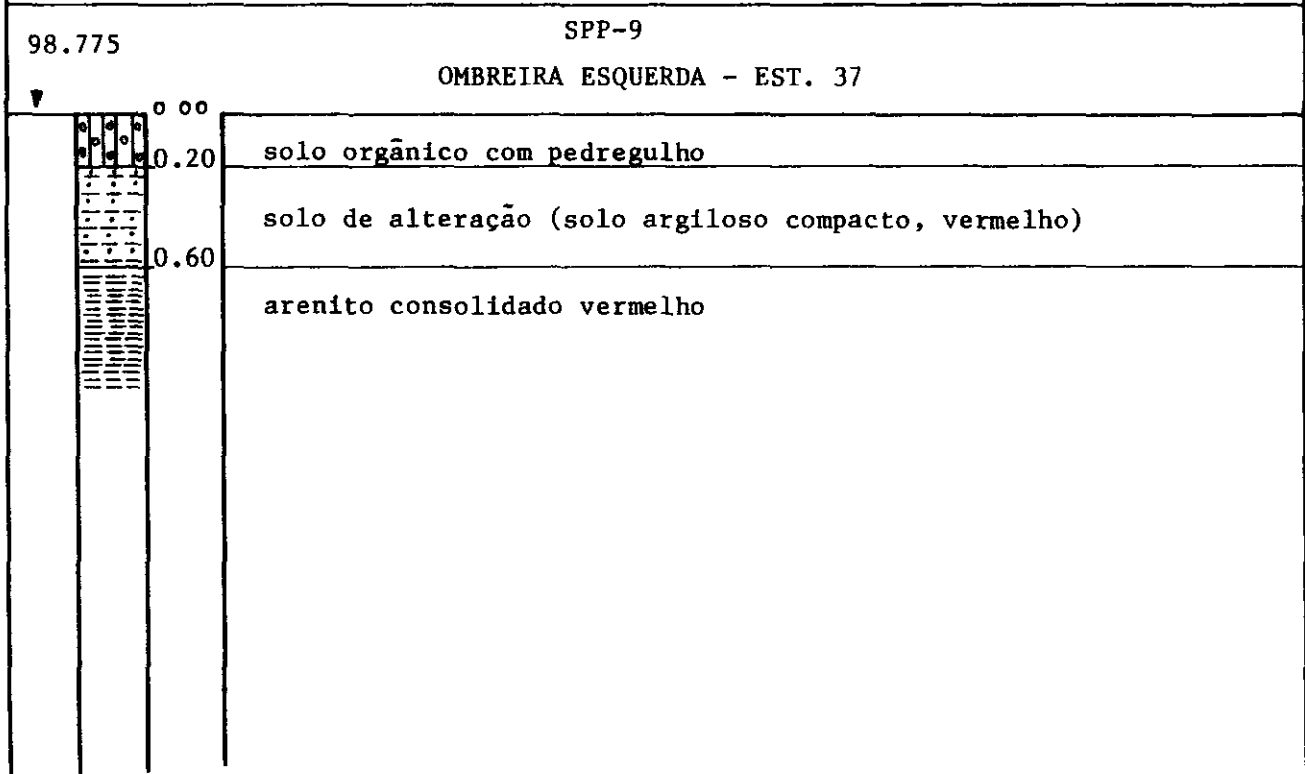
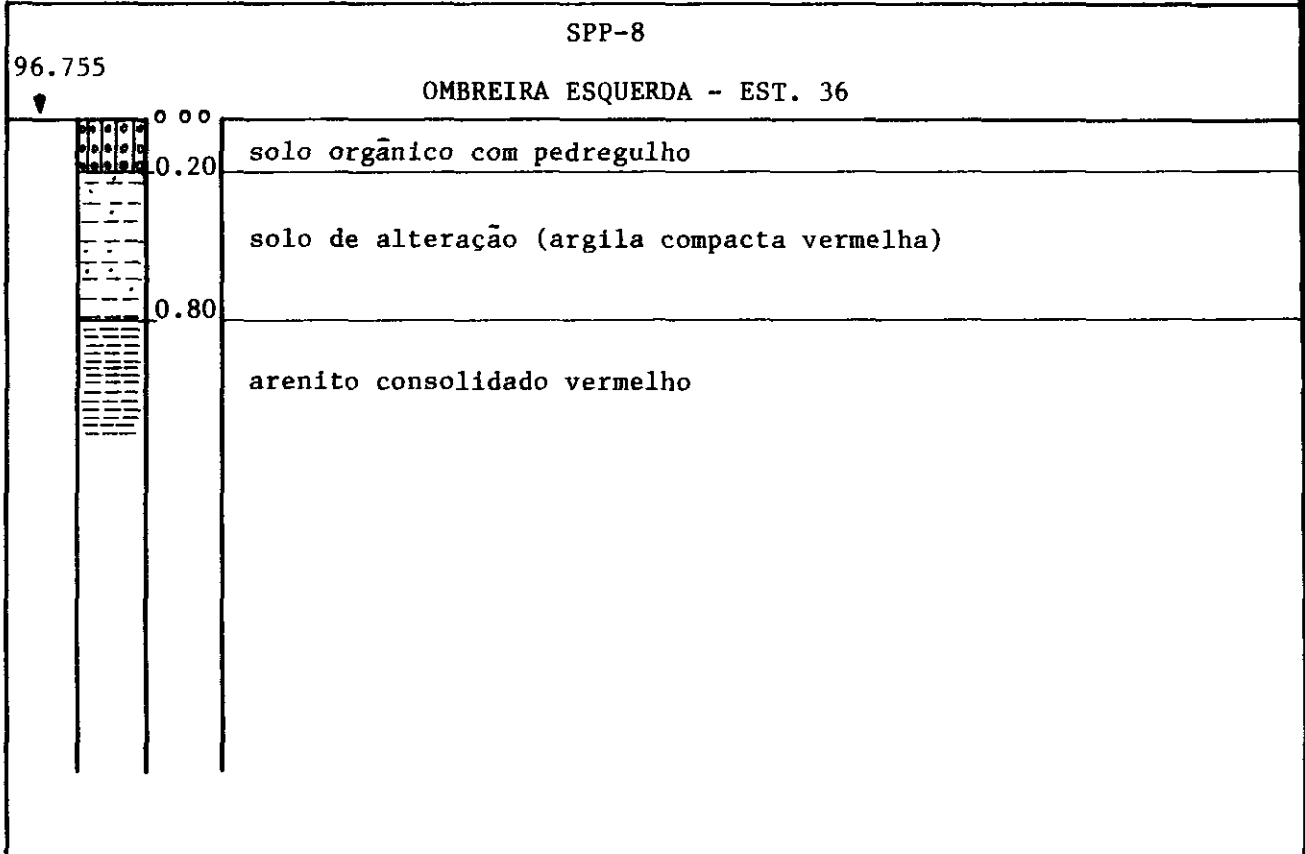
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 11
ESC 1/100	APROV		

000093

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

83

COTAS PROF (m)



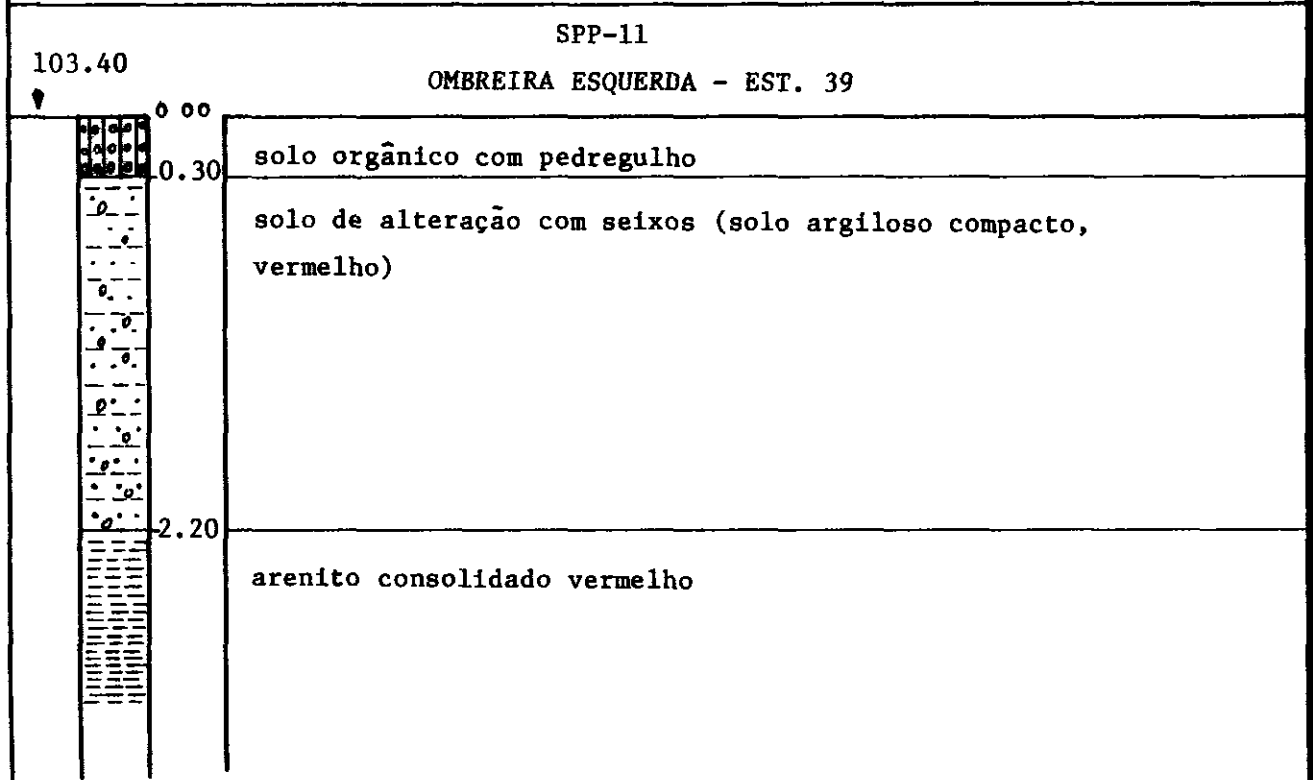
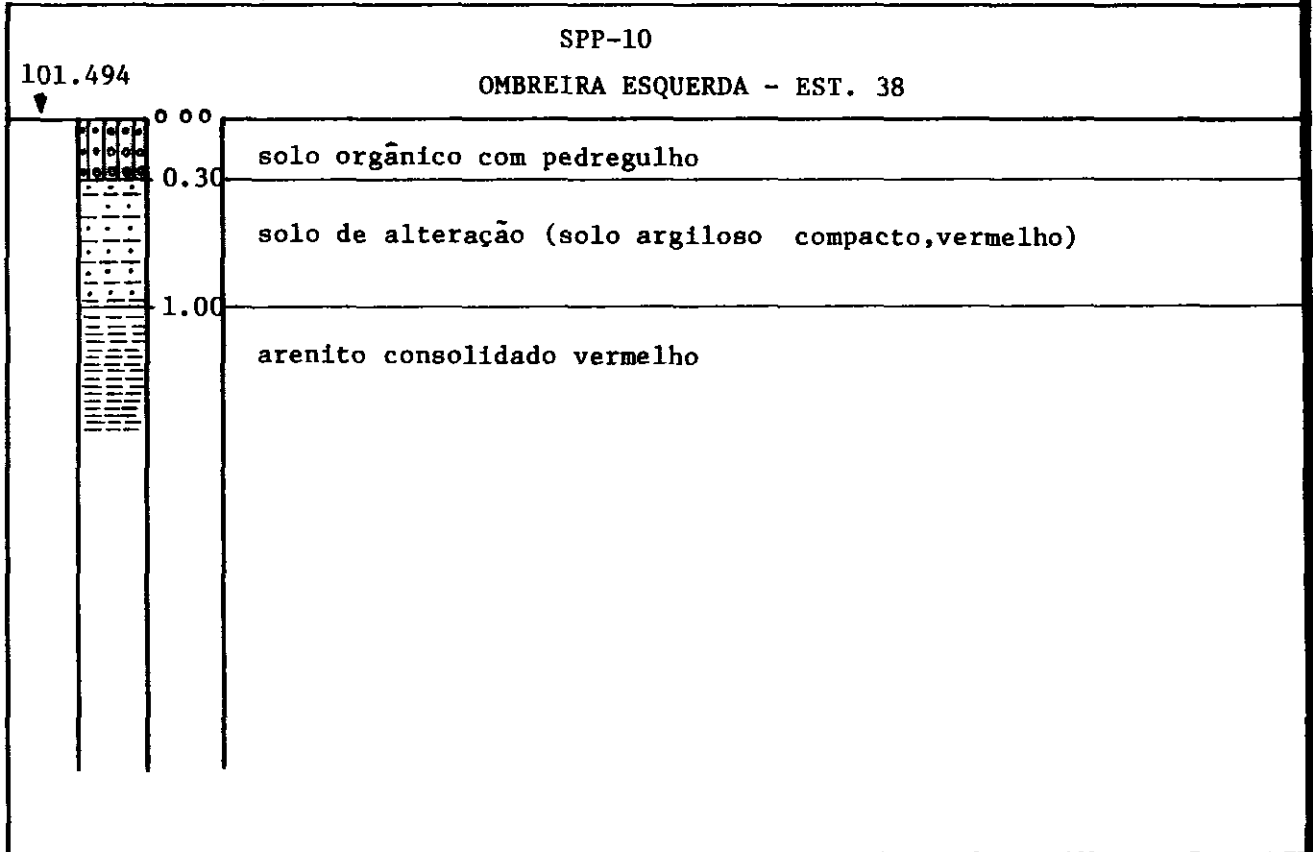
SRH / VBA			
DATA	AGO/93	DES	VISTO
ESC	1/30	APROV	DESENHO Nº 12

000094

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

84

COTAS PROF (m)



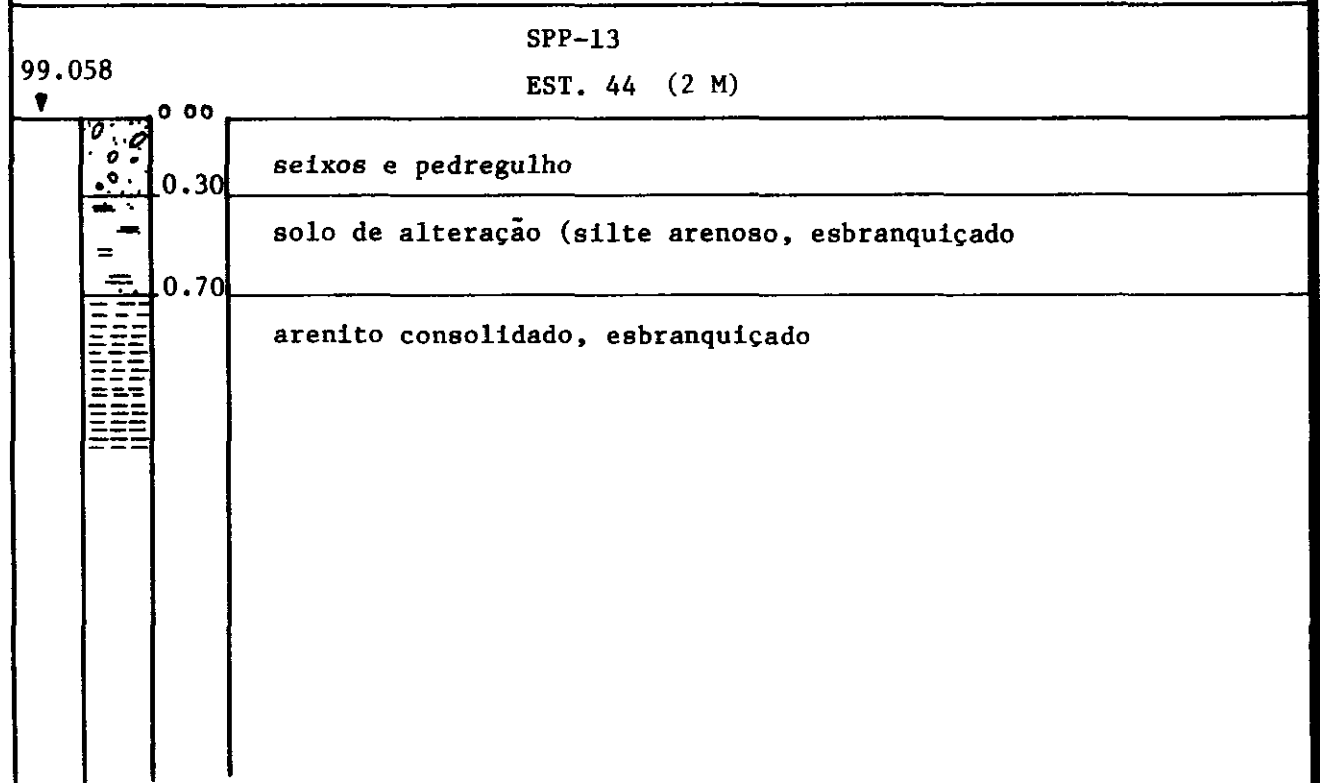
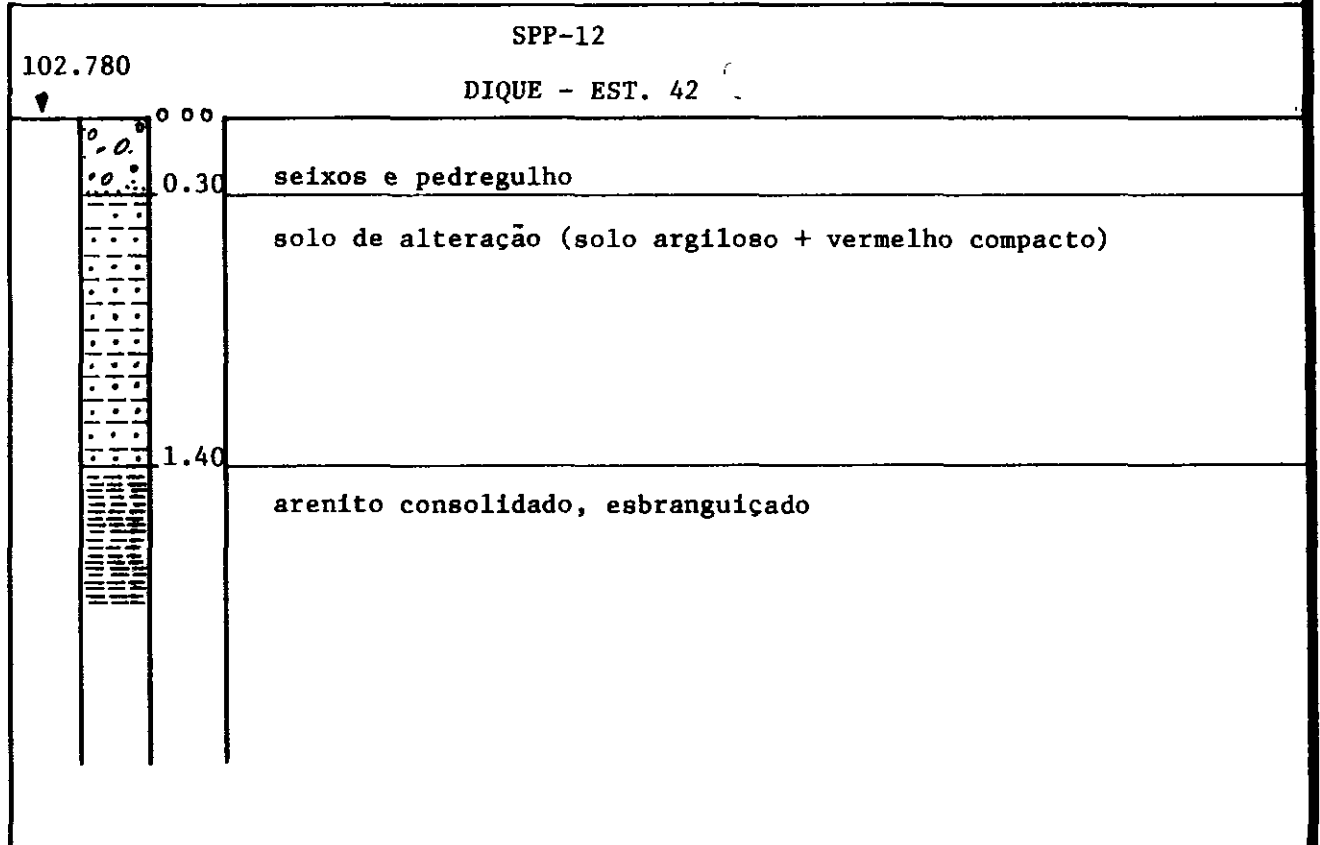
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 13
ESC 1/30	APROV		

000095

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

85

COTAS PROF (m)



SRH / VBA

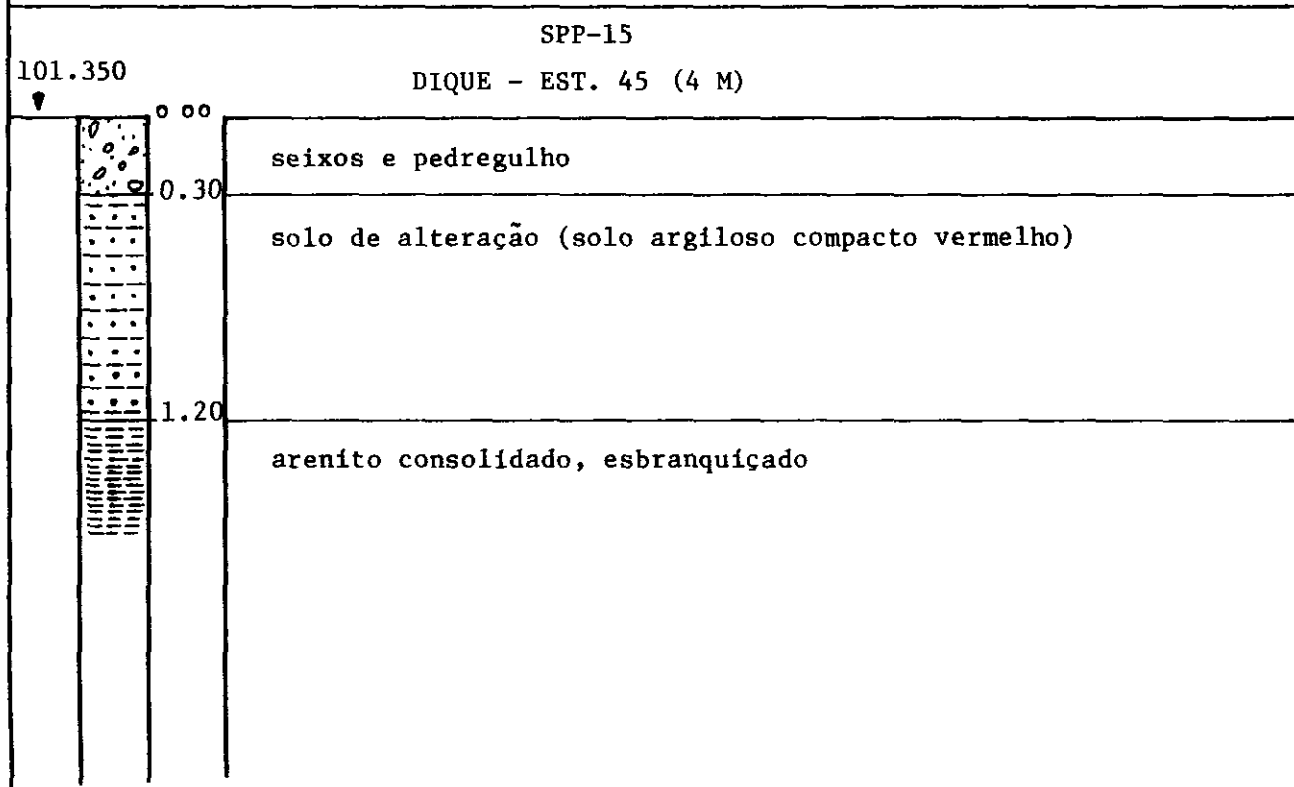
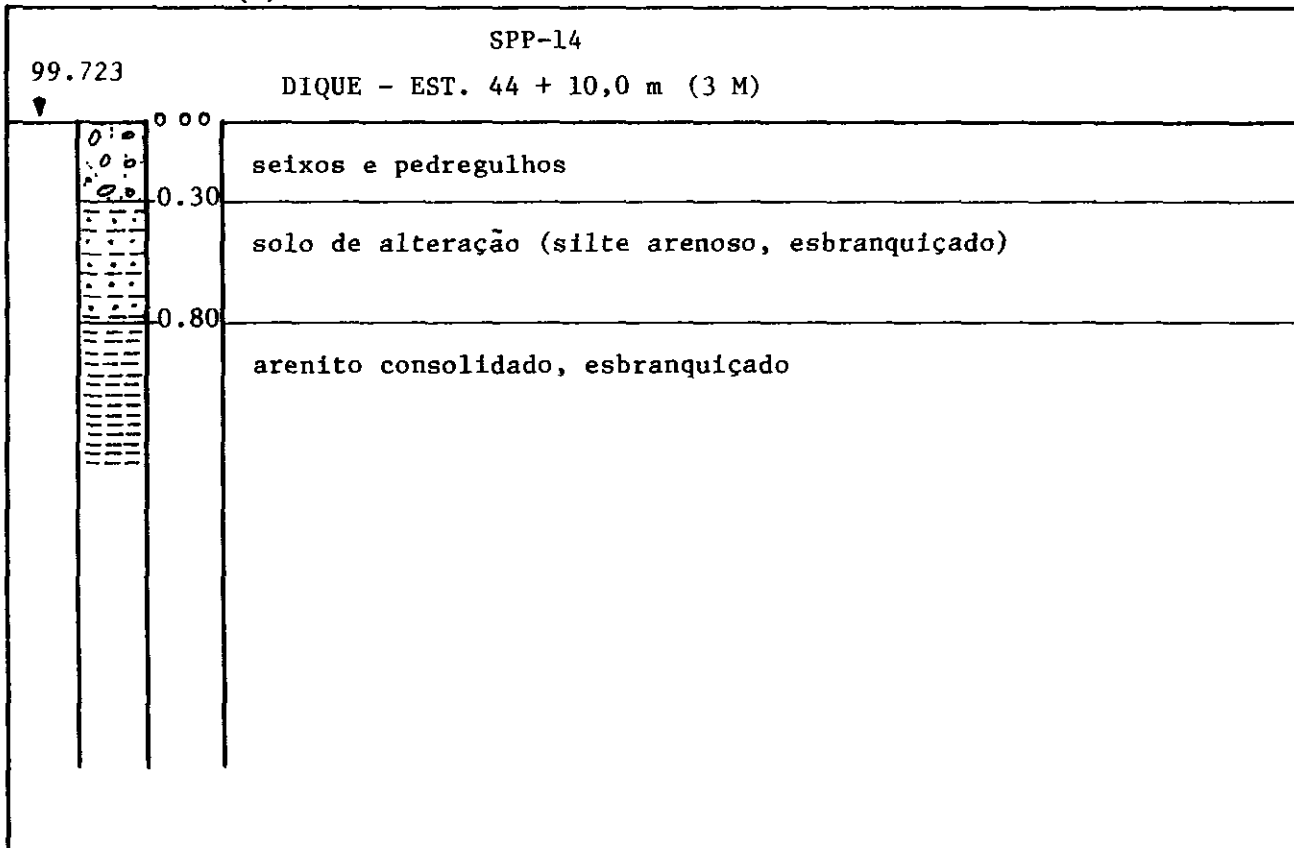
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 14
ESC 1/30	APROV		

000096

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

86

COTAS PROF (m)



SRH / VBA

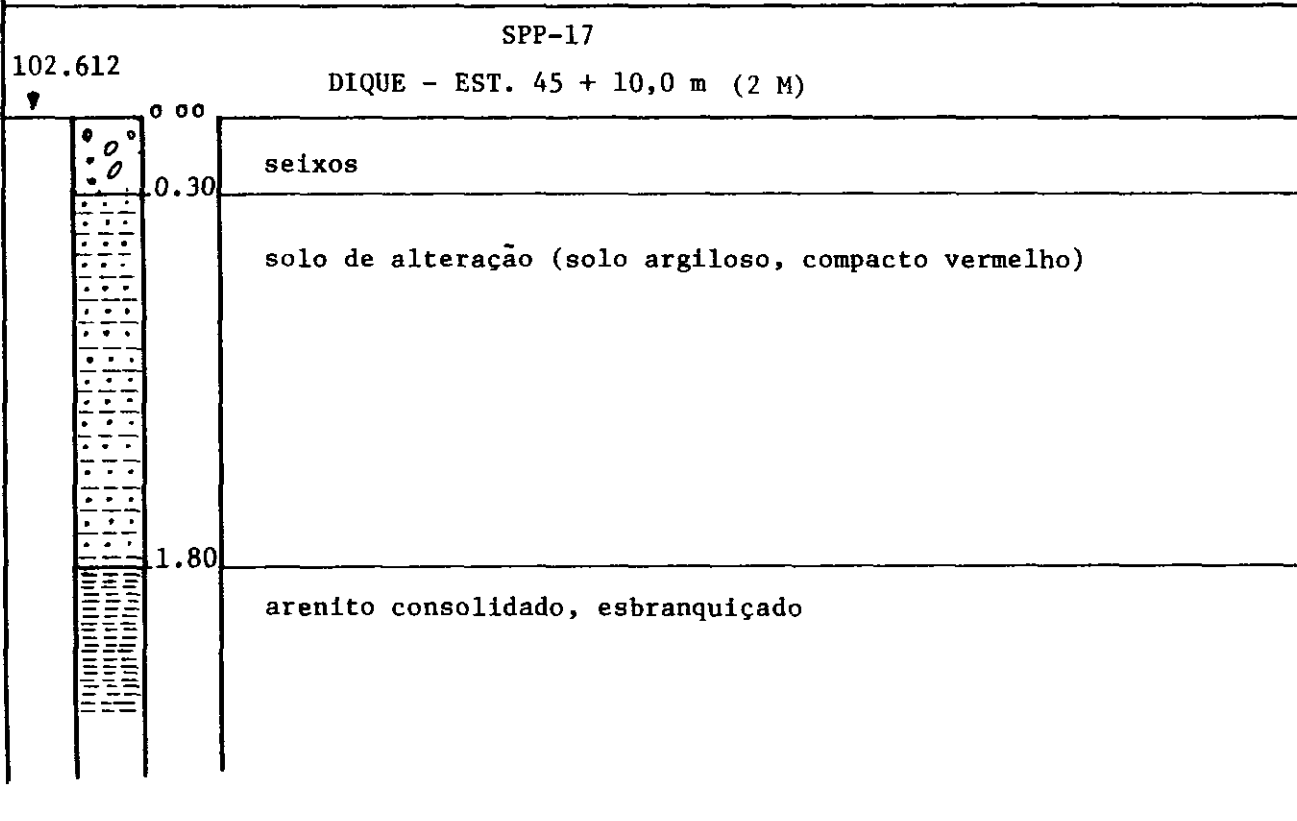
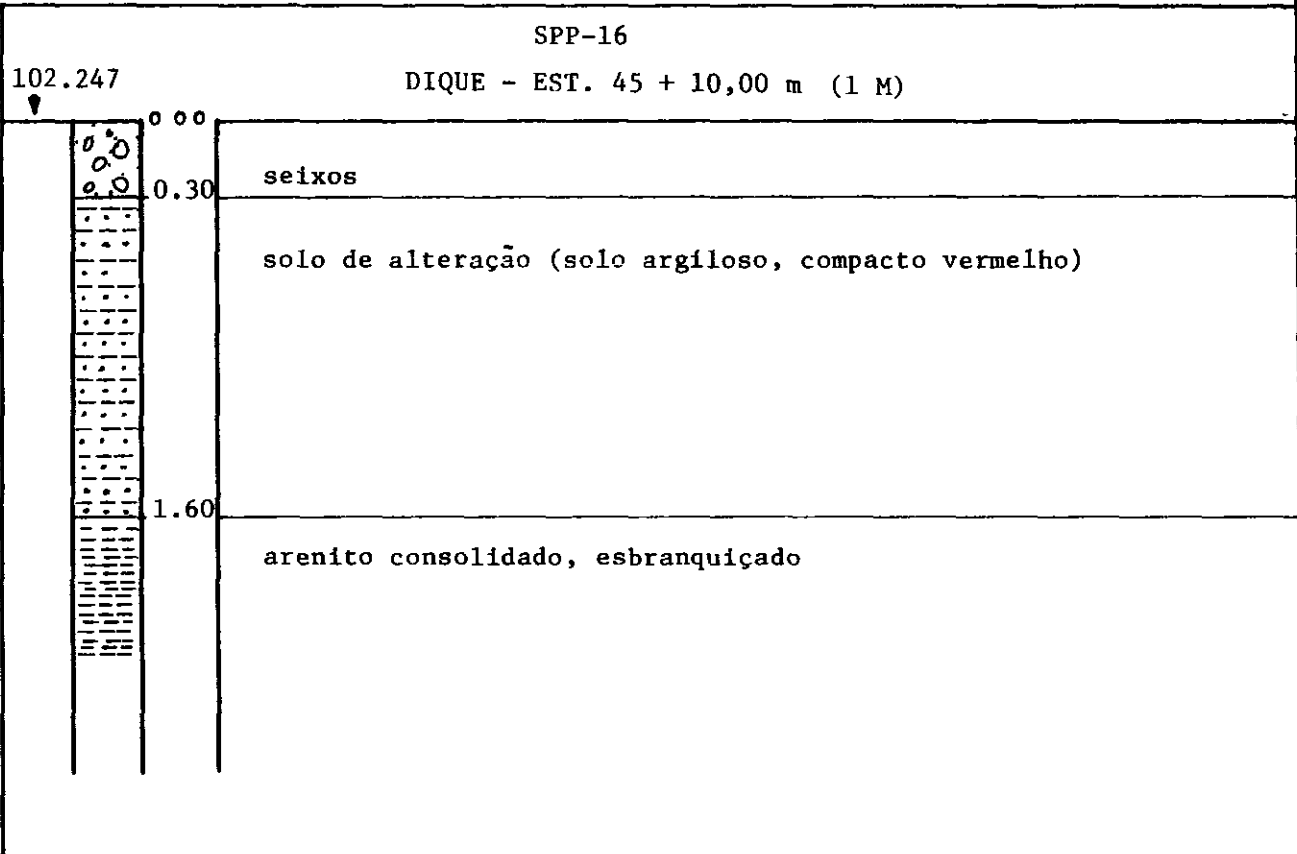
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 15
ESC 1/30	APROV		

000097

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

87

COTAS PROF (m)



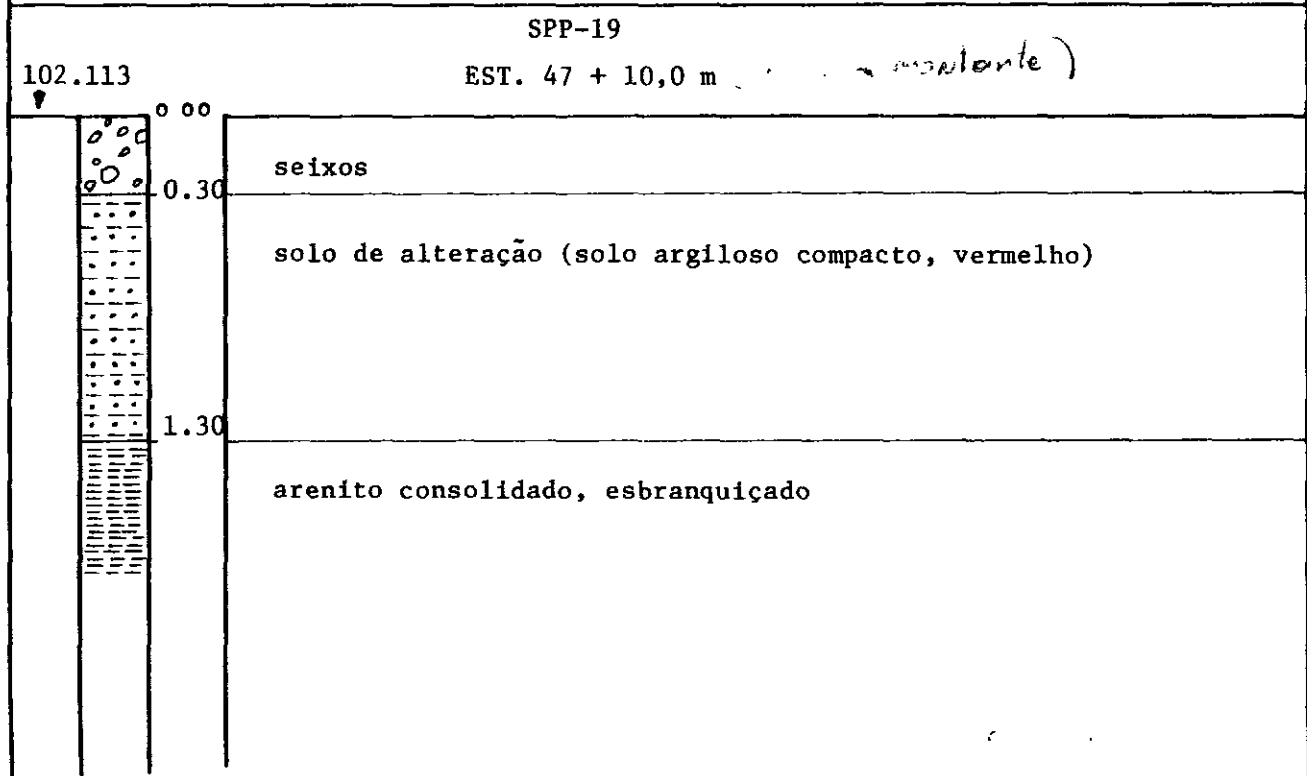
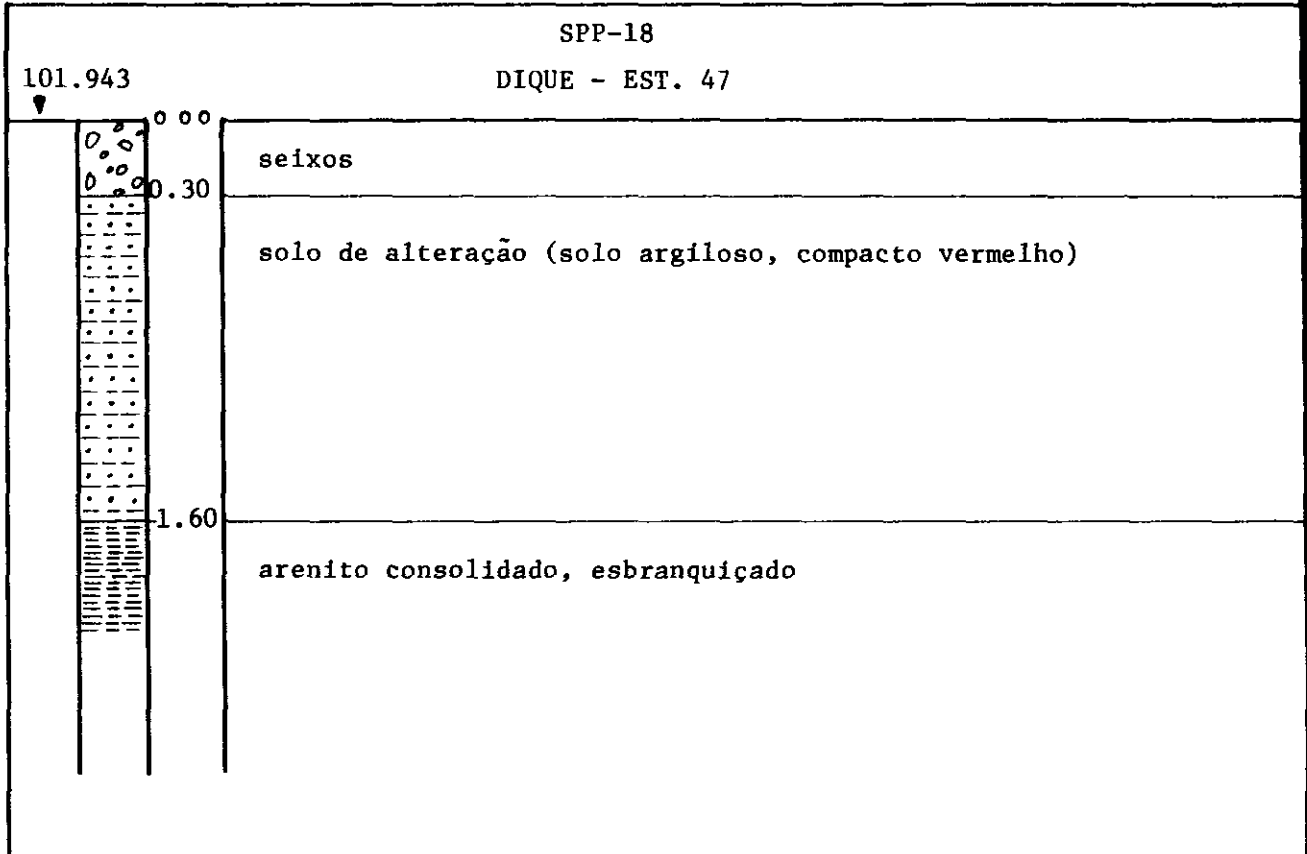
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 16
ESC 1/30	APROV		

000098

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

88

COTAS PROF (m)



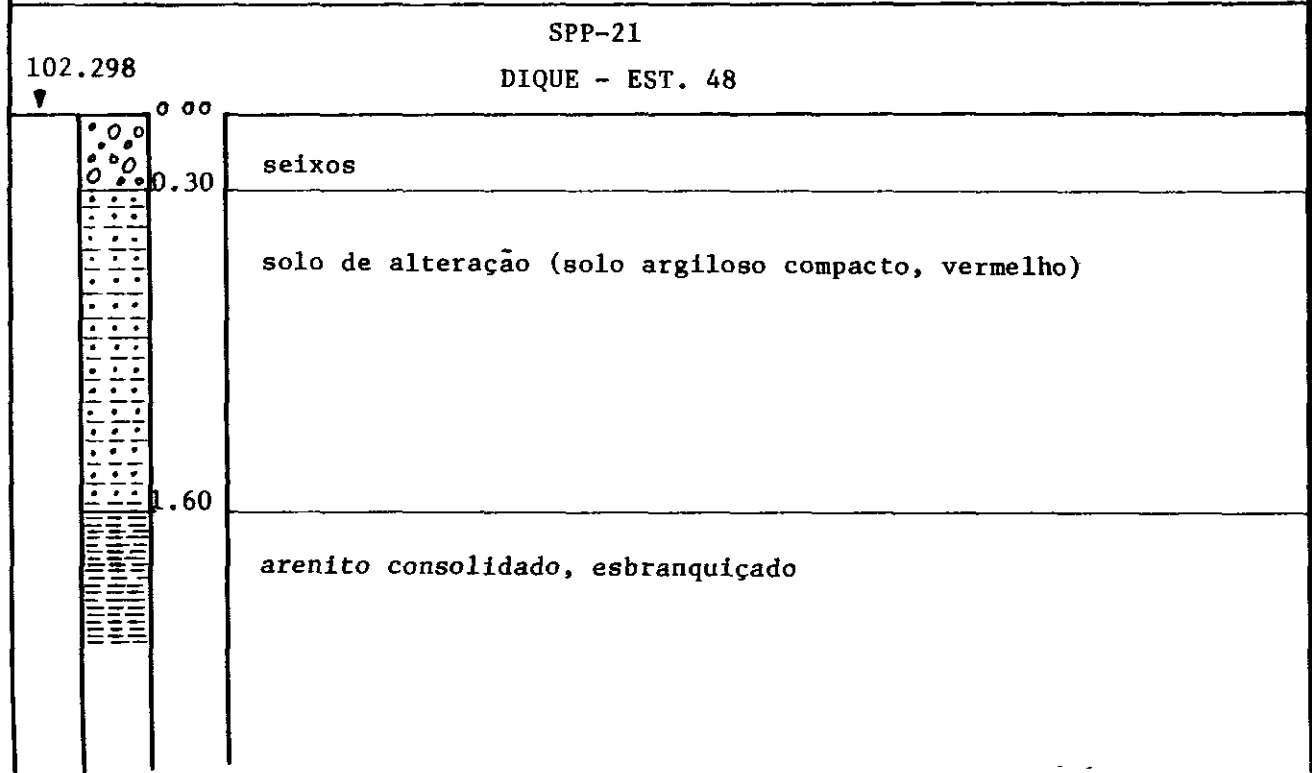
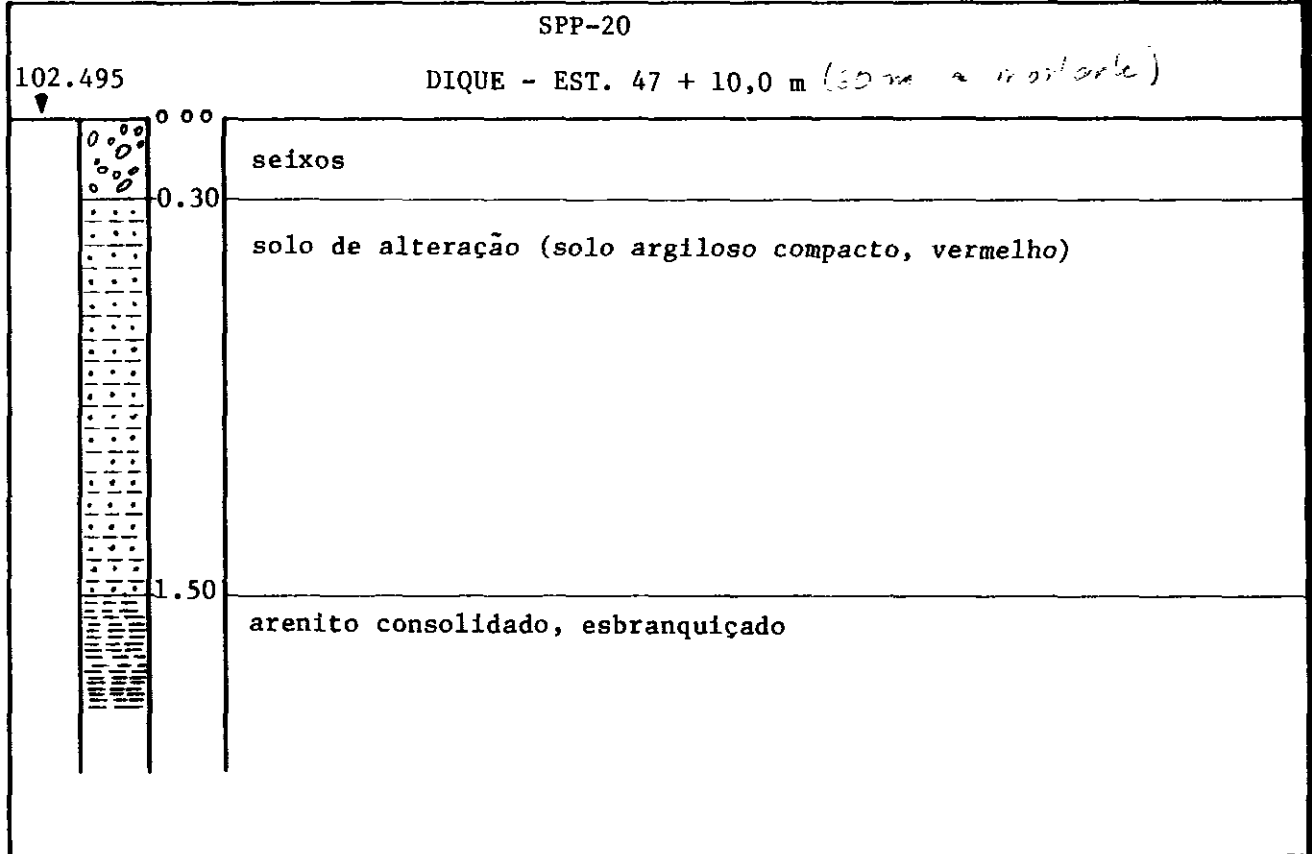
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 17
ESC 1/30	APROV		

000099

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

89

COTAS PROF (m)



SRH / VBA

DATA AGO/93

DES

VISTO

ESC 1/30

APROV

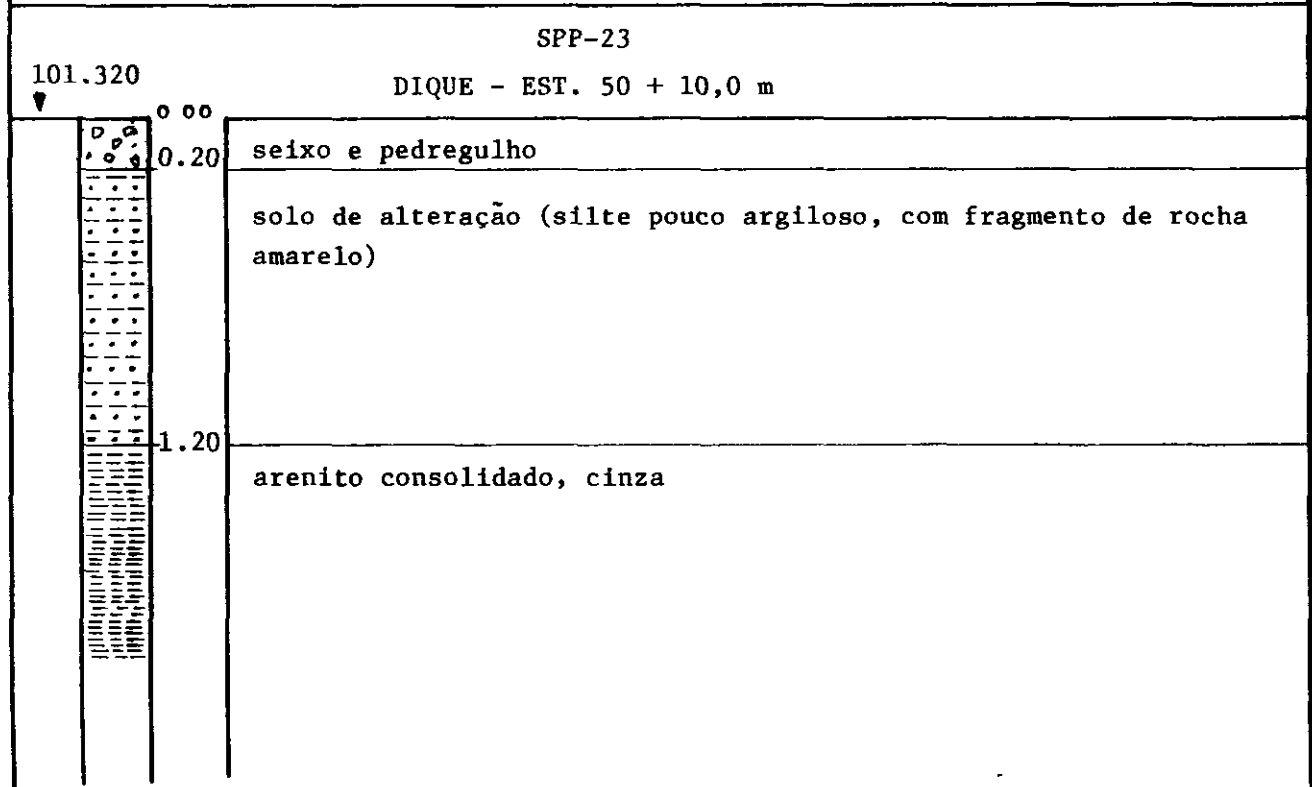
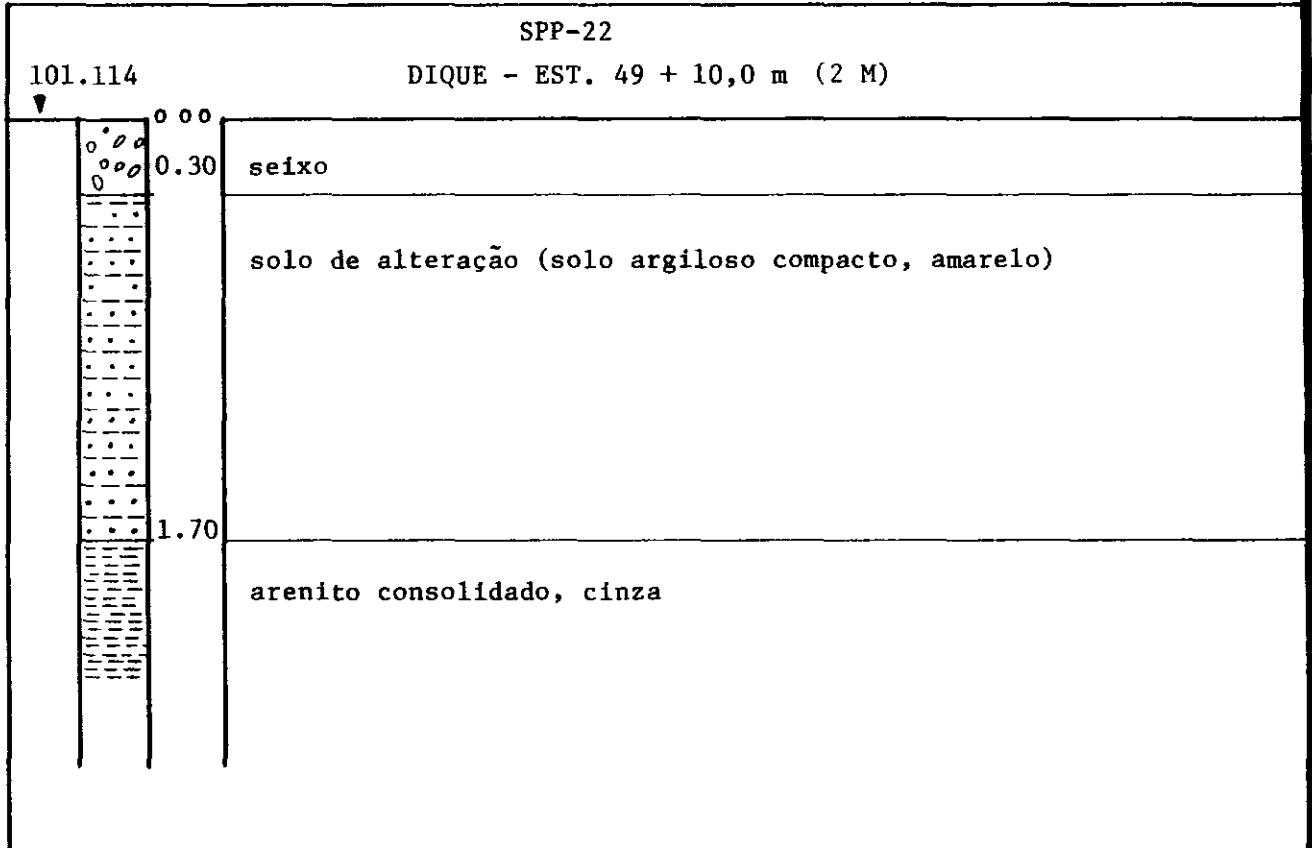
DESENHO Nº 18

000100

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

90

COTAS PROF (m)



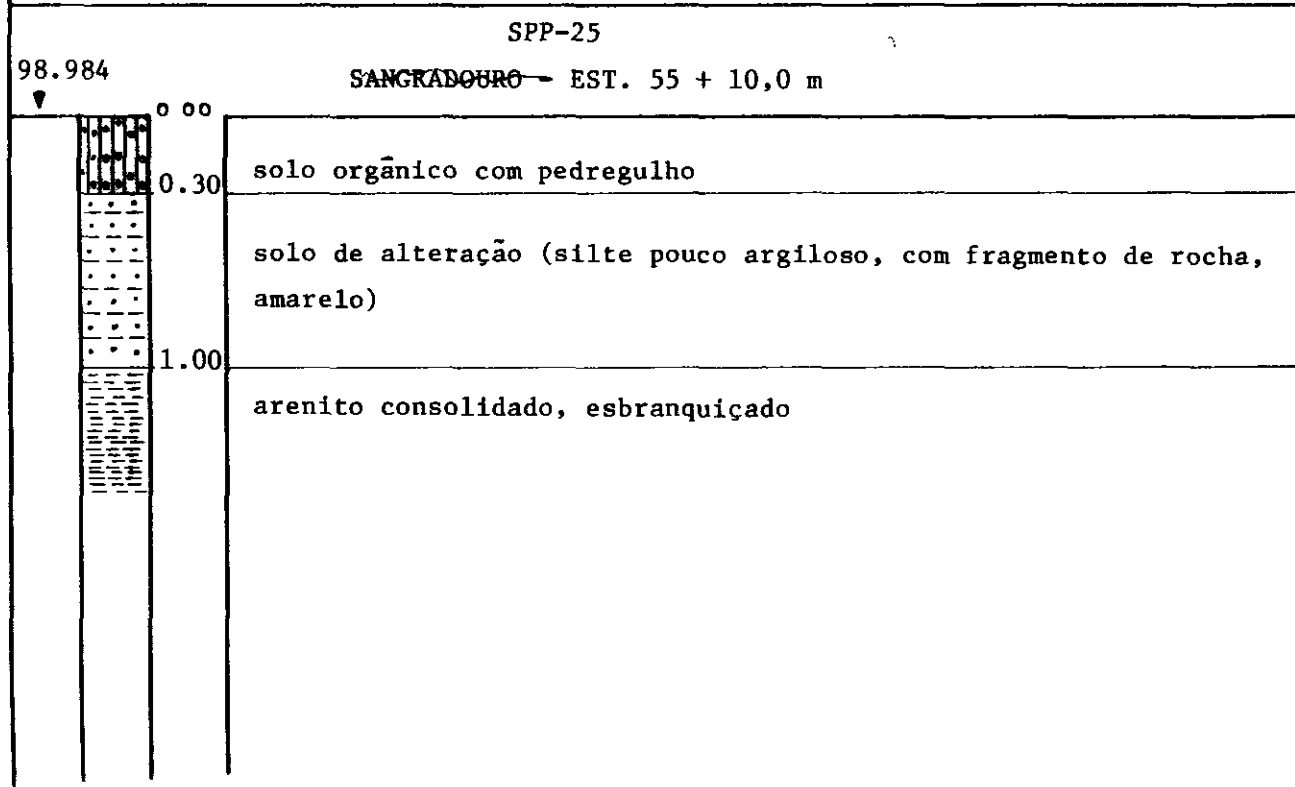
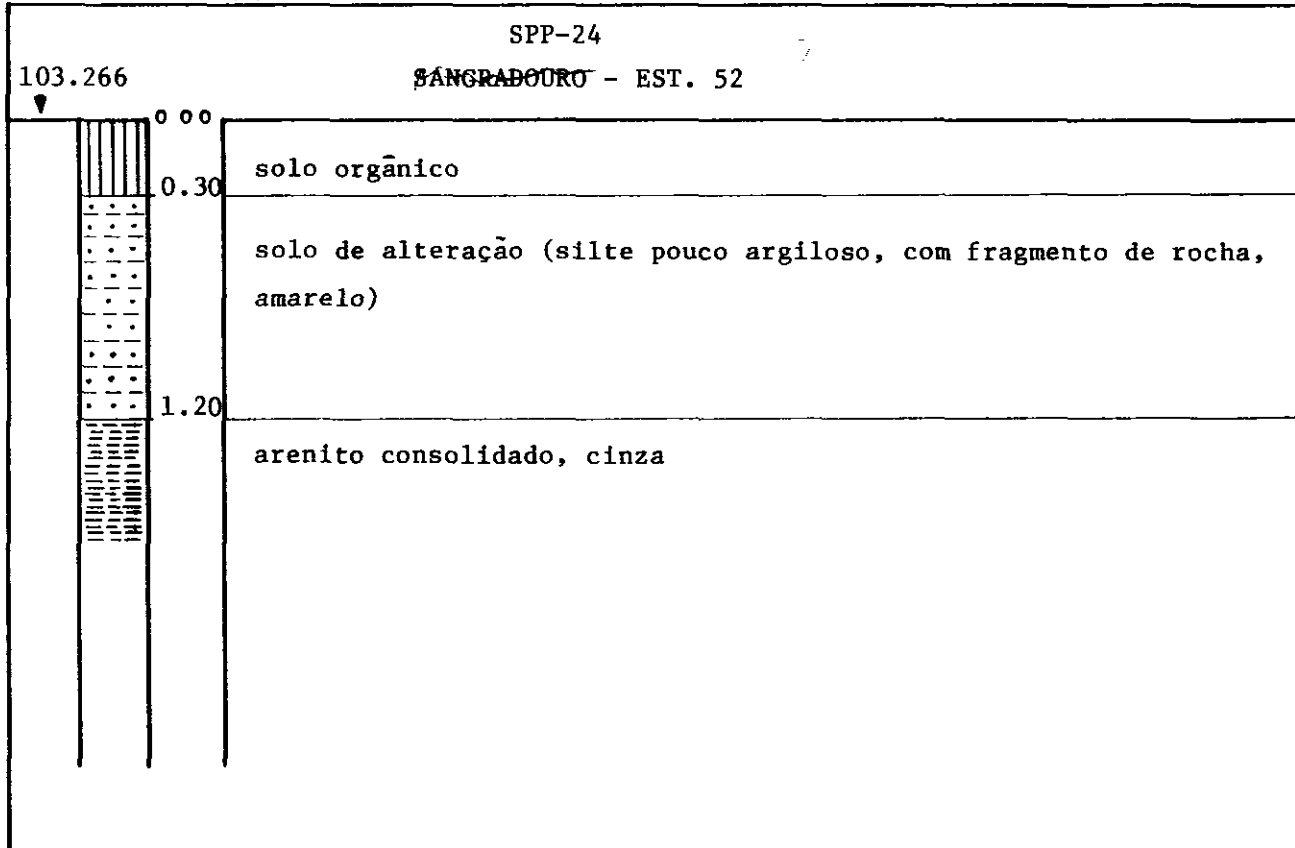
000101

SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 19
ESC 1/30	APROV		

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

91

COTAS PROF (m)



SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 20
ESC 1/30	APROV		

000102

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

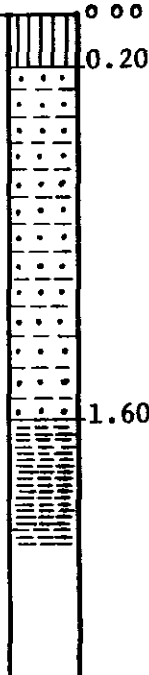
92

COTAS PROF (m)

105.172

SPP-26

SANGRADOURO - EST. 56



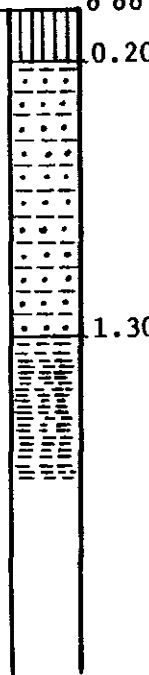
solo orgânico

solo de alteração (silte pouco argiloso amarelo, com fragmentos de rocha)

arenito consolidado, cinza

SPP-27

SANGRADOURO - EST. 61



solo orgânico

solo de alteração (silte argilo amarelo)

arenito consolidado, cinza

SRH / VBA

DATA AGO/93

DES

VISTO

ESC 1/30

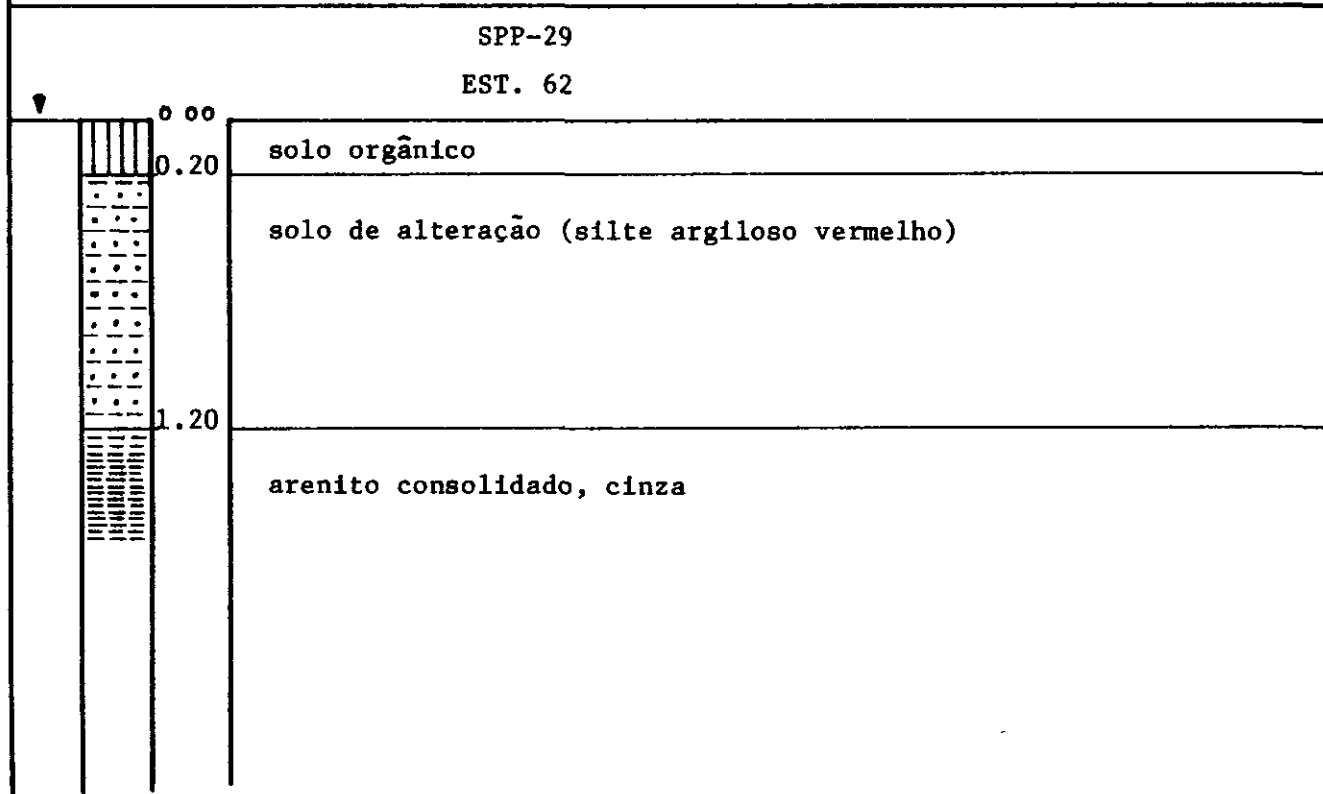
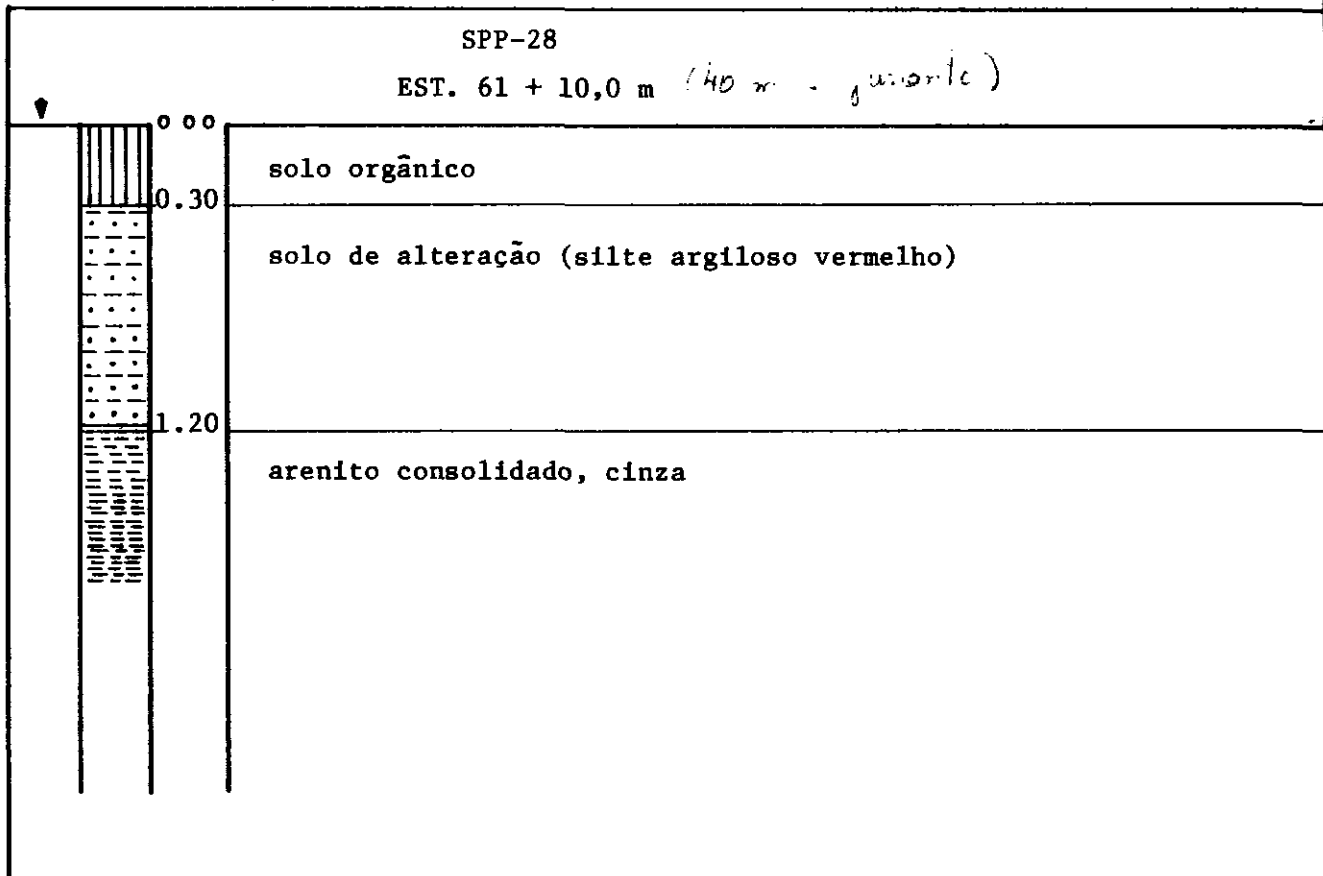
APROV

DESENHO Nº 21

000103

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

COTAS PROF (m)



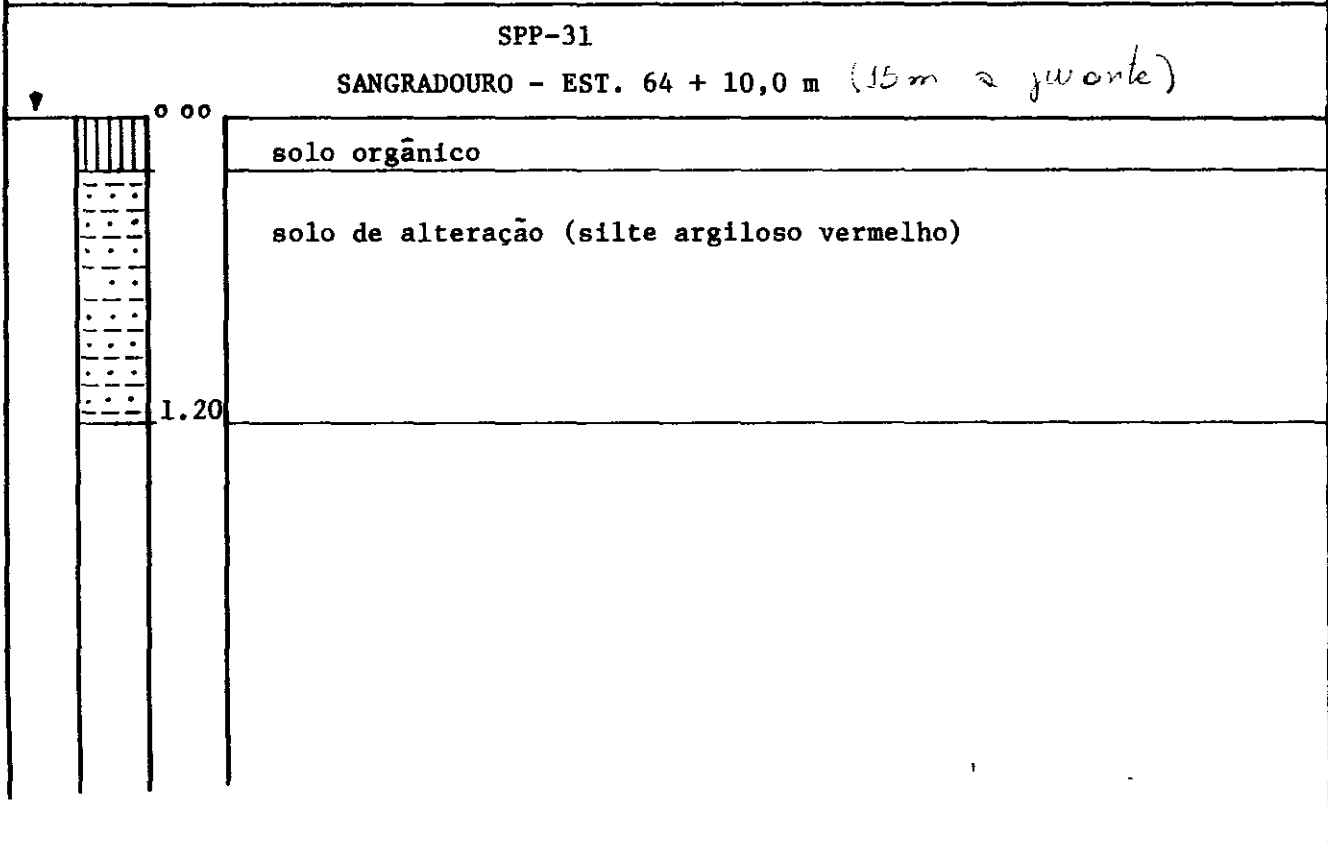
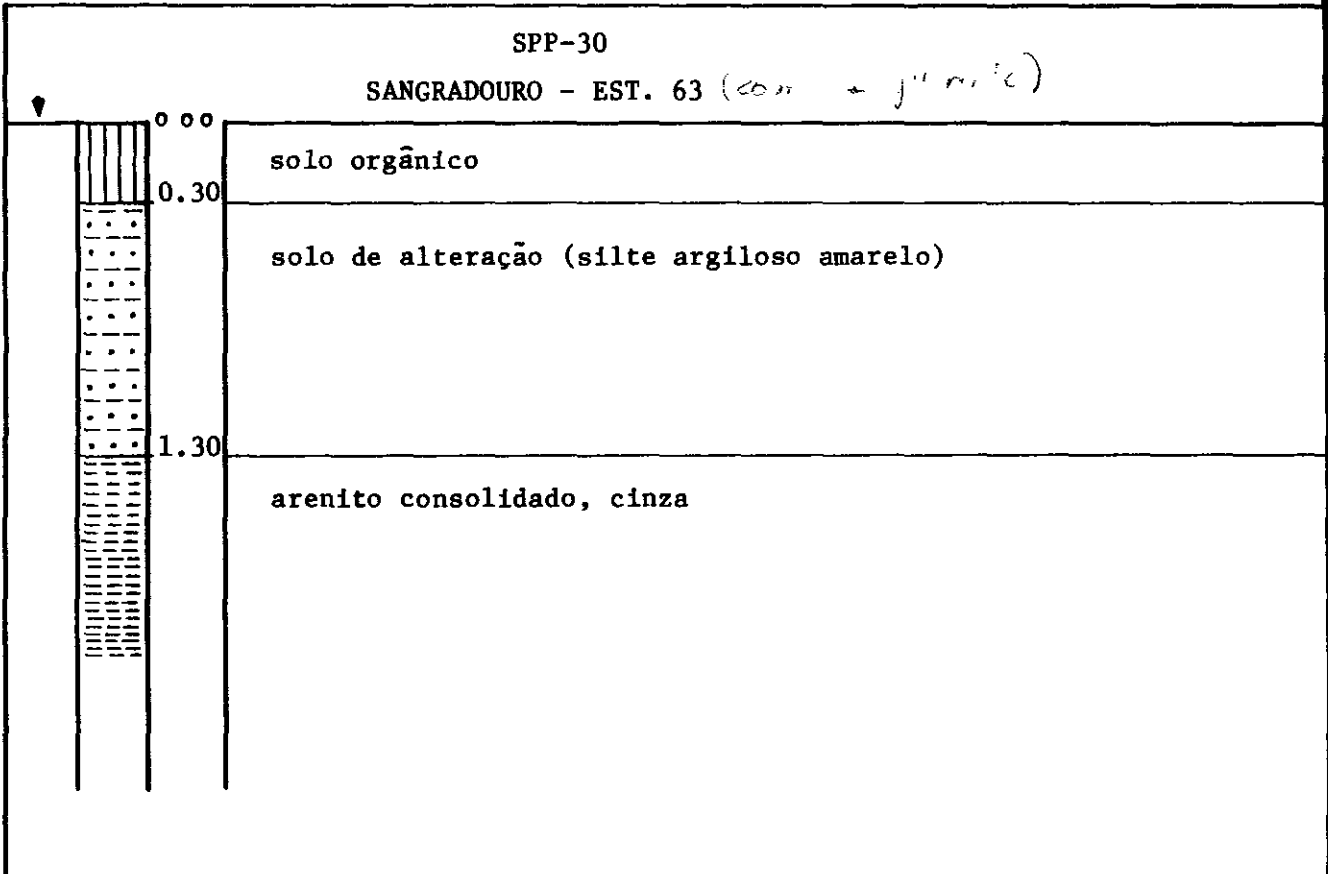
SRH / VBA			
DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 22
ESC 1/30	APROV		

000104

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

94

COTAS PROF.



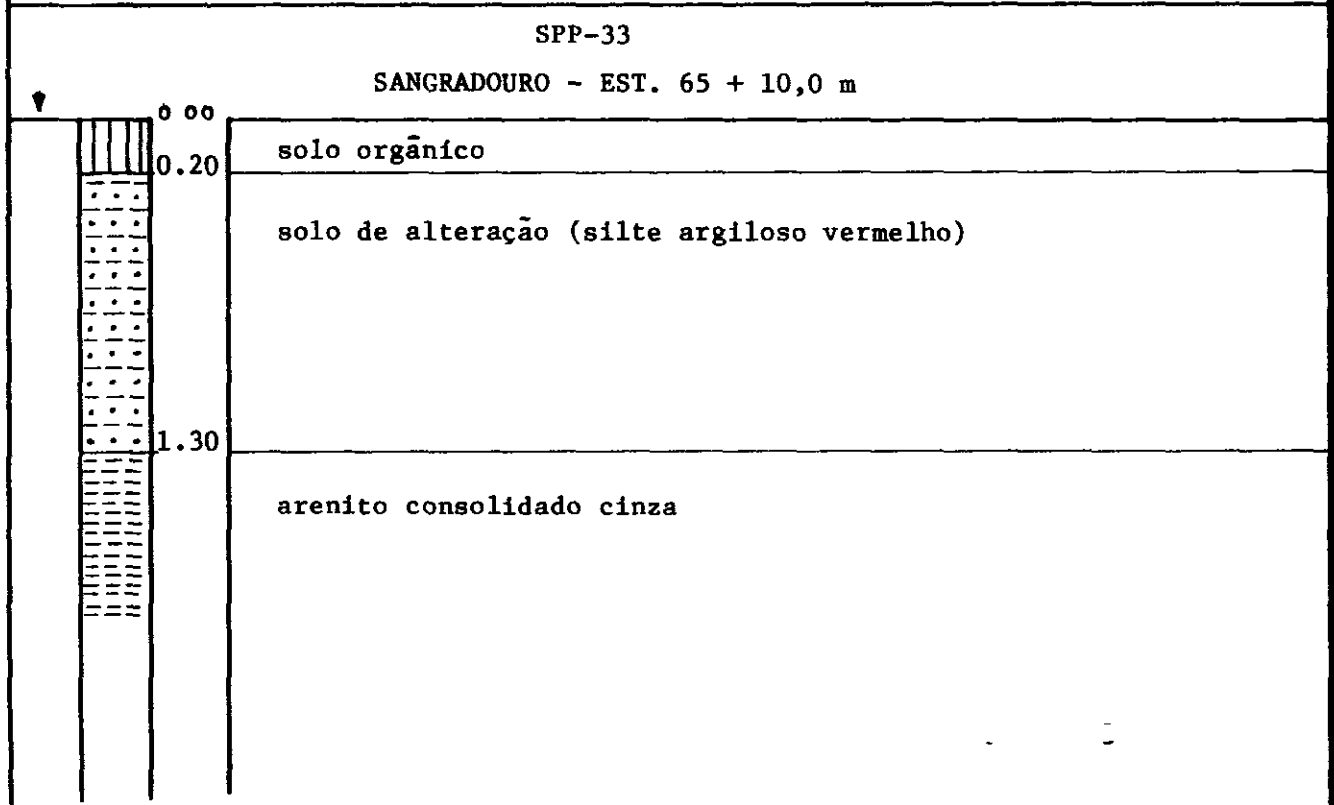
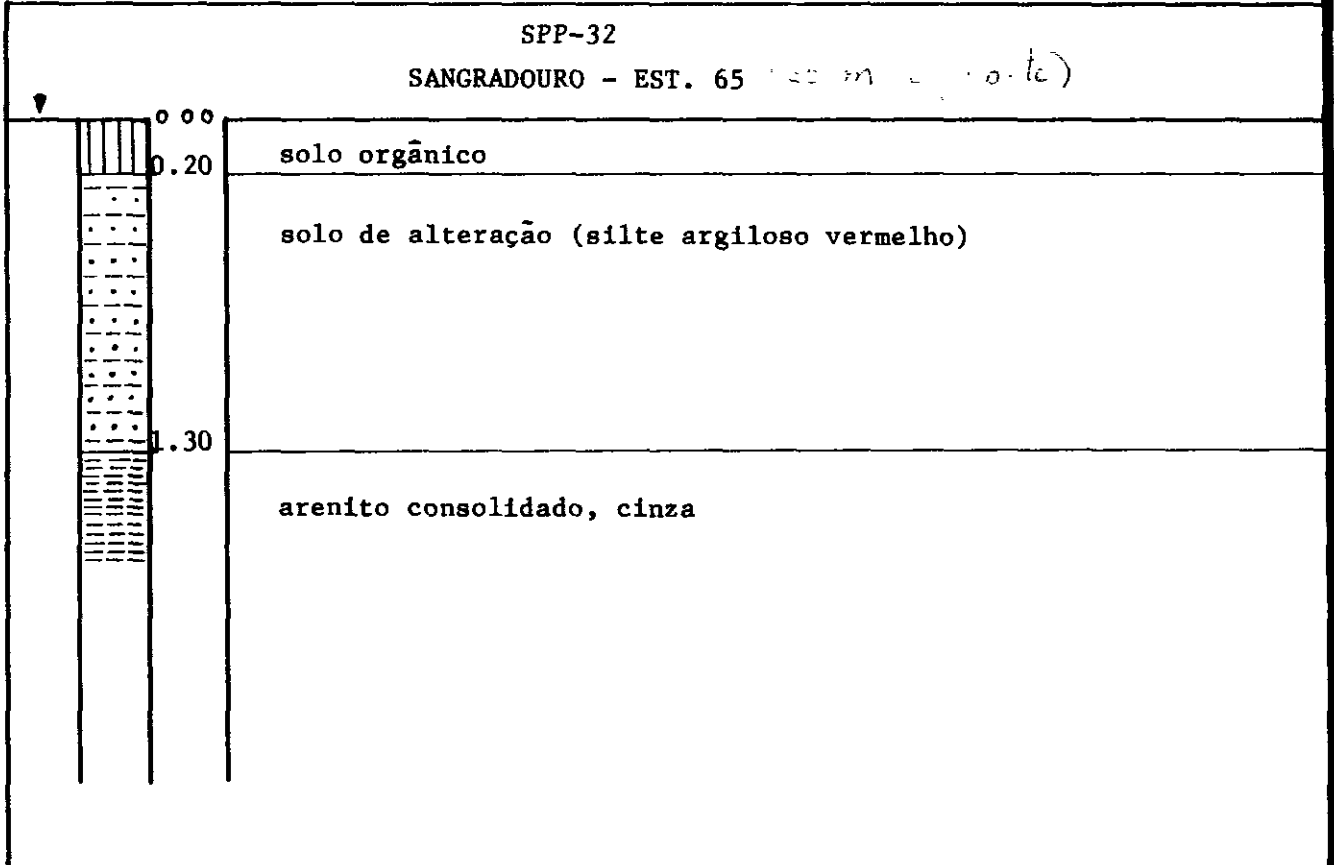
SRH / VBA			
DATA	AGO/93	DES	VISTO
ESC	1/30	APROV	DESENHO Nº 23

000105

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

95

COTAS PROF (m)



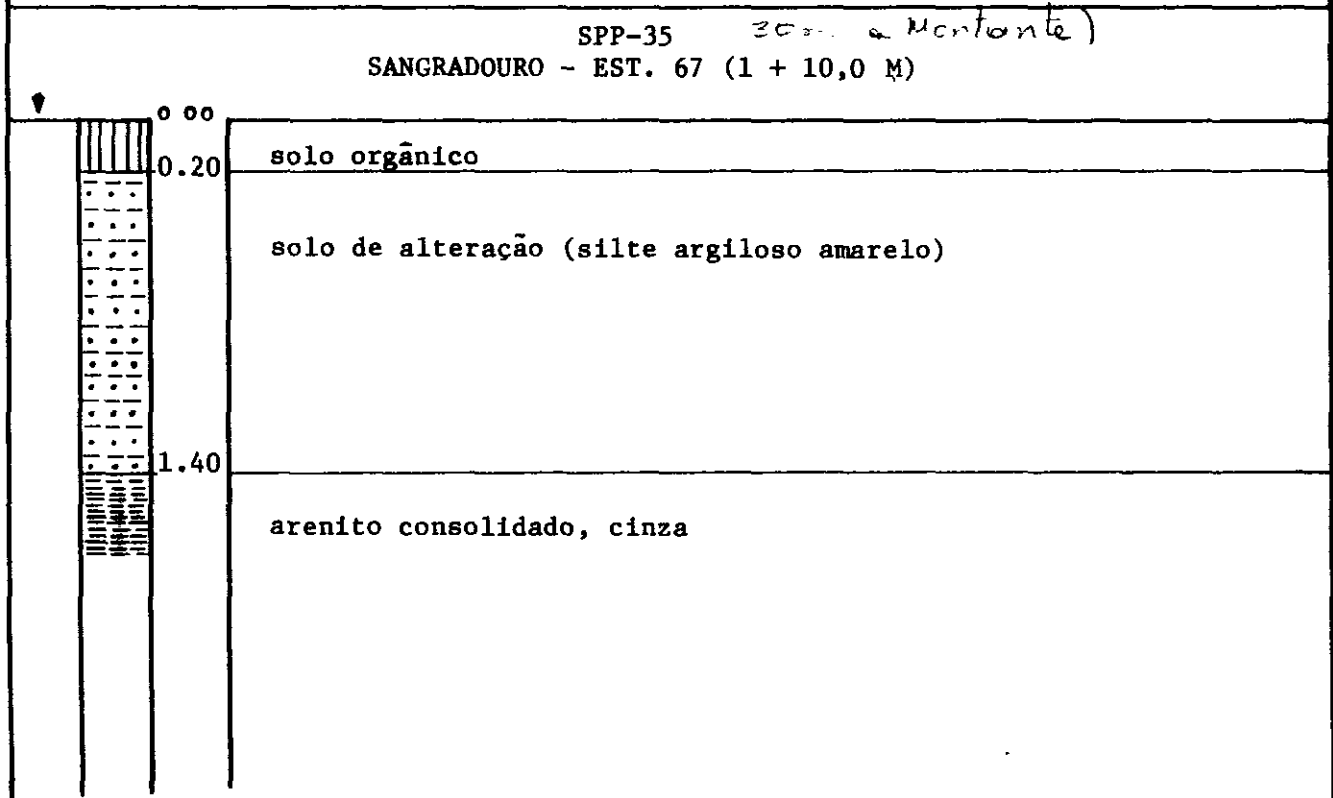
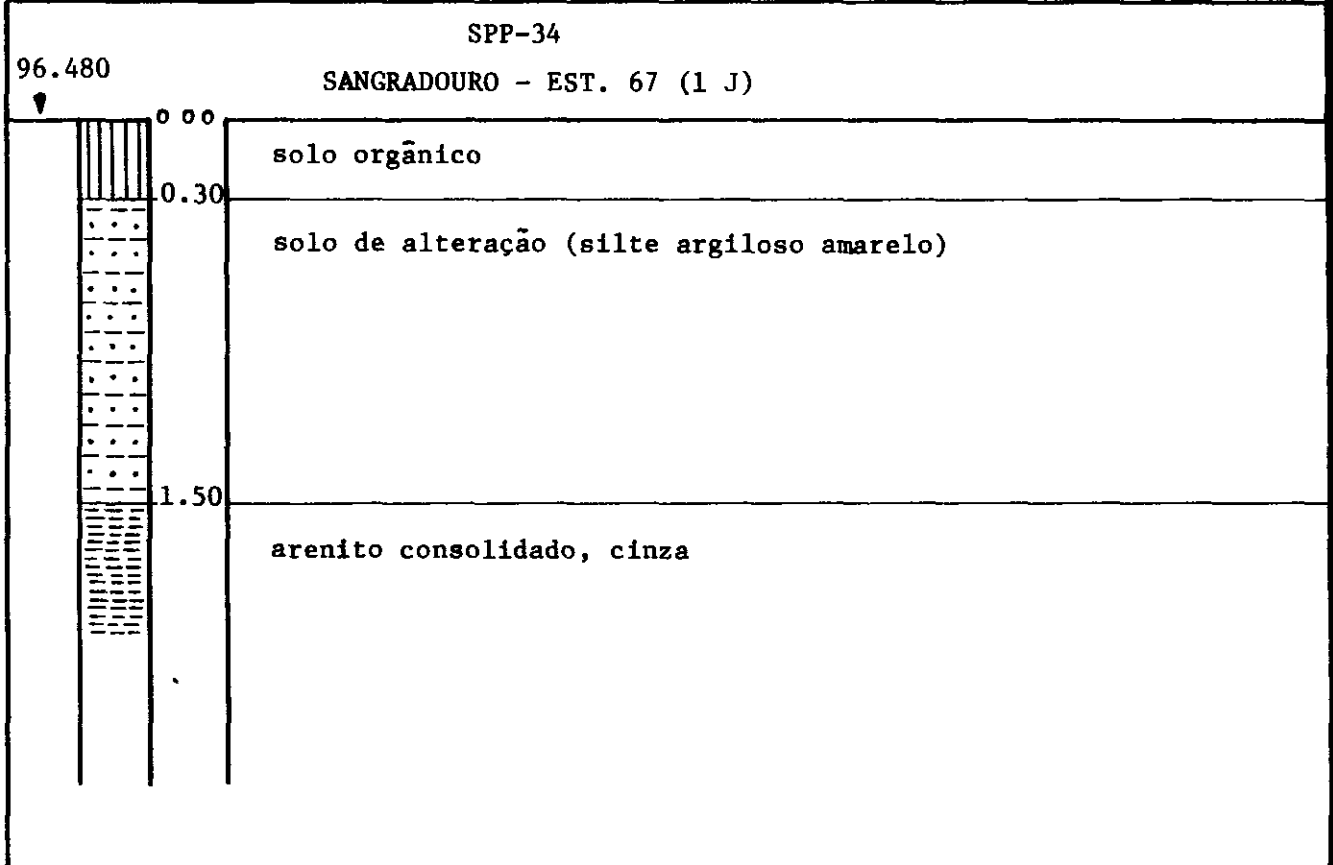
SRH / VBA

DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 24
ESC 1/30	APROV		

000106

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

COTAS PROF (m)



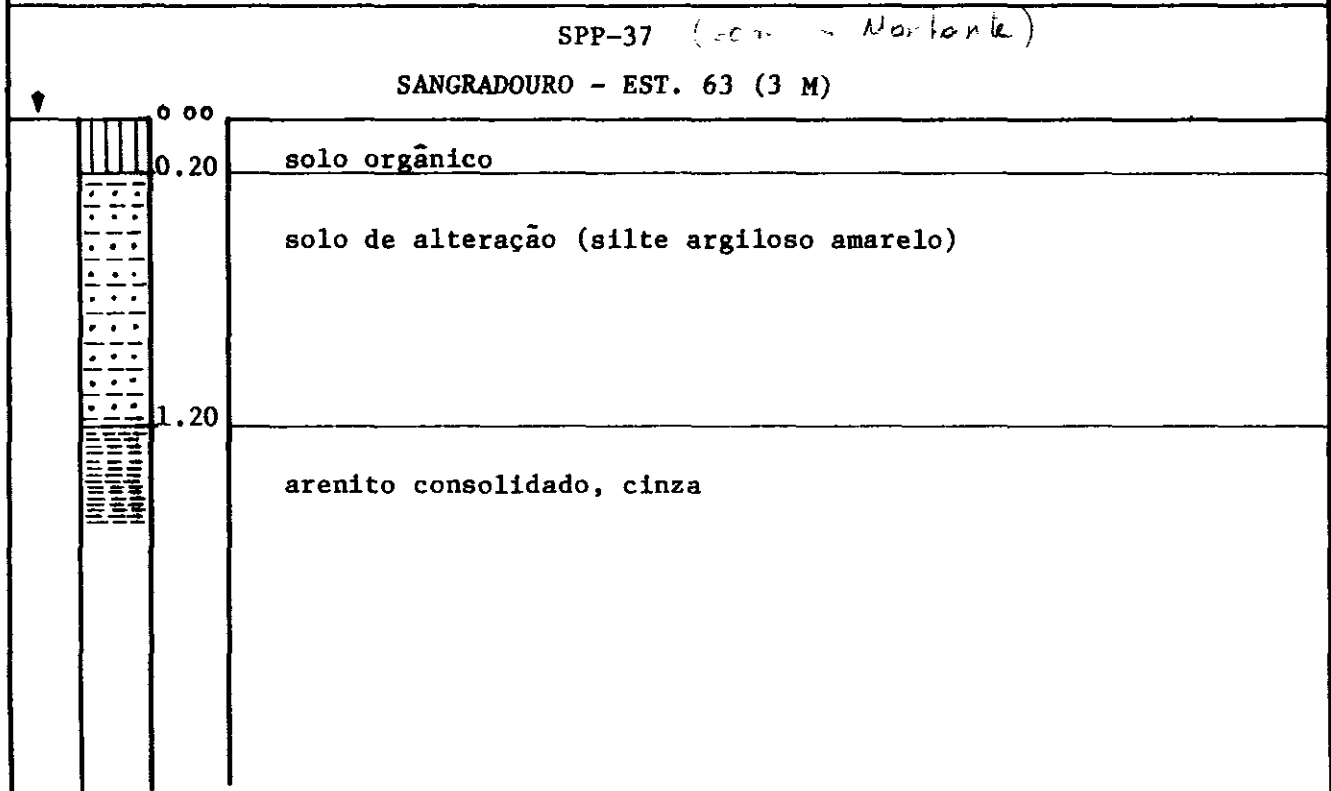
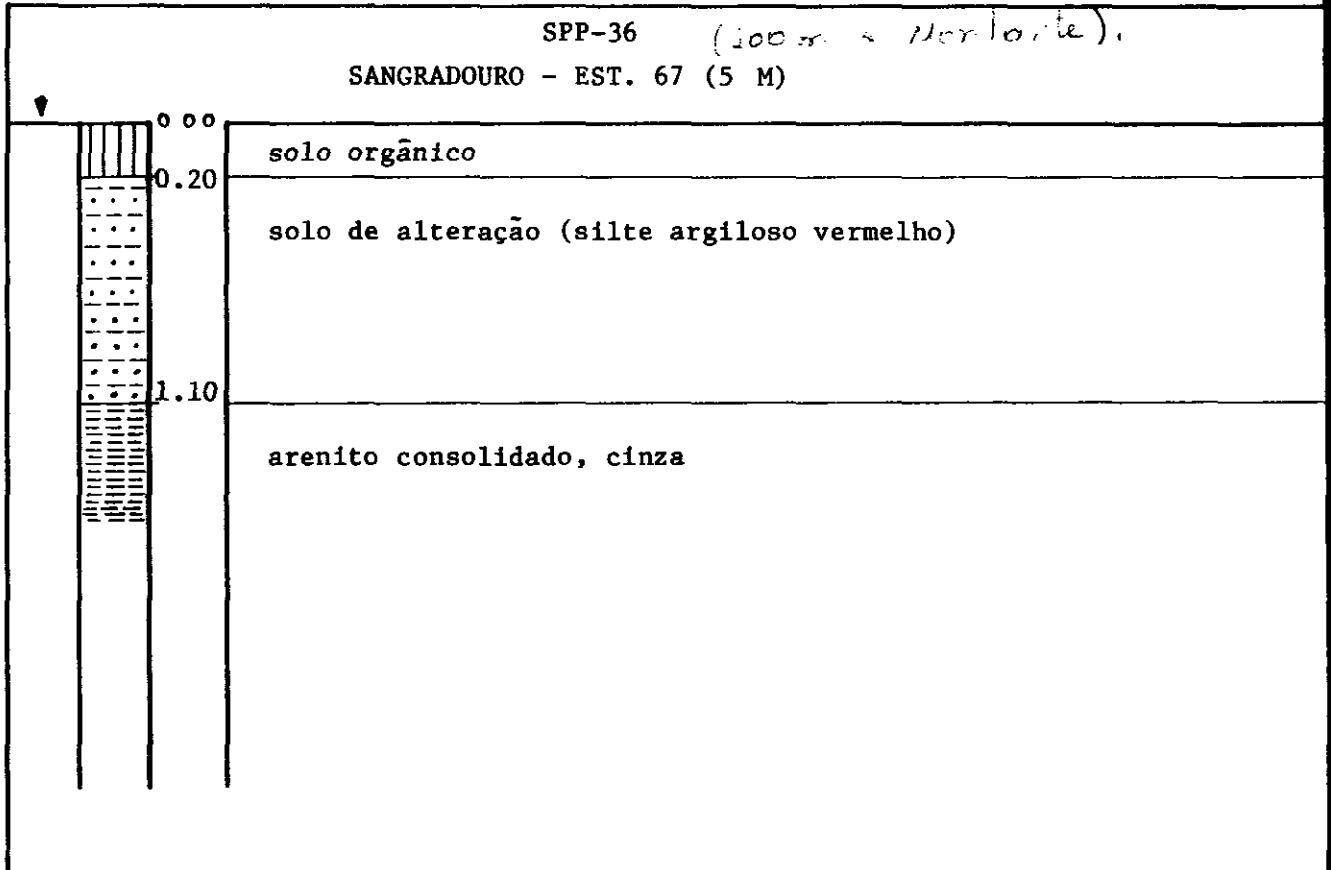
SRH / VBA			
DATA. AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 25
ESC 1/30	APROV		

000107

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

97

COTAS PROF (m)



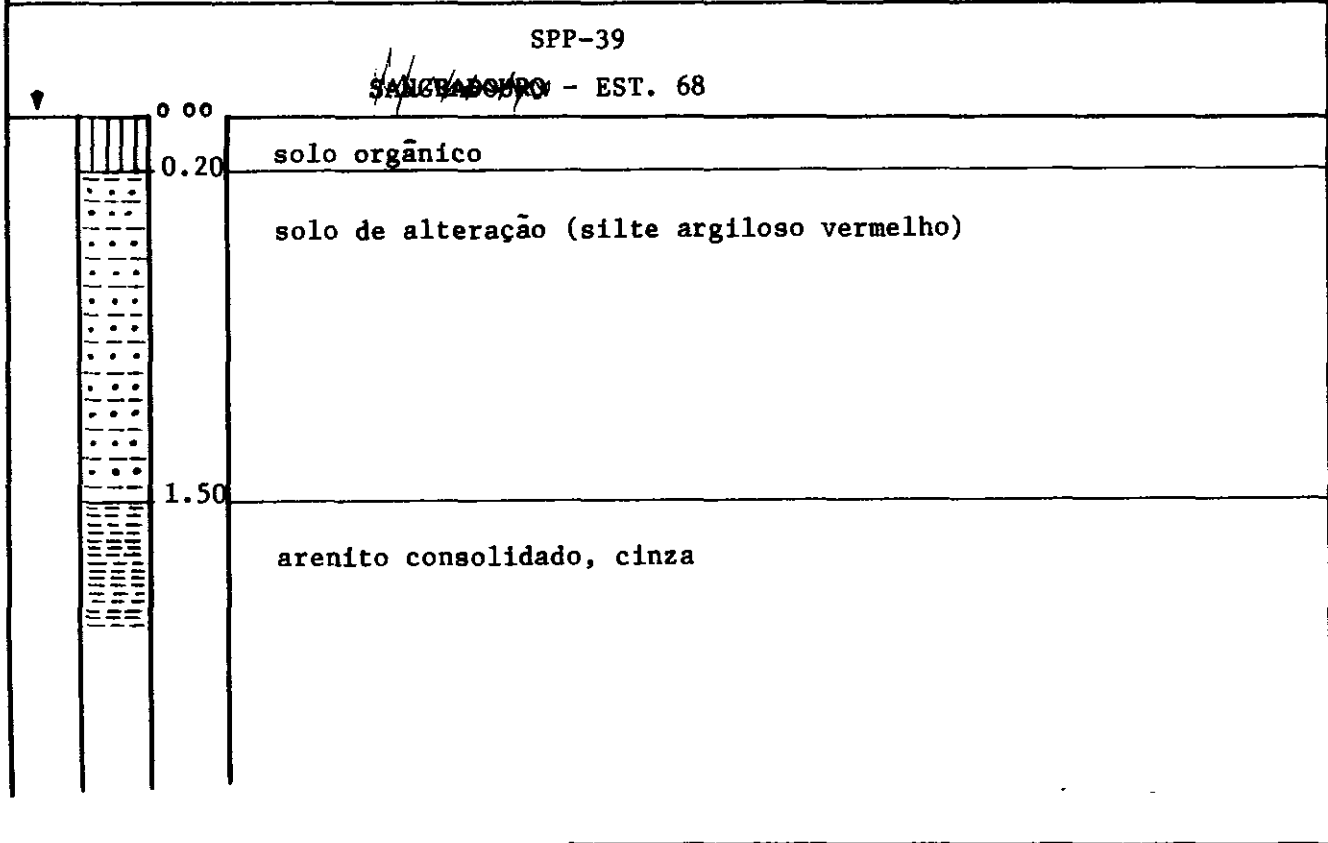
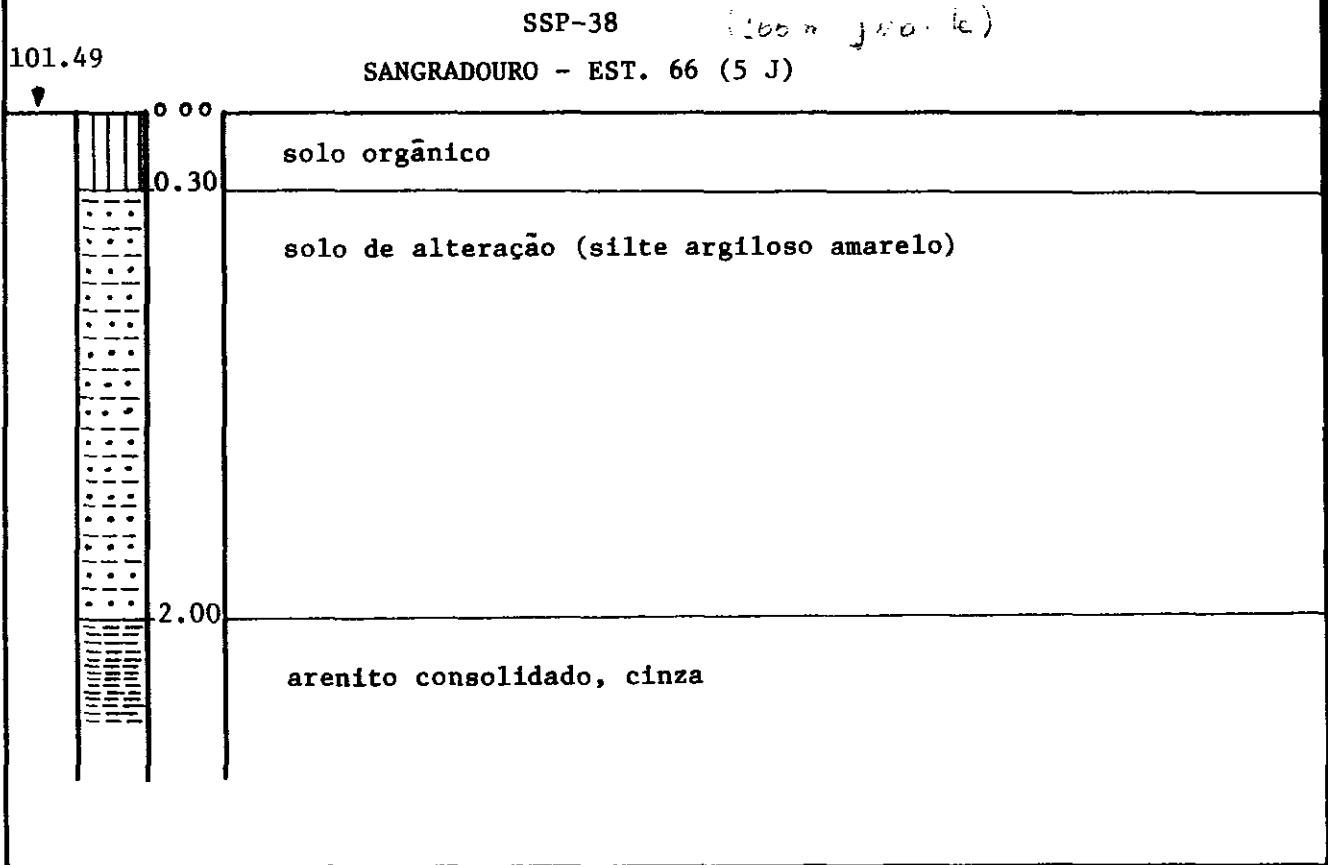
SRH / VBA

DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 26
ESC 1/30	APROV		

000108

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

COTAS PROF (m)



SRH / VBA			
DATA. AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 27
ESC 1/30	APROV		

000109

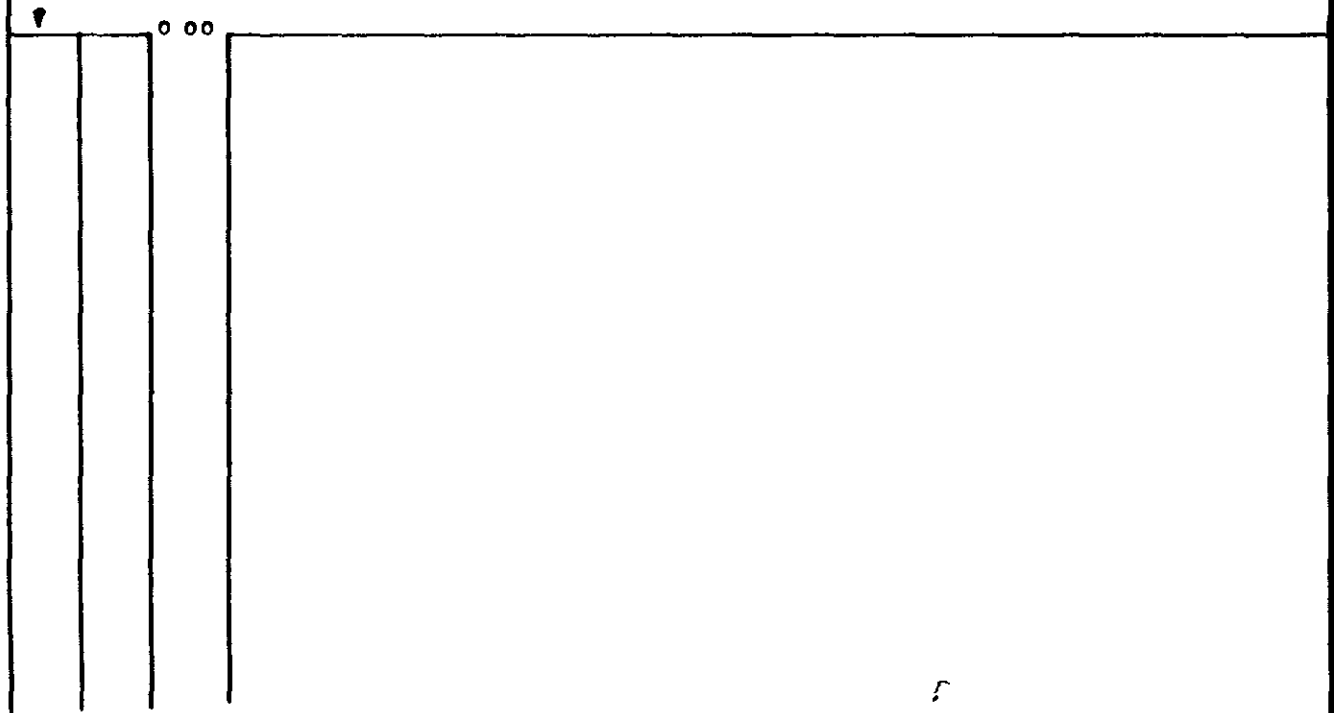
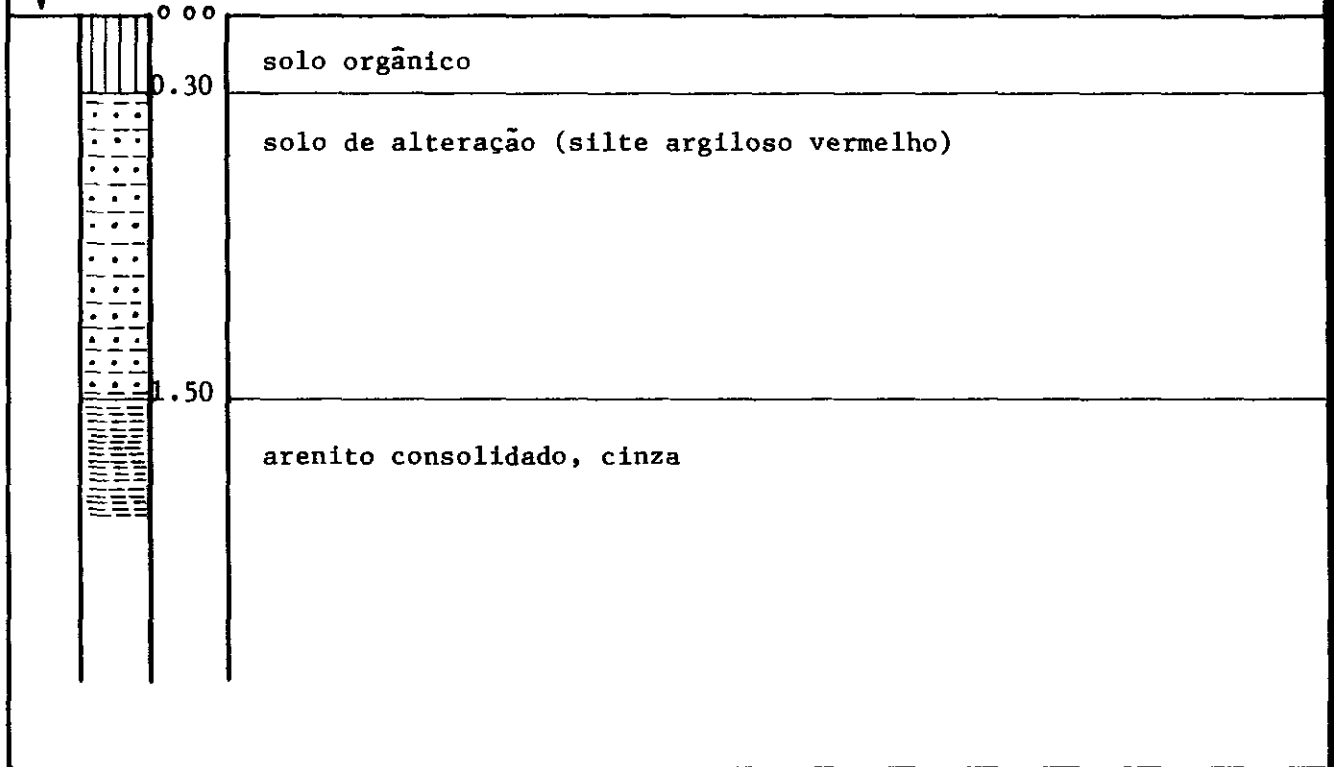
SONDAGEM A PÁ E PICARETA

98

COTAS PROF (m)

SPP-40

~~SANGRADOURO~~ - EST. 68



SRH / VBA

DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 28
ESC	APROV		

000110

ANEXO B - ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO "LE FRANC"

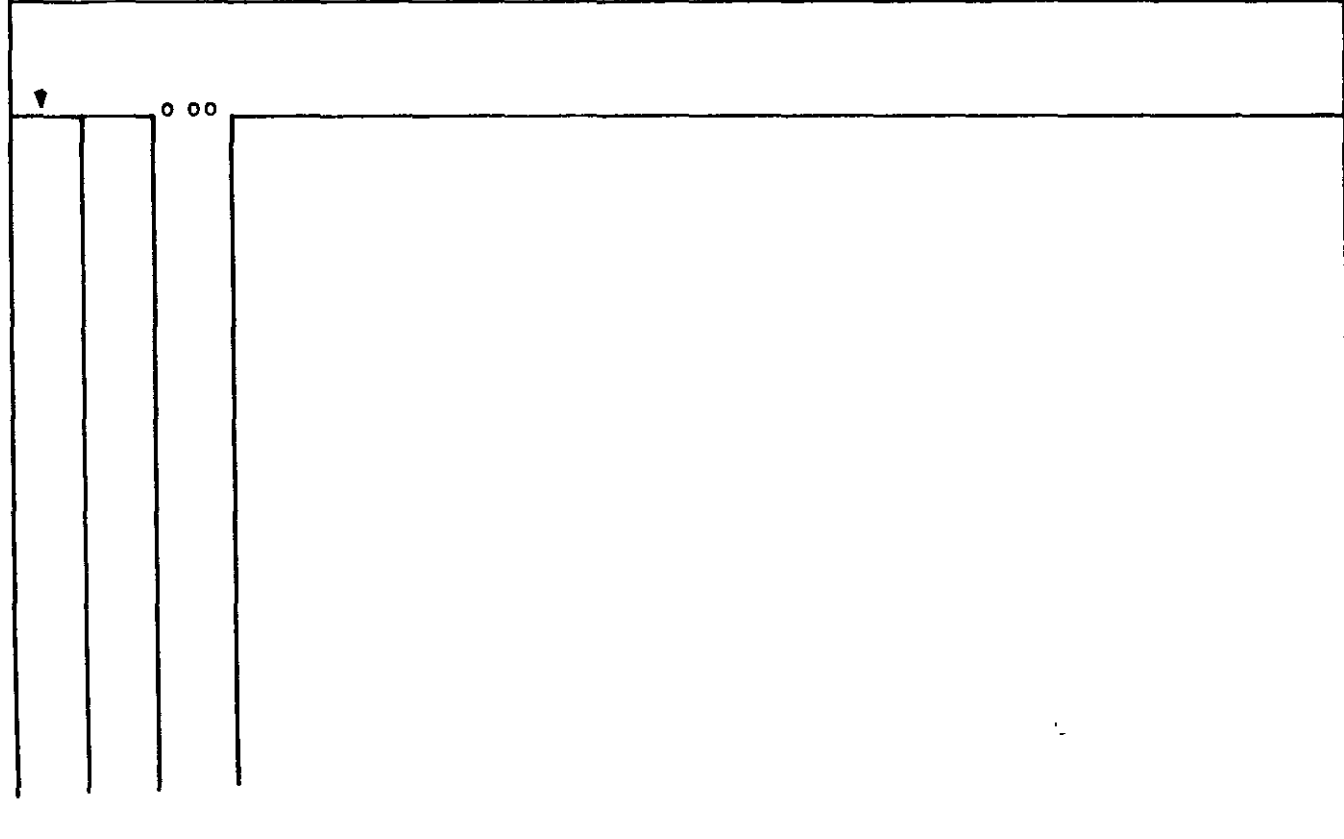
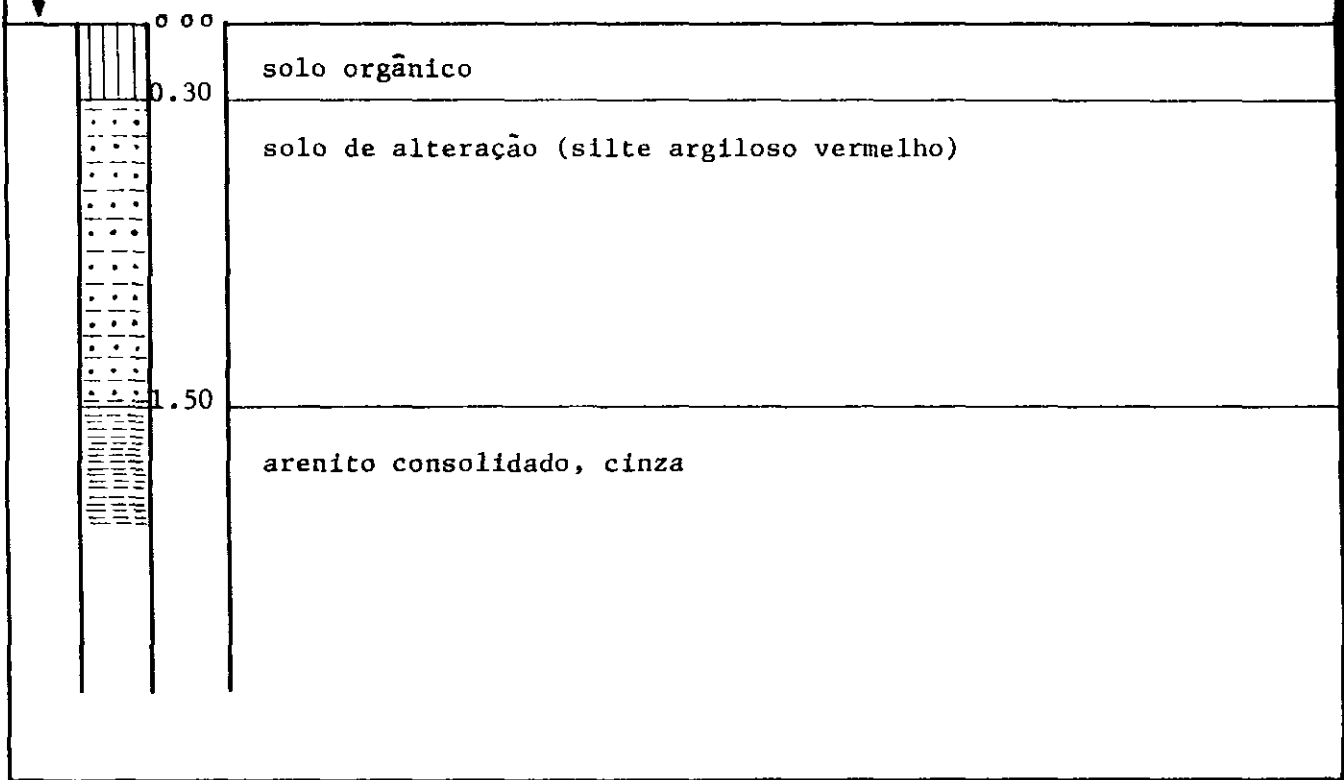
SONDAGEM A PÁ E PICARETA

100

COTAS PROF (m)

SPP-40

SANGRADOURO - EST. 68



SRH / VBA

DATA AGO/93	DES	VISTO	DESENHO Nº 28
ESC	APROV		

000112



T-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS
 OBRA : BARRAGEM ANGICOS - COREAÜ-CE

ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO - NÍVEL VARIÁVEL

$$K = \frac{d^2}{8L} \times \ln \left(\frac{2L}{D} \right) \times \frac{\ln (H_1/H_2)}{\Delta t}$$

K = coeficiente de permeabilidade médio = cm;
 d = diâmetro interno do revestimento = 6,0 cm;
 D = diâmetro externo do revestimento = 7,4 cm;
 L = comprimento ensaiado (cm);
 H₁ = carga piezométrica inicial;
 H₂ = carga piezométrica final;
 t = intervalo de tempo.

TABELA 01

SONDAGEM	TRECHO ENSAIADO (cm)	L (cm)	N.A. (cm)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	Δt (s)	K (cm/s)
SM-01	50 - 100	50	-	195	119	600	2 x 10 ⁻⁴
SM-01	150 - 200	50	-	298	249	600	7 x 10 ⁻⁵
SM-01	250 - 300	50	-	398	355	600	5 x 10 ⁻⁵
SM-02	90 - 100	10	-	185	174	600	5 x 10 ⁻⁵
SM-02	150 - 200	50	-	290	216	600	1 x 10 ⁻⁵

000113





T-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES ENG. DE SISTEMAS HÍDRICOS
 OBRA : BARRAGEM ANGICOS - COREAÚ-CE

ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO - NÍVEL CONSTANTE

$$K = \frac{Q}{2\pi L H_c} \times \ln\left(\frac{2L}{D}\right)$$

K = coeficiente de permeabilidade médio = cm/seg;
 Q = descarga de água = cm³/seg;
 L = comprimento ensaiado (cm),
 D = diâmetro do furo = 7,4 cm;
 H_c = carga piezométrica = cm;

$H_c = H_\Lambda + H_{NA}$ ou $H_c = H_\Lambda + H_R + L/2$
 H_Λ = altura do nível constante em cm;
 H_{NA} = profundidade do nível d'água em cm;
 H_R = profundidade revestida em cm.

TABELA 02

SONDAGEM	TRECHO ENSAIADO (cm)	Q (cm ³ /seg)	L (cm)	H _Λ (cm)	H _{NA} (cm)	H _R (cm)	H _c (cm)	K (cm/s)
SM-01	350 - 400	84	50	36	340	350	376	7 x 10 ⁻⁴
SM-01	450 - 500	42	50	36	340	450	376	9 x 10 ⁻⁴
SM-01	550 - 600	84	50	26	340	550	366	9 x 10 ⁻⁴
SM-02	250 - 300	23	50	30	-	250	305	6 x 10 ⁻⁴
SM-02	350 - 400	42	50	30	-	350	405	9 x 10 ⁻⁴
SM-02	450 - 500	21	50	28	452	450	480	4 x 10 ⁻⁴
SM-02	550 - 600	32	50	25	452	550	477	6 x 10 ⁻⁴
SM-02	650 - 700	97	50	25	452	650	477	2 x 10 ⁻³

000114

ANEXO C - ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA "LUGEON"



1-192/93

CLIENTE: VIVA CONSULTORES
 OBRA: IRRADIÇÃO ANGIOS - COREAU-CE

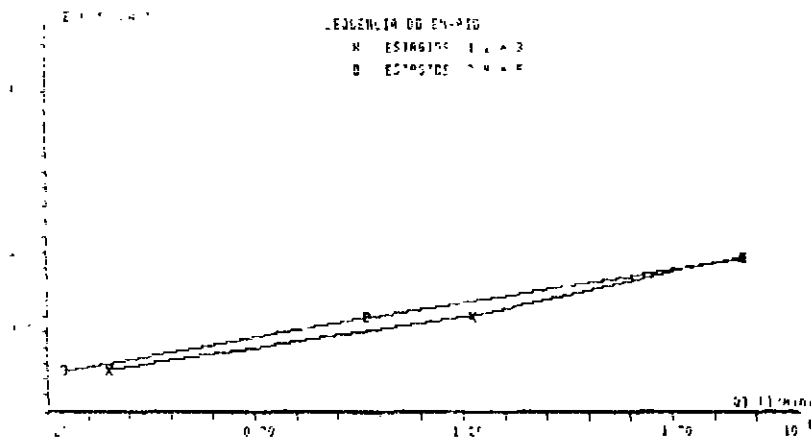
ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

ESTACA : 2142,00m (EIXO)
 FURTO : 5M-01

TABELA - 03

TRECHO ENSAIADO DE 6.40 A 9.90 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZAÇÃO(m)	NÍVEL D'ÁGUA(m)			
	3.50	0.08	8.13	3.40			
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUMNA D'ÁGUA	FATOR F				
1.05	ABAIXO DO N.A.	0.445 kg/cm ²	1.1476x10E-4				
PRESSÃO MANOM	ABSORÇÃO A CADA 2 MIN.	VAZÃO PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZÃO ESPECÍFICA	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE	
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s	
0.10	8.0 7.0 7.0 6.0 7.0	3.5	0.00	0.54	1.00	1.847	2.120
0.80	25.0 25.0 24.0 23.0 24.0	12.2	0.04	1.21	3.49	2.888	3.315
1.60	38.0 39.0 37.0 37.0 36.0	18.7	0.07	1.96	5.54	2.750	3.132
0.80	20.0 19.0 19.0 19.0 20.0	9.7	0.02	1.22	2.77	2.271	2.606
0.10	8.0 5.0 5.0 4.0 4.0	2.4	0.00	0.54	0.69	1.262	1.449

VAZÃO TOTAL x CARGA EFETIVA



000116



1-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRAS: BARRAGEM ANGIÇOS - LOREAU-CE

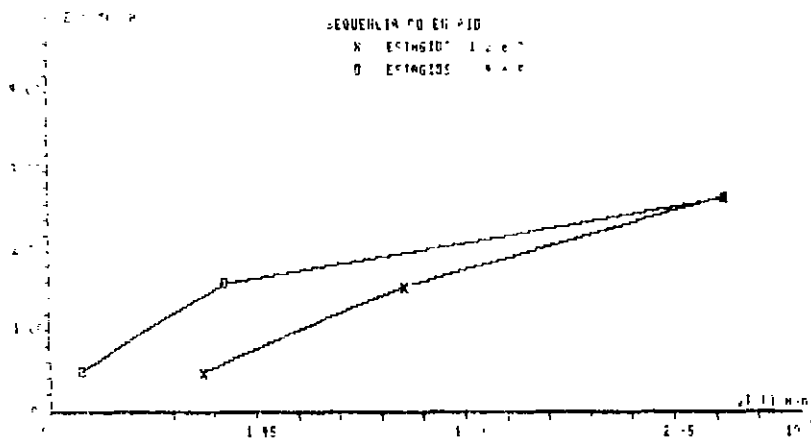
ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

ESTACA : 21+2,00m (EIXO)
 FURTO : SM-01

TABELA - 04

TRECHO ENSAIADO DE 9.90 A 13.40 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZAÇÃO(m)	NÍVEL D'ÁGUA(m)			
	3.50	0.06	11.65	3.40			
ALTURA MARCH.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'ÁGUA		FATOR F			
1.05	ABRIL DO M.A.	0.445 kg/cm ²		1.1476x10E-4			
PRESSÃO MARCH.	ABSORÇÃO A CADA 2 MIN.	VAZÃO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZÃO ESPECÍFICA	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	27.0 28.0 25.0 26.0 27.0	13.3	0.06	0.48	3.80	7.892	9.057
1.25	36.0 37.0 35.0 35.0 34.0	17.7	0.11	1.57	5.06	3.190	3.661
2.50	51.0 49.0 49.0 48.0 49.0	24.6	0.21	2.74	7.05	2.568	2.948
1.25	27.0 28.0 28.0 27.0 26.0	13.8	0.07	1.63	3.94	2.424	2.781
0.10	24.0 21.0 20.0 22.0 20.0	10.7	0.04	0.50	3.06	6.078	6.975

VAZÃO TOTAL x CARGA EFETIVA



700117





1-192/93

CLIENTE : VBA CONSULTORES
 OBRA : BARRAGEM ANGILOS - LOREAU-CE

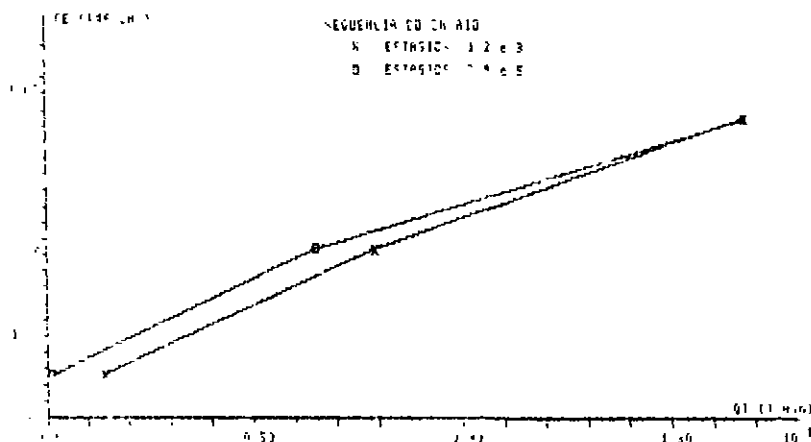
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 21+2,00m (EIXO)
 FUKO : SM-01

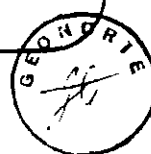
TABELA - 05

TRECHO ENSAIADO DE 13.40 A 16.40 M	TRECHO(m) 3.00	DIAM(m) 0.06	CANALIZACAO(m) 14.90	NIVEL D'AGUA(m) 3.40			
ALTURA MANOM.(m) 1.05	ENSAIO REALIZADO ABAIXO DO N A	COLUNA D'AGUA 0.445 kg/cm ²	FATOR F 1.1069x10E-4				
FRESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE	
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s	
0.10	4.0 4.0 5.0 4.0 4.0	2.1	0.00	0.54	0.70	1.290	1.428
1.67	15.0 15.0 15.0 14.0 14.0	7.3	0.03	2.09	2.43	1.165	1.289
3.35	30.0 28.0 30.0 28.0 28.0	14.4	0.09	3.70	4.60	1.297	1.435
1.67	13.0 12.0 13.0 12.0 12.0	6.2	0.02	2.10	2.07	0.986	1.092
0.10	3.0 2.0 2.0 2.0 2.0	1.1	0.00	0.54	0.37	0.674	0.746

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000118





T-192/93

CLIENTE: VDA CONQUI TORRES
 OBRAS: BARRAGEM ANGICOS - COREAU-CE

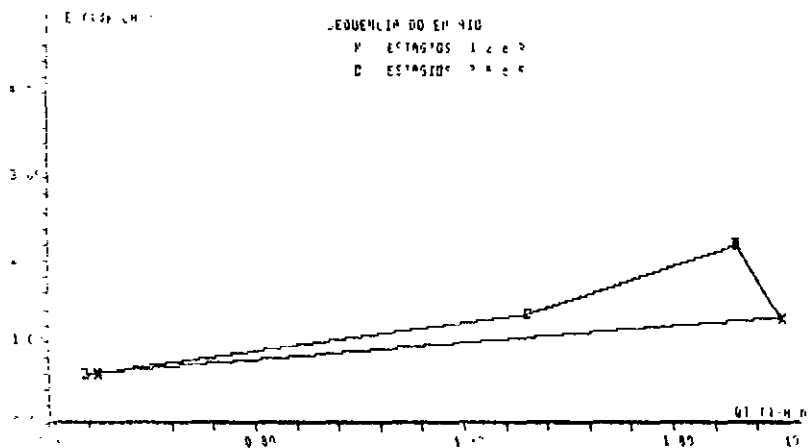
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTRADA 20 (LIXO)
 FURO : 5M-02

TABELA-06

TRECHO ENSAIADO DE 7.32 A 10.82 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CAVALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)							
	3.50	0.06	9.07	4.52							
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO ABRIL DO N.A.		COLUNA D'AGUA	FATOR F							
0.95			0.547 kg/cm ²	1.147x10E-4							
PRESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.		VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE			
kg/cm ²	litro		l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s			
0.10	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	4.2	0.01	0.64	1.20	1.871	2.147
0.90	53.0	40.0	39.0	38.0	36.0	20.6	0.12	1.33	5.69	4.425	5.078
1.90	45.0	40.0	41.0	34.0	35.0	19.5	0.10	2.24	5.57	2.485	2.852
0.90	25.0	31.0	30.0	30.0	29.0	14.5	0.06	1.37	4.14	2.985	3.425
0.10	8.0	7.0	6.0	9.0	7.0	3.9	0.00	0.64	1.11	1.736	1.992

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000119





I-192/93

CLIENTE: VMA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANSICOS - COREAU-CE

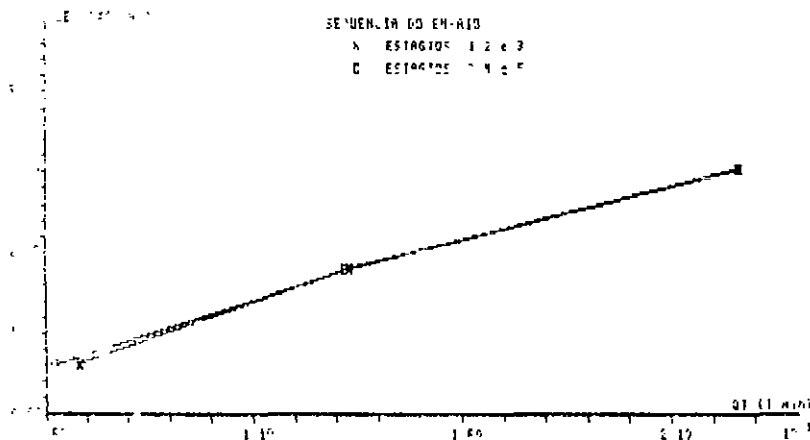
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 28 (EIXO)
 FURO : SM-02

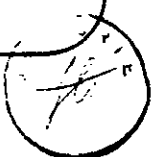
TABELA - 07

TRECHO ENSAIADO DE 10.82 A 14.32 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)			
	3.50	0.06	12.57	4.52			
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUMA D'AGUA	FATOR F				
0.95	ABAIXO DO N.A.	0.547 kg/cm ²	1.1476x10E-4				
PRESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE	
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s	
0 10	14.0 14.0 14.0 13.0 13.0	6.8	0.02	0.63	1.94	3.075	3.552
1 35	27.0 27.0 26.0 27.0 26.0	13.3	0.07	1.83	3.80	2.078	2.385
2 70	44.0 46.0 45.0 47.0 44.0	22.6	0.19	3.06	6.46	2.112	2.424
1 35	24.0 36.0 25.0 23.0 24.0	13.2	0.07	1.83	3.77	2.061	2.366
0 10	13.0 12.0 12.0 13.0 12.0	6.2	0.02	0.63	1.77	2.808	3.223

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000120





T-192/93

CLIENTE: VDA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANDICUS - COREAUI-CE

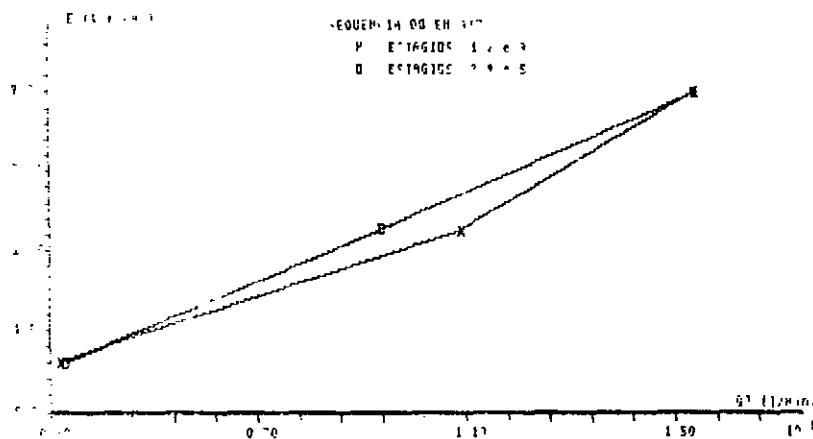
ENSAYO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA: 29 (FIXO)
 FURO: 5M-02

TABELA-08

TRECHO ENSAIADO DE 14.32 A 17.32 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)			
	3.00	0.06	15.82	4.52			
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUMA D'AGUA	FATOR F				
0.95	ABAILO DO N.A.	0.547 kg/cm ²	1.1069x10E-4				
PRESSAO MANOM	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	7.0 7.0 6.0 6.0 6.0	3.2	0.01	0.64	1.07	1.664	1.842
1.80	23.0 22.0 22.0 21.0 21.0	10.9	0.06	2.29	3.63	1.568	1.757
3.60	32.0 32.0 29.0 31.0 30.0	15.4	0.11	4.03	5.13	1.272	1.408
1.80	21.0 18.0 18.0 18.0 19.0	9.4	0.04	2.30	3.13	1.361	1.506
0.10	7.0 6.0 7.0 7.0 6.0	3.3	0.01	0.64	1.10	1.717	1.900

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000121

GEONORTE - Engenharia de Solos e Fundações Ltda.

Rua Jorge Severiano 900 - V União - Fone 272 4777 Telex 852247 - Fax 272 7799 - CGC 07 542 392/0001-60
 CGF 06 013 384-8 - CEP 60 420 - Fortaleza-Ceará





1-172795

CLIENTE : VEM CONSULTORES
 OBJETO: BARRAGEM ANGILOS - CORUAU-CE

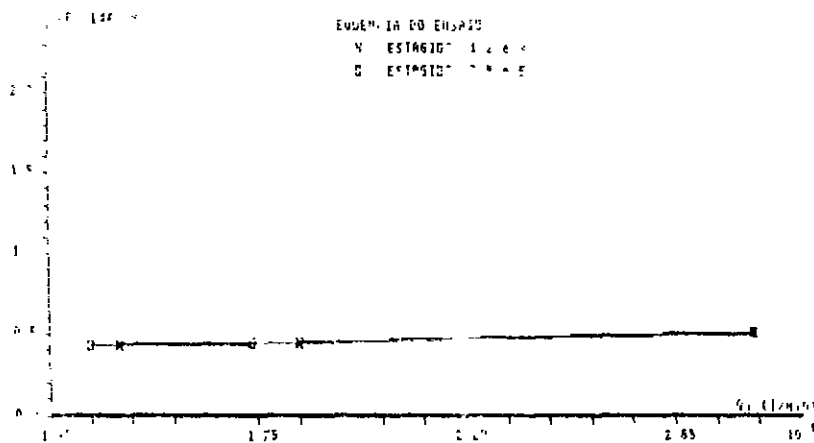
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 15 (EIXO)
 FURTO : 5K-01

TABELA - 09

TRECHO ENSAIADO DE 0,90 A 4,40 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)			
	3,50	0,06	2,65	4,73			
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'AGUA	FATOR F				
0,90	ACIMA DO N.A.	0,355 kg/cm ²	1,1476x10E-4				
PRESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0,10	27,0 30,0 29,0 28,0 29,0	14,5	0,02	0,44	4,14	9,512	10,916
0,13	38,0 37,0 36,0 36,0 37,0	18,4	0,03	0,45	5,26	11,610	13,324
0,25	57,0 57,0 56,0 55,0 57,0	28,2	0,08	0,52	8,06	15,444	17,724
0,13	34,0 35,0 36,0 34,0 35,0	17,4	0,03	0,46	4,97	10,892	12,500
0,10	28,0 29,0 27,0 27,0 28,0	15,9	0,02	0,44	3,97	9,084	10,425

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000122

GEONORTE - Engenharia de Solos e Fundações Ltda

Rua Jorge Severiano 900 - V União - Fone 272 4777 Telex 852247 - Fax 272 7799 - CGC 07 542 392 0001-60
 CGF 06 013 384-8 - CEP 60 420 - Fortaleza-Ceará





T-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANGICOS - COREAU-CE

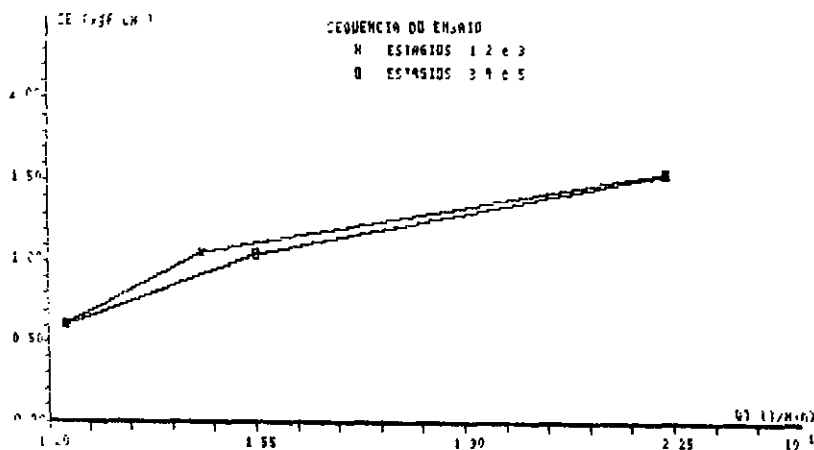
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 15 (EIXO)
 FURO : SR-01

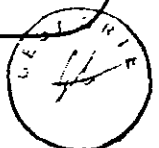
TABELA - 10

TRECHO ENSAIADO DE 4.40 A 7.90 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)			
	3.50	0.06	6.15	4.73			
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'AGUA		FATOR F			
0.90	POB1 < N.A. < POB2	0.546 kg/cm ²		1.1476x10E-4			
PRESSAO MANOM.	ABSORCADO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	24.0 26.0 25.0 24.0 24.0	12.3	0.03	0.62	3.51	5.698	6.539
0.55	23.0 32.0 31.0 30.0 30.0	14.6	0.04	1.05	4.17	3.954	4.538
1.10	45.0 44.0 46.0 44.0 45.0	22.4	0.10	1.55	6.40	4.132	4.742
0.55	32.0 30.0 32.0 31.0 30.0	15.5	0.05	1.05	4.43	4.219	4.841
0.10	25.0 25.0 25.0 24.0 24.0	12.3	0.03	0.62	3.51	5.698	6.539

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000123





1 192/93

CLIENTE: VIA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANGICOS - CORUAIU-CE

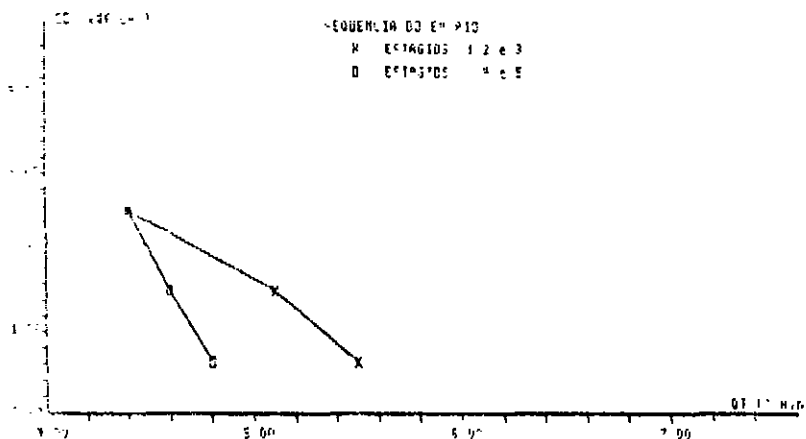
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESCALA : 15 (LIXO)
 FURO : SR-01

TABELA - 11

TRECHO ENSAIADO DE 7.90 A 10.90 M		TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)						
		3.00	0.06	9.40	4.73						
ALTURA MANOM.(m)		ENSAIO REALIZADO		COLUMNA D'AGUA	FATOR F						
0.90		ABAIXO DO N.A.		0.563 kg/cm ²	1.1069x10E-4						
PRESSAO MANOM	ABSORCAO A CADA 2 MIN.					VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro					l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/p/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	11.0	13.0	11.0	11.0	9.0	5.5	0.01	0.65	1.83	2.806	3.106
1.00	11.0	11.0	10.0	10.0	9.0	5.1	0.01	1.55	1.70	1.094	1.210
2.00	9.0	9.0	8.0	9.0	9.0	4.4	0.01	2.56	1.47	0.574	0.635
1.00	9.0	10.0	9.0	9.0	9.0	4.6	0.01	1.56	1.53	0.985	1.091
0.10	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	4.8	0.01	0.66	1.60	2.441	2.702

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000124





T-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANGICOS - LORENO-CE

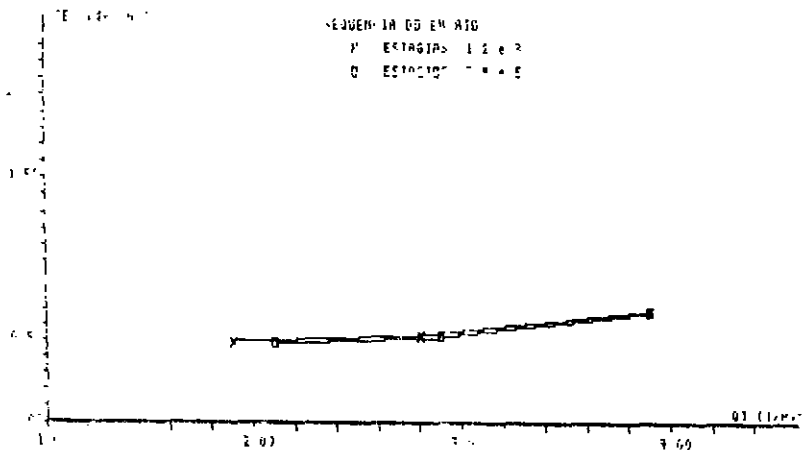
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 25+10,00m (LIXO)
 FURO : SR-02

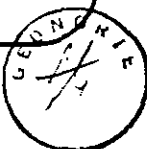
TABELA-12

TRECHO ENSAIADO DE 1.20 A 4.70 M	TRECHO(m) 3.50	DIAM(m) 0.06	CANALIZACAO(m) 2.95	NIVEL D'AGUA(m) 6.90			
ALTURA MANOM.(m) 1.00	ENSAIO REALIZADO ACIMA DO N.A.	COLUNA D'AGUA 0.395 kg/cm ²		FATOR F 1.1476x10E-4			
PFESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	4.0 4.0 3.0 4.0 4.0	1.9	0.00	0.49	0.54	1.098	1.260
0.15	6.0 6.0 6.0 5.0 5.0	2.8	0.00	0.54	0.80	1.470	1.687
0.30	8.0 8.0 7.0 8.0 8.0	3.9	0.00	0.69	1.11	1.607	1.844
0.15	6.0 5.0 6.0 6.0 6.0	2.9	0.00	0.54	0.83	1.523	1.748
0.10	4.0 5.0 4.0 4.0 4.0	2.1	0.00	0.49	0.60	1.213	1.372

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000125





I-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: PARRAGEM ANGICOS - LOURAU-CE

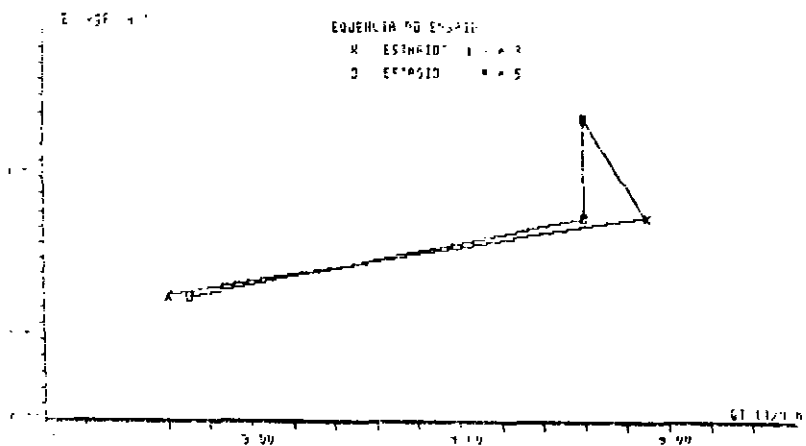
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 35+10,00m (EIXO)
 FURO : SR-02

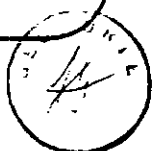
TABELA-13

TRECHO ENSAIADO DE 4.70 A 8.20 M		TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)						
		3.50	0.06	6.45	6.90						
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO			COLUMNA D'AGUA	FATOR F						
1.00	P0B1 < N.A. < P0B2			0.680 kg/cm ²	1.1476x10E-4						
PRESSAO MANOM.	ABSORCACAO A CADA 2 MIN.		VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE			
kg/cm ²	litro		l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s			
0.10	6.0	5.0	5.0	6.0	4.0	2.6	0.00	0.78	0.74	0.954	1.095
0.60	11.0	10.0	8.0	10.0	10.0	4.9	0.01	1.27	1.40	1.098	1.261
1.20	10.0	9.0	9.0	8.0	10.0	4.6	0.00	1.88	1.31	0.701	0.804
0.60	11.0	10.0	8.0	9.0	8.0	4.6	0.00	1.26	1.51	1.031	1.183
0.10	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	2.7	0.00	0.78	0.77	0.991	1.138

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000126





1-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANGICOS - COREAU-CE

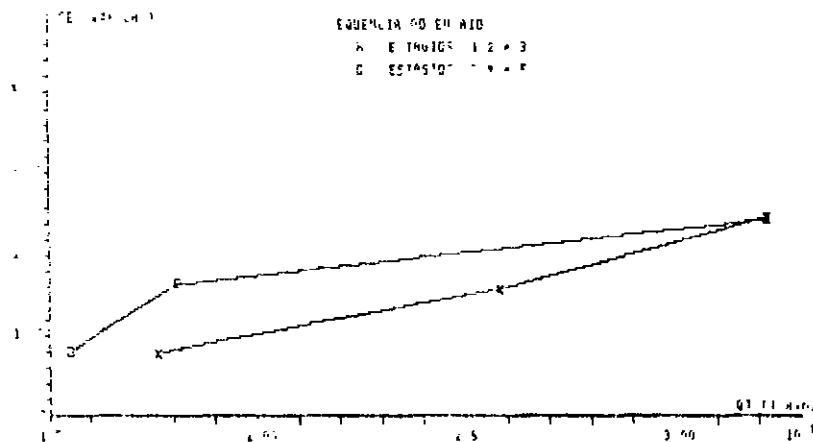
ENSAYO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 35+10,00m (LIXO)
 FURO : SK-02

TABELA - 14

TRECHO ENSAIADO DE 8.20 A 11.20 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m)			
	3.00	0.06	9.70	6.90			
ALTURA MANGN.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'AGUA		FATOR F			
1.00	ABAIXO DO N.A.	0.790 kg/cm ²		1.1069x10E-4			
PRESSAO MANGN.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	38.0 36.0 34.0 34.0 34.0	17.6	0.07	0.80	5.87	7.346	8.131
1.00	55.0 51.0 51.0 52.0 48.0	25.8	0.19	1.60	8.60	5.387	5.965
2.00	65.0 65.0 64.0 64.0 64.0	32.2	0.30	2.49	10.73	4.317	4.779
1.00	36.0 37.0 36.0 36.0 36.0	18.1	0.10	1.69	6.03	3.563	3.943
0.10	32.0 31.0 32.0 30.0 30.0	15.5	0.07	0.82	5.17	6.312	6.987

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000127





1-192/93

CLIENTE : VMA CONSULTORES
 OBRA : BARRAGEM ANGICOS - COREAU-LE

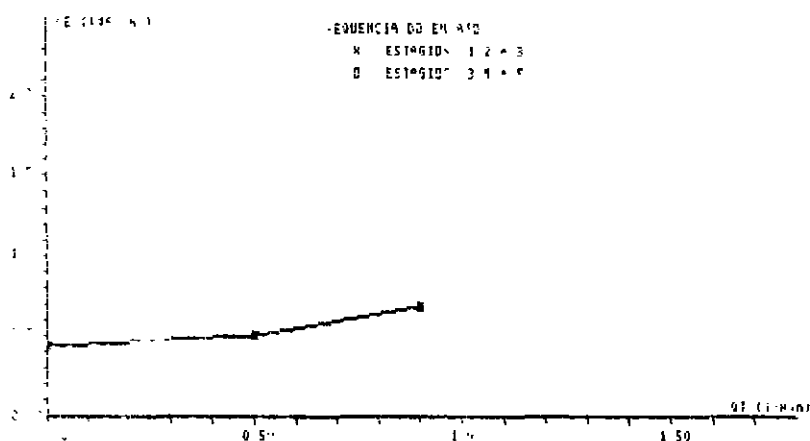
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTADA : 66 - 30,00m A MONTANTE (SANGRADOURO)
 FURO : SR-04

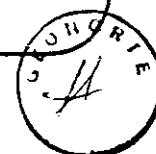
TABELA - 15

TRECHO ENSAIADO DE 1.40 A 3.00 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m) SECO			
	1.60	0.06	2.20				
ALTURA MANOM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'AGUA		FATOR F			
1.15	ACIMA DO N.A.	0.335 kg/cm ²		0.9400x10E-4			
PRESSAO MANOM.	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0	0.00	0.43	0.00	0.000	0.000
0.17	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.5	0.00	0.50	0.31	0.619	0.562
0.35	2.0 2.0 1.0 2.0 2.0	0.9	0.00	0.68	0.56	0.821	0.773
0.17	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.5	0.00	0.50	0.31	0.619	0.562
0.10	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0	0.00	0.43	0.00	0.000	0.000

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000128





1-192/93

CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM AMBICOS - COMPLEXO

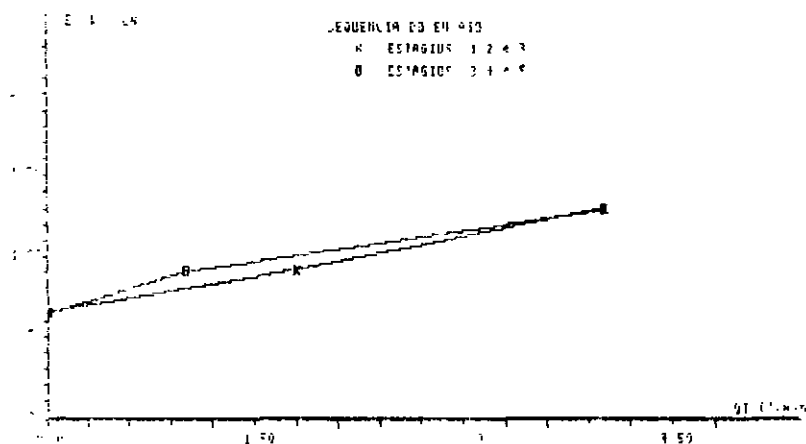
ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTADO : 66 - 30,00m A MONTE (SANGRADOURO)
 FURTO : SK-04

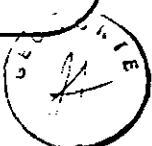
TABELA - 16

TRECHO ENSAIADO DE 3,00 A 6,00 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m) SECO			
	3,00	0,06	4,50				
ALTURA MANOM.(m) 1,15	ENSAIO REALIZADO ACIMA DO N.A.	COLUNA D'AGUA 0,565 kg/cm ²		FATOR F 1,1069x10E-4			
FRESSAO MANOM.	ABSORC AO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0,10	0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0	0,00	0,66	0,00	0,000	0,000
0,37	4,0 3,0 4,0 3,0 4,0	1,8	0,00	0,93	0,60	0,642	0,711
0,75	8,0 8,0 8,0 8,0 8,0	4,0	0,00	1,31	1,33	1,016	1,125
0,37	2,0 2,0 2,0 2,0 2,0	1,0	0,00	0,93	0,33	0,357	0,395
0,10	0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0	0,00	0,66	0,00	0,000	0,000

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



100129





1-192/93

CLIENTE: VMA CONSULTORES
 OBRA: PARQUEM ANGICOS - COBREAGE-CE

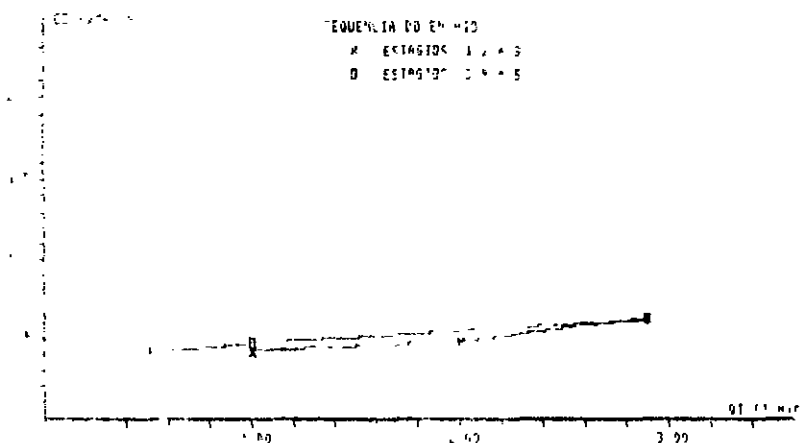
ENSAYO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACAO : 70 - 80,00m A MONITANTE (SANGRADOURO)
 FURTO : SR-05

TABELA - 17

TRECHO ENSAIADO DE 1.20 A 3.00 M	TRECHO(m) 1.80	DIAM(m) 0.06	CANALIZACAO(m) 2.10	NIVEL D'AGUA(m) SECO			
ALTURA MANOM.(m) 1.20	ENSAIO REALIZADO ACIMA DO N.A.	COLUNA D'AGUA 0.330 kg/cm ²	FATOR F 0.9719x10E-4				
PRESSAO MANOM	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm ²	litro	l/min	kg/cm ²	kg/cm ²	l/min/m	l/min/m/kg/cm ²	10E-4 cm/s
0.10	2.0 2.0 2.0 2.0 2.0	1.0	0.00	0.43	0.56	1.292	1.256
0.15	4.0 4.0 4.0 4.0 4.0	2.0	0.00	0.48	1.11	2.316	2.251
0.30	6.0 6.0 6.0 6.0 5.0	2.9	0.00	0.63	1.61	2.560	2.468
0.15	2.0 2.0 2.0 2.0 2.0	1.0	0.00	0.48	0.56	1.158	1.125
0.10	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.5	0.00	0.45	0.28	0.646	0.628

VAZAO TOTAL x CARGA EFETIVA



000130





T-192/93

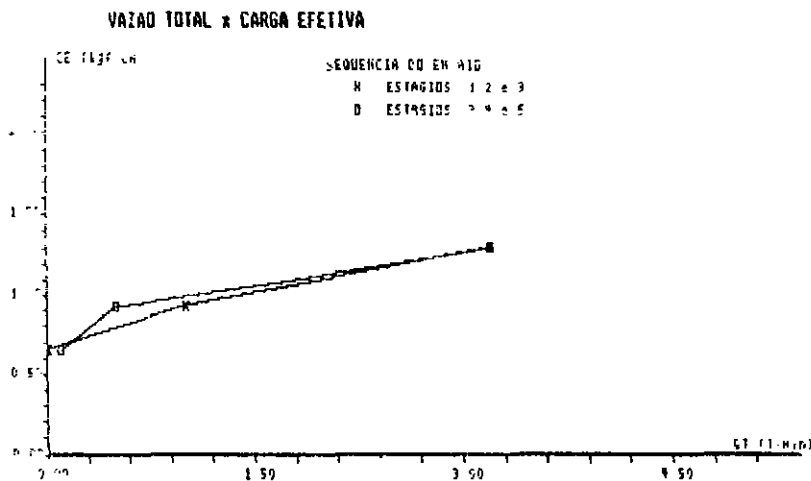
CLIENTE: VBA CONSULTORES
 OBRA: BARRAGEM ANGICOS - CORLAU-CE

ENSAIO DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO

ESTACA : 70 - 80,00m A MONTANTE (SANGRADOURO)
 FURO : SK-05

TABELA -18

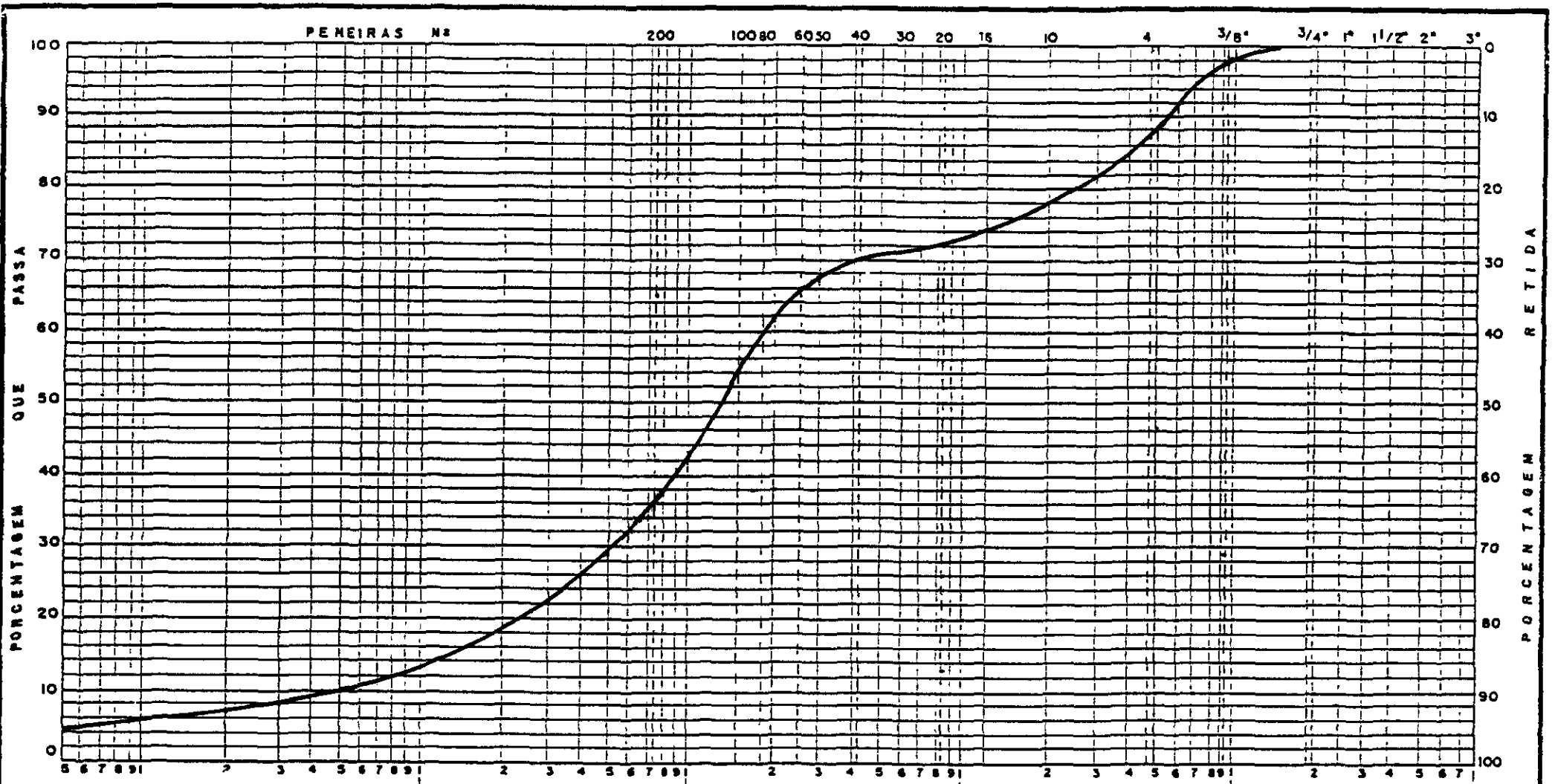
TRECHO ENSAIADO DE 3.00 A 6.00 M	TRECHO(m)	DIAM(m)	CANALIZACAO(m)	NIVEL D'AGUA(m) SECO			
	3.00	0.06	4.50				
ALTURA MANGM.(m)	ENSAIO REALIZADO	COLUNA D'AGUA	FATOR F				
1.20	ACIMA DO N.A.	0.570 kg/cm2	1.1069x10E-4				
PRESSAO MANGM	ABSORCAO A CADA 2 MIN.	VAZAO	PERDA DE CARGA	CARGA EFETIVA	VAZAO ESPECIFICA	PERDA D'AGUA ESPECIFICA	COEFICIENTE PERMEABILIDADE
kg/cm2	litro	l/min	kg/cm2	kg/cm2	l/min/m	l/min/m/kg/cm2	10E-4 cm/s
0.10	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0	0.00	0.67	0.00	0.000	0.000
0.37	2.0 2.0 2.0 2.0 2.0	1.0	0.00	0.94	0.33	0.355	0.393
0.75	8.0 6.0 6.0 6.0 6.0	3.2	0.00	1.32	1.07	0.809	0.896
0.37	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.5	0.00	0.94	0.17	0.177	0.196
0.10	1.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.1	0.00	0.67	0.03	0.050	0.055



000131



ANEXO D - ENSAIOS DE GRANULOMETRIA



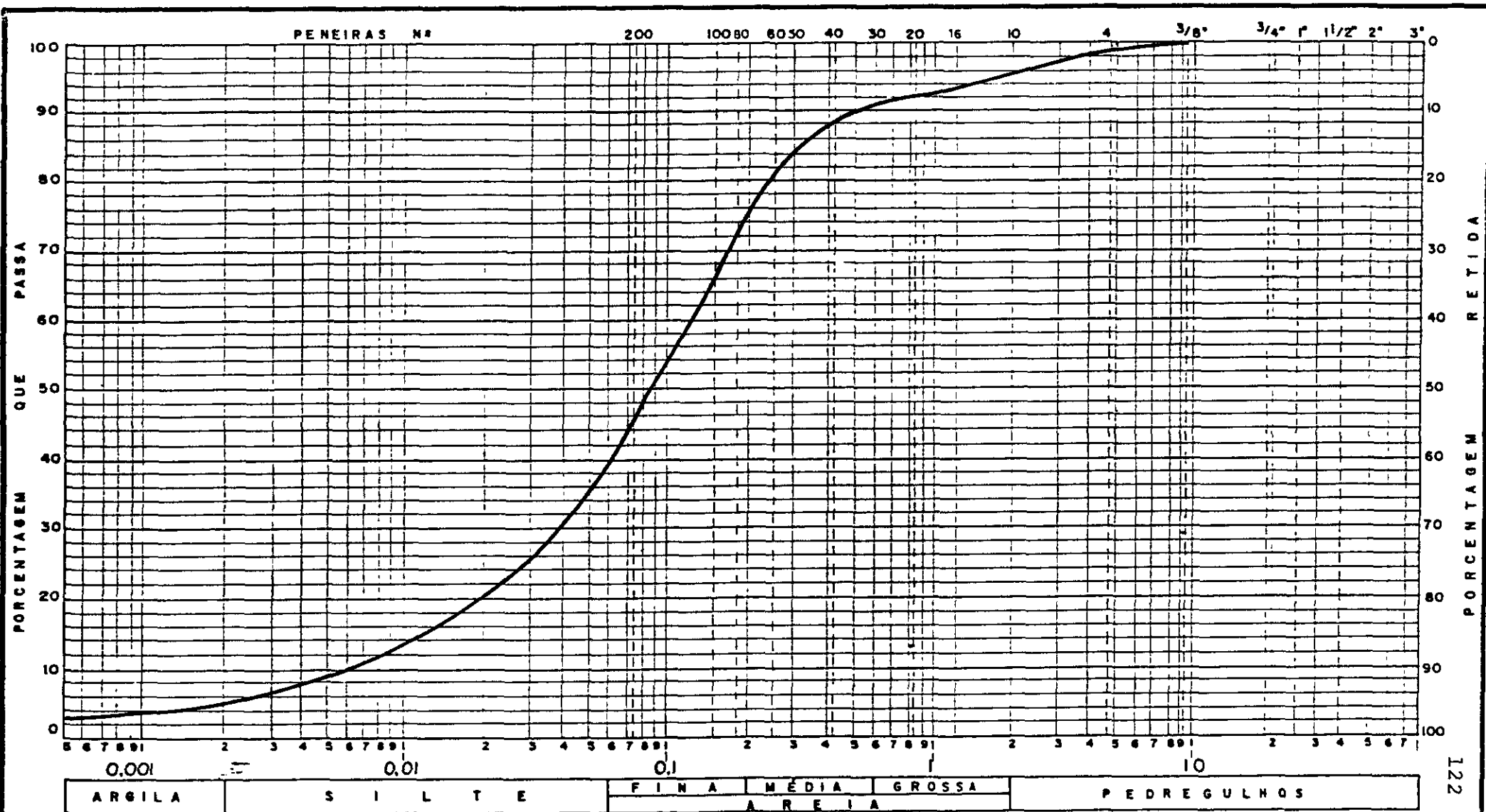
ARGILA | S I L T E | FINA | MEDIA | GROSSA | PEDREGULHOS
 DIAMETRO DAS PARTICULAS EM MM

JS - 01: AMOSTRA - 05

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	Jun/93	DES	VISTO <i>ef</i>
ESC		APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAU-CE			T-186/93 DES.04

000133 - 6

121

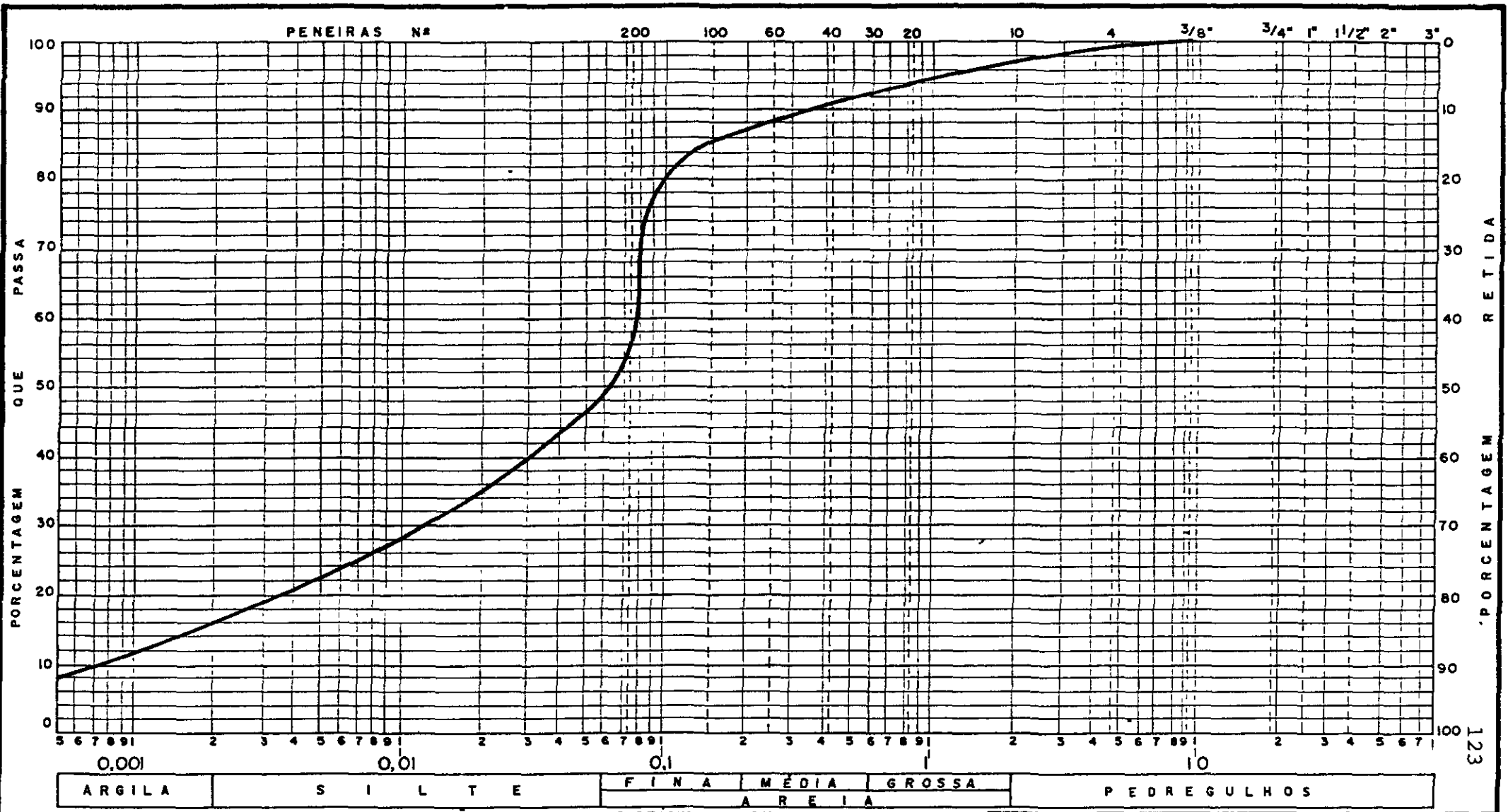


122

JS - 01: AMOSTRA - 06

000134

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES	VISTO <i>rd</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREA0-CE			T-186/93 DES.05

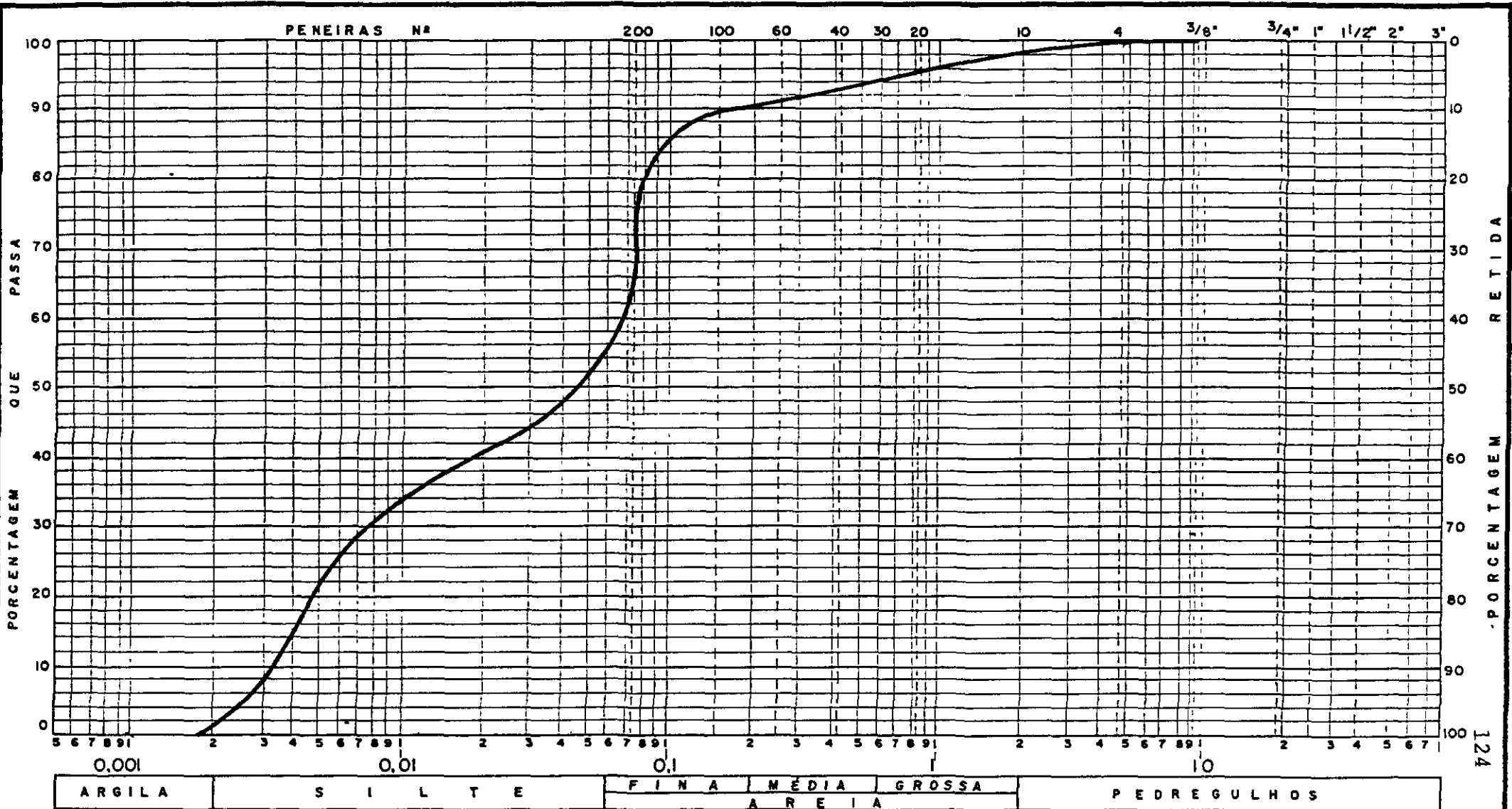


0,001	0,01	0,1	1	10			
ARGILA	S I L T E		FINA	MÉDIA	GROSSA	PEDREGULHOS	
DIÂMETRO DAS			PARTÍCULAS			EM mm	

JS - 02: AMOSTRA - 01

000135

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.		
DATA.	DES.	VISTO <i>af</i>
ESC	APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE		Geonorte
		T-186/93 DES. 28



ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHOS
--------	------	------------	-------------	--------------	-------------

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JS - 02: AMOSTRA - 02

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA
HÍDRICOS LTDA.

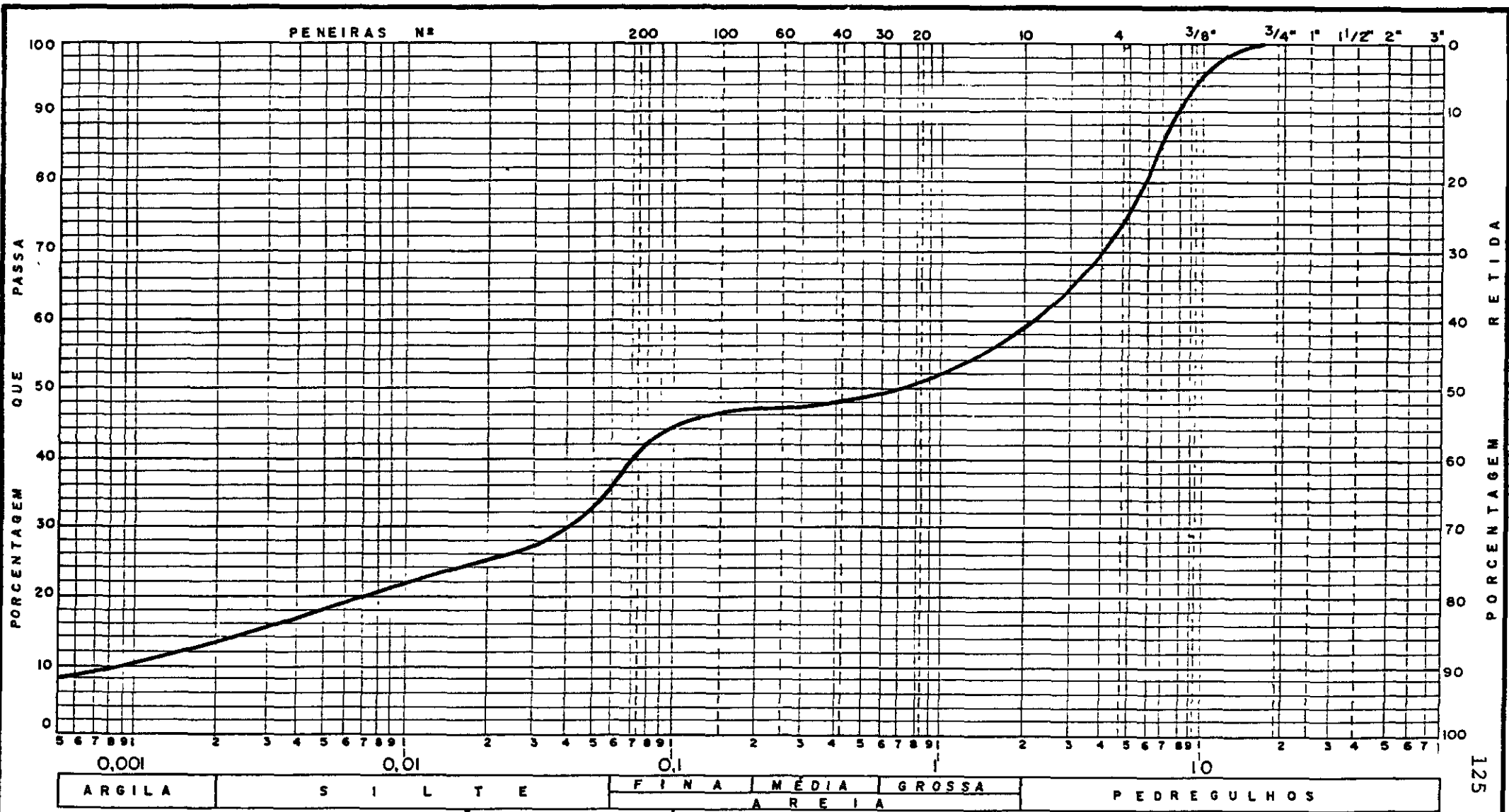
DATA	DES.	VISTO <i>af</i>
ESC	APROV	

Geonorte

000136

BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE

T-186/93
DES.29

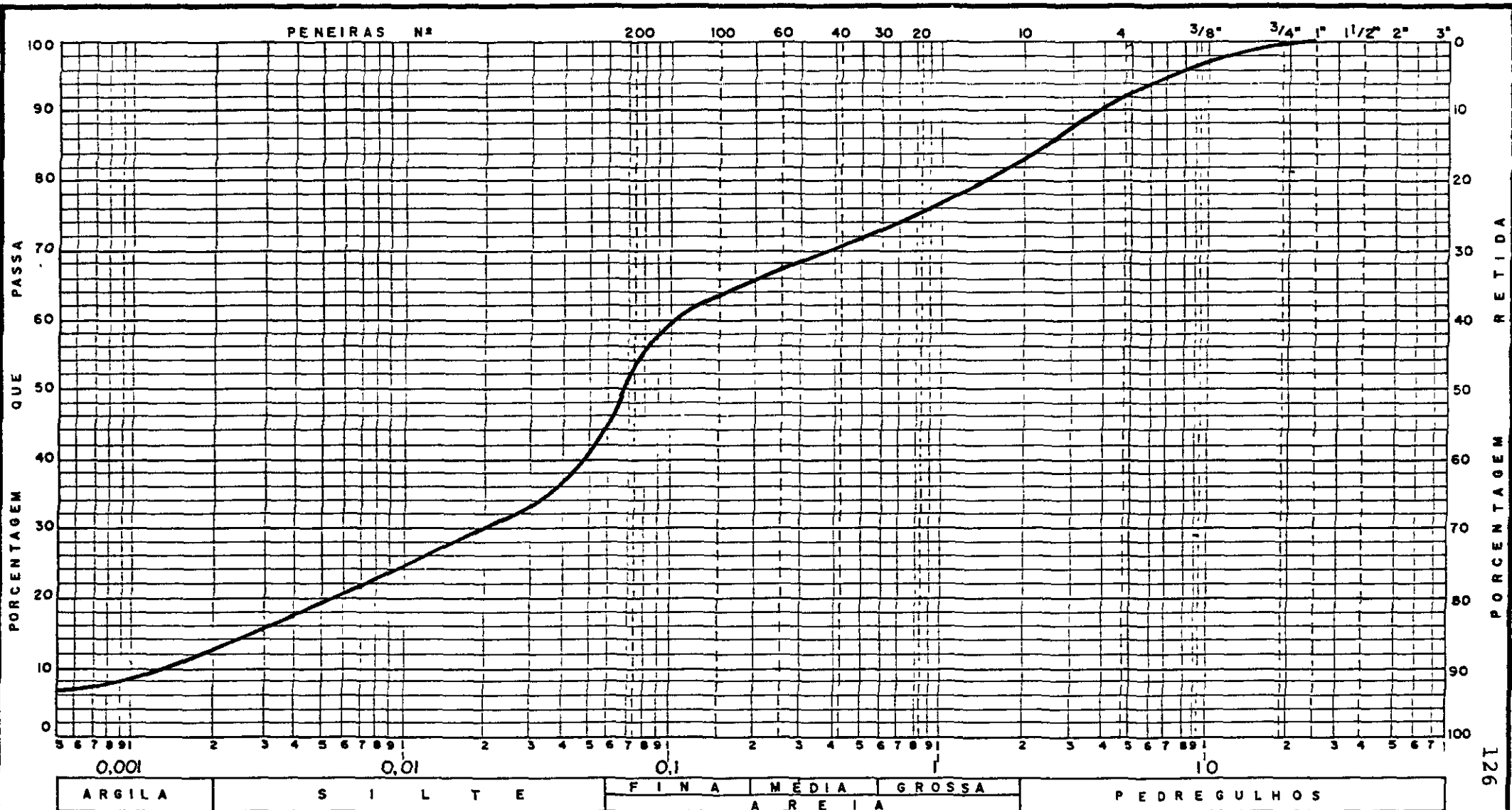


JS - 03: AMOSTRA - 20

000137

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	AGO/93	DES.	VISTO <i>af</i>
ESC		APROV	Geonorte
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.19

125

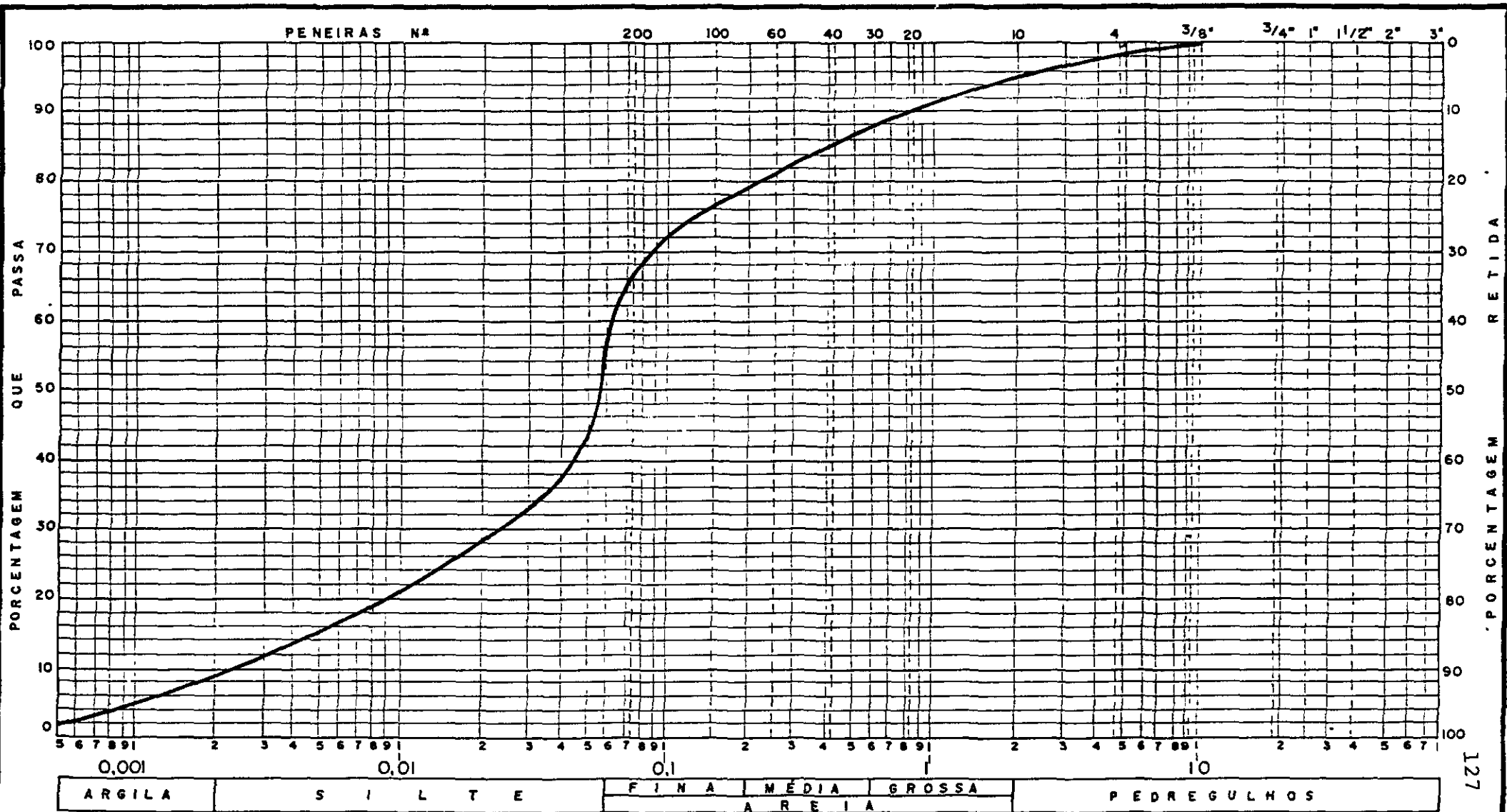


ARGILA	S I L T E	F I N A M É D I A G R O S S A	P E D R E G U L H O S
D I Á M E T R O D A S P A R T I C U L A S E M m m		A R E I A	

JS - 03: AMOSTRA - 21

000138

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA AGO/93	DES.	VISTO <i>af</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.20



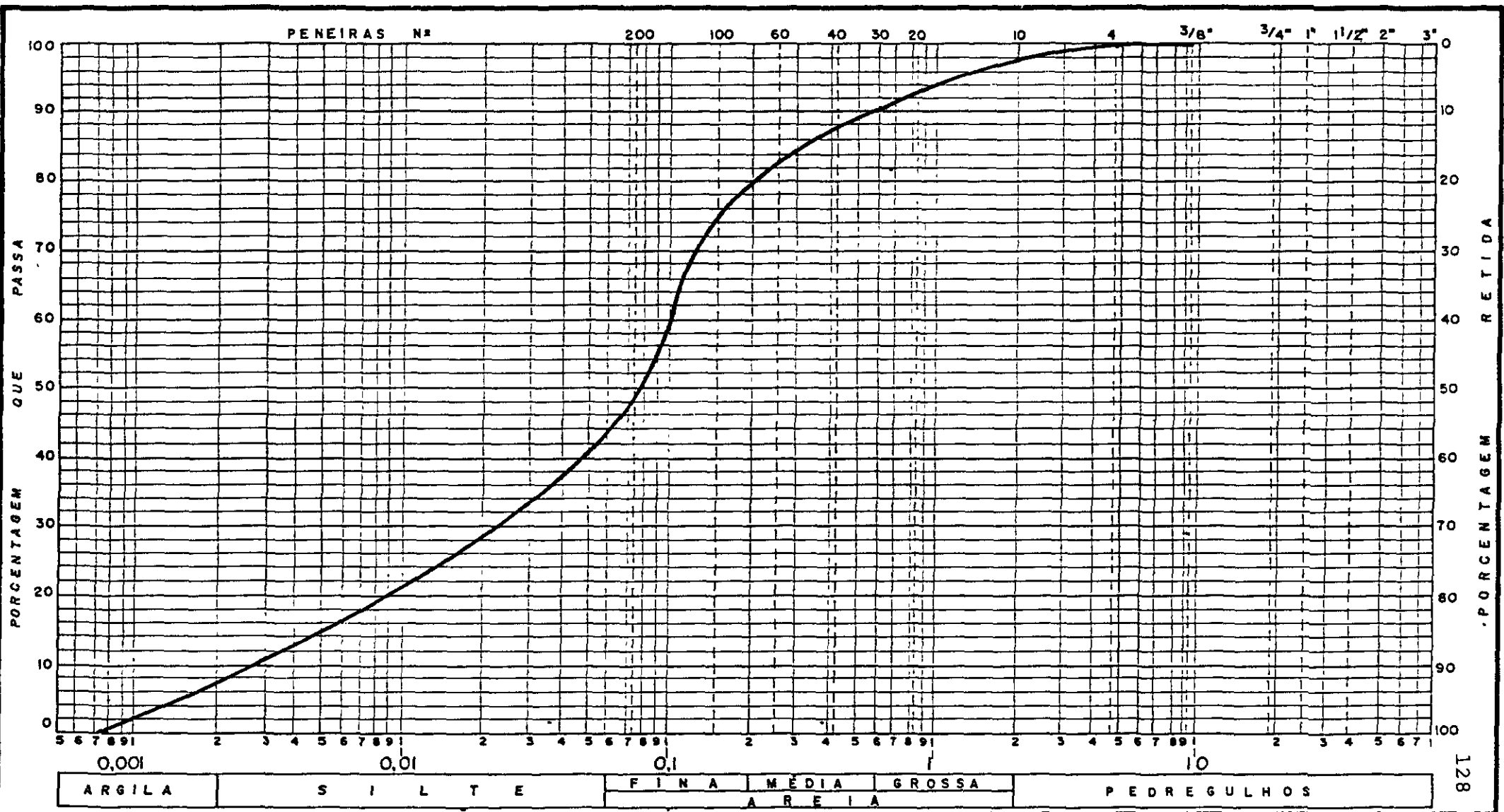
127

JAZIDA SANGRA DOURO.

JS - 04: AMOSTRA - 04

000139

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	AG0/93	DES.	VISTO <i>ef</i>
ESC		APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREA-CE			Geonorte
			T-186/93 DES.23



ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

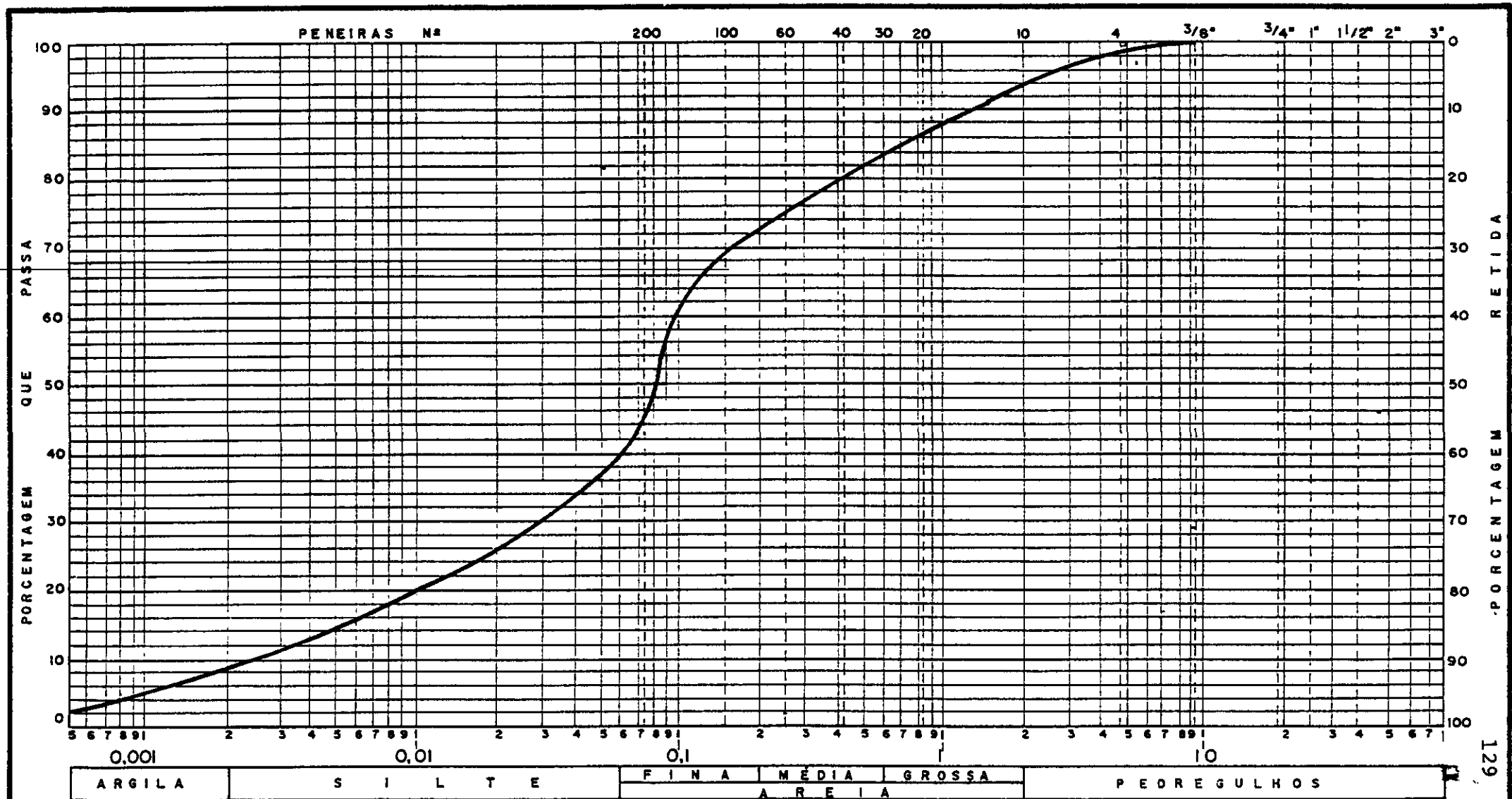
JAZIDA SANGRAOURO

JS - 04: AMOSTRA - 05

000140

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	AGO/93	DES.	VISTO <i>ef</i>
ESC		APROV	Geonorte
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.24

128



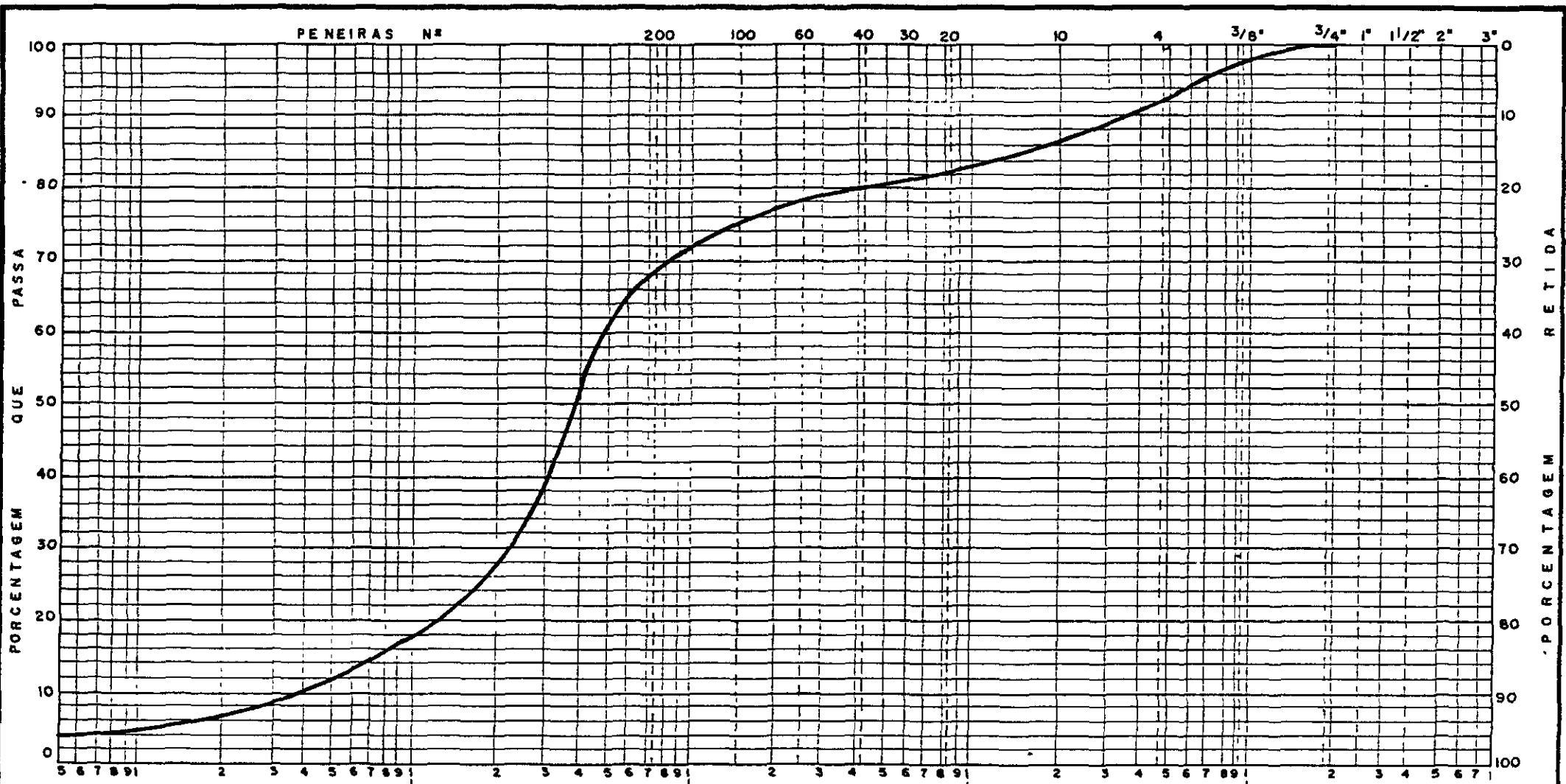
ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS EM mm

JAZIDA SANGRADOURO

JS - 04: AMOSTRA - 07
000141

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMAS HÍDRICOS LTDA.			
DATA AGO/93	DES.	VISTO. <i>ef</i>	Geonorte
ESC.	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.25



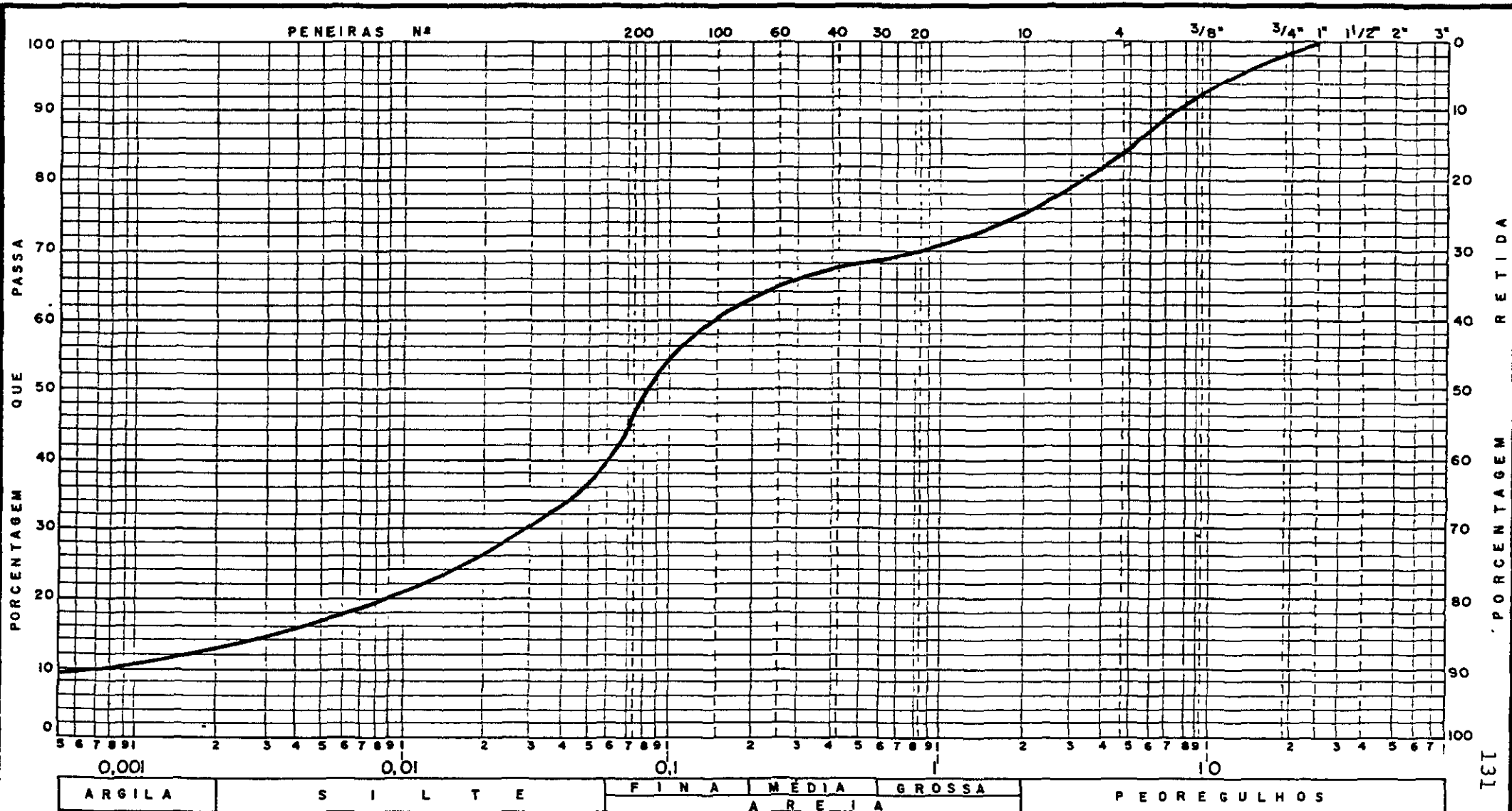
ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MEDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHOS
--------	------	------------	-------------	--------------	-------------

JAZIDA SANGRADOURO

JS - 04: AMOSTRA - 12

000142

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	DES.	VISTO	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.26



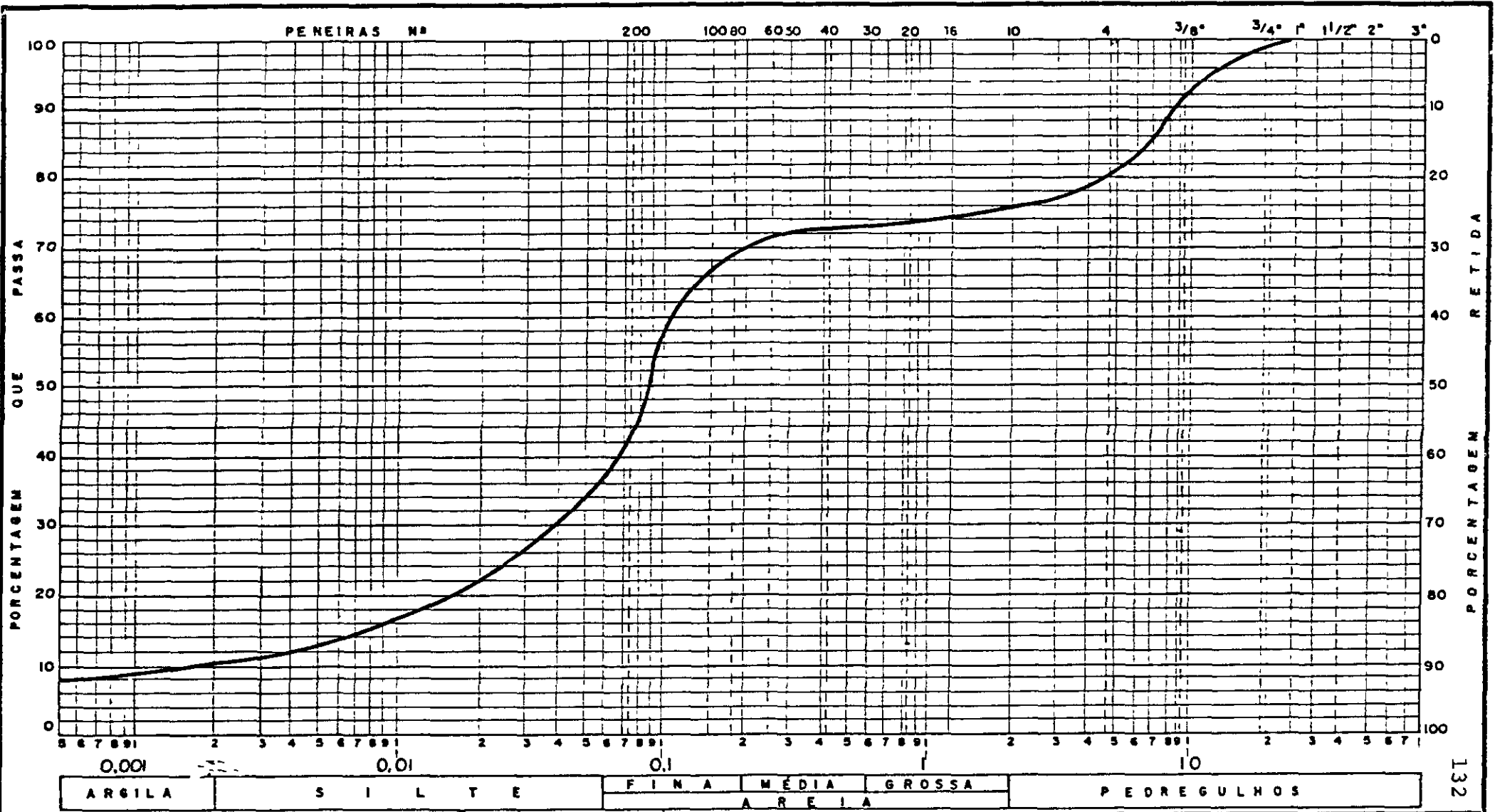
0,001 A R G I L A	0,01 S I L T E	0,1 F I N A M É D I A G R O S S A A R E I A	1 P E D R E G U L H O S
D I Á M E T R O D A S		P A R T Í C U L A S E M m m	

JAZIDA SANGRADOURO

JS - 04: AMOSTRA - 13

000143

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA AGO/93	DES.	VISTO <i>al</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES. 27



ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

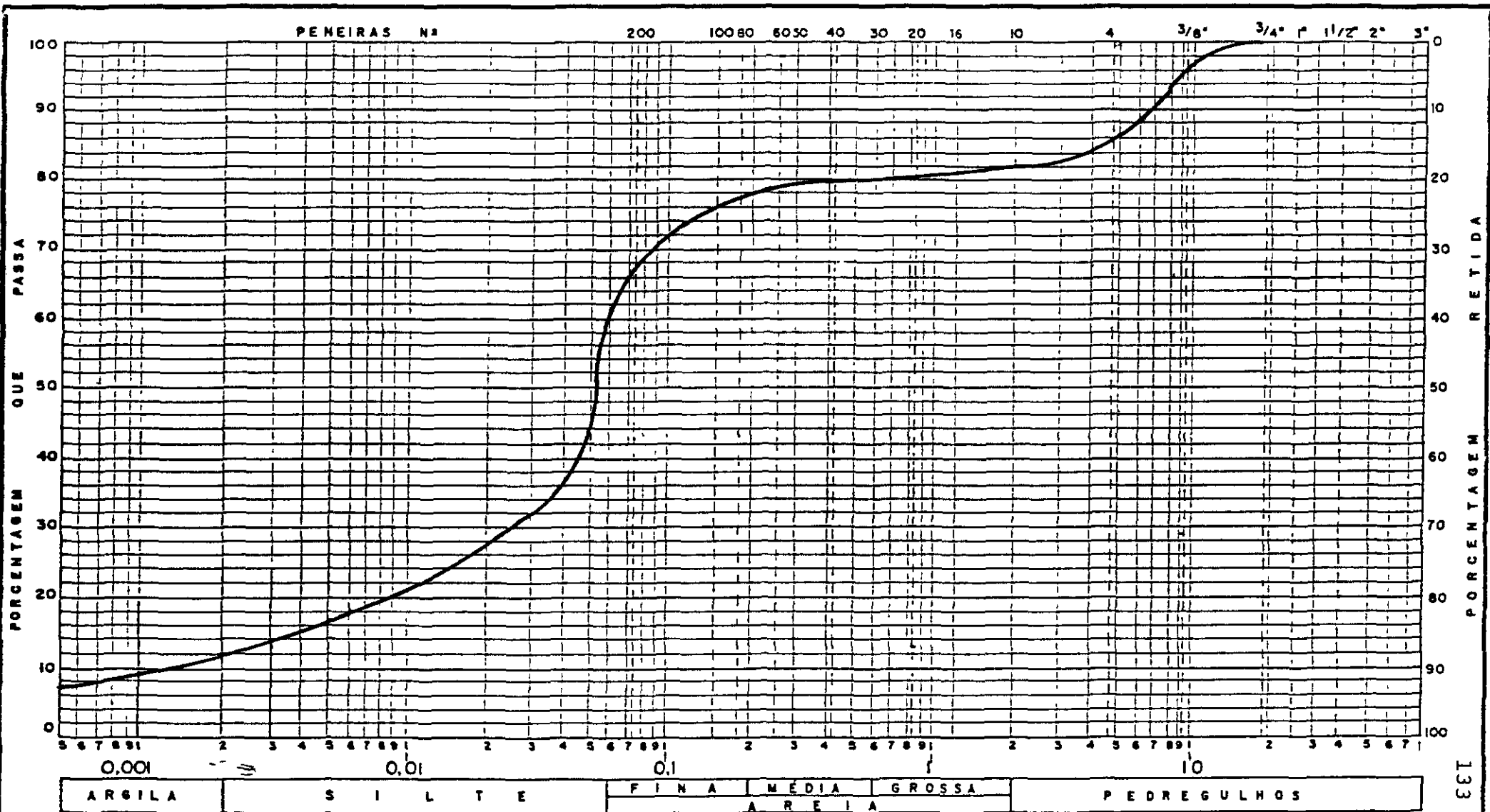
JS - 05: AMOSTRA - 07

000144

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.		
DATA Jun/93	DES.	VISTO <i>[Signature]</i>
ESC	APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAÚ-CE		T-186/93 DES.06

Geonorte

132

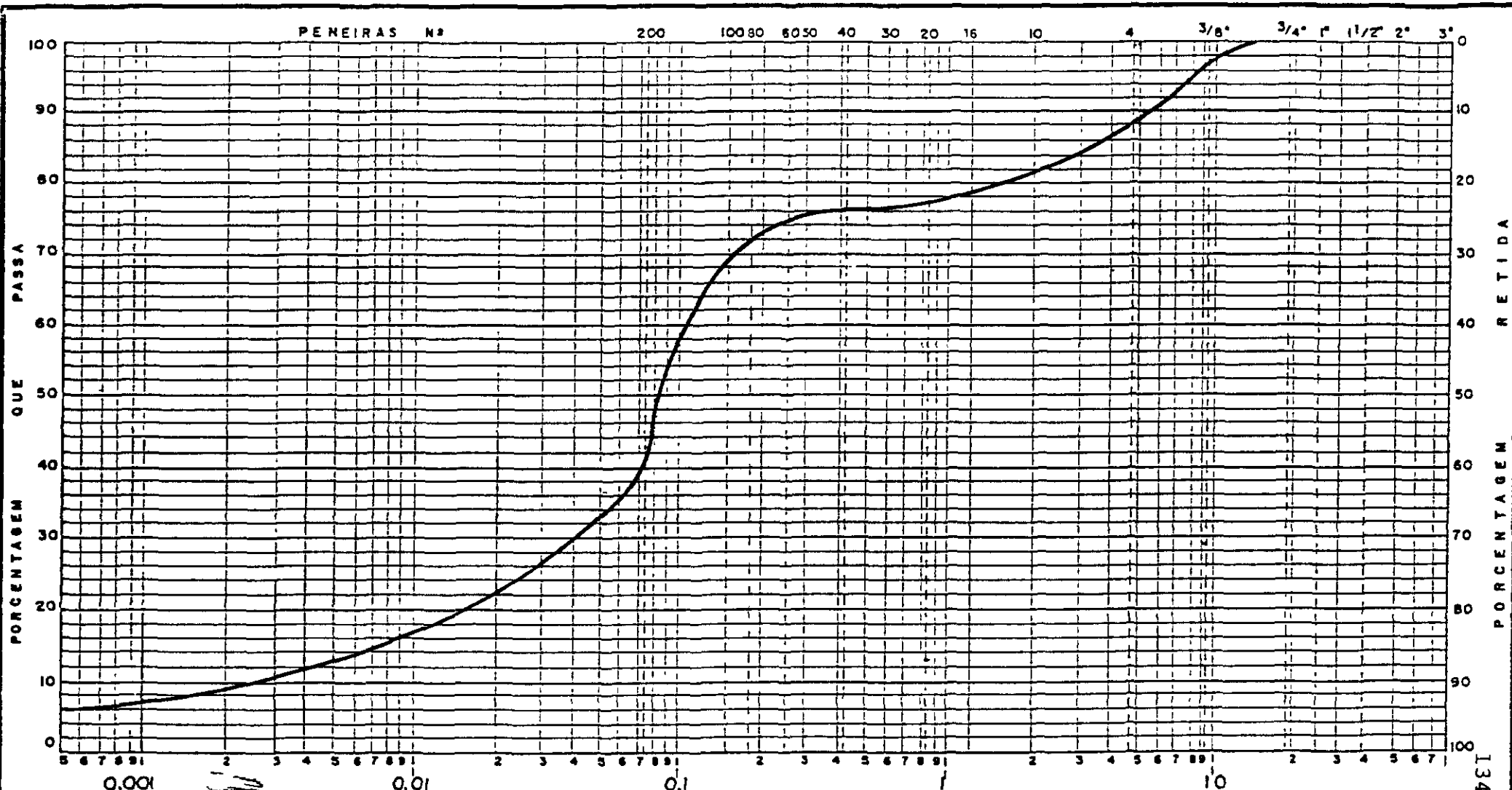


ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JS - 05: AMOSTRA - 08

000145

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	Jun/93	DES.	VISTO: <i>[Signature]</i>
ESC		APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAÜ-CE			Geonorte
			T-186/93 DES.07

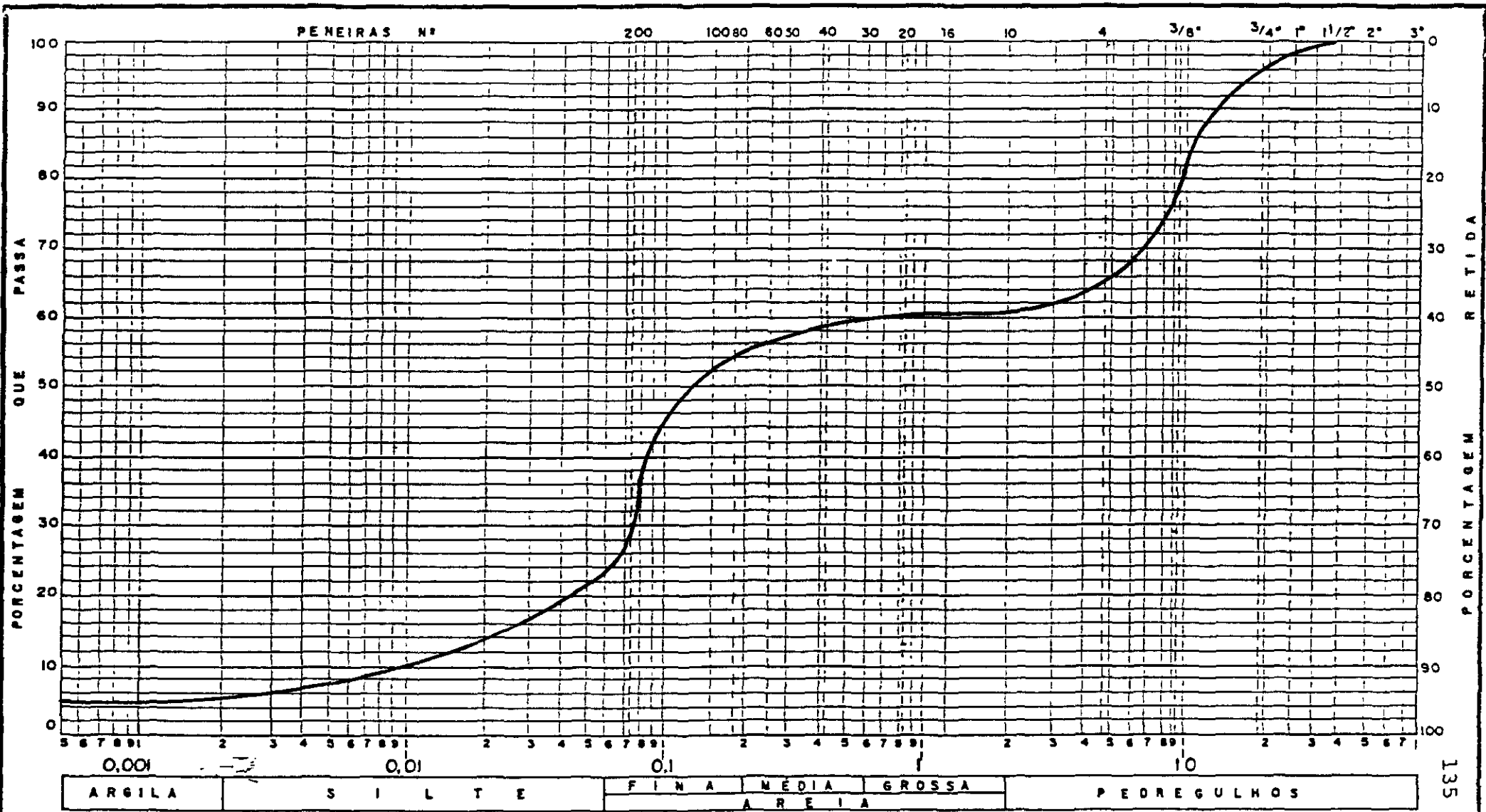


ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JS - 05: AMOSTRA - 09

000146

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.		
DATA Jun/93	DES VISTO <i>[Signature]</i>	Geonorte
ESC	APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE		T-186/93 DES.08



ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S

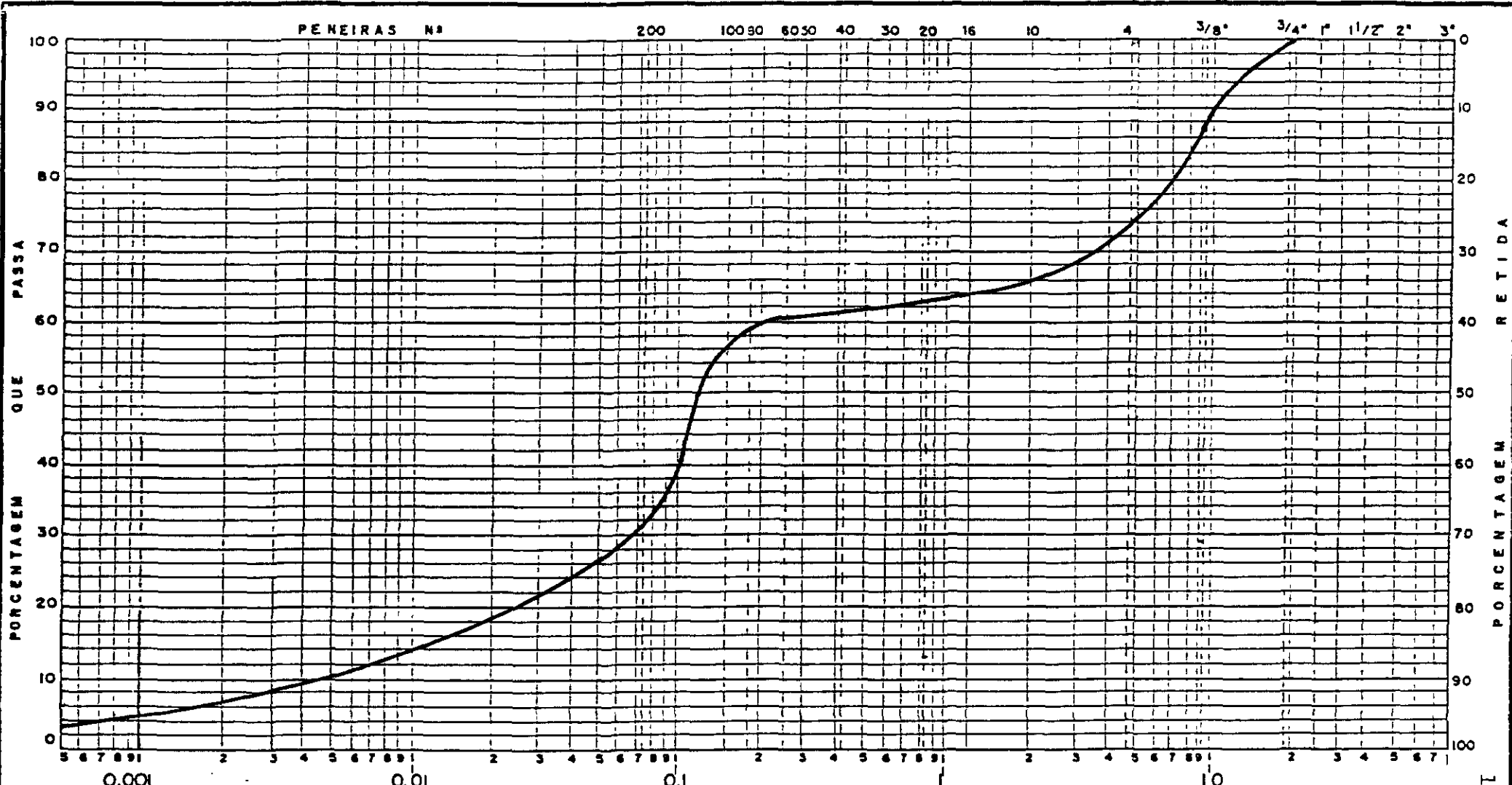
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM MM

JS - 05: AMOSTRA - 10

000147

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES	VISTO <i>[Signature]</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.09

135



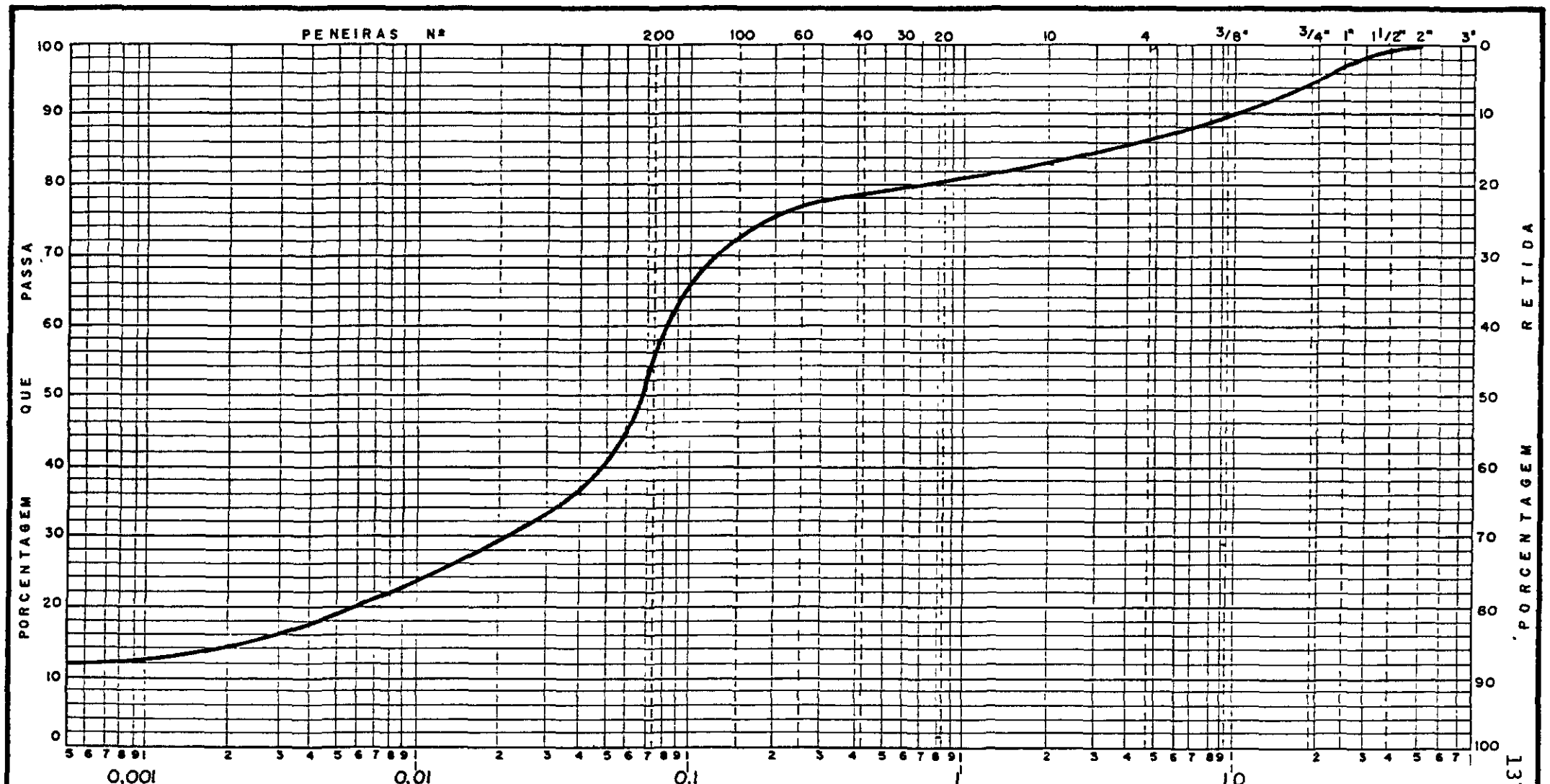
ARGILA	S I L T E	F I N A M É D I A G R O S S A A R E I A	P E D R E G U L H O S
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm			

JS - 05: AMOSTRA - 11

000148

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES.	VISTO <i>[Signature]</i>	
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAU-CE			Geonorte
			T-186/93 DES.10

136



137

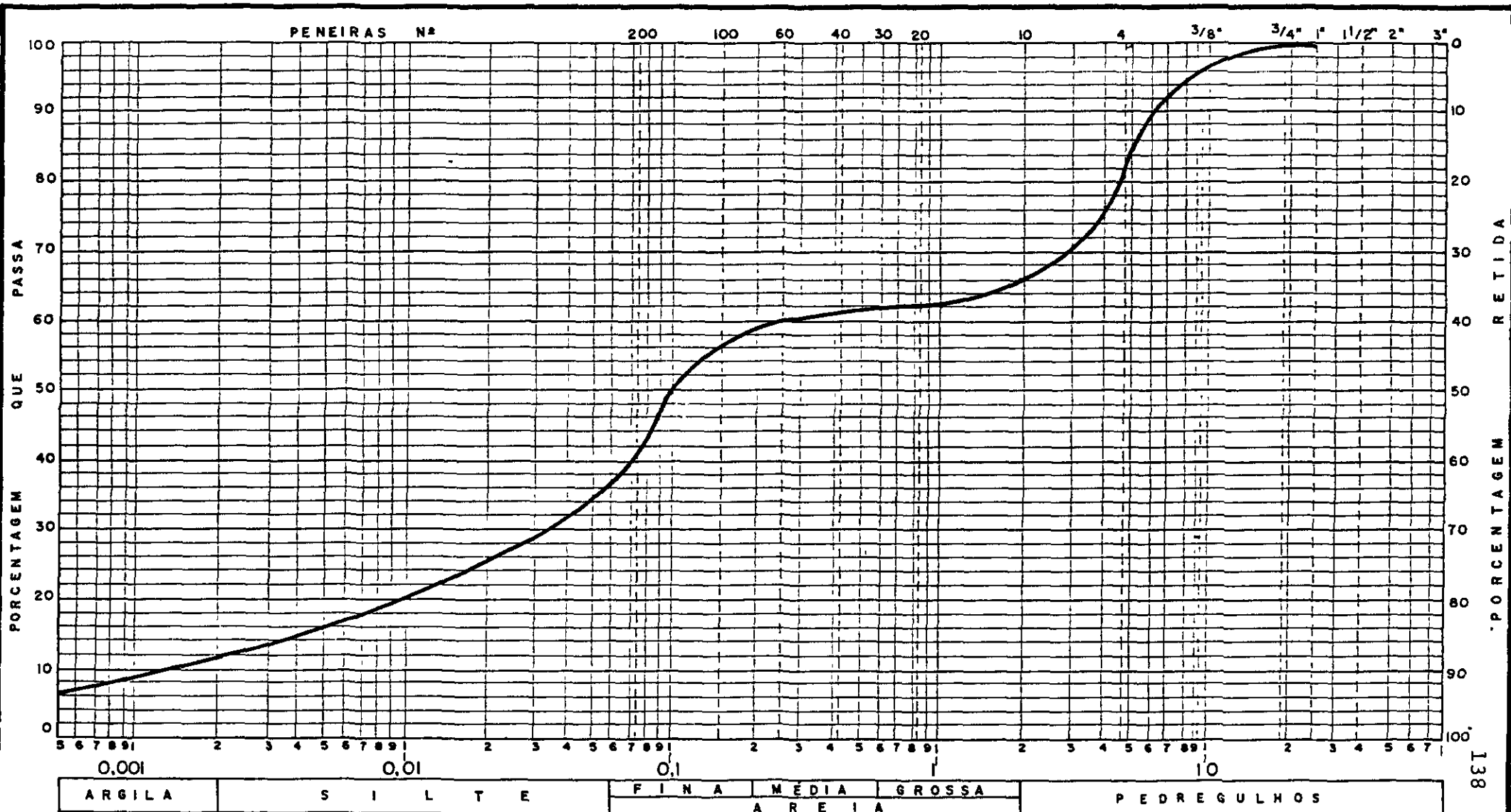
ARGILA	S I L T E	F I N A	M É D I A	G R O S S A	P E D R E G U L H O S
--------	-----------	---------	-----------	-------------	-----------------------

DIAMETRO DAS PARTÍCULAS EM mm

JS - 05: AMOSTRA - 12

000149

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA.	DES.	VISTO <i>ml</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93
			DES. 11



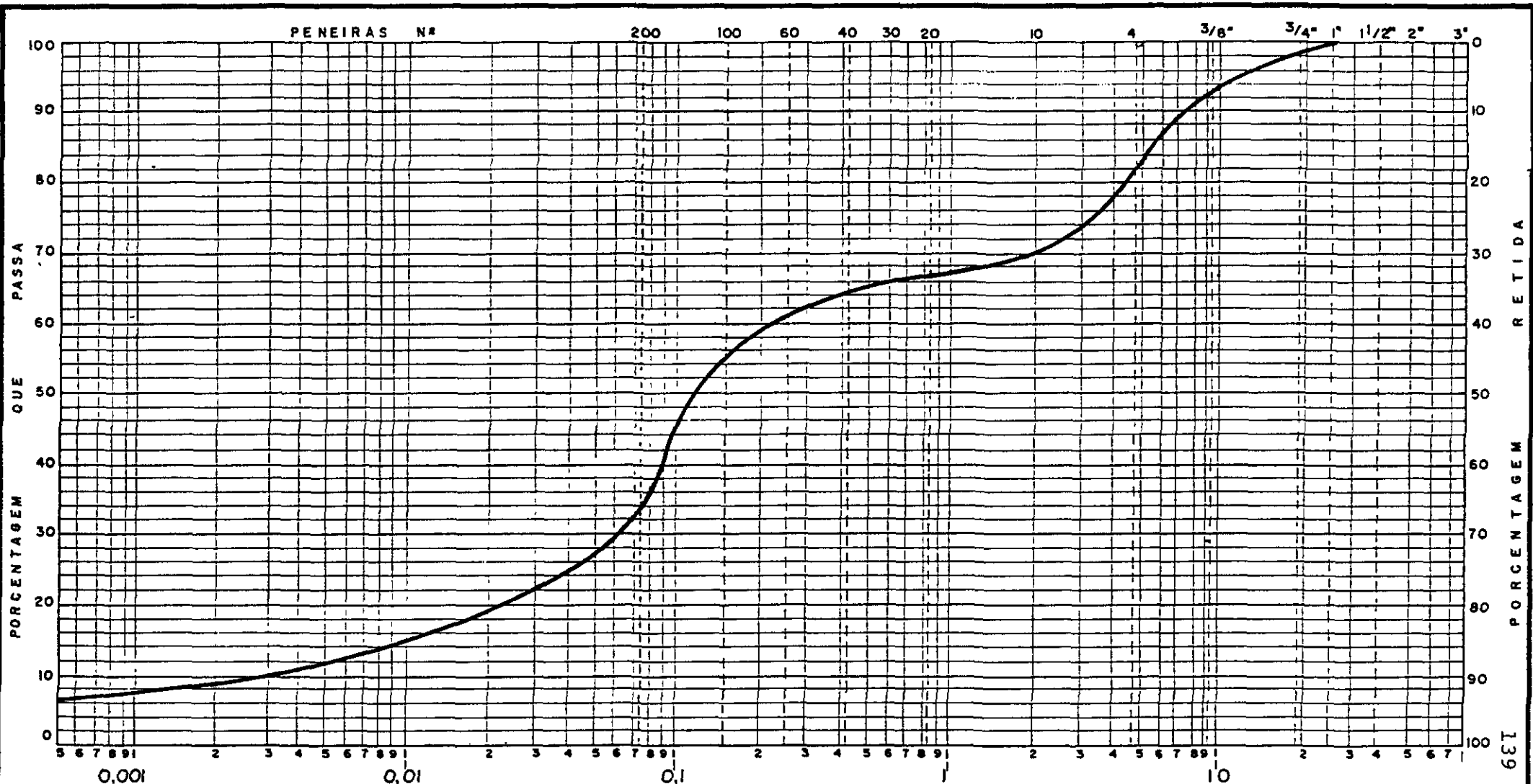
ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHOS
--------	------	------------	-------------	--------------	-------------

JS - 05: AMOSTRA - 13

000150

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA.	DES.	VISTO <i>EM</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.1º

138



ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S

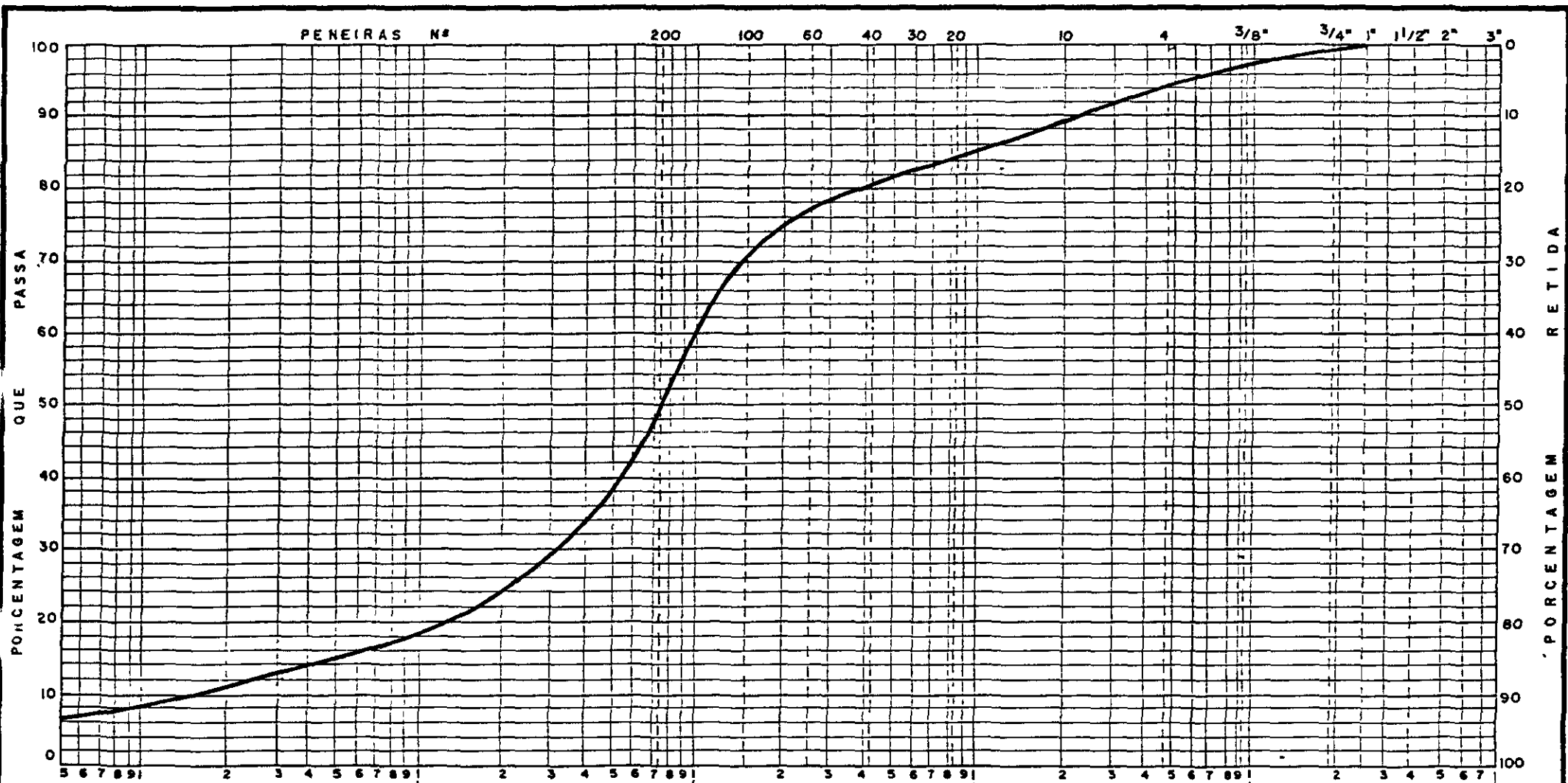
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JS - 05: AMOSTRA - 14

000151

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.		
DATA	DES.	VISTO <i>ll</i>
ESC	APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE		Geonorte
		T-186/93 DES.13

139

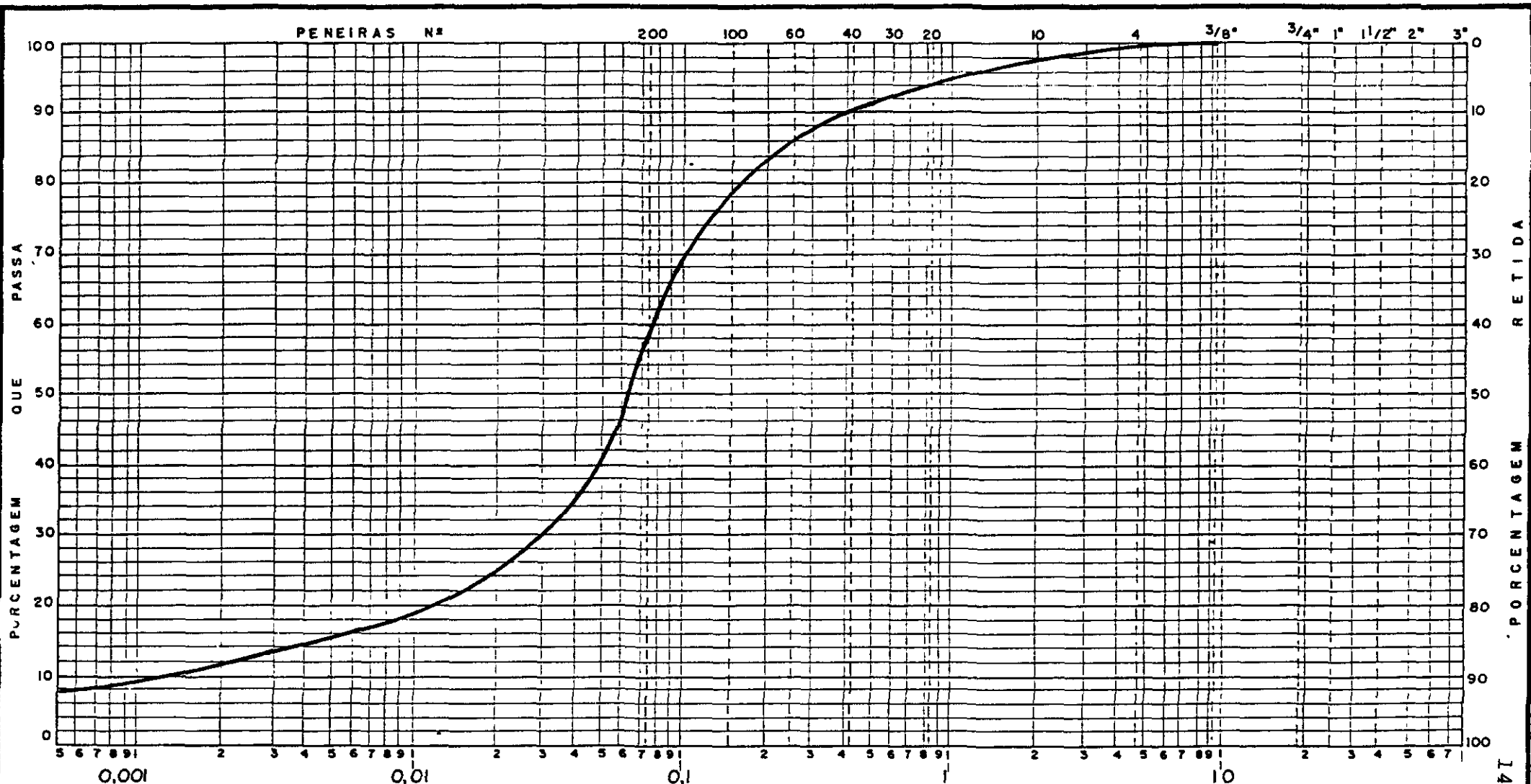


0,001	0,01	0,1	1	10	
ARGILA	SILT E		AREIA		PEDREGULHOS
DIAMETRO		DAS PARTICULAS		EM mm	

JS - 05: AMOSTRA - 15

000152

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	DES.	VISTO <i>ef</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREA0-CE			T-186/93 DES. 14



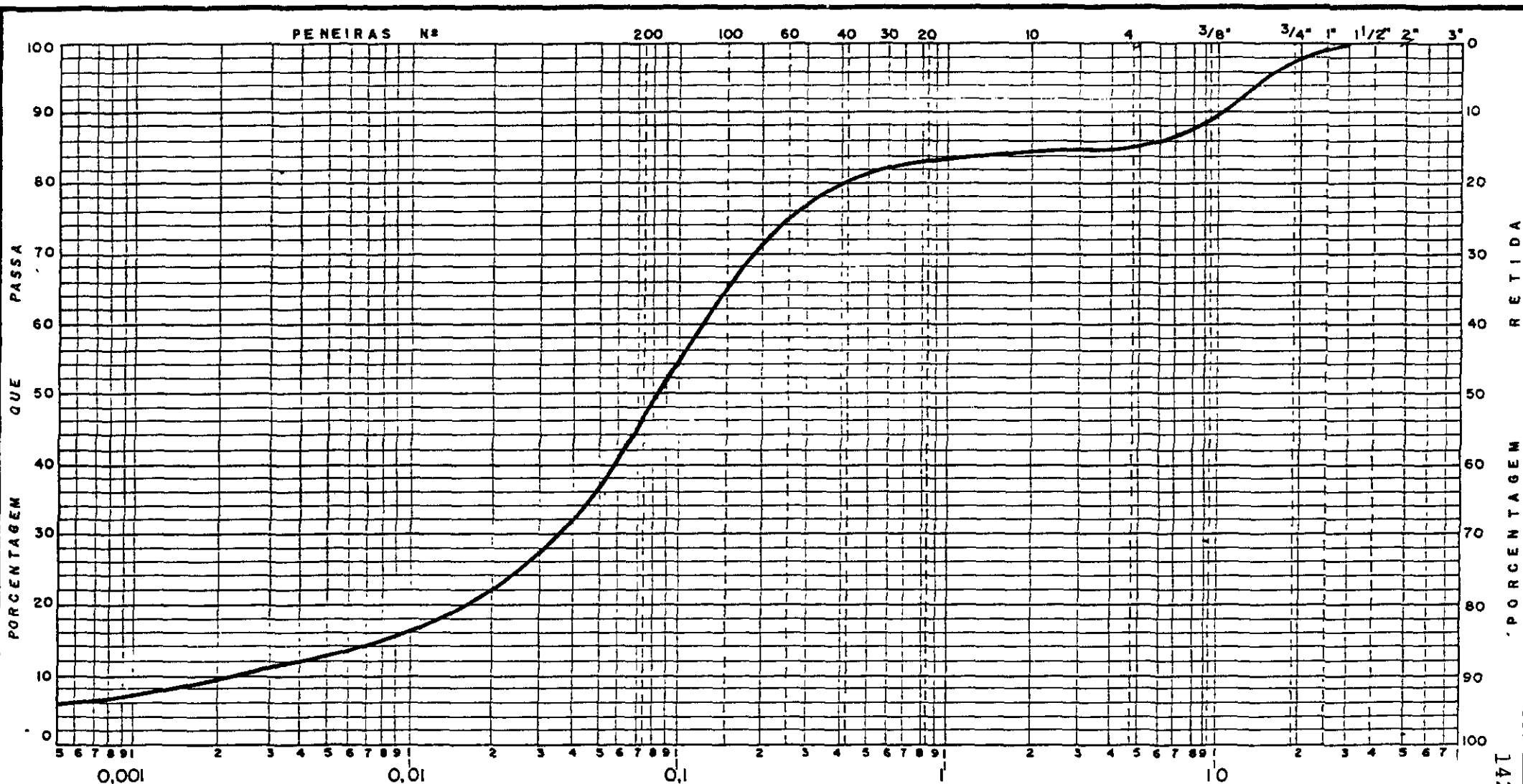
0,001	0,01	0,1	1	10	
ARGILA	S I L T E		FINA	MÉDIA	GROSSA
DIAMETRO DAS			PARTÍCULAS EM mm		
					PEDREGULHOS

JS - 05: AMOSTRA - 16

000153

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	DES.	VISTO <i>ef</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAÓ-CE			T-186/93 DES.15

141



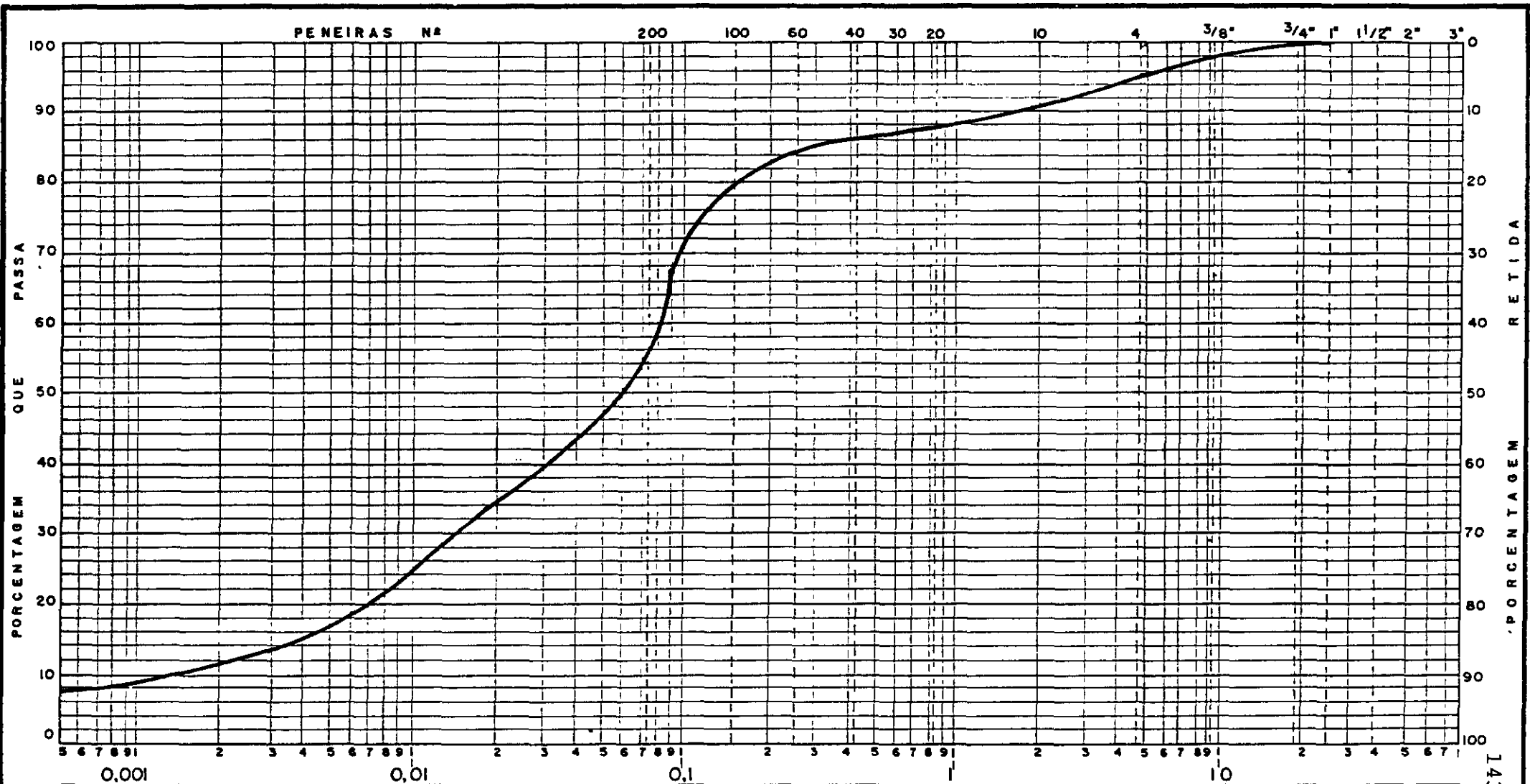
0,001	0,01	0,1	1	10
ARGILA	S I L T E	F I N A A R E I A	M E D I A A R E I A	G R O S S A
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm			P E D R E G U L H O S	

JS - 05: AMOSTRA - 17

000154

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	DES.	VISTO <i>dp</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES. '16

142

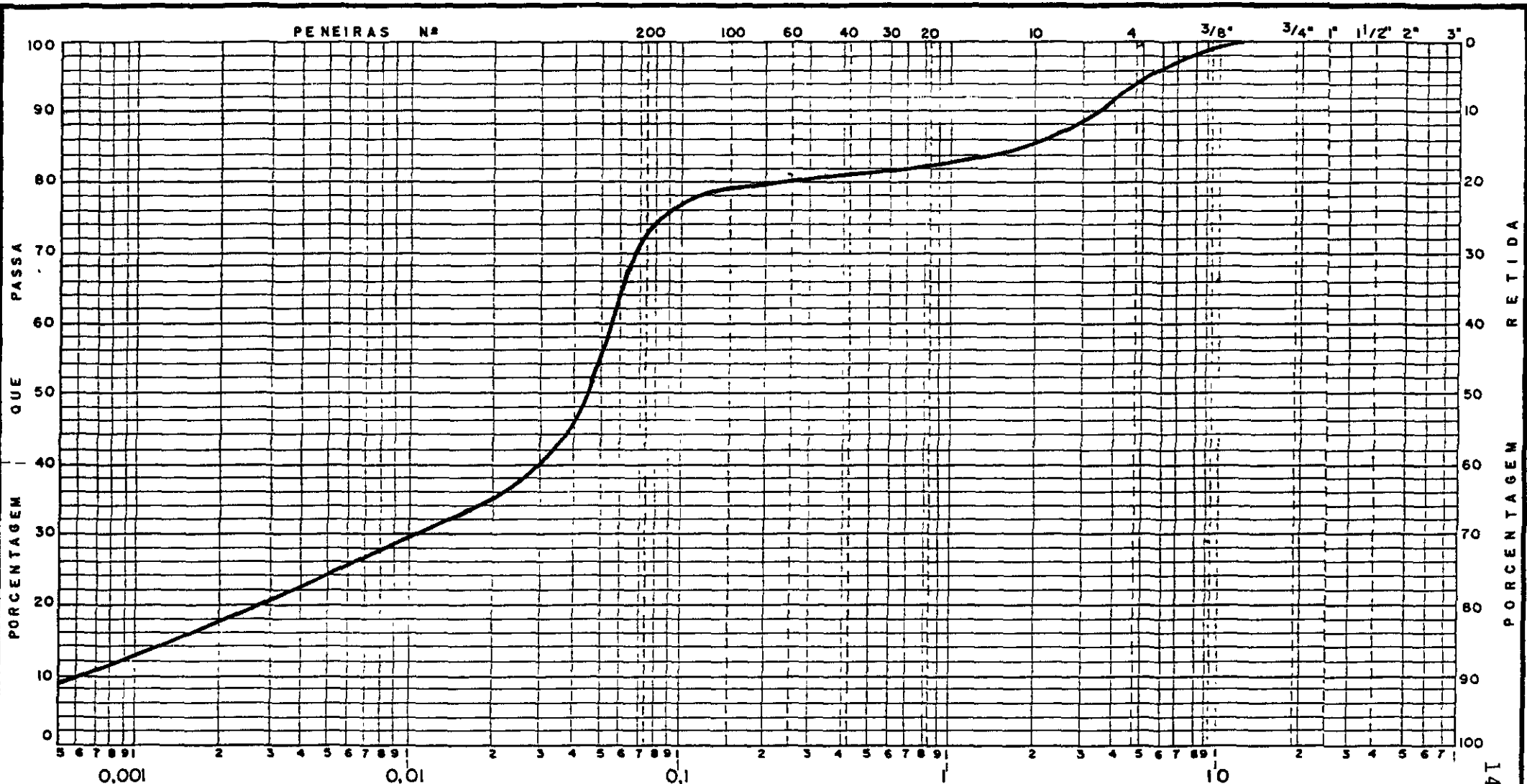


ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JS - 05: AMOSTRA - 18

000155

VBA CONSULTORES - ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA	DES.	VISTO <i>af</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREA0-CE			T-186/93 DES.17



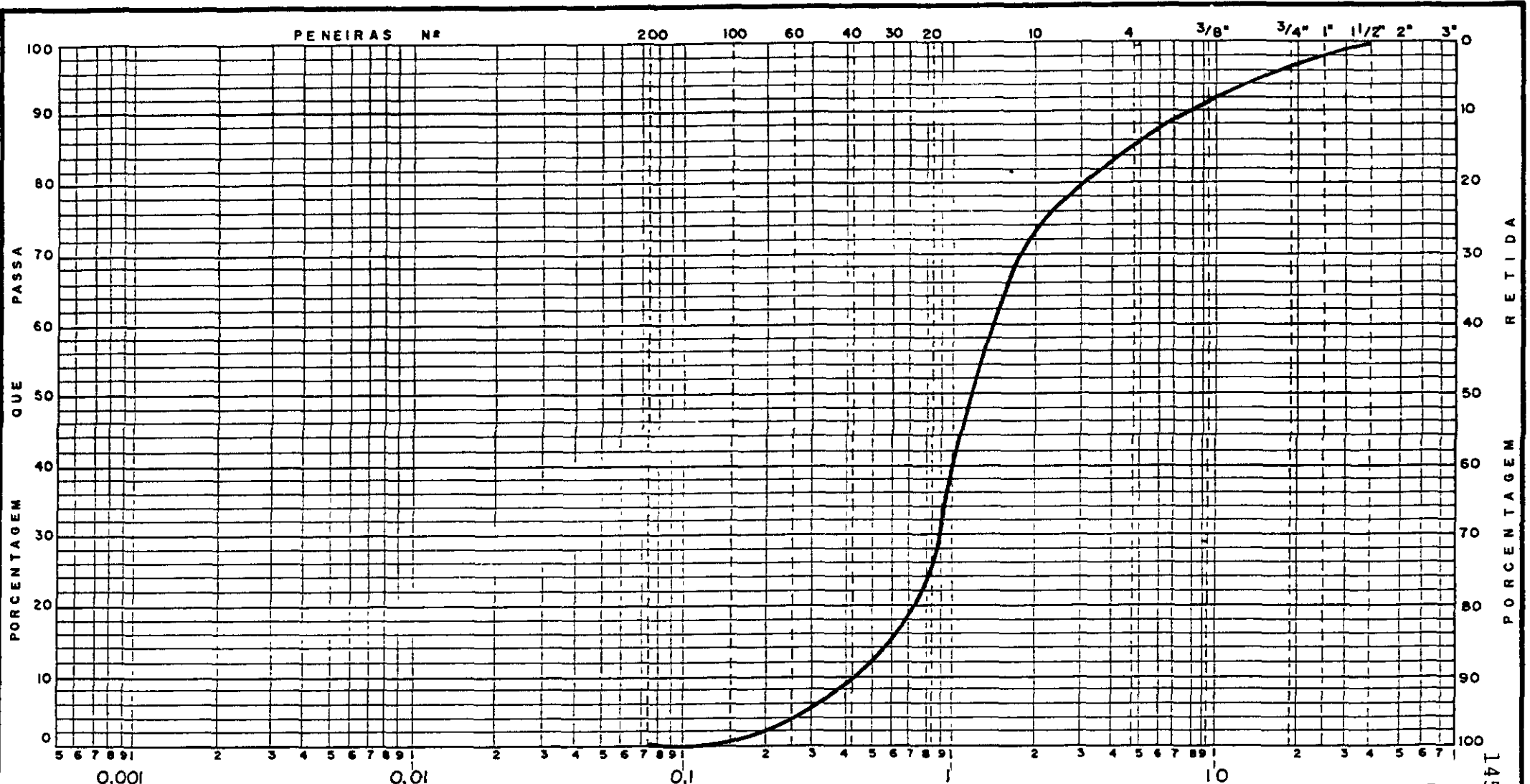
ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHOS
--------	------	------------	-------------	--------------	-------------

JS - 05: AMOSTRA - 19

000156

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA			
DATA. AGO/93	DES.	VISTO <i>ef</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DFS.18

144

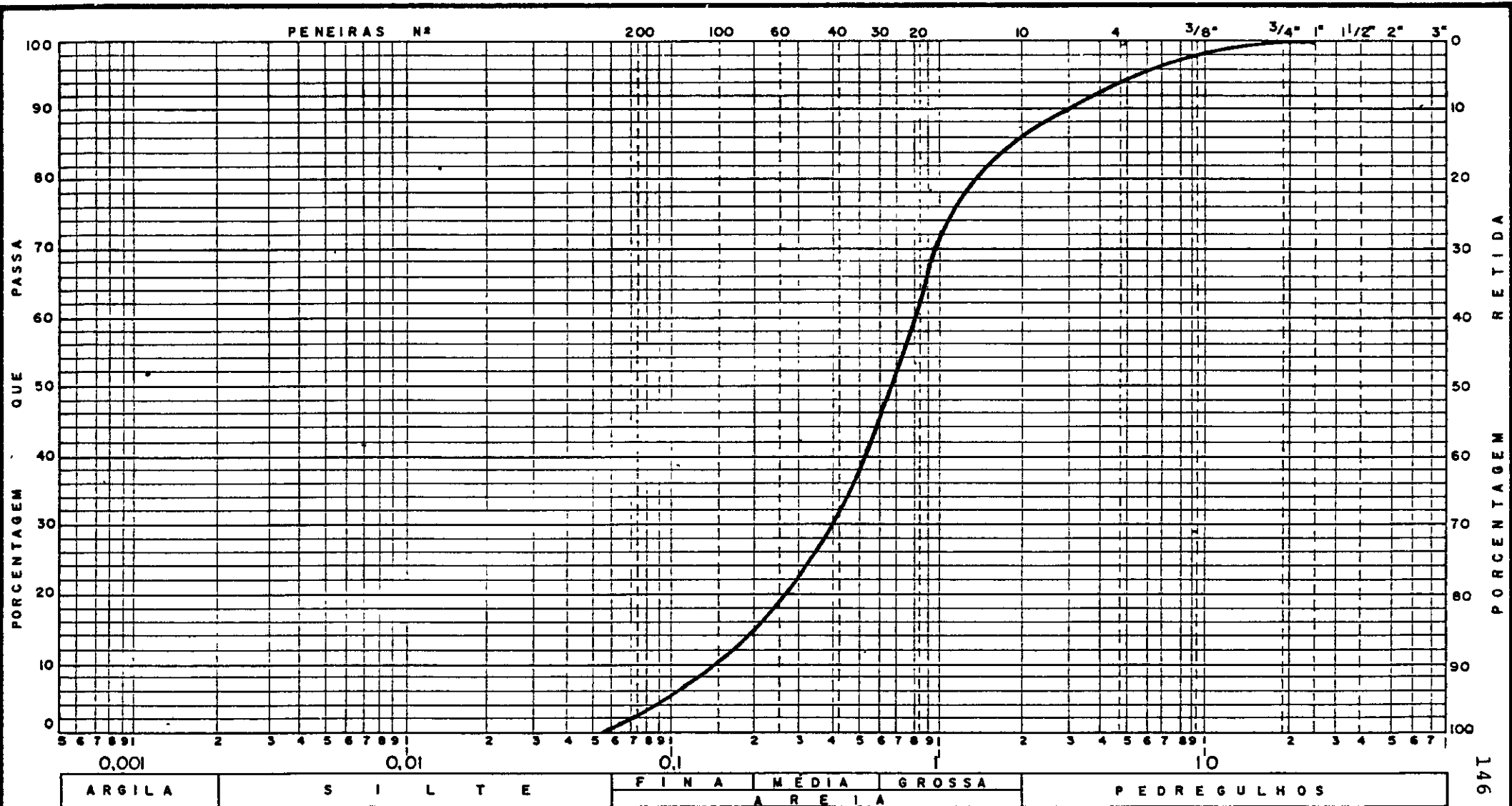


ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S
DIÁMETRO DAS PARTICULAS EM mm

AREAL - 01: AMOSTRA - 22

000157

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA AGO/93	DES.	VISTO <i>af</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES. 71



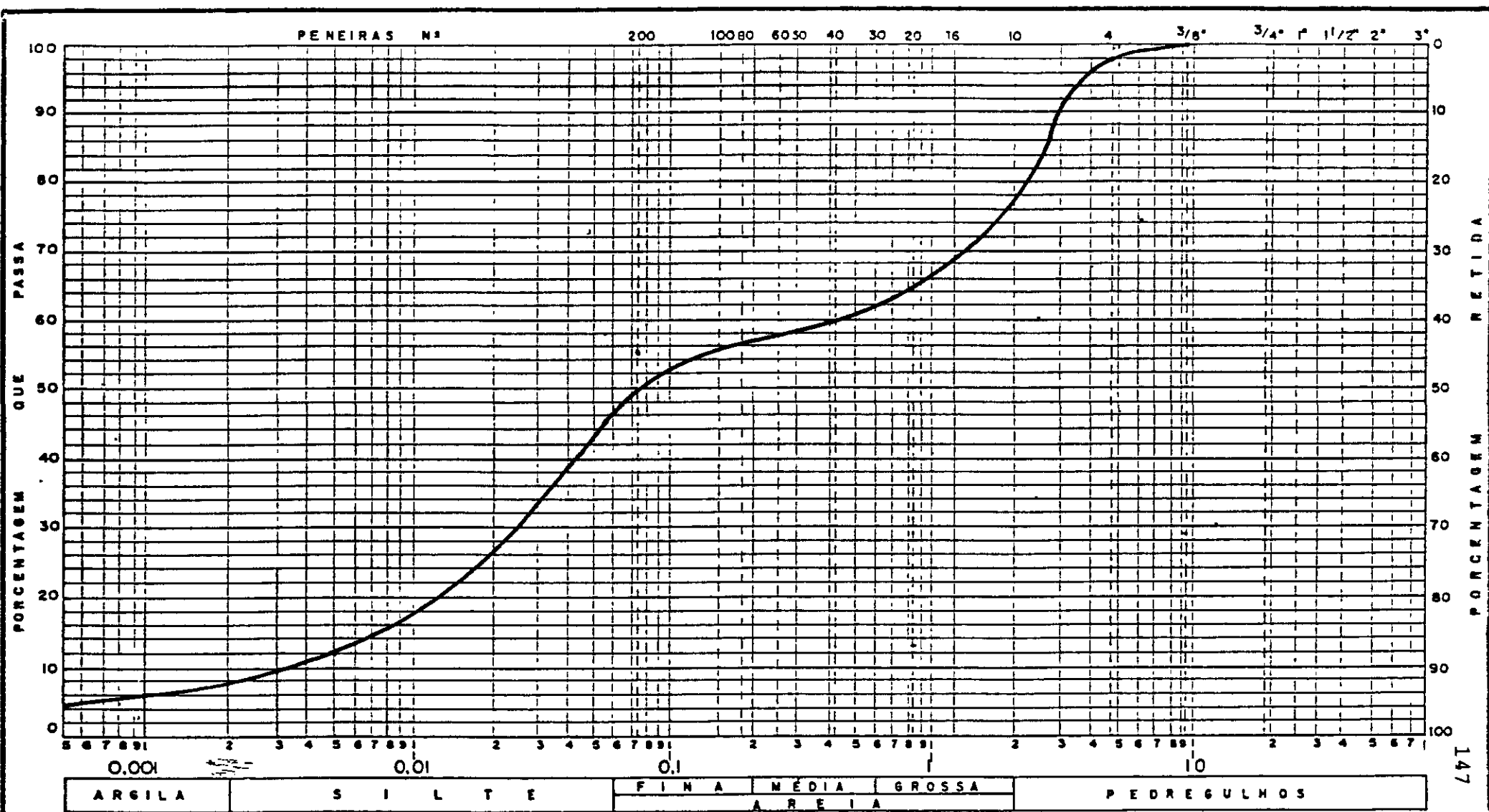
ARGILA S I L T E F I N A M É D I A G R O S S A P E D R E G U L H O S
DIÁMETRO DAS PARTICULAS EM mm

AREAL - 01: AMOSTRA - 23

000158

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HIDRICOS LTDA.		
DATA AGO/93	DES.	VISTO 4
ESC	APROV	
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE	T-186/93	
	DES 22	

146



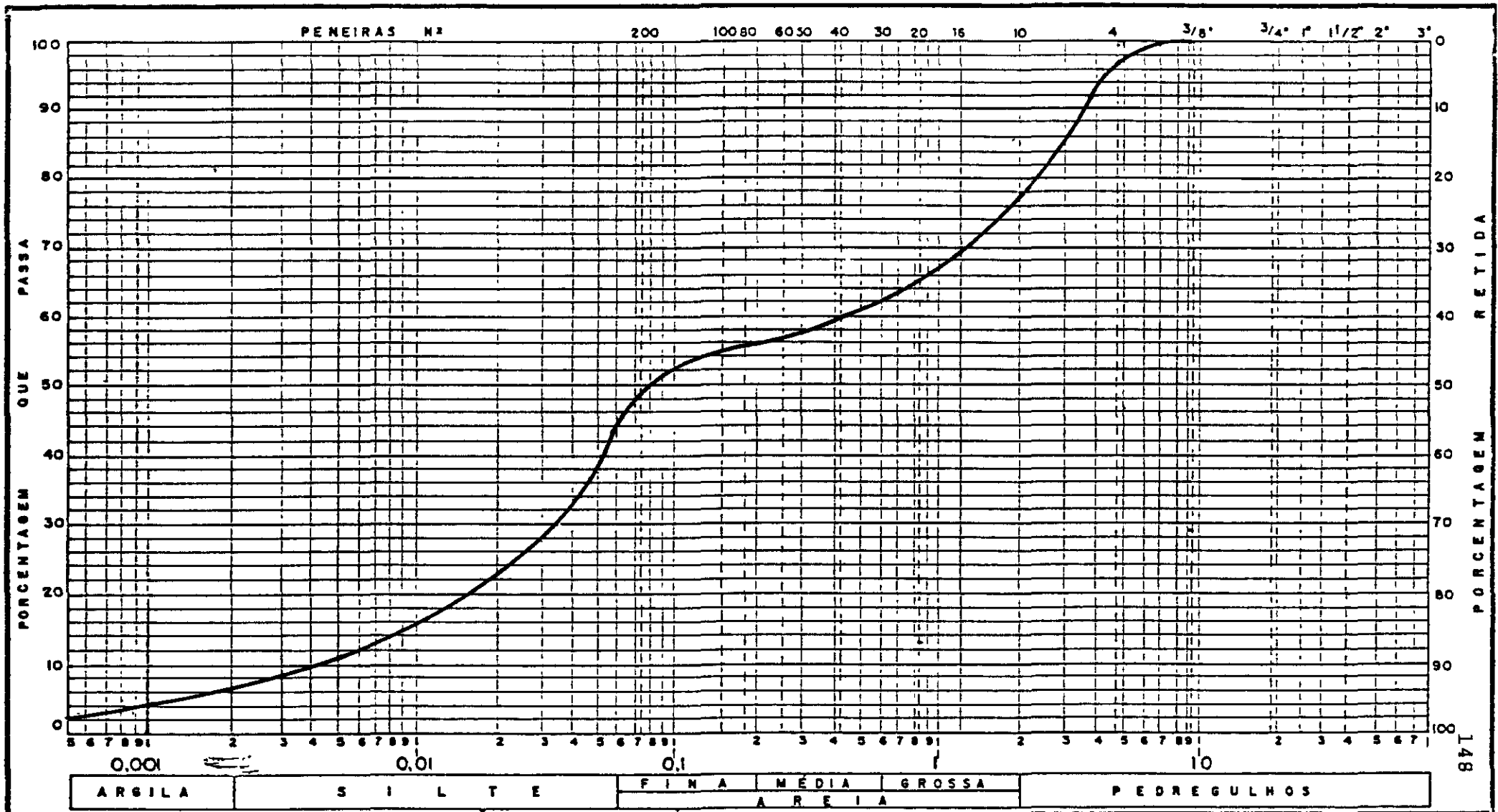
147

ARGILA SILTE FINA AREIA MÉDIA AREIA GROSSA AREIA PEDREGULHOS

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM MM

ALUVIÃO - EIXO - EST. 23 (AMOSTRA - 01) 000159

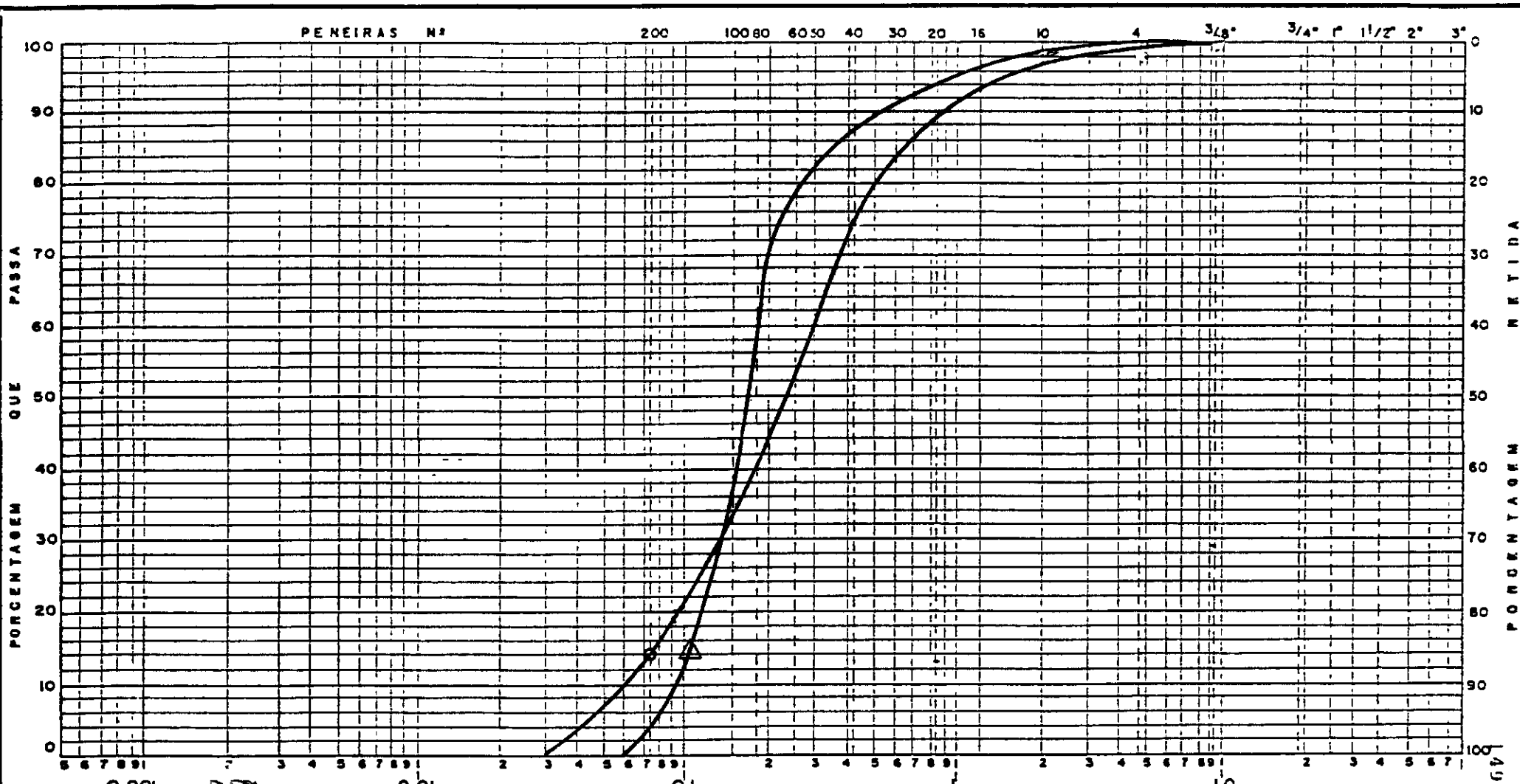
VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES	VISTO. <i>HP</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.01



ALUVIÃO - EIXO - EST. 30 (AMOSTRA - 02)

000160

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES.	MSTOg	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAU-CE			T-186/93 DES.02



0.001	0.01	0.1	1	10
ARGILA	S I L T E		FINA A R E I A	MÉDIA GROSSA
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM MM			P E D R E G U L H O S	

Δ - Curva granulométrica do furo 03. (ALUVIÃO - 300 m - MONTANTE)
 ○ - Curva granulométrica do furo 04. (ALUVIÃO - 500 m - MONTANTE)
 AMOSTRA - 03 E 04

000161

VBA - CONSULTORES ENGENHARIA DE SISTEMA HÍDRICOS LTDA.			
DATA Jun/93	DES	VISTO <i>[Signature]</i>	Geonorte
ESC	APROV		
BARRAGEM ANGICOS-COREAO-CE			T-186/93 DES.03

ANEXO E - ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

000162

ANEXO E - ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

Os procedimentos para realização dos ensaios são descritos a seguir:

As moldagens dos corpos de prova foram realizadas no próprio cilindro onde foram executados os ensaios, na umidade ótima e massa específica seca máxima de laboratório, obtida no ensaio de compactação na energia de proctor normal.

O conjunto de permeabilidade foi drenado de forma que foram retiradas todas as bolhas de água. Os corpos de prova permaneceram no mínimo 24 horas sob a água, e com o fluxo de água constante é que se deu início ao ensaio.

Foi medido o tempo para a água descer uma determinada altura. O nível da água foi repostado ao nível inicial e a operação repetida no mínimo mais uma vez. O coeficiente de permeabilidade foi calculado através da média dos coeficientes obtidos em cada uma das vezes.

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de permeabilidade executados

JAZIDA	AMOSTRA N°	COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (m/s)
JS - 04	05	$5,1 \times 10^{-7}$
JS - 05	12	$5,1 \times 10^{-8}$
JS - 05	18	$3,7 \times 10^{-8}$

ANEXO F - ENSAIOS DE CISLHAMENTO DIRETO

000164

ANEXO F - ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

Os procedimentos para realização dos Ensaios de Cisalhamento Direto são descritos a seguir:

CISALHAMENTO DIRETO PRÉ-ADENSADO RÁPIDO

O corpo de prova foi colocado na caixa de cisalhamento (lado = 5,08 cm e altura = 2,00 cm) e foi saturado sob uma tensão normal de 0,5 kgf/cm²

Em seguida foi completada a carga variável de tal modo que se obteve a tensão normal de ruptura (1; 2 e 4 kgf/cm²), esperando o tempo necessário para que ocorra o adensamento primário.

Posteriormente foi iniciada a fase de ruptura com uma velocidade de 1,2075 mm/min, sendo realizadas leituras das deformações vertical, horizontal e dinamômetro a cada 15 s e ao longo dos dois primeiros minutos e a cada 0,5 mm de deslocamento horizontal, daí em diante.

O ensaio foi prosseguido até que a tensão de cisalhamento permanecesse constante (resistência residual).

CISALHAMENTO DIRETO PRÉ-ADENSADO LENTO

O corpo de prova foi colocado a carga variável de tal modo que se obteve a tensão normal de ruptura (1,2 e 4 kgf/cm²) esperando o tempo necessário para que ocorra o adensamento primário.

Posteriormente foi iniciada a fase de ruptura com uma velocidade de 0,005796 mm/min., sendo realizadas leituras das deformações vertical, horizontal e do dinamômetro a cada 15 min, até que a tensão cisalhamento permanecesse constante (resistência residual).

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios executados.



T-186/93

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO RÁPIDO

CLIENTE - V&A CONSULTORES
 LOCAL - Barragem Anzócos - Ceará/Ce

JAZIDA: JS-04
 AMOSTRA Nº 5

DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA

LARGO = 5,45 cm ALTURA = 2,00 cm

VELOCIDADE DE CISALHAMENTO = 1,297 mm/min

CESARQ = 0,68 kg/cm²

ÂNGULO DE ATRITO INTERNO = 20,2

AMOSTRA (NÚMERO)	MASSA ESPECÍFICA (t/m ³)	UNIDADE INICIAL (%)	ÍNDICE DE VAZIOS	GRAU DE SATURAÇÃO INICIAL (%)	TENSÃO NORMAL (kgf/cm ²)
1	2,14	12,1	0,40	81	1,00
2	2,14	11,7	0,52	80	2,00
3	2,04	11,7	0,46	68	4,00

AMOSTRA (NÚMERO)	TENSÃO CISALHANTE MÁXIMA (kgf/cm ²)	DEFORMAÇÃO DO C.P. NA TENSÃO CIS. MÁXIMA (mm)	TENSÃO CISALHANTE RESIDUAL (kgf/cm ²)	DEFORMAÇÃO DO C.P. NA TENSÃO CIS. RESIDUAL (mm)
1	1,07	2,44	1,02	2,94
2	1,45	4,67	1,45	5,17
3	2,14	6,74	2,14	6,74

000163

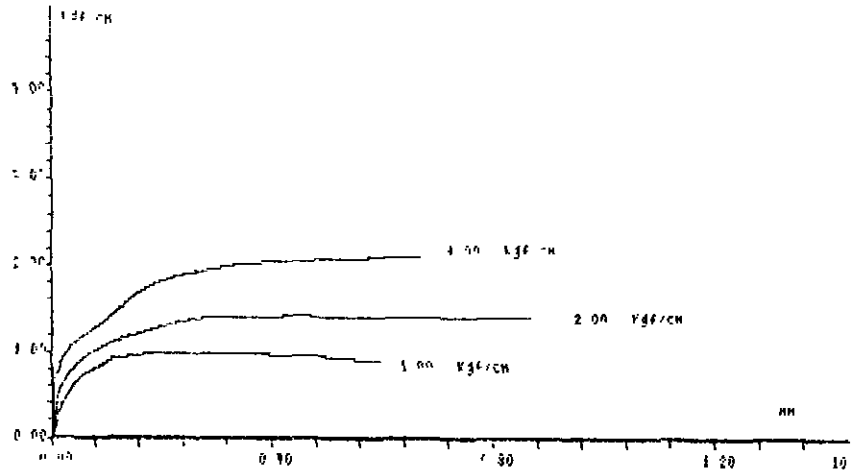




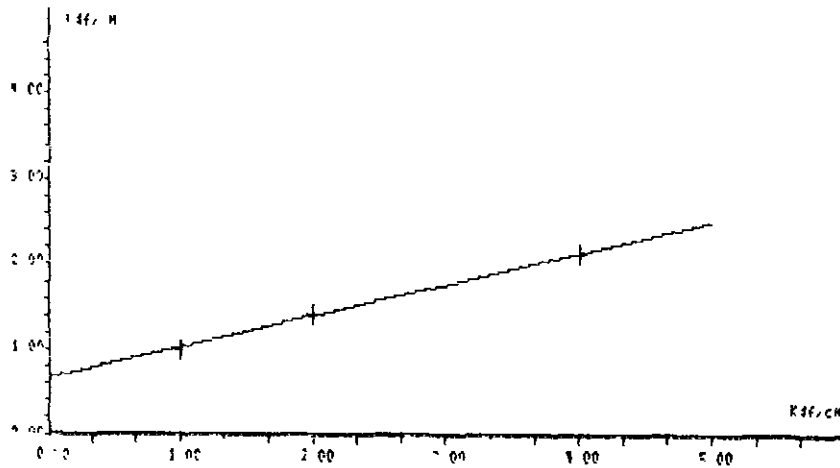
T-186/93

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO RAPIDO

DESLOCAMENTO CISALHANTE x TENSAO CISALHANTE



TENSAO NORMAL x TENSAO CISALHANTE



000167





T-186/93

**ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
PRE-ADENSADO RAPIDO**

CLIENTE : VBA Consultores - Engenharia de Sistemas
LOCAL : Barragem Angicos - Coreaú/Ce

JAZIDA JS-05
AMOSTRA Nº 10

DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA :

LADO = 5.08 cm ALTURA = 2.00 cm

VELOCIDADE DE CISALHAMENTO = 1.207 mm/min

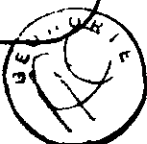
COESÃO = 0.78 kg/cm²

ÂNGULO DE ATRITO INTERNO = 22.5

AMOSTRA (NUMERO)	MASSA ESPECIFICA (t/m ³)	UMIDADE INICIAL (%)	ÍNDICE DE VAZIOS	GRAU DE SATURACAO INICIAL (%)	TENSAO NORMAL (kgf/cm ²)
1	2.10	15.3	0.41	77	1.00
2	2.12	14.0	0.45	88	2.00
3	1.77	14.6	0.53	73	4.00

AMOSTRA (NUMERO)	TENSAO CISALHANTE MAXIMA (kgf/cm ²)	DEFORMACAO DO C.P. NA TENSAO CIS. MAXIMA (mm)	TENSAO CISALHANTE RESIDUAL (kgf/cm ²)	DEFORMACAO DO C.P. NA TENSAO CIS. RESIDUAL (mm)
1	1.13	2.37	1.12	2.88
2	1.71	3.01	1.71	3.51
3	2.41	6.58	2.41	6.58

000168

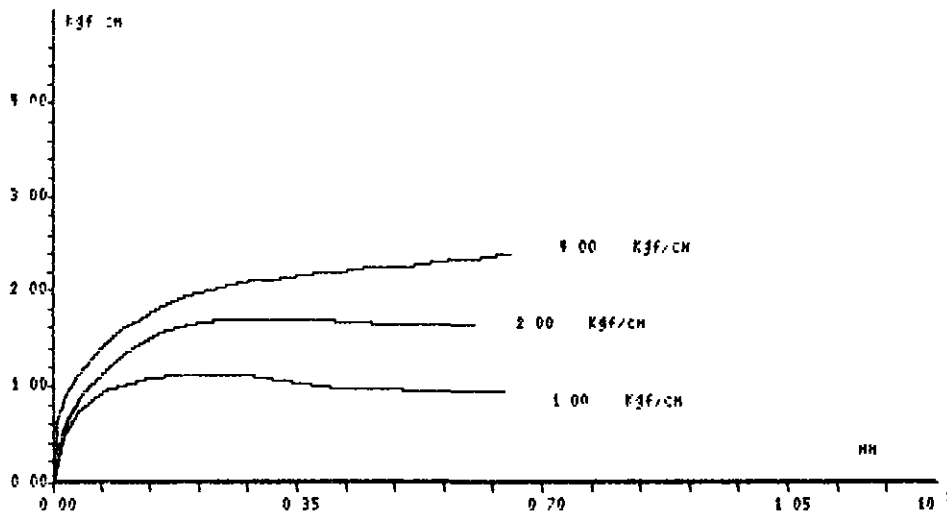




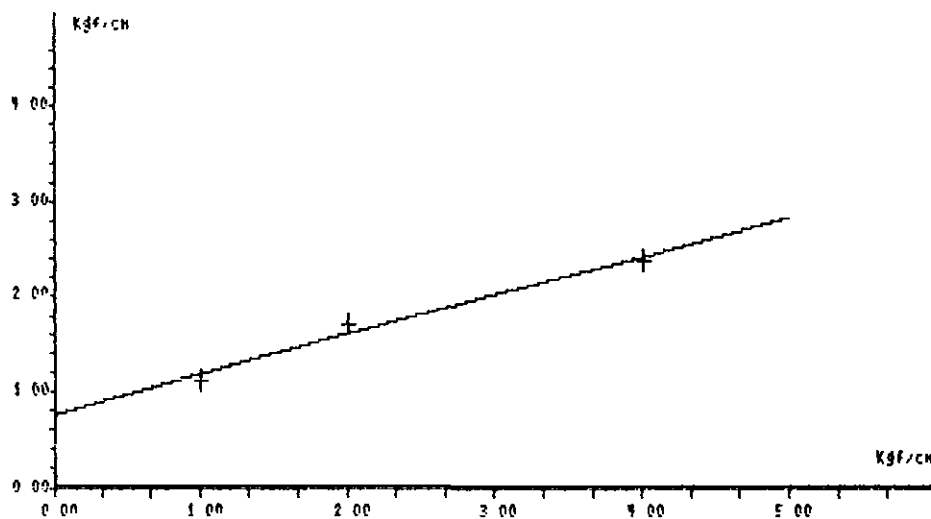
T-186/93

**ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO
PRE-ADENSADO RAPIDO**

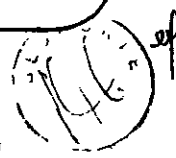
DESLOCAMENTO CISALHANTE x TENSAO CISALHANTE



TENSAO NORMAL x TENSAO CISALHANTE



000169





T-186/93

ENSAIO DE CISALHAMENTO LENTO

CLIENTE : VBA Consultores - Engenharia de Sistemas
 LOCAL : Barragem Angicos - Coreau/Ce

JAZIDA: JS-05
 AMOSTRA Nº 10

DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA :

LADO = 5.08 cm ALTURA = 2.00 cm

VELOCIDADE DE CISALHAMENTO = 0.006 mm/min

COESÃO = 0.14 kg/cm²

ÂNGULO DE ATRITO INTERNO = 33.4

AMOSTRA (NÚMERO)	MASSA ESPECÍFICA (t/m ³)	UNIDADE INICIAL (%)	ÍNDICE DE VAZIOS	GRAU DE SATURACÃO INICIAL (%)	TENSÃO NORMAL (kgf/cm ²)
1	1.76	14.7	0.56	70	1.00
2	2.12	13.2	0.42	83	2.00
3	2.03	14.0	0.50	75	4.00

AMOSTRA (NÚMERO)	TENSÃO CISALHANTE MÁXIMA (kgf/cm ²)	DEFORMAÇÃO DO C.P. NA TENSÃO CIS. MÁXIMA (mm)	TENSÃO CISALHANTE RESIDUAL (kgf/cm ²)	DEFORMAÇÃO DO C.P. NA TENSÃO CIS. RESIDUAL (mm)
1	0.72	2.57	0.72	2.57
2	1.57	1.77	1.57	1.86
3	2.74	5.42	2.74	5.42

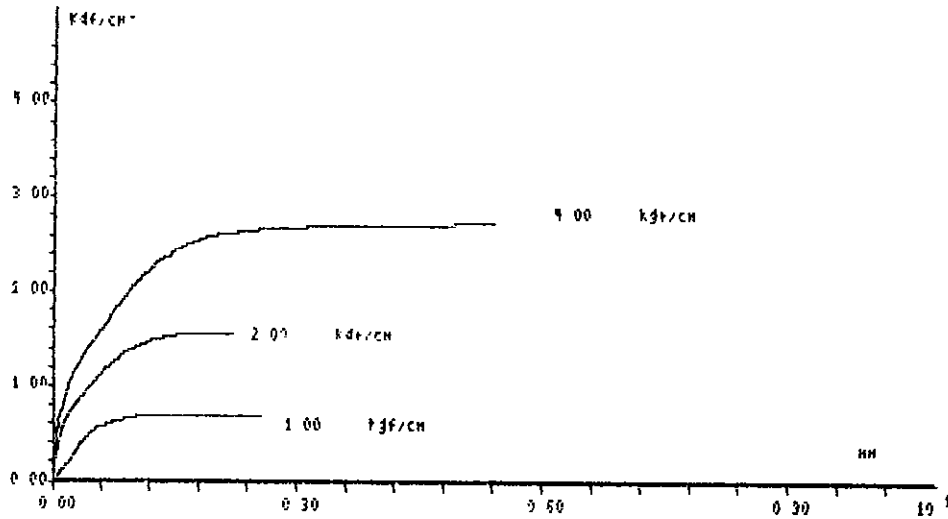
000170



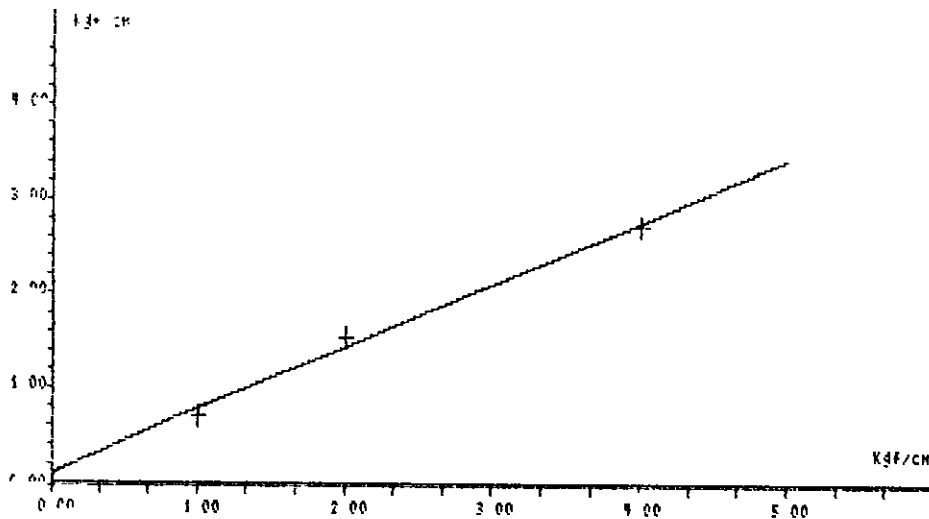
T-186/93

ENSAIO DE CISALHAMENTO LENTO

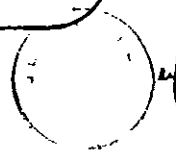
DESLOCAMENTO CISALHANTE x TENSÃO CISALHANTE



TENSÃO NORMAL x TENSÃO CISALHANTE



000171



ANEXO G - ENSAIOS "LOS ANGELES"

000172

ENSAIOS LOS ANGELES

OBRA: Barragem Angico
LOCAL: Pedreira P-01

MUNICÍPIO: Coreaú-CE
AMOSTRA: P.1

PENEIRAS		FRAÇÕES DA AMOSTRA g			
Passando mm	Retido mm	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38	25	1250+25	-	-	-
25	19	1250+25	-	-	-
19	12,7	1250+25	1250+25	-	-
12,7	9,5	1250+25	1250+25	-	-
9,5	6,3	-	-	1250+25	-
6,3	4,8	-	-	1250+25	-
4,8	2,4	-	-	-	5000 = 100
Peso Total da Amostra e Ensaio-g		5000 = 100	5000 = 100	5000 = 100	5000 = 100

Graduação da Amostra: B

Número de Esfera: 11

$$\text{Los Angeles} = \frac{5.000 - 4.050}{5.000} \times 100 = 19,0$$

ENSAIOS LOS ANGELES

OBRA: Barragem Lagoa Nova
LOCAL: Pedreira P-01

MUNICÍPIO: Coreaú-CE
AMOSTRA: P.2

PENEIRAS		FRAÇÕES DA AMOSTRA g			
Passando mm	Retido mm	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38	25	1250+25	-	-	-
25	19	1250+25	-	-	-
19	12,7	1250+25	1250+25	-	-
12,7	9,5	1250+25	1250+25	-	-
9,5	6,3	-	-	1250+25	-
6,3	4,8	-	-	1250+25	-
4,8	2,4	-	-	-	5000 = 100
Peso Total da Amostra e Ensaio-g		5000 = 100	5000 = 100	5000 = 100	5000 = 100

Graduação da Amostra: B

Número de Esfera: 11

$$\text{Los Angeles} = \frac{5.000 - 3.825}{5.000} \times 100 = 23,5$$

000173

PARTE C - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

900174

1 - INTRODUÇÃO

Os estudos topográficos realizados consistiram basicamente no detalhamento dos locais da barragem e sangradouro, além do levantamento da bacia hidráulica, conforme é descrito a seguir

São apresentados no Volume 4 - "Plantas", os seguintes desenhos

Desenho ANG-ET-01/02: Planta da Bacia Hidráulica e Gráfico Cota x Área x Volume (1/2);

Desenho ANG-ET-02/02: Planta da Bacia Hidráulica e Gráfico Cota x Área x Volume (2/2)

2 - SERVIÇOS REALIZADOS

No local escolhido para a localização da barragem foi locado um eixo no boqueirão e seccionado uma faixa aproximada de 200m, sendo 100m a montante e 100m a jusante.

O eixo foi materializado através da implantação de piquetes e estacas testemunhas espaçadas de 20 em 20m que serviu de orientação para o projeto da barragem. Conforme pode ser visto em planta no desenho ANG-PE-01/21, esta linha de orientação implantada no campo inicia-se na estaca zero, situada na ombreira direita e finaliza na estaca 98 perfazendo um total de 1 960 metros de comprimento, tendo quatro pontos de inflexão, onde foram implantados os marcos de concreto M-3, M-4, M-5 e M-6. Os marcos M-1 e M-2 estão situados na ombreira direita e indicam respectivamente, a estaca zero (início da locação) e o ponto de partida da poligonal de contorno (situado na estaca 10 do eixo). O marco M-7 indica o ponto final da linha de orientação

Foi feito um transporte de cota do RN 520F do IBGE (altitude 154,6012), situado a 10,6 km além da Igreja Matriz de Freicheirinha, na estrada Freicheirinha - Tianguá - nivelado em 1964, até o local da barragem, percorrendo uma distância de 14,0 km.

O eixo do boqueirão foi nivelado e contra-nivelado, enquanto que as seções transversais foram por sua vez niveladas

A bacia hidráulica foi levantada a partir de uma linha de base saindo do eixo da barragem na direção de montante, com seções transversais a cada 100m, sendo estas estaqueadas de 50 em 50 metros

Os desenhos ANG-ET-01/02 e ANG-ET-02/02 apresentam o levantamento da bacia hidráulica na escala 1 5 000 com curvas de nível de 1 em 1 metro, bem como o gráfico Cota x Área x Volume obtido a partir deste

Com os objetivos de identificarem e delimitar as propriedades a serem desapropriadas com vistas ao Cadastro Fundiário, foi executada uma poligonal com extensão total de 15,0 km, e outra poligonal externa com extensão 45 km desenvolvendo-se pelo contorno aproximado da bacia hidráulica.

As jazidas de solos e pedreiras foram amarradas ao eixo da barragem através de poligonais Conforme mostrado no Desenho ANG-EG-04/04, perfazendo estas uma extensão de 8,53 km

A bacia hidrológica da barragem foi levantada com base na carta da SUDENE em escala 1 100 000 A planimetria efetuada acusou uma área de 285,80 km², e as informações constantes desta carta serviram de subsídio para elaboração de parte dos estudos hidrológicos que são apresentados no Volume 2 - "Estudos de Base"