

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

AÇUDE PÚBLICO CASTRO

TOMO 2 PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
VOLUME II ESTUDOS BÁSICOS

AGUASOLOS
CONSULTORIA DE ENGENHARIA LTDA

FORTALEZA- CE
OUTUBRO 1993



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

AÇUDE PÚBLICO CASTRO
TOMO 2: PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM CASTRO
VOLUME II - ESTUDOS BÁSICOS

Íte: 00496 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0065102/02
Volume 1
Qtd. A1 _____ 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



1972

SUMÁRIO

0173-08/93

000004

S U M Á R I O

	PÁGINAS
1 - INTRODUÇÃO	03
2 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	06
3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS	08
3.1 - GEOLOGIA REGIONAL	09
3.2 - GEOLOGIA LOCAL	13
4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS	16
4.1 - ASPECTOS GEOTÉCNICOS REGIONAIS	17
4.2 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS LOCAIS	17
4.3 - PERFIS INDIVIDUAIS DAS SONDAGENS E POÇOS DE INSPEÇÃO	22
4.4 - MATERIAIS DE EMPRÉSTIMOS - RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS	44
5 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	97
6 - APÊNDICE - ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE BOQUEIRÕES	144

1 - INTRODUÇÃO

0173-08/93

000006

1 - INTRODUÇÃO

Os estudos básicos foram realizados visando a obtenção dos parâmetros necessários à concepção de Açude Público Castro, e se desenvolveram em etapas sequenciais, objetivando a definição dos aspectos técnicos e geométricos finais da obra.

Os estudos básicos constam do levantamento topográfico planialtimétrico, da identificação e caracterização geológica e geotécnica do local da obra, da identificação das jazidas, através de poços de inspeção, da realização de sondagens mistas, além dos estudos hidrológicos com a caracterização completa da bacia hidrográfica.

Os estudos topográficos da bacia hidráulica e do eixo e os estudos geológicos e geotécnicos foram cedidos à Construtora pelo DNOCS.

Após os trabalhos de escritório uma equipe composta de vários especialistas deslocou-se para o local com o objetivo de verificar a validade das condições avaliadas em escritório e as características geológicas-geotécnicas da área.

A equipe inspecionou as jazidas indicadas, os locais para possível sangradouro, os poços abertos no eixo da barragem e realizou um mapeamento geológico dos locais das obras e da bacia hidráulica, definida pelas plantas fornecidas pelo DNOCS.

Com base nos estudos topográficos, geotécnicos e hidrológicos disponíveis e nas observações de campo procurou-se projetar uma obra que buscasse um equilíbrio entre baixo custo de implantação e maior volume de acumulação. Após a verificação da viabilidade técnica da obra definiu-se as conceituações e concepções técnicas finais das obras.

A seguir será detalhado individualmente cada tipo de estudo no qual se apoiou esse projeto, e os resultados alcançados.

2 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

2 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Foram fornecidas pelos DNOCS 5 (cinco) plantas planialtimétricas da bacia hidráulica, na escala 1:5.000, com curvas de nível de metro em metro, conforme desenhos 16/1 a 16/5 do Tomo I, Volume III, Desenhos do Projeto.

Os desenhos do aterro da barragem e do sangradouro foram lançados em uma planta planialtimétrica na escala 1:1.000 fornecida também pelo DNOCS.

Todas as cotas necessárias ao projeto foram retiradas dessas plantas, por não se encontrarem disponíveis as cadernetas topográficas do levantamento original.

Foram localizados os dos marcos topográficos os quais tiveram suas cotas verificadas pela Projetista em relação ao marco do IBGE existente na margem da estrada CE-021, junto à cidade de Itapiúna.

3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

0173-08/93

000011

3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos foram realizados em escala regional para uma visão mais ampla dos condicionamentos geológicos da região, e em escala local, resultando uma visão detalhada das litologias e estruturas existentes nos locais de implantação das obras.

3.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A área estudada está situada entre as coordenadas $38^{\circ}40' / 39^{\circ}10'$ WGr e $4^{\circ}20' / 4^{\circ}50'$ sul do equador e se enquadra nas seguintes feições geomorfológicas: Depressão Sertaneja e Planaltos Residuais.

A Depressão Sertaneja engloba a subdivisão denominada Depressão Interplanáltica Central, onde a sudeste surge uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação e no restante da área aparecem as formas de dissecação convexas de vales em "V" e as formas tabulares com relevos de topo plano e vales de fundo igualmente plano.

Grande parte da área em estudo mostra dissecação em interflúvios tabulares com restos do aplainamento conservado nos arredores da Serra de Baturité. Este setor apresenta com certa frequência os efeitos seletivos da erosão através de "inselbergs" isolados ou em grupos.

Como Planalto Residual sobressai-se a Serra de Baturité a noroeste da área. Trata-se de um maciço gnáissico cuja altitude média é de 600 m. Possui topo dissecado em colinas formando um plano cimeiro, ladeado por cristas.

Este maciço, devido a altitude elevada e ao posicionamento pré-litorâneo, barra os ventos que sopram do litoral e que aí depositam parte da umidade, funcionando como um

"brejo". Atualmente observa-se apenas resquícios do revestimento primário, pois a região é muito cultivada. A incisão da drenagem é forte, proporcionando a ocorrência de vales em "V" e por vezes suspensos.

COMPLEXO NORDESTINO - está representado por uma associação de rochas parcial ou totalmente migmatizadas, bastante variada, onde aparecem migmatitos; gnaisses, quartzitos, xistos e calcários cristalinos (gqxc); anfibolitos; xistos; metabasitos; quartzito (q2); calcários metamórficos (ca); calcosilicáticas (cs) e ultrabásicas.

Estruturalmente exhibe um estilo complicado, com planos de foliação geralmente verticalizados e intensamente contorcidos, raramente lineares, originando vários tipos de dobramentos. Aparecem ainda terminações braquiformais e falhamentos em toda a área.

O Complexo Nordeste foi posicionado como substrato das seqüências supracrustais. A sua verdadeira posição cronoestratigráfica não está bem definida, sendo considerada a idade pré-cambriana inferior à média para tal complexo.

Sua distribuição na área ora estudada compreende quase toda a sua extensão, estando por vezes recoberto pelos sedimentos do Grupo Barreiras.

GRUPO BARREIRAS INDIVISO - formado por sedimentos areno-argilosos, afossilífero que ocorrem sob a forma de tabuleiros no centro da área em epígrafe.

Caracteriza-se por escarpas suaves de pequenas amplitudes, podendo localmente apresentar-se quase ao mesmo nível altimétrico das áreas aplainadas do Complexo Nordeste. Estratigraficamente está posicionado entre o Terciário e o Quaternário.

Em sua litologia predominam sedimentos areno-argilosos com intercalações silticas e conglomeráticas. As argilas podem aparecer puras e em grandes extensões formando, às vezes, depósitos economicamente importantes (caulim). Apresentam cor variada, com tons avermelhados até esbranquiçados. Em geral são sedimentos pouco consolidados, com grau diagenético fraco.

ROCHAS PLUTÔNICAS DE POSICIONAMENTO DUVIDOSO - trata-se de corpos de natureza pré-tectônica, considerados como fragmentos antigos de rochas possivelmente originadas no manto, sendo, portanto, de idades muito mais antigas do que as indicadas pelas atuais datações radiométricas.

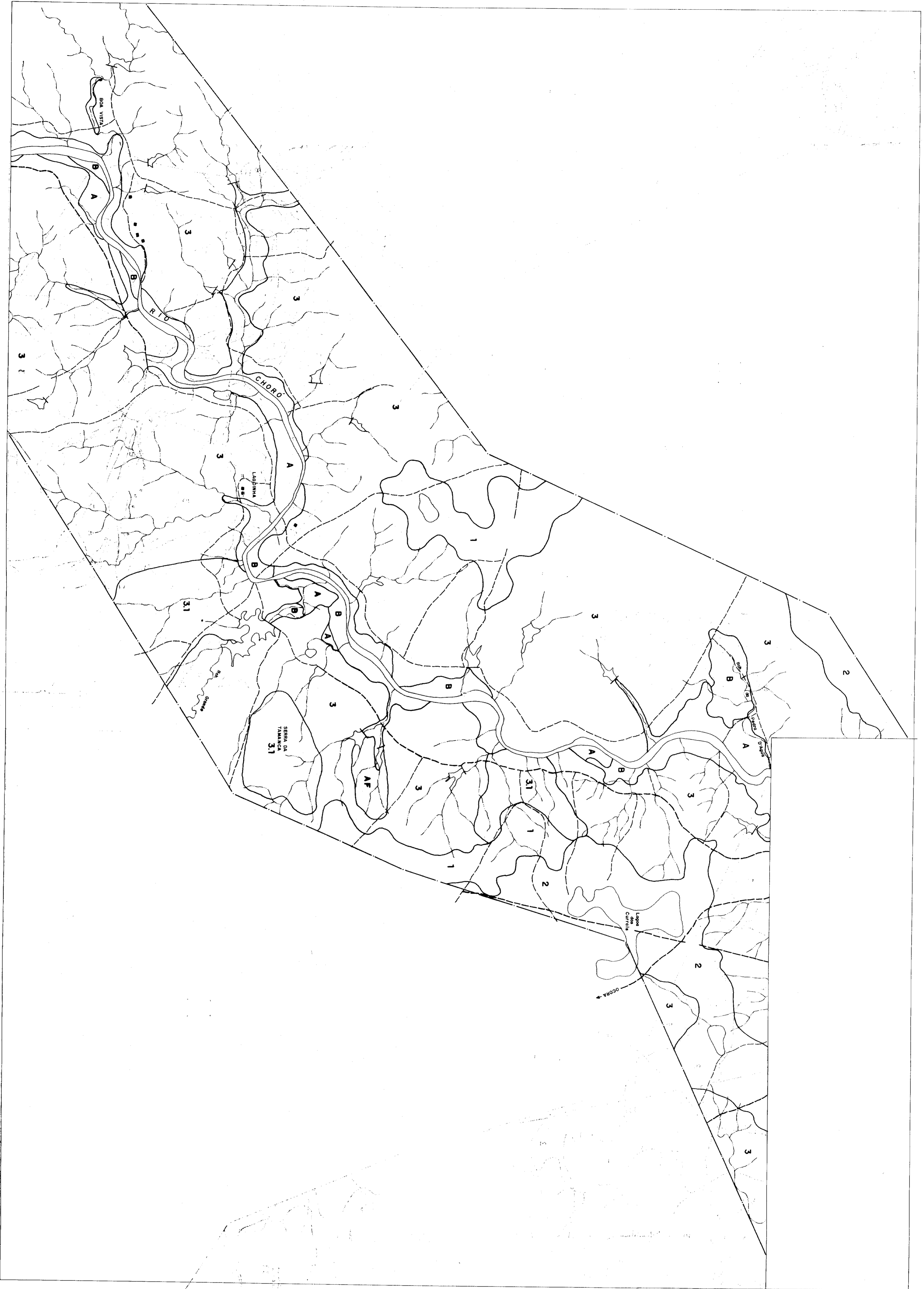
Na área aparece a nordeste um corpo diorítico encaixado em rochas gnáissico-migmatítica do Complexo Nordestino. Trata-se de uma rocha de granulação que varia de equigranular a porfirítica, com formato irregular a subarredondado, com dimensões de até 3 Km de diâmetro. Seus contatos com as encaixantes são bruscos e algumas vezes difusos.

Em alguns corpos dioríticos aparecem núcleos gabróides que dão origem a contatos gradacionais, sem variações visíveis nos padrões geomorfológicos, caracterizados pelo escurecimento do solo e aumento de sua espessura, além da presença de blocos subarredondados desta rocha com relativa abundância.

ALUVIÕES - os sedimentos quaternários são representados pelas aluviões que ocorrem nos maiores rios da região.

Litologicamente são representados por areias finas a grossas, de coloração cinza-claro com variações para tonalidades escuras, ocorrendo localmente cascalhos grosseiros blocos com dimensões de matacão a argila com matéria orgânica em decomposição.

O mapa geológico regional é mostrado na Figura 3.1, a seguir.



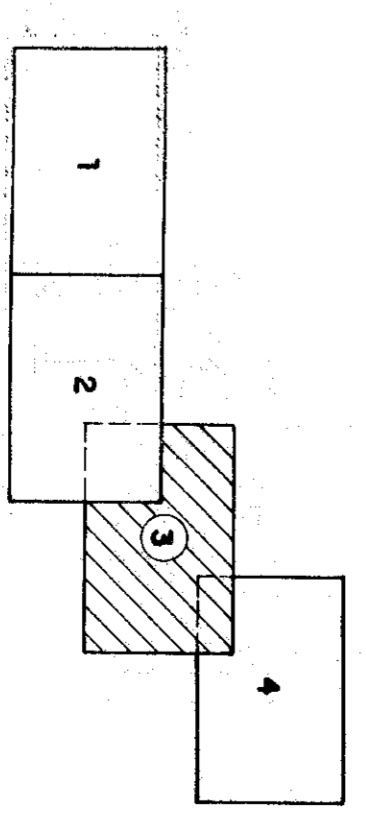
LEGENDA

- RIO, RIACHO
- ESTRADA DE FERRO
- ESTRADA CARROCAVEL
- CAMINHO
- CIDADE
- POVOADO
- LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO

MANCHAS DE SOLOS

ALUVIÃO A		ASSOC. Aa+SH+PL
ALUVIÃO B		
SOLO 1		ASSOC. PE+LA
SOLO 2		
SOLO 3		ASSOC. PL+SS+LI
SOLO 31		
SOLO 4		Ad+PVA
SOLO 5		ASSOC. LI+ARL+PE

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



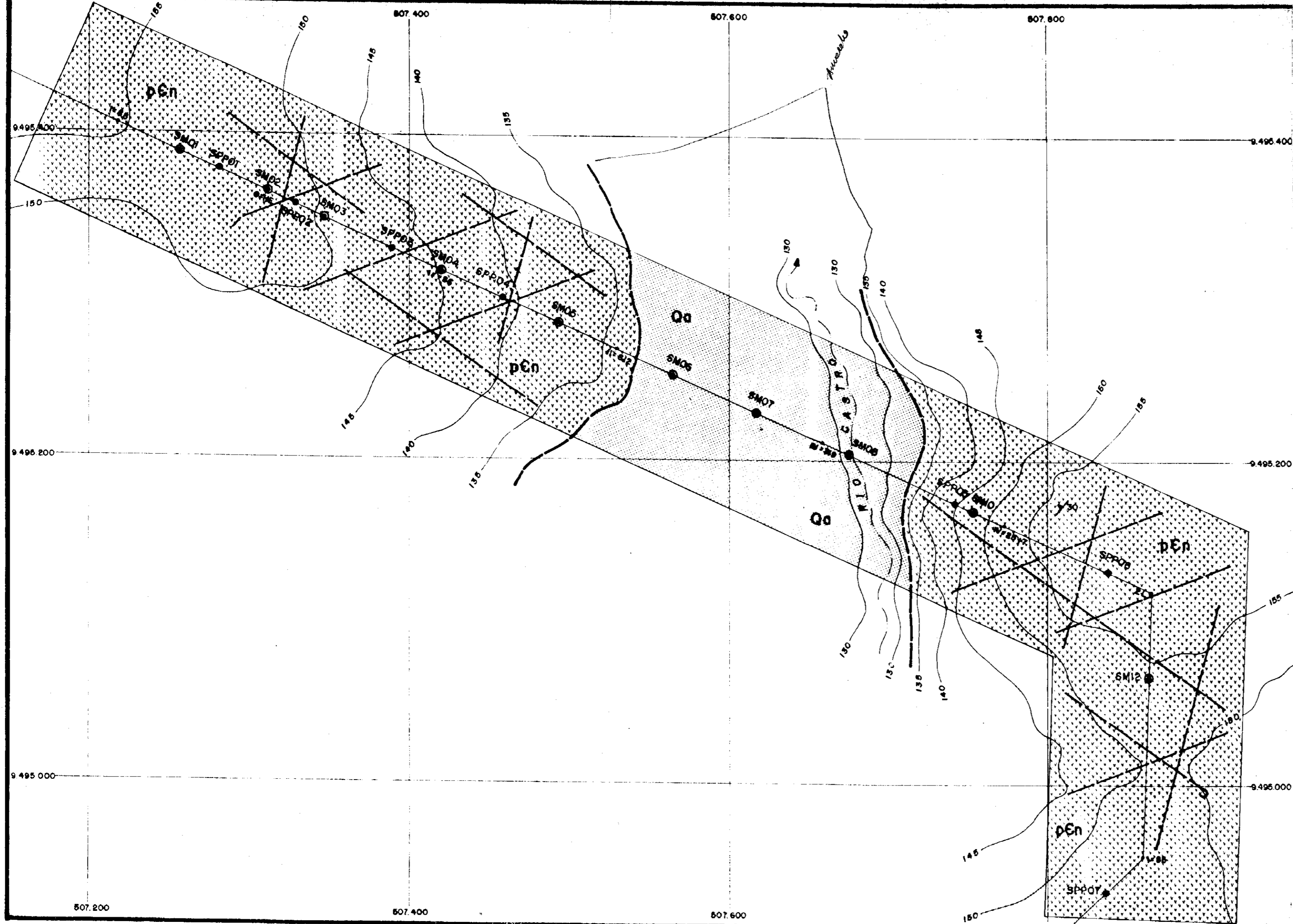
SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

AÇUDE PÚBLICO CASTRO

MAPA DE SOLOS

Projeto	_____	Visto	_____
Execução	_____	Assinado	_____
Revisão	_____	Assinado	_____
Escala	1/25.500	Assinado	_____
Proj. Nº	_____	Data	_____

000015



LEGENDA:

CEZOZÓICO
QUATERNÁRIO

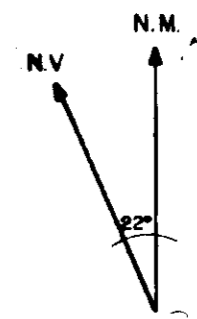
Qo AMERGO
ALUVIÕES

PRÉ-CAMBRIANO
pEn XERMEJÓ
COMPLEXO NORDESTINO

CONTATO ATITUDE DE FOLIAÇÃO ^{A30} FRATURA

CONVENÇÕES:

- POÇO A PÁ E PICARETA
- SONDAGEM MISTA
- ~ RIO OU RIACHO
- ~ CURVA DE NÍVEL ¹⁵⁵/_{145 150}
- ▨ SOLO ALUVIAL
- ▨ SOLO RESIDUAL COM AFLORAMENTO ROCHOSO



AÇUDE CASTRO
MAPA GEOLÓGICO DO SÍTIO BARRÁVEL E
LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS

FIGURA
3.1
ESCALA:
1/2000

000016

3.2 - GEOLOGIA LOCAL

3.2.1 - Mapeamento geológico

Baseado na carta topográfica na escala 1:1.000 foi realizado o mapeamento geológico de superfície do sítio barrável e sangradouro do Açude Público Castro. No mapa geológico local, Figura 3.2 a seguir, são apresentados os detalhes do mapeamento realizado, onde são mostrados os contatos líticos e os aspectos estruturais da área.

3.2.2 - Litologia

Destaca-se na área um tipo litológico encoberto parcialmente por depósitos sedimentares recentes.

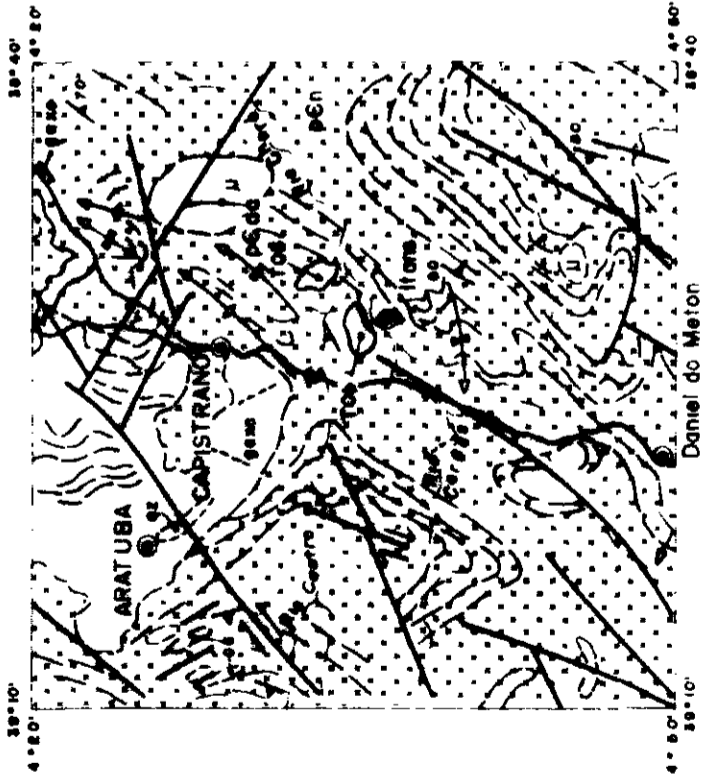
Trata-se de um gnaisse cinza, bandado, com composição mineralógica de máficos, onde predomina a biotita; secundariamente quartzo e feldspato. A orientação planar e linear e planos de xistosidade incipientes denotam alguma migmatização.

Pode-se notar ainda a presença de veios pegmatóides cortando a seqüência gnáissica.

Por todo o sítio observou-se blocos até matações de quartzo angulosos e quebrados, evidenciando preenchimento de fraturas, com posterior desagregação.

Ao longo do rio Castro (rio barrável), os depósitos aluviais encobrem as rochas cristalinas e, no eixo do barramento, atingem uma estreita faixa de 190 m, com espessura reduzida.

A composição granulométrica é alternada com a estratificação e, via de regra, se constitui de areias mais grosseiras na base e frações siltico-argilosas no topo.



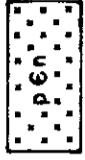
LEGENDA

CENOZÓICO
QUATERNÁRIO

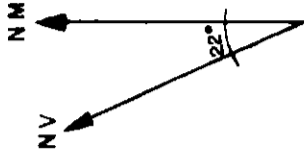


ALUVIÕES

PRÉ-CAMBRIANO



COMPLEXO NORDESTINO



CONVENÇÕES GEOLOGICAS

—|— ATITUDE DE FOLIAGEM

--- FALHA INDESCRIMINADA

~ CONTACTO

~ ALINHAMENTO

—|— EIXO DE SINFORMAL
COM CAIMENTO

—|— EIXO DE ANTIFORMAL
COM CAIMENTO

AÇUDE CASTRO
MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

FIGURA

3.2

ESCALA APROXIM

000018

Além das aluviões, ocorrem ainda sedimentos nas partes mais elevadas e encostas, oriundos da decomposição das rochas "in situ" ou transportados pela ação da gravidade.

3.2.3 - Estruturas

Levou-se em conta para a análise estrutural da área mapeada as estruturas primárias representadas pelas lineações e planos de xistosidade e as estruturas secundárias, constituídas pelas fraturas.

As lineações ou planos de xistosidade têm atitude $40^{\circ}\text{NE}/30^{\circ}\text{NO}$, na zona onde se situa o eixo barrável. Esta direção é compatível com o "trend" regional.

Quanto às fraturas pode-se observar duas direções preferenciais, com mergulhos verticalizados.

Têm direções $N 15^{\circ}\text{E}$ e $N 70^{\circ}\text{E}$ e, provavelmente, são de cisalhamento; portanto não devem possuir consideráveis aberturas.

Secundariamente ocorrem na área fraturas com direção em torno de $N 55^{\circ}\text{W}$. Esta direção é perpendicular à lineação, portanto, são fraturas tracionais, com possibilidades de serem abertas.

Os blocos maiores de quartzo aparecem fraturados, o que indica manifestação tectônica distinta daquela que provocou o fraturamento inicial das rochas.

3.2.4 - Problemas geotecnológicos

Apesar do fraturamento, parece não haver problemas maiores com relação à estanqueidade da bacia bem como quanto à fundação do maciço.

4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

0173-08/93

000020

4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos constaram da identificação das características geotécnicas regional, a nível de reconhecimento e do estudo detalhado de superfície e subsuperfície do local da obra.

4.1 - ASPECTOS GEOTÉCNICOS REGIONAIS

Geotecnicamente a região representa um "trend" estrutural que obedece as estruturas de caráter regional, que são conseqüências diretas da tectônia ruptural regional.

As fraturas se encontram geralmente preenchidas com exceção de pequenas áreas superficiais alteradas, concluindo-se que o maciço rochoso, para a carga hidráulica máxima da obra (24,30 m), deverá apresentar um pequeno fluxo de percolação.

O pacote aluvionar é composto de areia de textura fina a grossa que ocorrem, em quantidade suficiente para as necessidades da obra, no leito do rio Castro,

Existe, próximo ao eixo escolhido, ocorrência de afloramentos de rochas gnáissicas migmatizadas que poderão ser utilizadas nas diversas fases da obra.

Ocorrem na região, de forma abundante, camadas superficiais de seixos rolados de granulometria bem graduada na faixa de pedregulho, que deverão ser utilizados para "rip-rap".

4.2 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS LOCAIS

O projeto do Açude Público Castro foi elaborado com base nos estudos geotécnicos fornecidos pelo DNOCS, que constam basicamente de:

- Sondagens a percussão
- Sondagens rotativas
- Poços a pá e picareta
- Ensaios de infiltração (tipo Le Franc)
- Ensaios de Perda D'água (tipo Lugeon)
- Estudo de Jazidas e Ensaios Laboratoriais

A localização das investigações de subsuperfície no eixo da barragem e no sangradouro, assim como o perfil geológico-geotécnico desses locais, encontram-se apresentados no Desenho 01 do Volume III, Tomo I Desenhos do Projeto.

Para as áreas de empréstimos foram indicadas duas ocorrências, uma situada na ombreira esquerda junto ao eixo da barragem, e a outra na ombreira direita a montante do eixo. A análise dos resultados dos ensaios desses materiais, acrescida da verificação visual em campo, mostraram que essas jazidas apresentam solos com características geotécnicas adequadas a obra. As jazidas são de solo aluvionar tipo SC e/ou SC-CL, segundo a classificação do USBR.

Para materiais permeáveis que formarão os filtros foram apresentadas ocorrências de depósitos arenosos que ocorrem ao longo do rio Castro, a montante do eixo, na forma de "bancos de areia". A verificação dos resultados dos ensaios de laboratório fornecidos para esse material e a inspeção visual do mesmo permitiram acreditar na adequabilidade desse solo para o fim a que se destina.

Para enrocamento (Rock-fill), para a proteção do talude de montante acima da cota 144,50 e agregado de concreto, indicou-se uma pedreira, constituída de rocha gnáissica migmatizada, situada a montante do eixo. Para a parte do "rip-rap", situada abaixo da cota 144,50 no talude de montante, indicou-se, entre as várias ocorrências de seixos rolados que ocorrem na região, uma ocorrência situada na ombreira esquerda entre as estacas 5 e 12.

A descrição de todos os parâmetros obtidos nas investigações de subsuperfície, sondagens e poços a pá e picareta, pode ser observada nos perfis individuais, apresentados no item 4.3, a seguir.

4.2.2 - Resultantes obtidos

Através das sondagens a percussão e rotativa obteve-se uma caracterização das camadas da fundação da barragem no trecho do leito do rio, onde ocorre o pacote aluvionar, e nas ombreiras onde ocorre solo de alteração de rochas com características argilo-arenosas. Com isto estimou-se a profundidade da trincheira de vedação, que deverá aprofundar-se até a superfície da rocha gnáissica sã (ver desenhos seção tipo, Desenho 04 do Volume III, Tomo I Desenhos do Projeto).

Todas as informações das investigações e dos ensaios de laboratório, estão condensadas nos itens 4.3 e 4.4, a seguir, de onde foram extraídos os parâmetros geotécnicos dos materiais a serem utilizados na obra.

Sobre os resultados obtidos nessas investigações, pode-se fazer as seguintes observações.

O substrato rochoso, na região de implantação das obras, é composto predominantemente por gnaissees em estado sã com fraturas geralmente preenchidas, o que deverá proporcionar ao maciço uma condutibilidade hidráulica não preocupante. Dos ensaios de perda d'água executados na região da barragem apenas um foi realizado totalmente na rocha gnáissica sã e apresentou uma perda d'água específica de 4,52 l/min/m/kg/cm², considerada dentro do razoável. Os demais ensaios foram executados em solos ou rocha alterada que superpõe a rocha sã, apresentaram valores altos, entre 8,8 e 13,05 l/min/m/kg/cm².

Esse único resultado da perda d'água da rocha são, na região da barragem, não nos fornece dados quantitativos suficientes para julgar a necessidade ou não de uma cortina impermeabilizante. Embora, qualitativamente, acreditamos ser desnecessária uma cortina. Propomos então, que, após a escavação da trincheira, sejam excetuados ensaios de perda d'água para avaliação da condutibilidade hidráulica da rocha gnáissica são.

O pacote aluvionar, na região do leito do rio, é composto de um extrato de areia média a grossa, com valores de SPT entre 5 e 30.

Nas ombreiras, a alteração de rocha que sobrepõe a rocha gnáissica são apresenta uma permeabilidade, medida através de ensaios tipo Le Franc, entre $1,53 \times 10^{-5}$ e $1,55 \times 10^{-6}$ cm/kg.

As áreas de empréstimos estudadas são constituídas de solo de alteração e/ou solos coluvionais, cujas características podem defini-lo como uma areia-argilosa (predominante da jazida 01) ou como argila-arenosa (jazida 02), de coloração avermelhada ou amarelada classificada como SC e/ou CL (USBR).

Possui uma umidade ótima variando entre 13,4 e 16,8% (na jazida nº 01) e 11,6 e 20,4% (na jazida 02), peso específico seco máximo entre 1,83 e 1,96 gk/m³ (jazida 01) e 1,71 e 1,95 kg/m³ (jazida 02).

O material SC da jazida nº 2 apresentou uma coesão de 0,360 kg/cm² e um ângulo de 0,30 kg/cm² e 31° no ensaio de cisalhamento direto lento.

O solo CL dessa mesma jazida apresentou no ensaio de cisalhamento direto rápido uma coesão de 0,22 kg/cm² e um ângulo de atrito interno de 22°.

A localização das áreas de empréstimos, jazidas e pedreira, é mostrada no Desenho 02. Tomo I, Volume III, Desenhos do Projeto.

**4.3 - PERFIS INDIVIDUAIS DAS SONDAGENS E POÇOS
DE INSPEÇÃO**

SONDAGENS DA BARRAGEM

000027

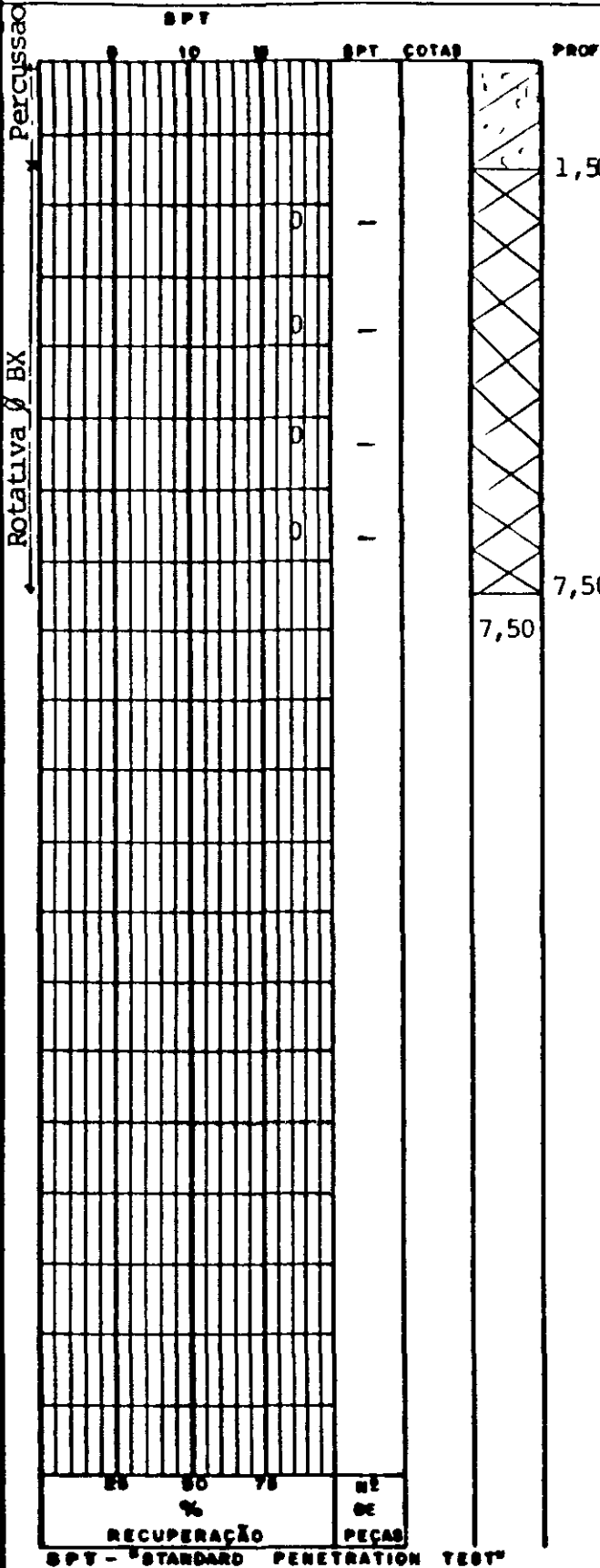
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_o = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.02

ESTACA 0

COTA DO TERRENO
152,80



Argila com areia fina a grossa e pedregulho e seixos de quartzo, avermelhada.

Alteração de rocha gnaissica de granulometria fina a muito fina de quartzo, feldspato e mica, esverdeada.

OBS:

O n. a. não foi encontrado

$1,53 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

Ensaio de Infiltração

000029

AMOSTRADOR UTILIZADO _____

PROF. DE REVESTIMENTO _____

INÍCIO ____/____/____

TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultores de Engenharia Ltda

DATA Abril/86

DES

VISTO

ESCALA 1:100

APROV

AÇUDE CASTRO

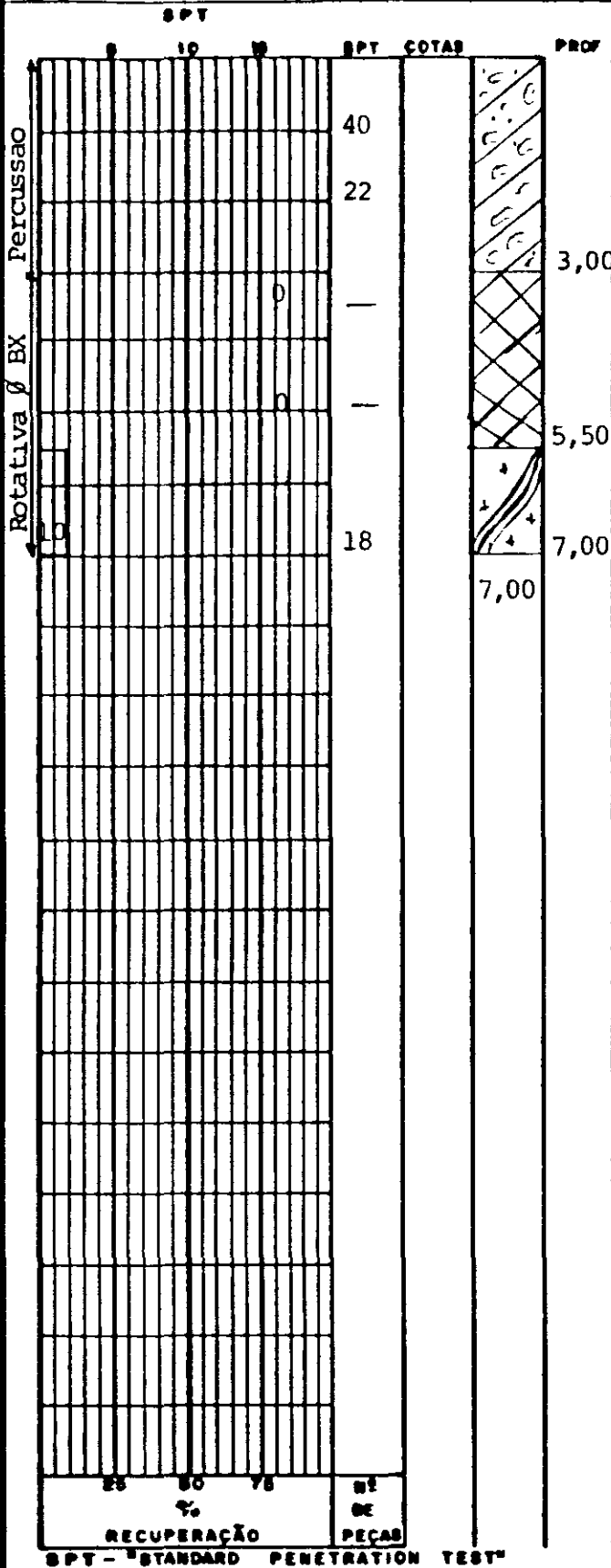
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_o = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.05

ESTACA 10

COTA DO TERRENO
136,40



OBS:

O nível da água não foi encontrado

000032

AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF. DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA Abril/86 DES VISTO

ESCALA 1:100 APROV

AÇUDE CASTRO

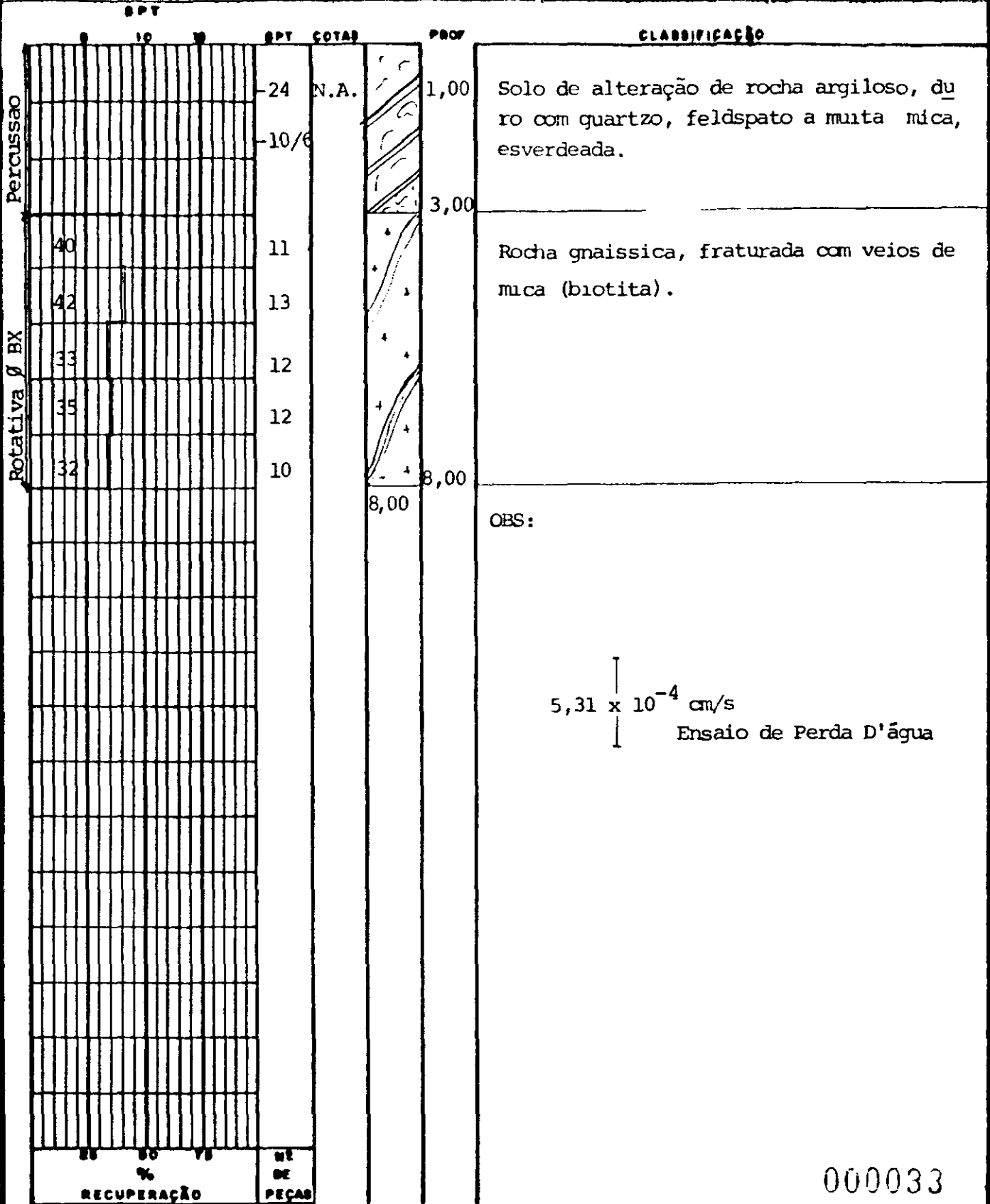
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_e = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.06

FATICA 14

COTA DO TERRENO
131,60



000033

SPT - "STANDARD PENETRATION TEST"

AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF. DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda		
DATA Abril/86	DES	VISTO
ESCALA 1:100	APROV	
AÇUDE CASTRO		

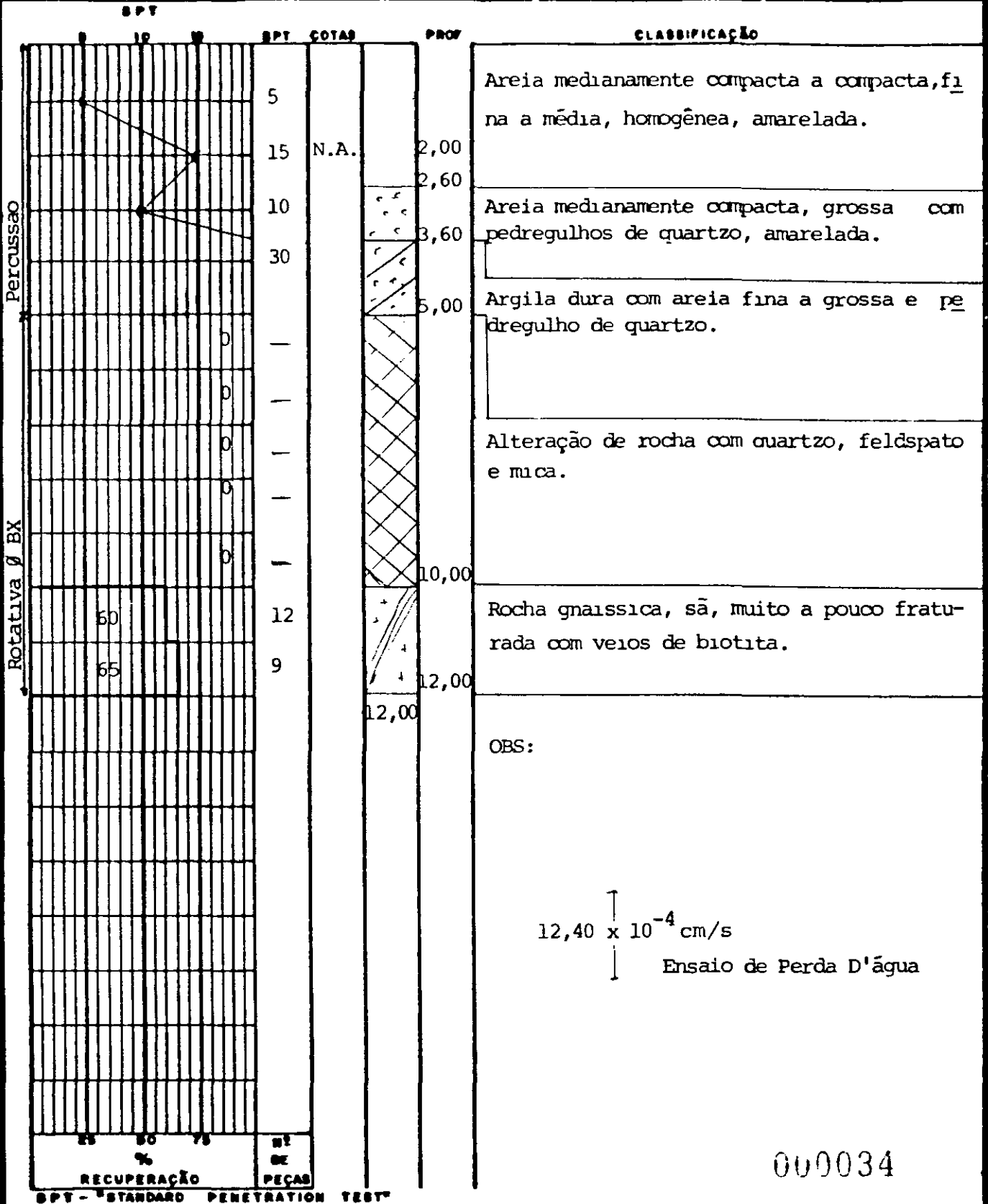
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_e = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

CORR AÇUDE CASTRO SM.07

ESTACA 17

COTA DO TERRENO
131,80



AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultores de Engenharia Ltda

DATA Abril/86 DES VISTO

ESCALA 1:100 APROV

AÇUDE CASTRO

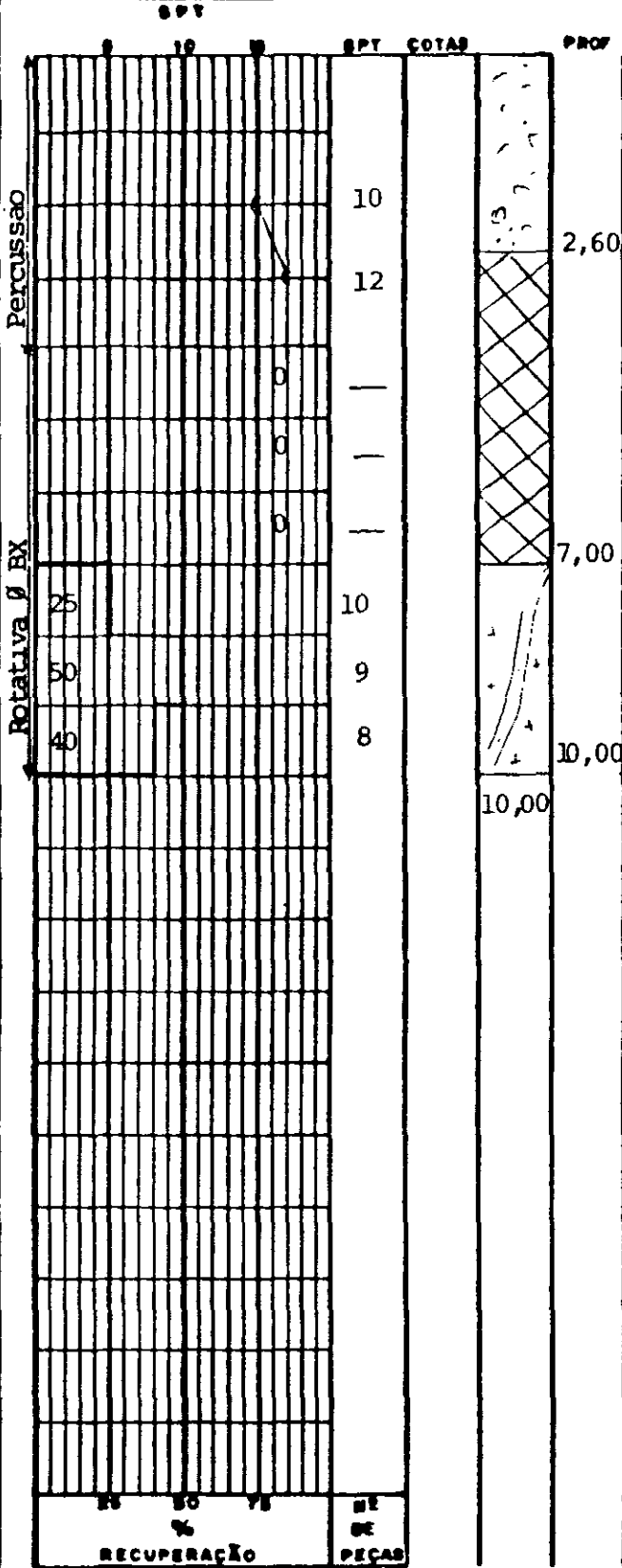
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_o = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65 Kg QUEDA = 75 cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.08

ESTACA 20

COTA DO TERRENO
128,80



000035

AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA Abril/86 DES: _____ VISTO: _____
 ESCALA 1:100 APROV _____

AÇUDE CASTRO

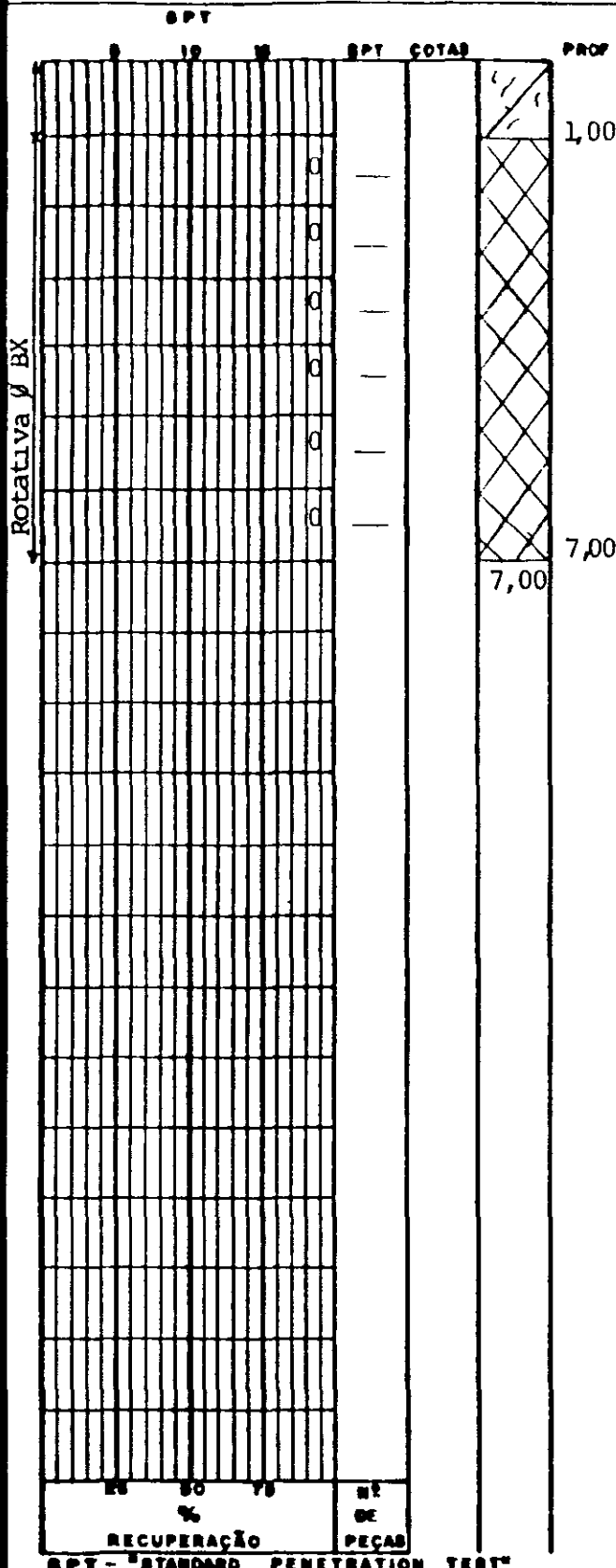
SONDAGEM A PERCUSSÃO (φ 2 1/2")

AMOSTRADOR φ_o = 2" φ_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.10

ESTACA 24+06

COTA DO TERRENO
148,00



Argila com areia fina a grossa e muito pedregulho e seixos de quartzo, amarelado.

Alteração de rocha gnáissica de granulometria fina a grosseira com quartzo, feldspato e mica.

OBS:

- 1 - O n. a. não foi encontrado
- 2 - Furo feito a pá e picareta até a profundidade de 1,00 metros.

$$5,34 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$$

Ensaio de Infiltração

000036

AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF. DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultores de Engenharia Ltda		
DATA Abril/86	DES	VISTO
ESCALA 1:100	APROV	
AÇUDE CASTRO		

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

OBRA **AÇUDE CASTRO**

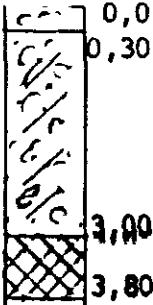
ESTACA -2+10

COTA DO TERRENO
153,00

COIAS

PROF

SPP 01



Seixos rolados

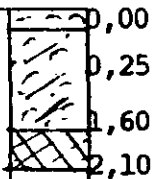
Seixos envolvidos por uma argila pedregulhosa com areia, avermelhada.

Solo de alteração de rocha gnaissica com bastante mica, variegada.

SPP 02

EST: 0

COIA 151,00



Seixos rolados

Seixos envolvidos por uma argila pedregulhosa com areia, avermelhada.

Solo de alteração de rocha gnaissica, variegada

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA Maio/86

DES

VISTO

ESCALA 1:100

APROV

AÇUDE CASTRO

000040

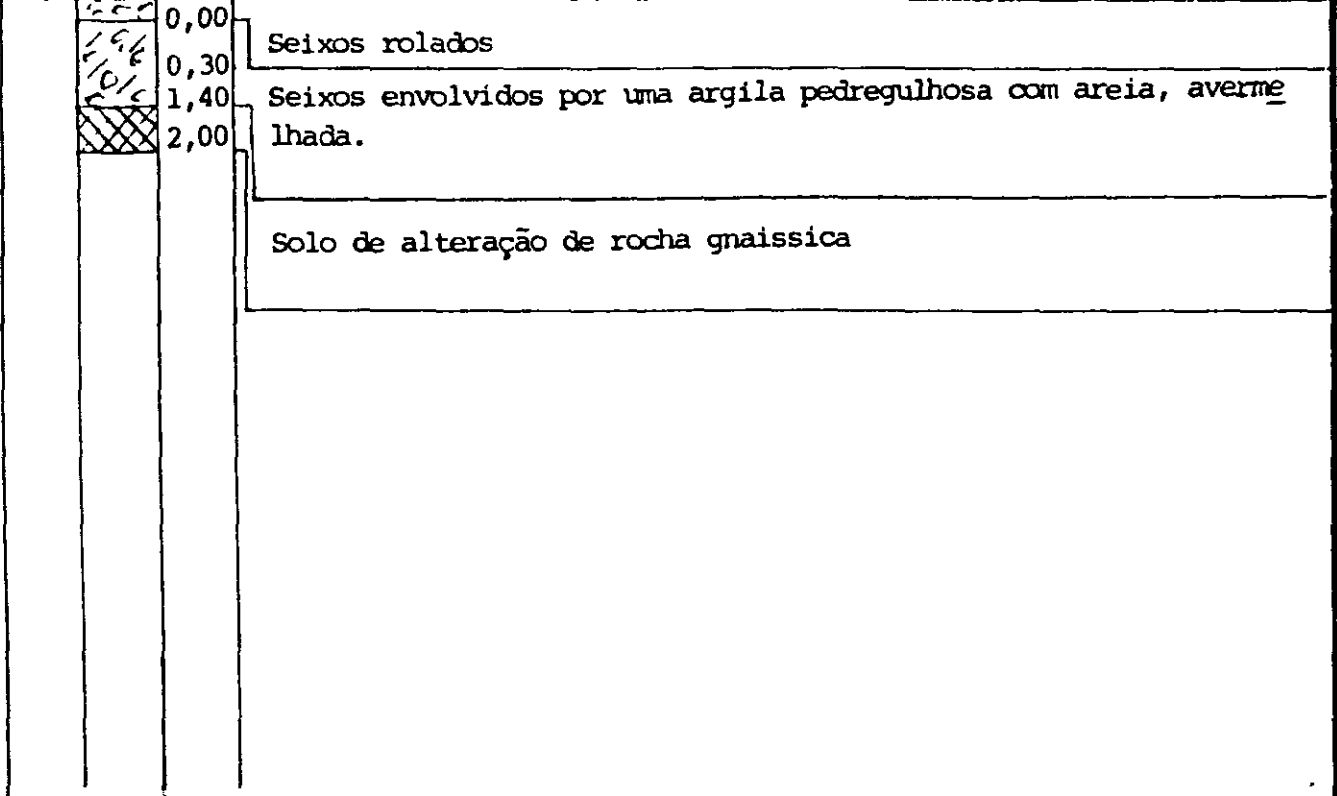
SONDAGEM A PÁ E PICARETA

OBRA **AÇUDE CASTRO**

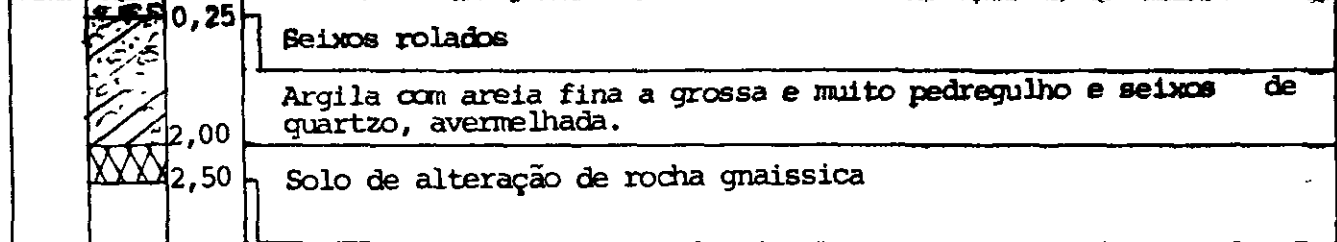
ESTACA **4**

COTA DO TERRENO
147,85

COTAS PROF **SPP 03**



0,00 **SPP 04** EST: **B** COTA **141,80**



AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda		
DATA Maio/86	DES	VISTO
ESCALA 1:100	APROV	
AÇUDE CASTRO	000041	



SONDAGEM A PÁ E PICARETA

OBRA AÇUDE CASTRO

ESTACA 23+14

COTA DO TERMELO
140,00



COTAS PROF SPP_05

	0,00		Argila com areia fina a grossa e pedregulho e seixos de quartzo avermelhado.
	1,00		
	1,50		Solo de alteração de rocha gnaissica

SPP_06

EST: 28 + 16

COTA 156,90

	0,00		Argila com areia fina a grossa e pedregulho e seixos de quartzo amarelada.
	0,30		
	1,50		Solo de alteração de rocha gnaissica

BRUNASPLPS - CONSULTORIA DE ENGENHARIA LTDA

DATA Maio/86

PEB

VISTO

ESCALA 1:100

APROV

AÇUDE CASTRO

000042

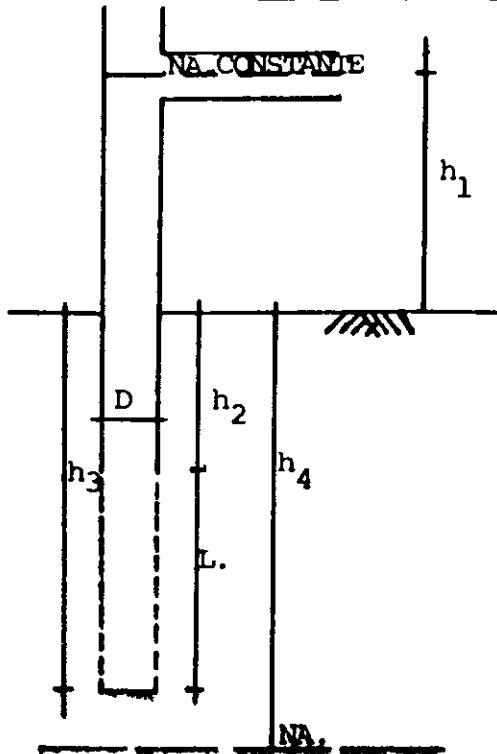
ENSAIO DE PERMEABILIDADE "IN SITU" CARGA CONSTANTE

CLIENTE: DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

TRABALHO: Açude Público Castro

Nº _____

LOCAL: ITAPIUNA - CEARÁ



D = DIÂMETRO DO FURO 5,99 cm

h_1 = COLUNA D'ÁGUA ACIMA DA SUPERFÍCIE DO TERRENO

h_2 = PROFUNDIDADE REVESTIDA

L = COMPRIMENTO DO FURO NÃO REVESTIDO

h_3 = PROFUNDIDADE DO FURO

Q = QUANTIDADE D'ÁGUA ABSORVIDA PELO FURO

t = TEMPO NECESSÁRIO PARA QUE SEJA ABSORVIDO

$$K = \frac{Q}{2\pi L \cdot t \cdot h_c} \ln\left(\frac{2L}{D}\right)$$

$$h_c = h_1 + h_2 + \frac{L}{2}$$

h_4 = PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA

SONDAGEM	h_1 (cm)	h_2 (cm)	h_3 (cm)	L (cm)	Q (cm ³)	t (seg)	h_c (cm)	K (cm/seg)
SM.01	33	386	750	364	1.946,14	1.500	965,00	$2,82 \times 10^{-6}$
SM.02	33	389	750	361	5.100,93	1.500	604,50	$1,53 \times 10^{-5}$
SM.03	33	286	600	314	565,36	1.800	476,00	$1,55 \times 10^{-6}$
SM.04	33	479	750	271	1.819,52	1.800	647,50	$4,13 \times 10^{-6}$
SM.10	33	149	700	551	1.946,14	1.200	457,50	$5,34 \times 10^{-6}$

- සඳාගෙය ටං සාආරාදරා

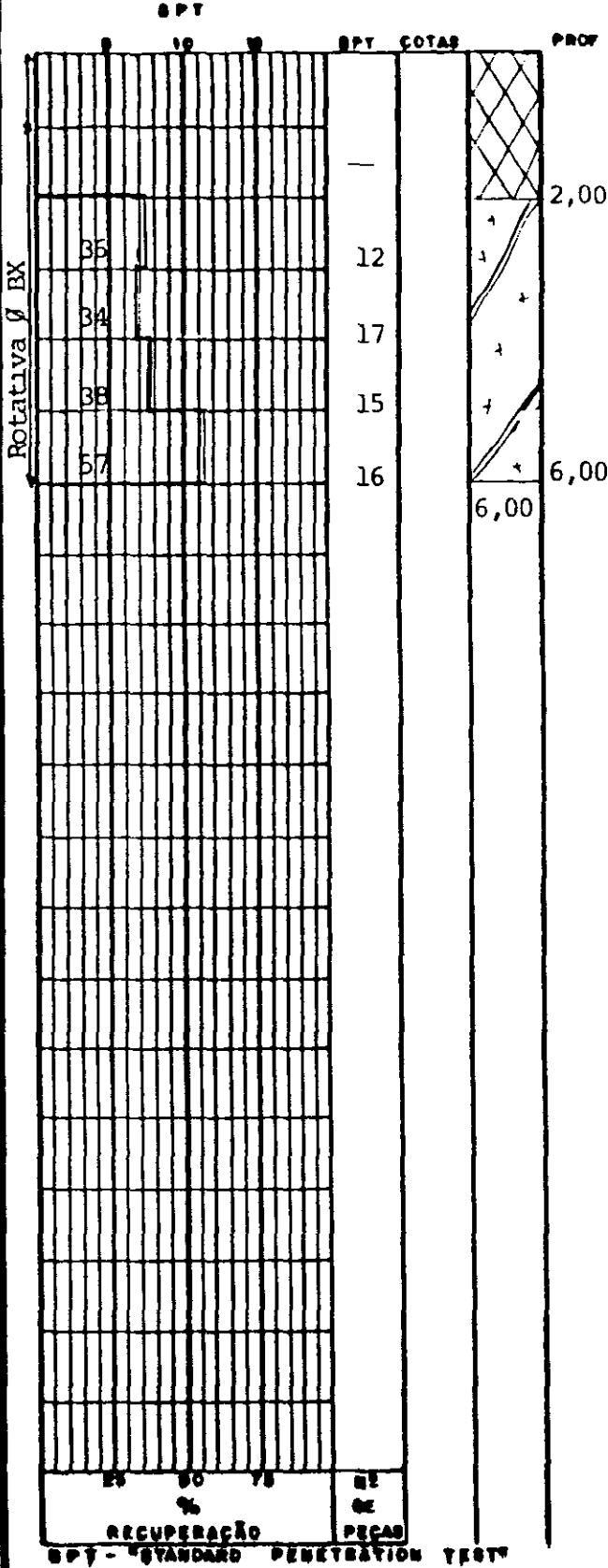
SONDAGEM A PERCUSSÃO (Ø 2 1/2")

AMOSTRADOR Ø_o = 2" Ø_i = 1 3/8"
 MARTELO = 65Kg QUEDA = 75cm

OBRA AÇUDE CASTRO SM.12

ESTACA 02 - SANG

COTA DO TERRENO
150,80



OBS:

- 1 - O nível da água não foi encontrado
- 2 - Furo feito a pá e picareta até a profundidade de 1,00 metros.

0,00 cm/s Ensaio de Perda D'água

AMOSTRADOR UTILIZADO _____
 PROF DE REVESTIMENTO _____
 INÍCIO ____/____/____
 TÉRMINO ____/____/____

AGUASOLOS - Consultores de Engenharia Ltda

DATA Abril/86	DES	VISTO
ESCALA 1:100	APROV	

AÇUDE CASTRO

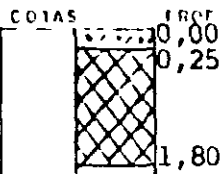
000045

SONDAGEM A PÁ E PICARETA

OPRA **AÇUDE CASTRO**

ESTACA **6+12**

COTA DO TERRENO
153,00



SPP 07

Areia argilosa com pedregulhos, cinza escura

Solo de alteração de rocha gnaissica

SPP

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA **Maio/86**

DES

VISTO

ESCALA **1:100**

APROV

AÇUDE CASTRO

000046

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
 Açude Castro - Itapiuna - Ce.

ENSAIOS DE PERDA D'AGUA		SONDAGEM Nº SM-12					
PROFUNDIDADE	DIAMETRO	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA
cm	mm	min	litros	min	litros	min	litros
01	3,00	3,00	0,05	1,16	0,48	0,42	0,37
0,10	0	0	0,2	0	0,19	0,06	0,32
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
1,12	0	0	0	0	1,21	0	0
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
0,10	0	0	0	0	0,19	0	0

PROFUNDIDADE	DIAMETRO	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA
cm	mm	min	litros	min	litros	min	litros
01	3,00	3,00	0,05	1,16	0,48	0,42	0,37
0,10	0	0	0,2	0	0,19	0,06	0,32
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
1,12	0	0	0	0	1,21	0	0
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
0,10	0	0	0	0	0,19	0	0

PROFUNDIDADE	DIAMETRO	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA	TEMPO	PERDA
cm	mm	min	litros	min	litros	min	litros
01	3,00	3,00	0,05	1,16	0,48	0,42	0,37
0,10	0	0	0,2	0	0,19	0,06	0,32
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
1,12	0	0	0	0	1,21	0	0
0,56	0	0	0	0	0,65	0	0
0,10	0	0	0	0	0,19	0	0

OBS: ESSES DADOS FORAM FORNECIDOS A PROJETISTA PELO DNOCS

**4.4 - MATERIAIS DE EMPRÉSTIMOS - RESULTADO DOS
ENSAIOS LABORATORIAIS**

ENSAIOS DE JAZIDA

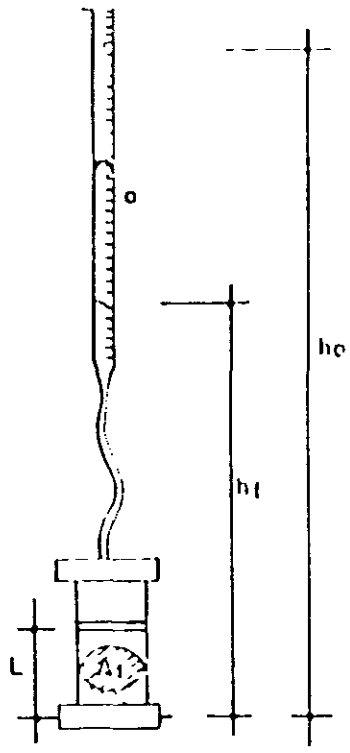
AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda
 AÇUDE CASTRO - ITAPIUNA - CEARÁ
 JAZIDA 02

REGISTRO	FURO	PROFUNDIDADE (cm)	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)								PLASTICIDADE (%)			COMPACTAÇÃO		K(10 ⁻⁶ cm/seg)	CLASSI- FICAÇÃO (U S C)
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 04	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	LP	IP	ISM(Kg/cm ³)	HOT (%)		
	01				100	99	98	93	72	60	34,0	19,4	14,6				CL
	02			100	99	98	93	86	57	38	27,5	19,4	8,1				SC
	04		97	95	94	93	87	85	72	46	31,5	22,9	8,6				SC
	05		100	99	96	94	90	84	63	30	27,0	19,4	7,6				SC
	07			100	99	98	93	85	64	38	29,5	19,0	10,5				SC
	08			100	99	97	86	69	41	30	31,0	17,7	13,3	1862	13,8		SC
	09					100	99	97	79	58	25,3	19,0	6,3	1735	19,0		CL
	10			100	99	99	98	95	81	38	Solo não plástico						
	11				100	99	98	94	75	36	24,5	17,8	6,7				SC
	14			100	99	96	90	81	63	44	25,0	17,7	7,3				CL
	18					100	99	97	79	49	31,2	19,4	11,8				CL
	19				100	98	94	96	66	46	22,5	17,7	4,8	1827	15,6		CL
	21				100	99	98	95	73	50	24,0	17,7	6,3				CL
	22			100	99	99	97	94	77	58	27,6	20,1	7,5				CL
	24		100	96	91	86	80	71	48	28	23,9	17,2	6,7				SC
	27					100	99	97	68	34	24,2	16,8	7,4	1954	12,6		SC
	32		100	99	98	98	97	94	70	44	18,3	18,3	10,7	1890	11,6		SC
	33		100	99	97	95	87	77	52	32	24,5	16,3	8,2				SC
	34			100	99	98	92	91	65	44	26,4	19,4	7,0	1710	20,4		SC
	35					100	99	94	73	48	28,0	20,7	7,3	1852	13,6		CL
	MÉDIA		99	99	98	97	94	88	67	43	26,6	18,7	8,5	1833	15,2		SC

ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

CLIENTE
TRABALHO
LOCAL

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
Açude Público Castro Nº _____
ITAPIUNA - CEARÁ JAZIDA Nº 01



PESO ESPECÍFICO APARENTE SECO γ_s
 UNIDADE NA OCASIÃO DO ENSAIO γ
 ALTURA INICIAL DO NÍVEL D'ÁGUA h_0
 ALTURA FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA h_f
 TEMPO DECORRIDO NO ENSAIO t
 COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE k
 ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL DA BURETA $a = 0,875 \text{ cm}^2$
 ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA $A = \text{_____ cm}^2$
 ESPESSURA DO CORPO DE PROVA $L = \text{_____ cm}$

$$k = 2.3 \frac{a L}{A t} \log \frac{h_0}{h_f}$$

PESO ESPECÍFICO APARENTE MÁXIMO DA AMOSTRA γ_{SM} _____
 UNIDADE OTIMA DA AMOSTRA h_{ot} _____

DATA	ENSAIO Nº	AMOSTRA	γ_s (g/cm ³)	h (%)	h_0 (cm)	h_f (cm)	t (seg)	k (10 ⁻⁵ cm/s)
20-03-86	01	F.06	1,83	16,8	179	129	1387	1,0
20-03-86	02	F.17	1,87	14,4	179	129	415	3,4
20-03-86	03	F.20	1,96	13,4	179	129	2100	0,68
MÉDIA			1,88	14,86				1,69
DESVIO PADRÃO			0,06	1,74				1,48

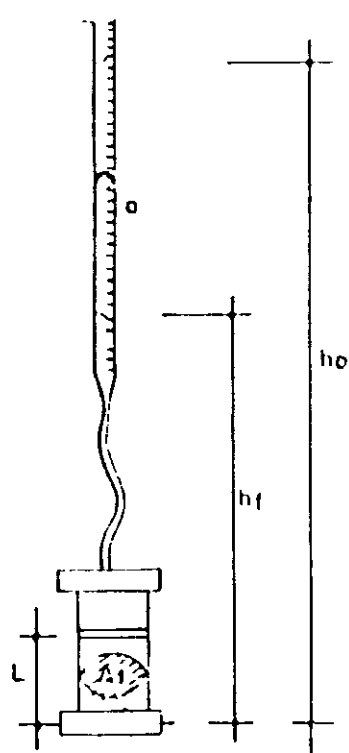
AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA	DES	VISTO
ESCALA	APROV	

000052

ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

CLIENTE DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
 TRABALHO Açude Público Castro Nº _____
 LOCAL Itapiuna - Ceará JAZIDA Nº 02



PESO ESPECÍFICO APARENTE SECO = γ_s
 UNIDADE NA OCASIÃO DO ENSAIO = γ
 ALTURA INICIAL DO NÍVEL D'ÁGUA = h_o
 ALTURA FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA = h_f
 TEMPO DECORRIDO NO ENSAIO = t
 COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE = k
 ÁREA DA SECÃO TRANSVERSAL DA BURETA = $a = 0,875 \text{ cm}^2$
 ÁREA DA SECÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA = $A = \text{_____ cm}^2$
 ESPESSURA DO CORPO DE PROVA = $L = \text{_____ cm}$

$$K = 2,3 \frac{a L}{A t} \log \frac{h_o}{h_f}$$

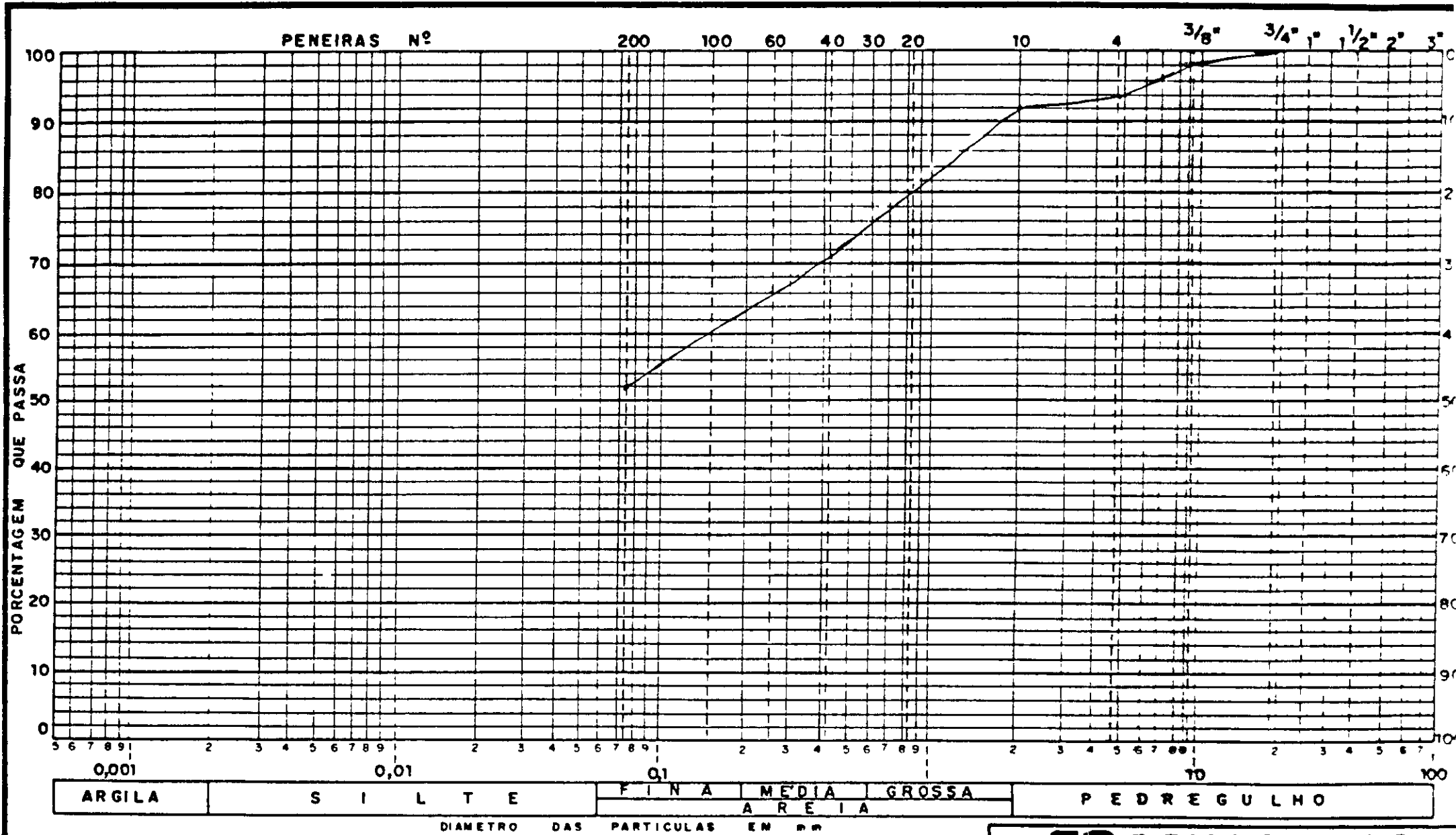
PESO ESPECÍFICO APARENTE MÁXIMO DA AMOSTRA $\gamma_{sm} = \text{_____}$
 UNIDADE OTIMA DA AMOSTRA $\gamma_{opt} = \text{_____}$

DATA	ENSAIO Nº	AMOSTRA	γ_s (g/cm ³)	h (%)	h_o (cm)	h_f (cm)	t (seg)	K (10 ⁻⁵ cm/s)
5-04-86	01	F.08	1,86	13,8	175	145	1225	6,7
5-04-86	02	F.09	1,73	19,0	175	145	1560	5,2
6-04-86	03	F.19	1,82	15,6	175	145	1220	6,5
6-04-85	04	F.27	1,95	12,6	175	122	560	27,7
9-04-86	05	F.32	1,89	11,6	175	145	1787	4,5
9-04-86	06	F.34	1,71	20,4	175	122	732	21,2
9-04-86	07	F.35	1,85	13,6	175	145	2249	3,6
MÉDIA			1,83	15,23				10,77
DESVIO PADRÃO			0,07	3,06				8,88

AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda

DATA	DES	VISTO
ESCALA	APROV	

000053

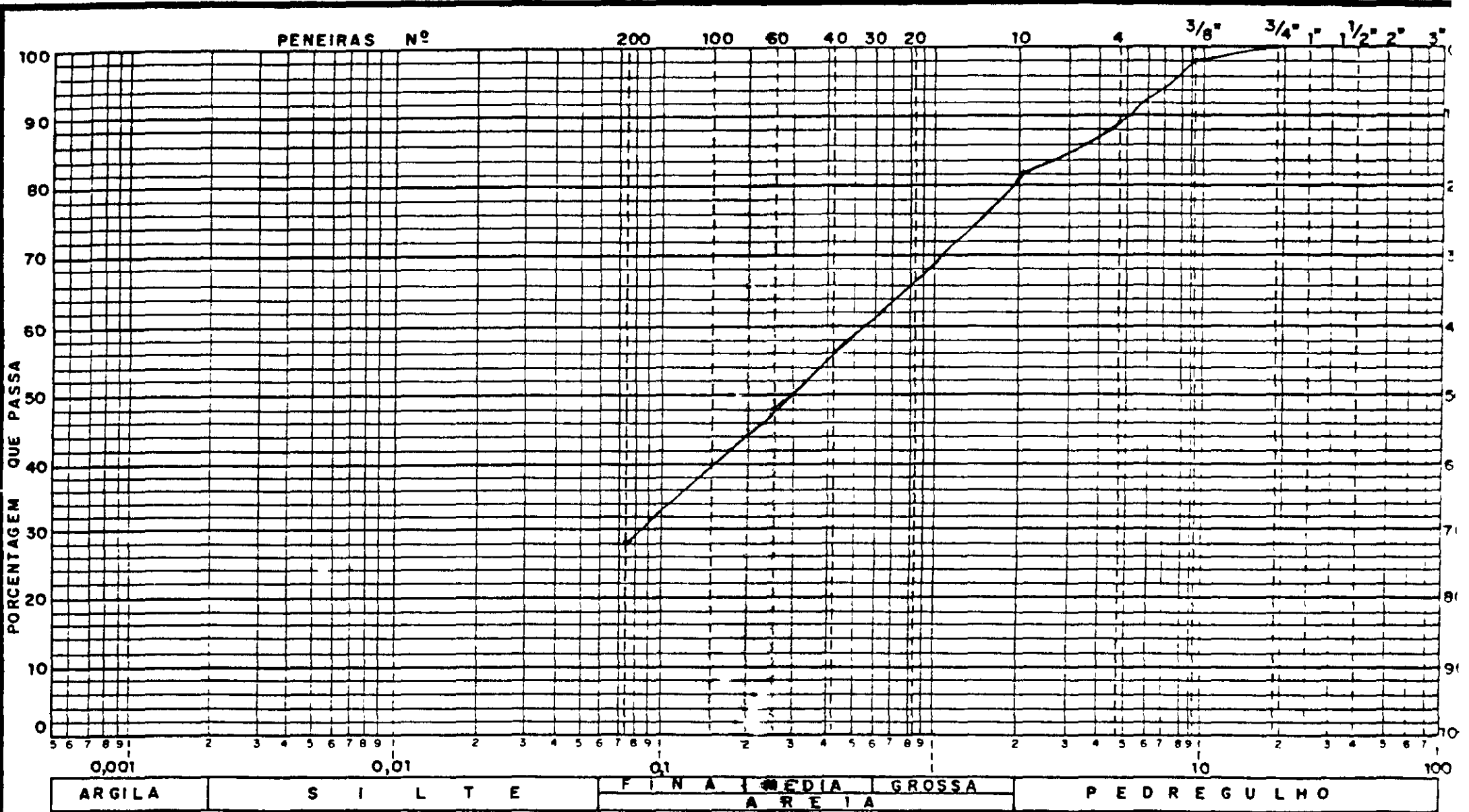


ARGILA	SILT	FINA AREIA	MEDIA GROSSA	PEDREGULHO
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM MM				

JAZIDA 01 - FURO 05
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



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

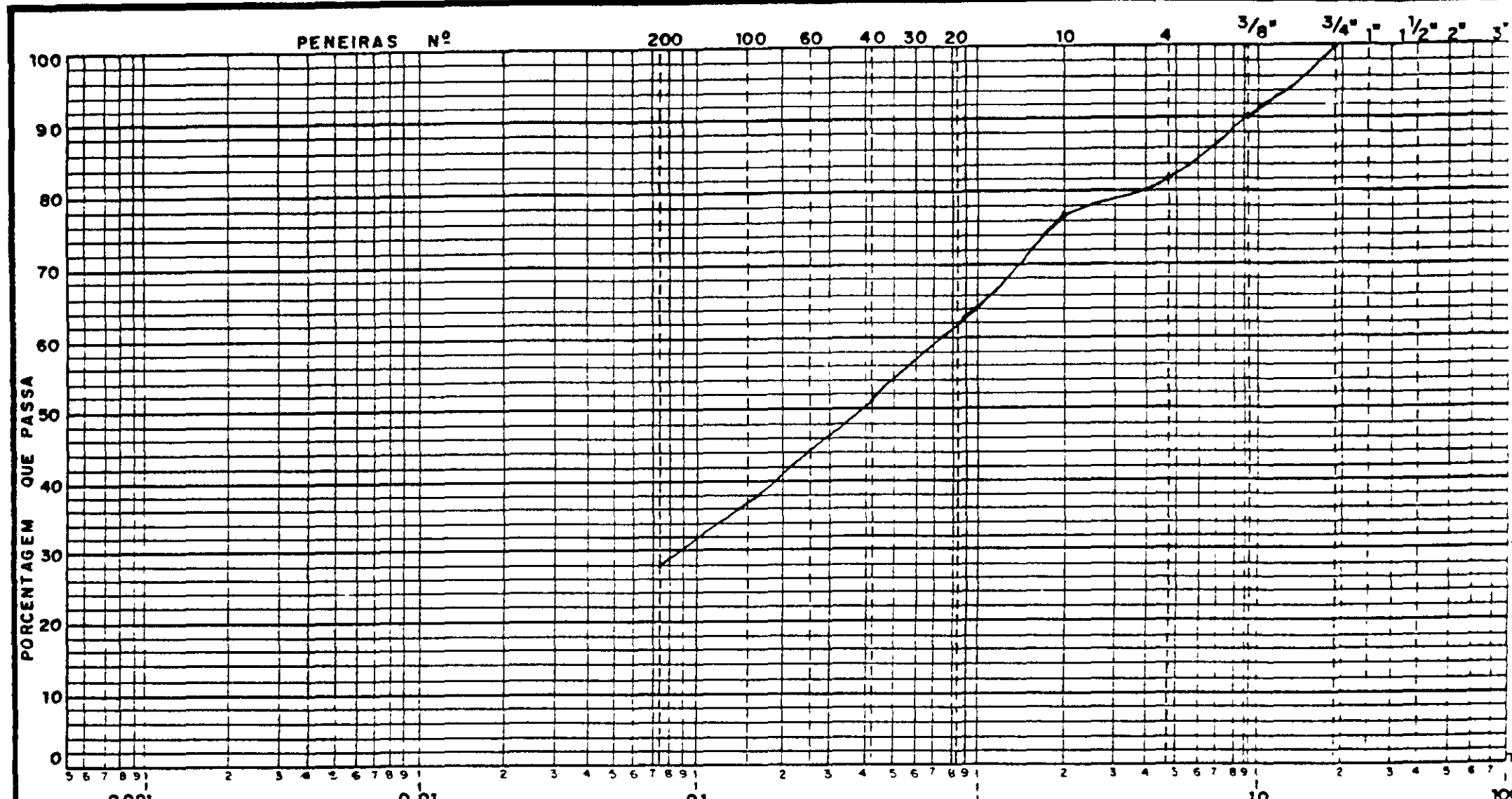
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 01 - FURO 06
 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS


CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



0,001	0,01	0,1	1	10	100
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
D I Â M E T R O D A S P A R T I C U L A S E M m m					

JAZIDA 01 - FURO 10
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

	AGUASOLOS	
	CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA	
APROVO	VISTO	DES

000058

PENEIRAS Nº

200

100

60

40

30

20

10

4

3/8"

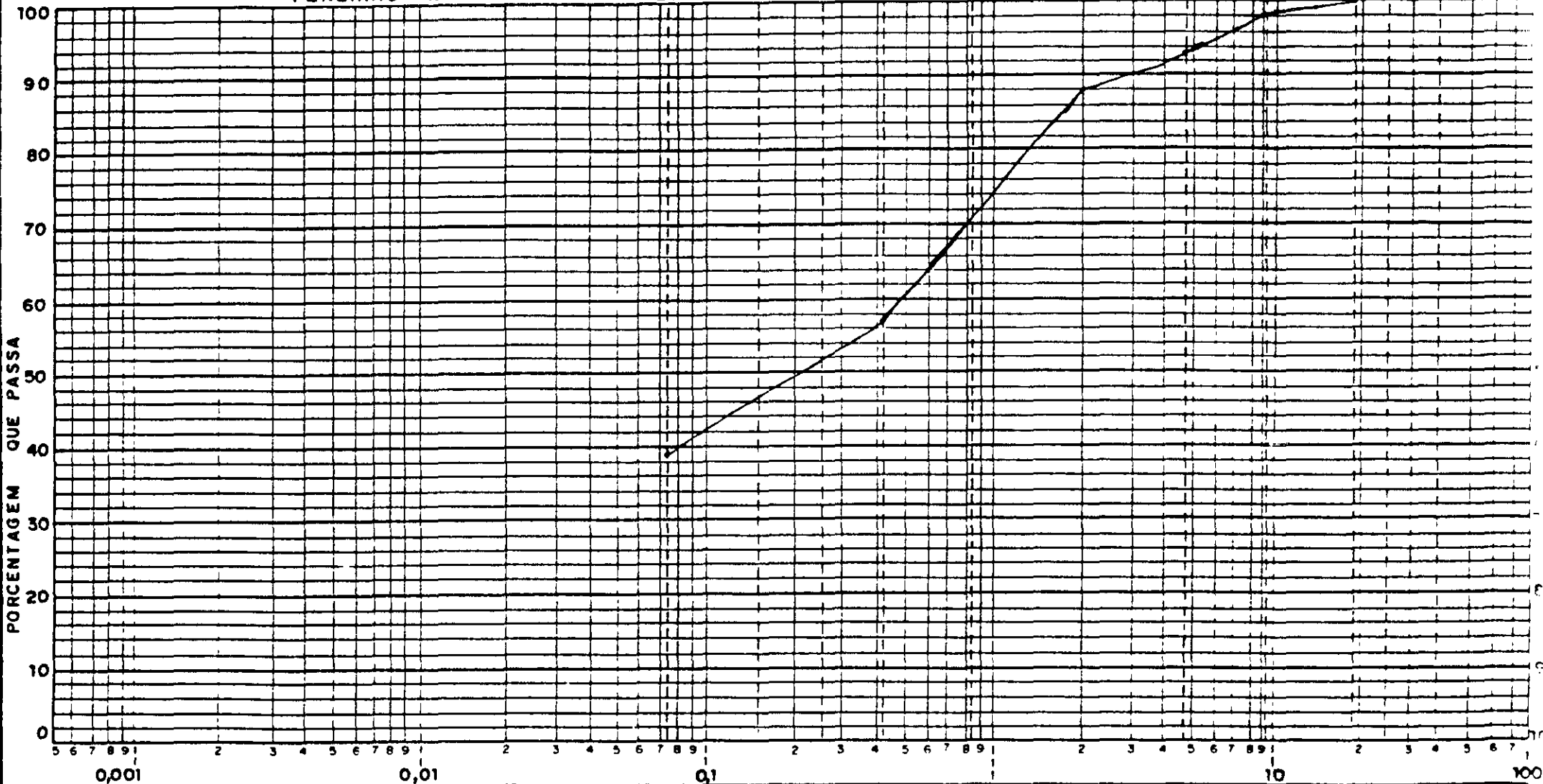
3/4"

1"

1 1/2"

2"

3"



0,001	0,01	0,1	1	10	100
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	
A R E I A					

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM MM

JAZIDA 01 - FURO 15

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

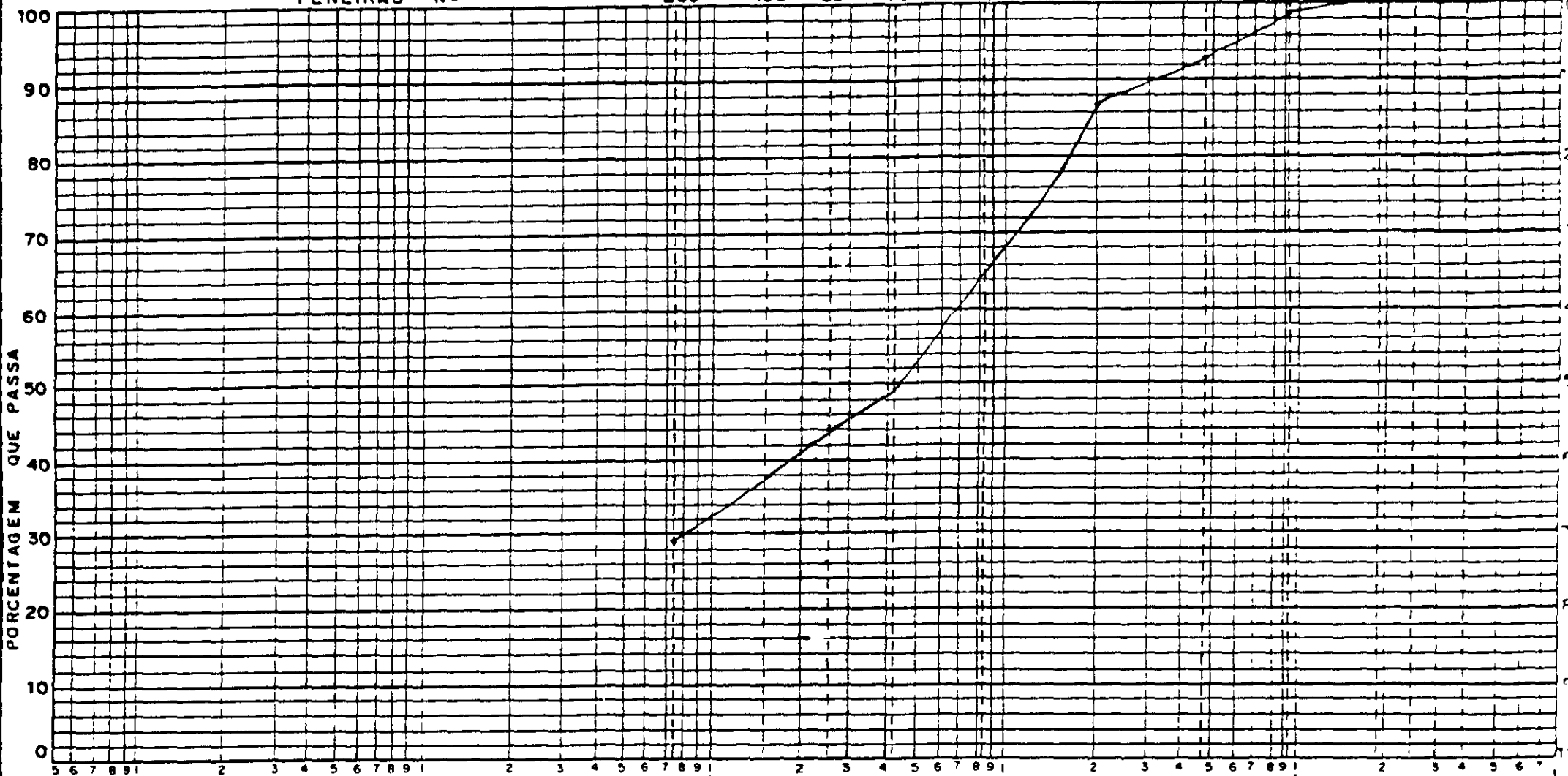
ELABORADO

DES

PENEIRAS Nº

200 100 60 40 30 20 10

3/8" 3/4" 1" 1 1/2" 2" 3"



0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA	S I L T E	FINA MÉDIA GROSSA		P E D R E G U L H O	
A R E I A					

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 01 - FURO 17

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

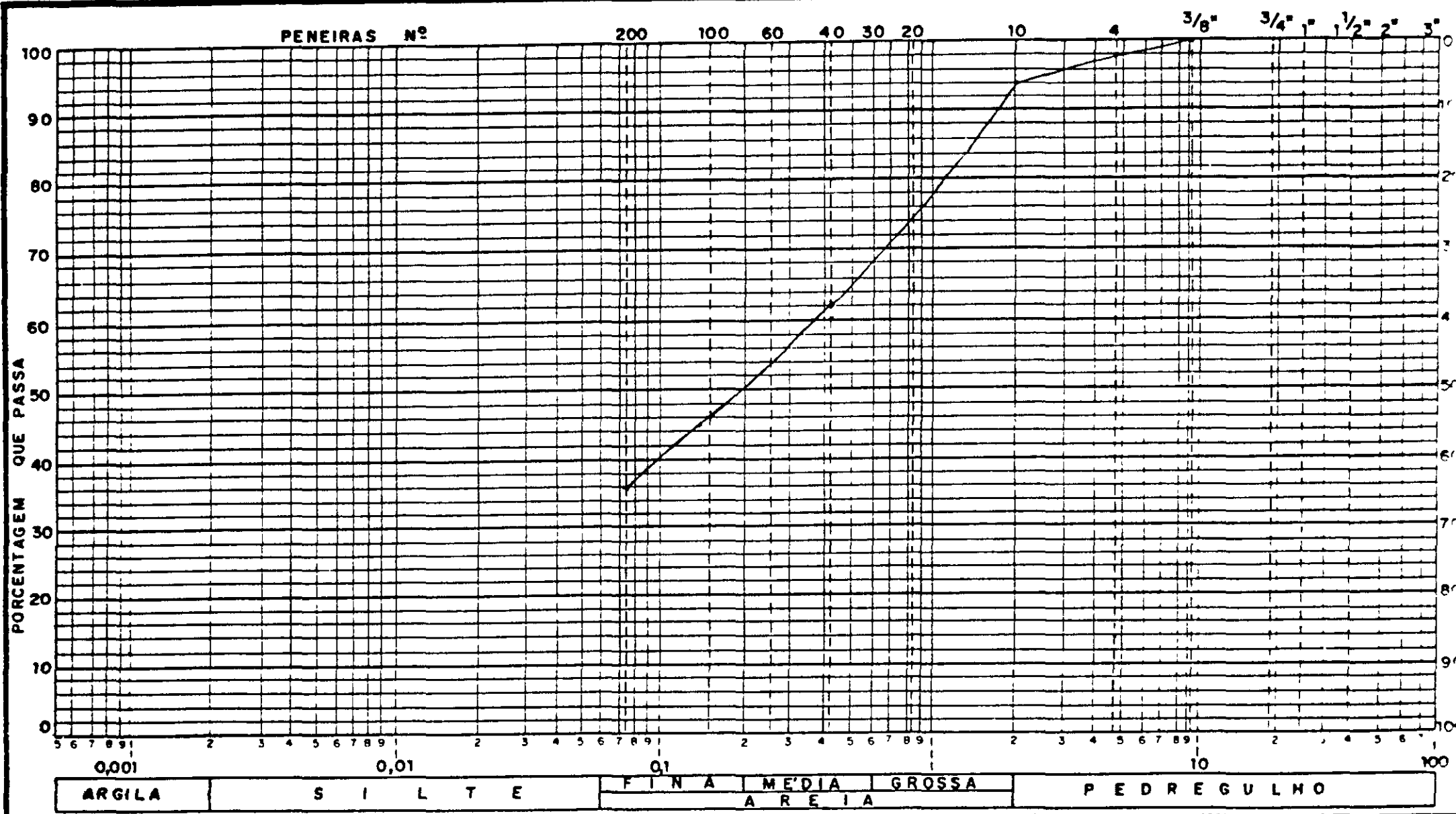
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

VISTO

DES

000060



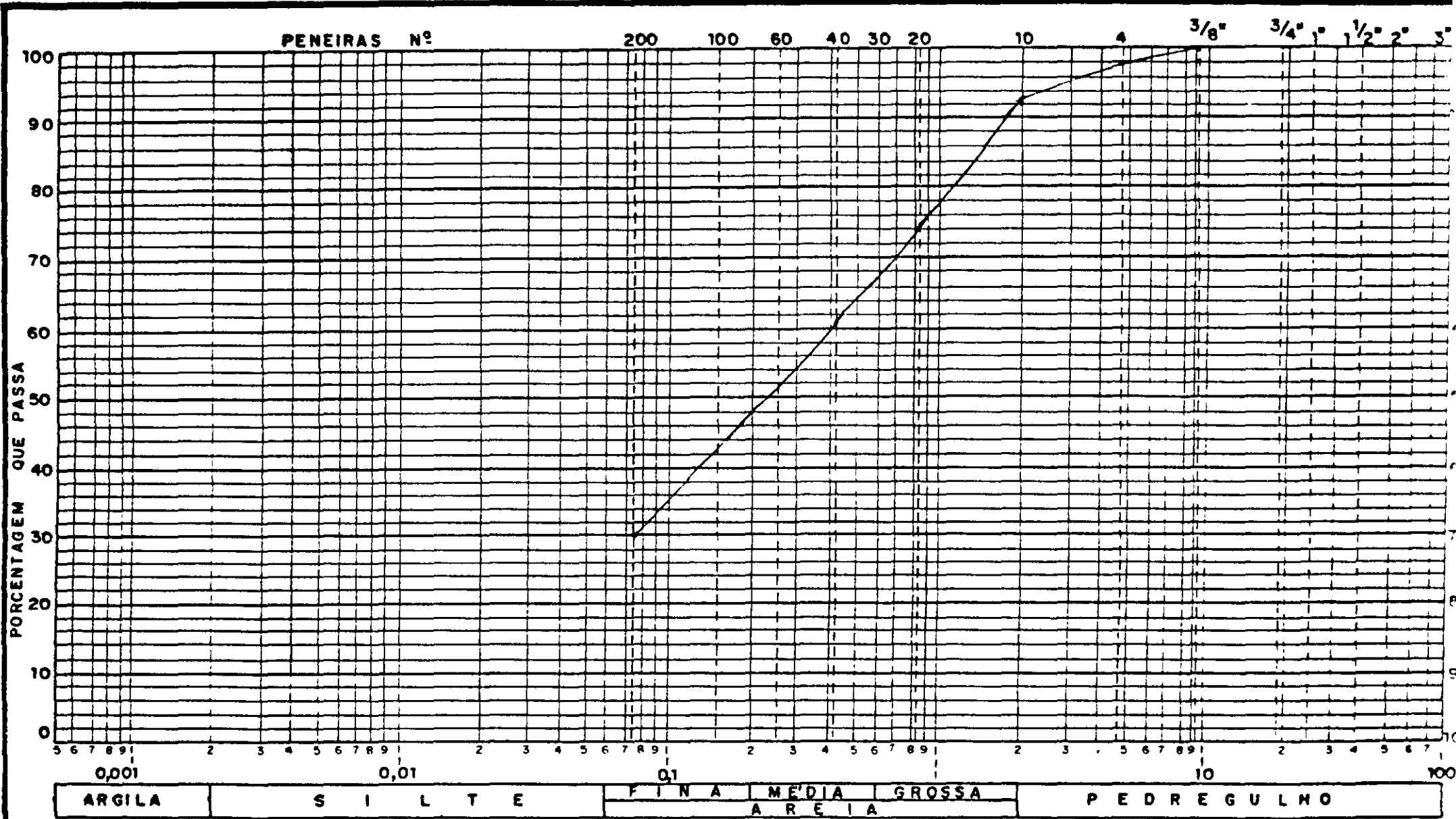
ARGILA	S I L T E	F I N A	M É D I A	G R O S S A	P E D R E G U L H O
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM MM					

JAZIDA 01 - FURO 18
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



JAZIDA 01 - FURO 19
 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS
 CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO: _____ VISTO: _____ DES: _____

000062

PENEIRAS Nº

200 100 60 40 30 20

10

4

3/8"

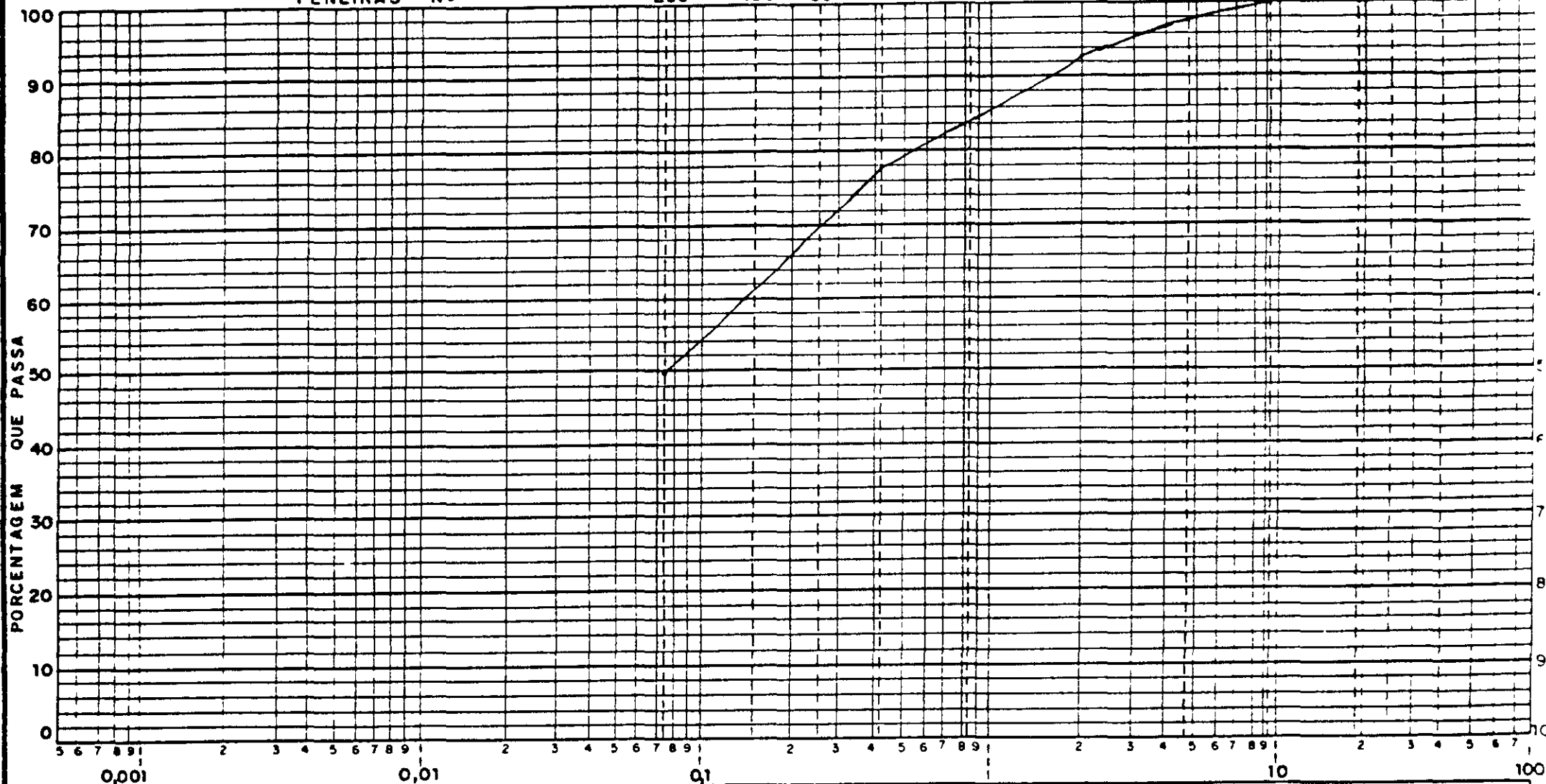
3/4"

1"

1 1/2"

2"

3"



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

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS EM MM

JAZIDA 01 - FURO 20

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

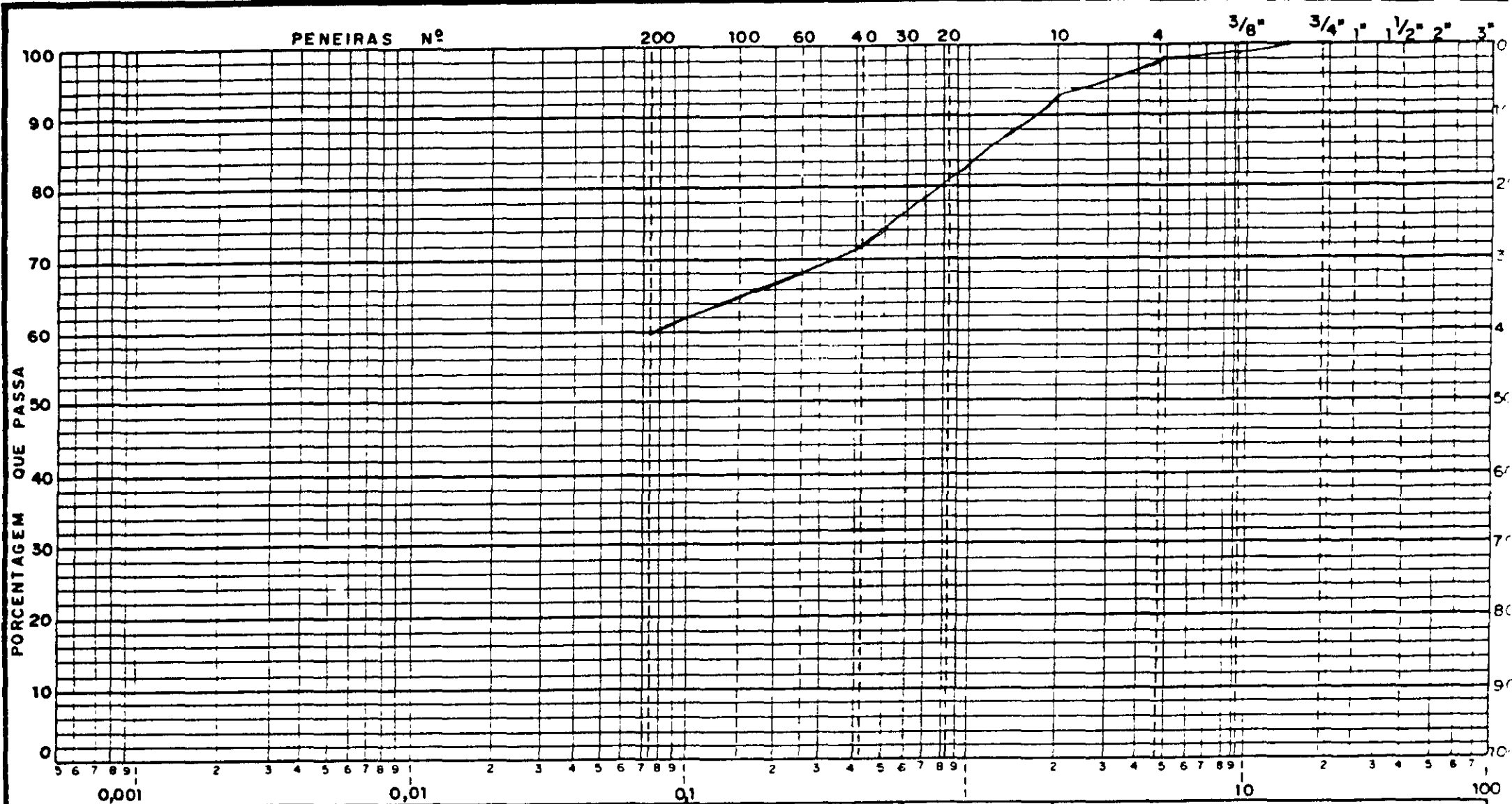
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

VISTO

DES

000063



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
A R E I A					

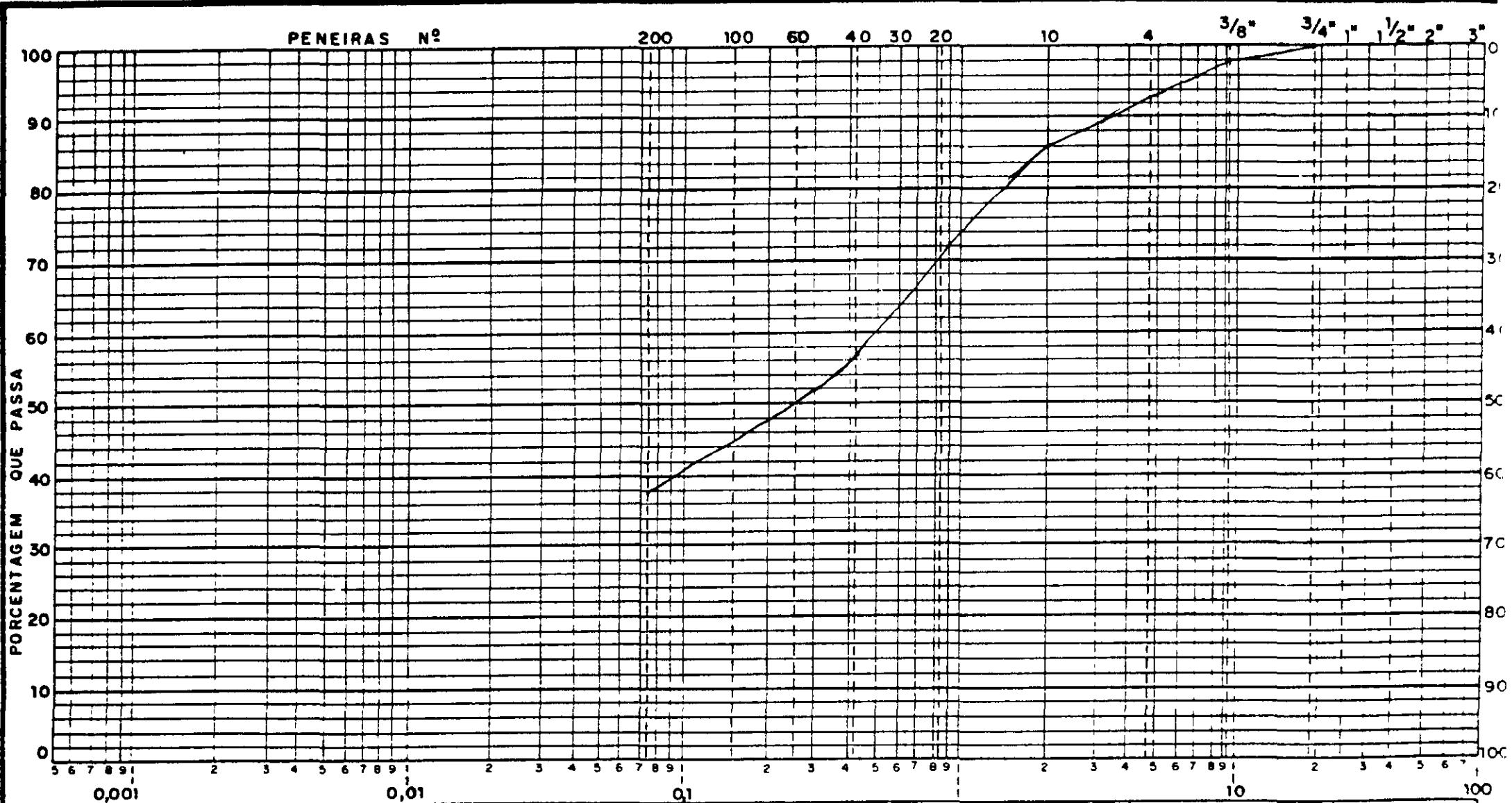
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 01

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA


APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



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
A R E I A					

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM MM

JAZIDA 02 - FURO 02
 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

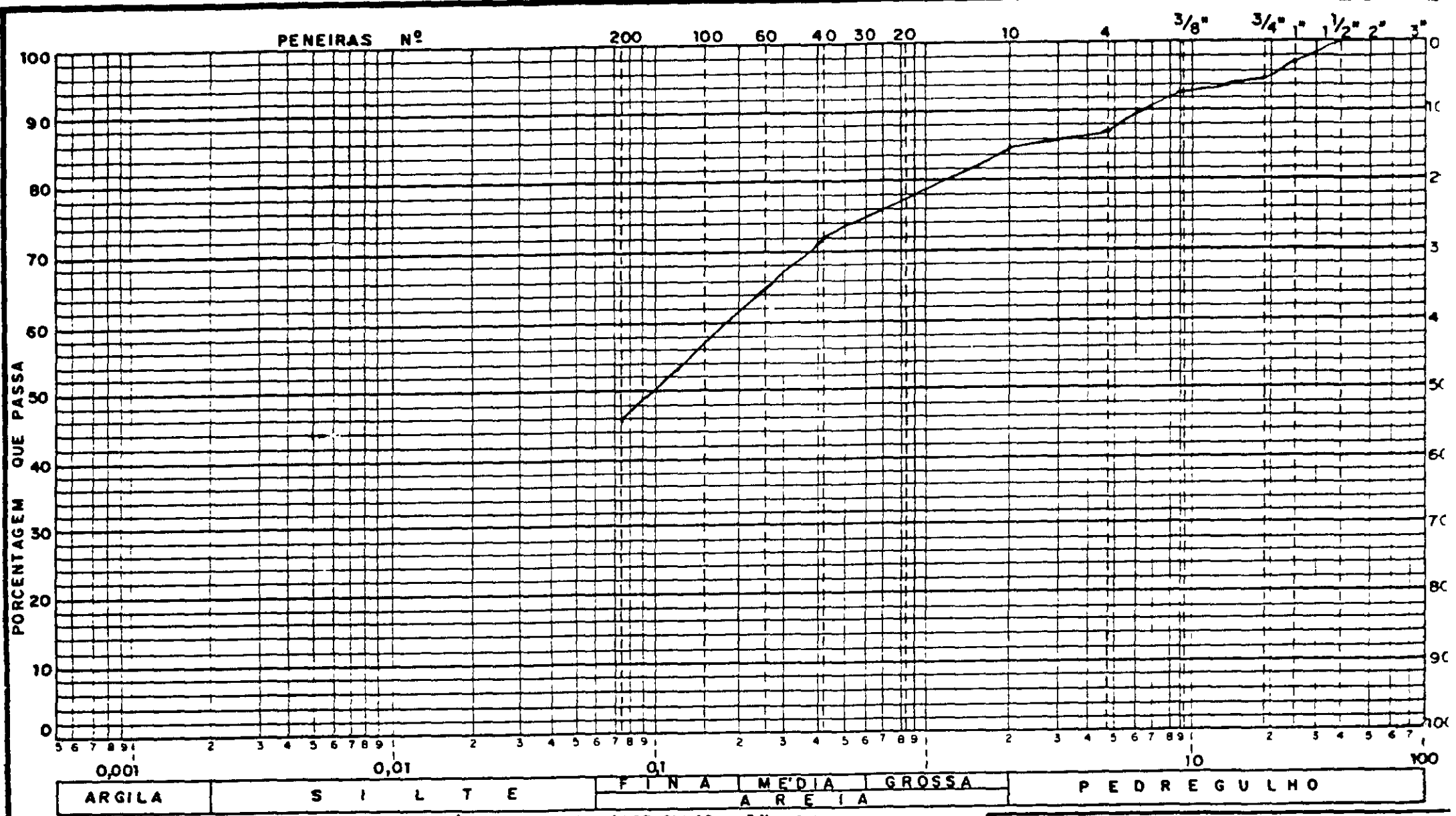


AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

000065



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

JAZIDA 02 - FURO 04
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

PENEIRAS Nº

200

100

60

40

30

20

10

4

3/8"

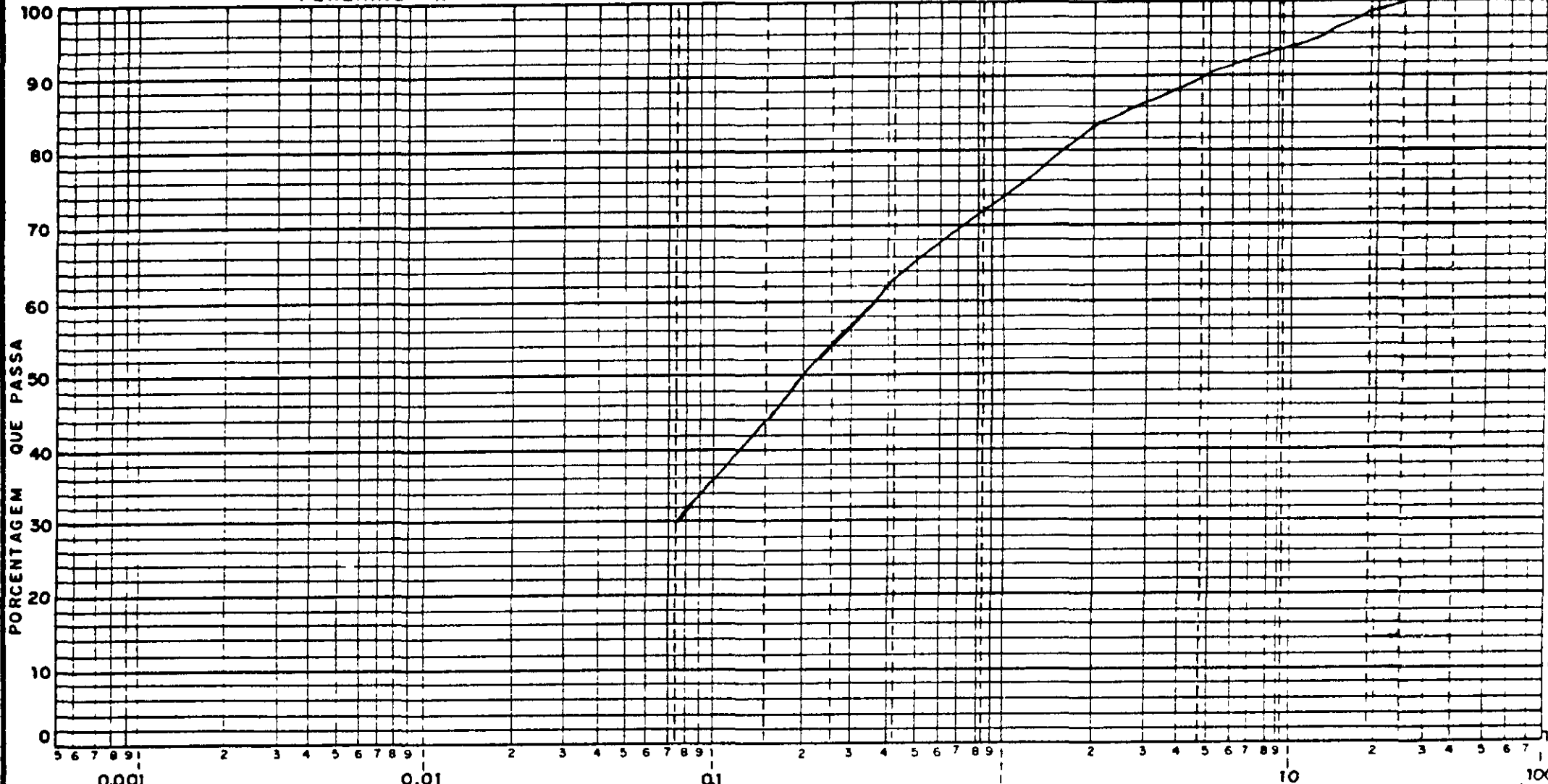
3/4"

1"

1 1/2"

2"

3"



0,001	0,01	0,1	1	10	100
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	
A R E I A					

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM MM

JAZIDA 02 - FURO 05
 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

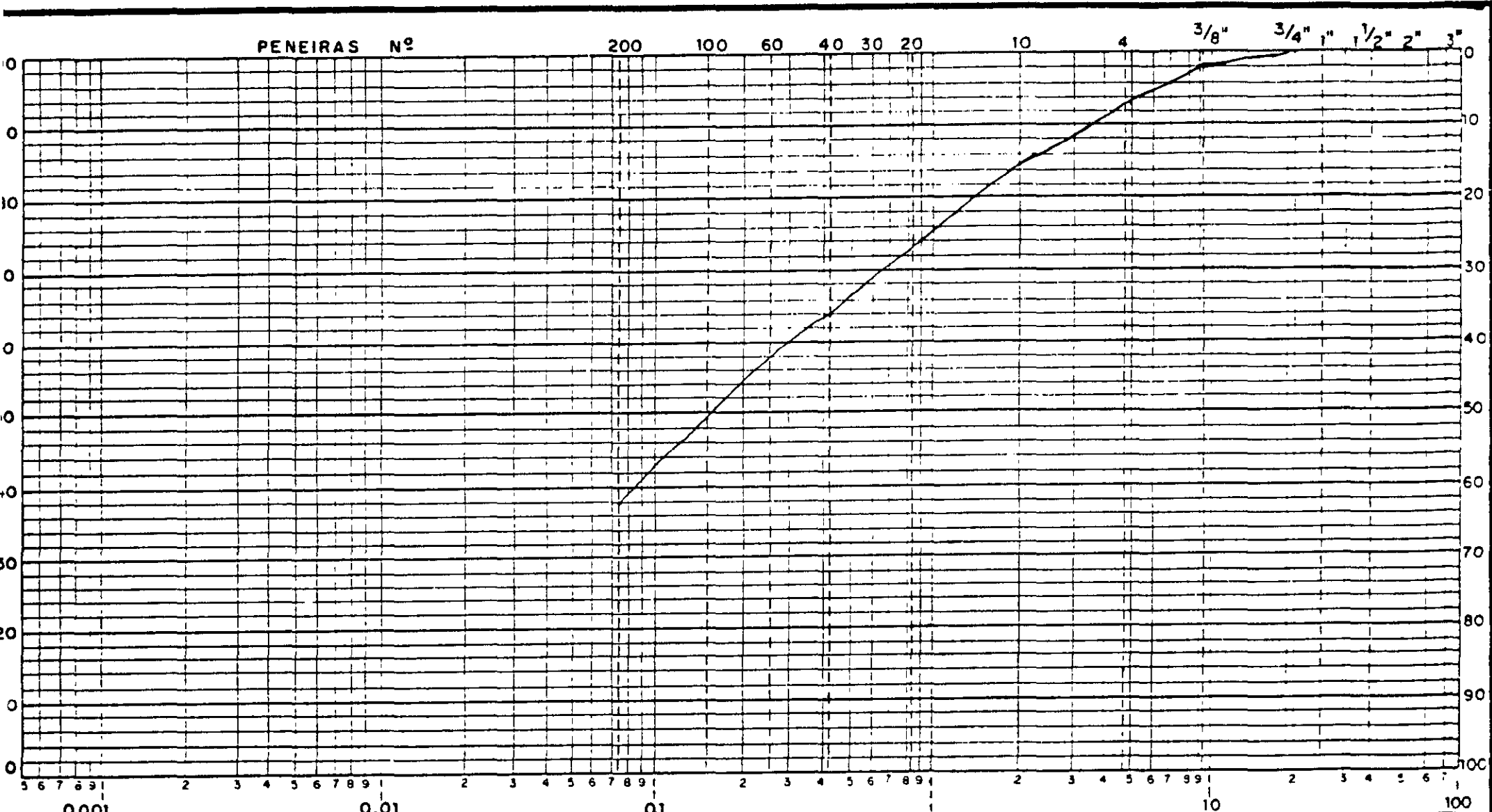


AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

000067



ARGILA	S I L T E	FINA MEDIA GROSSA A R E I A	P E D R E G U L H O
--------	-----------	------------------------------------	---------------------

DIÁMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 07

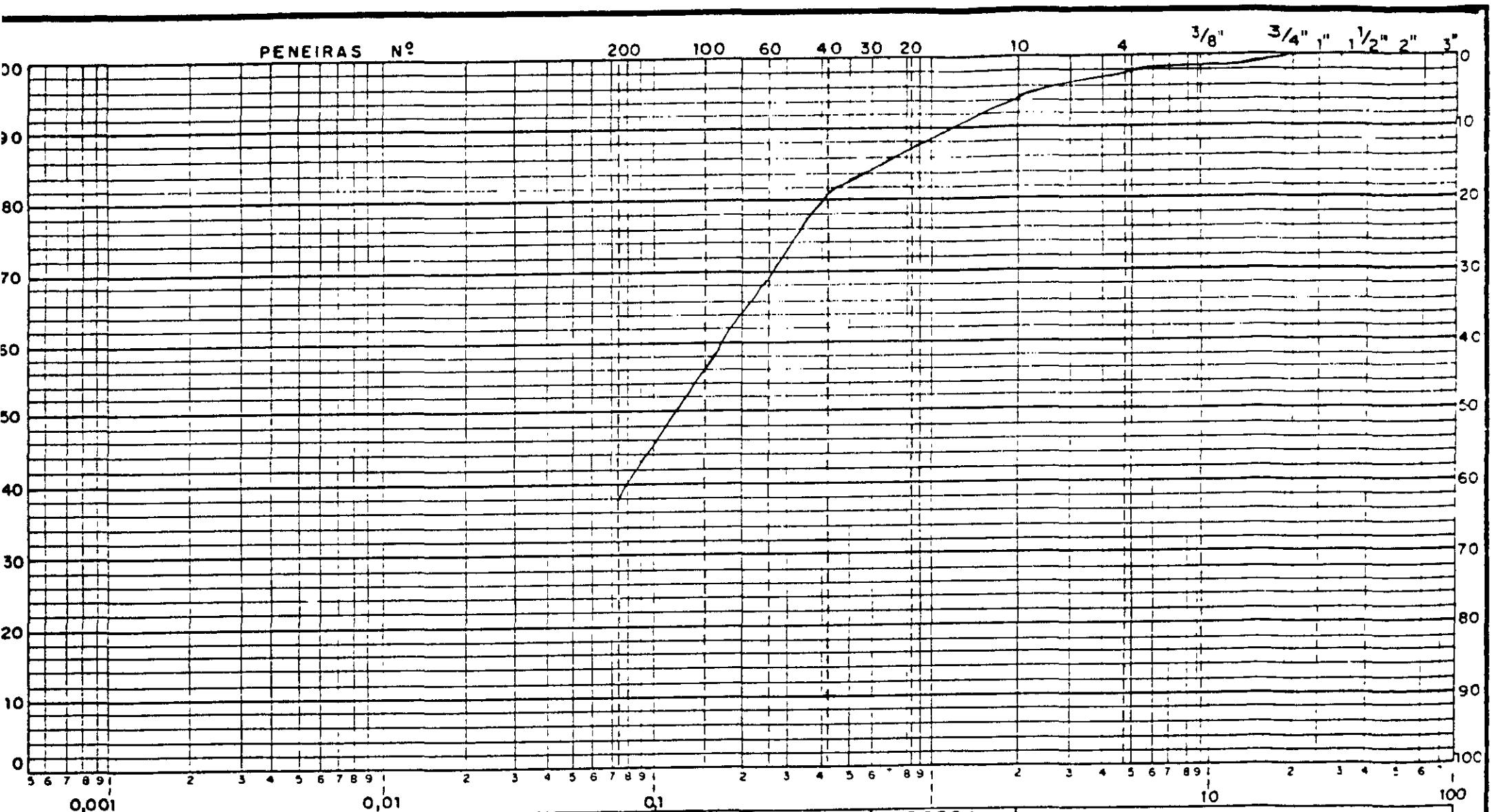
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

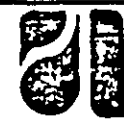


ARGILA	S	I	L	T	E	F	I	N	A	M	E	D	I	A	G	R	O	S	S	P	E	D	R	E	G	U	L	H	O
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 10

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

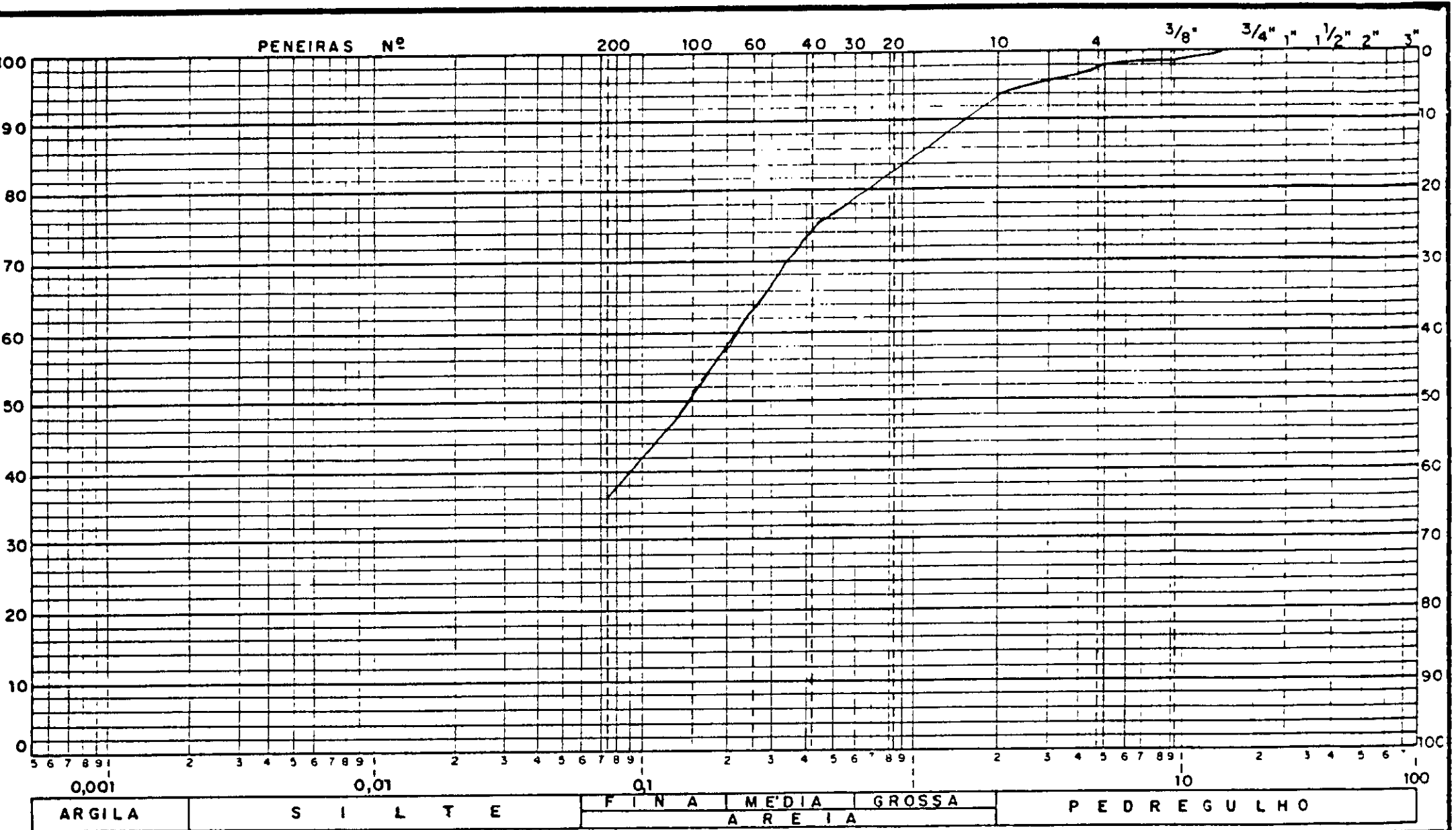
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

VISTO

DES

600069



JAZIDA 02 - FURO 11

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

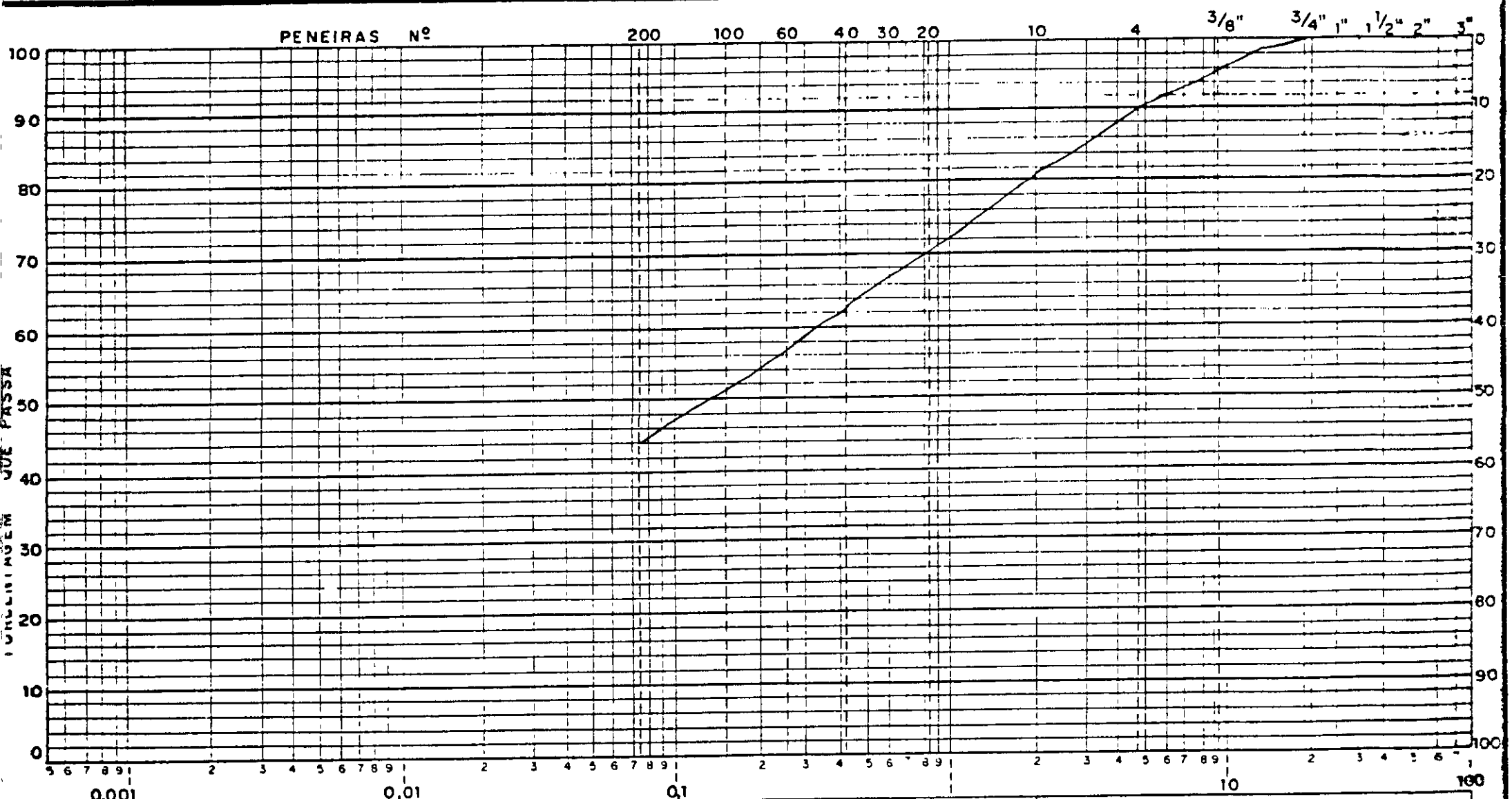
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

VISTO

DES

000070



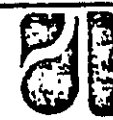
PORCENTAGEM QUE PASSA

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

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 14

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



AGUASOLOS

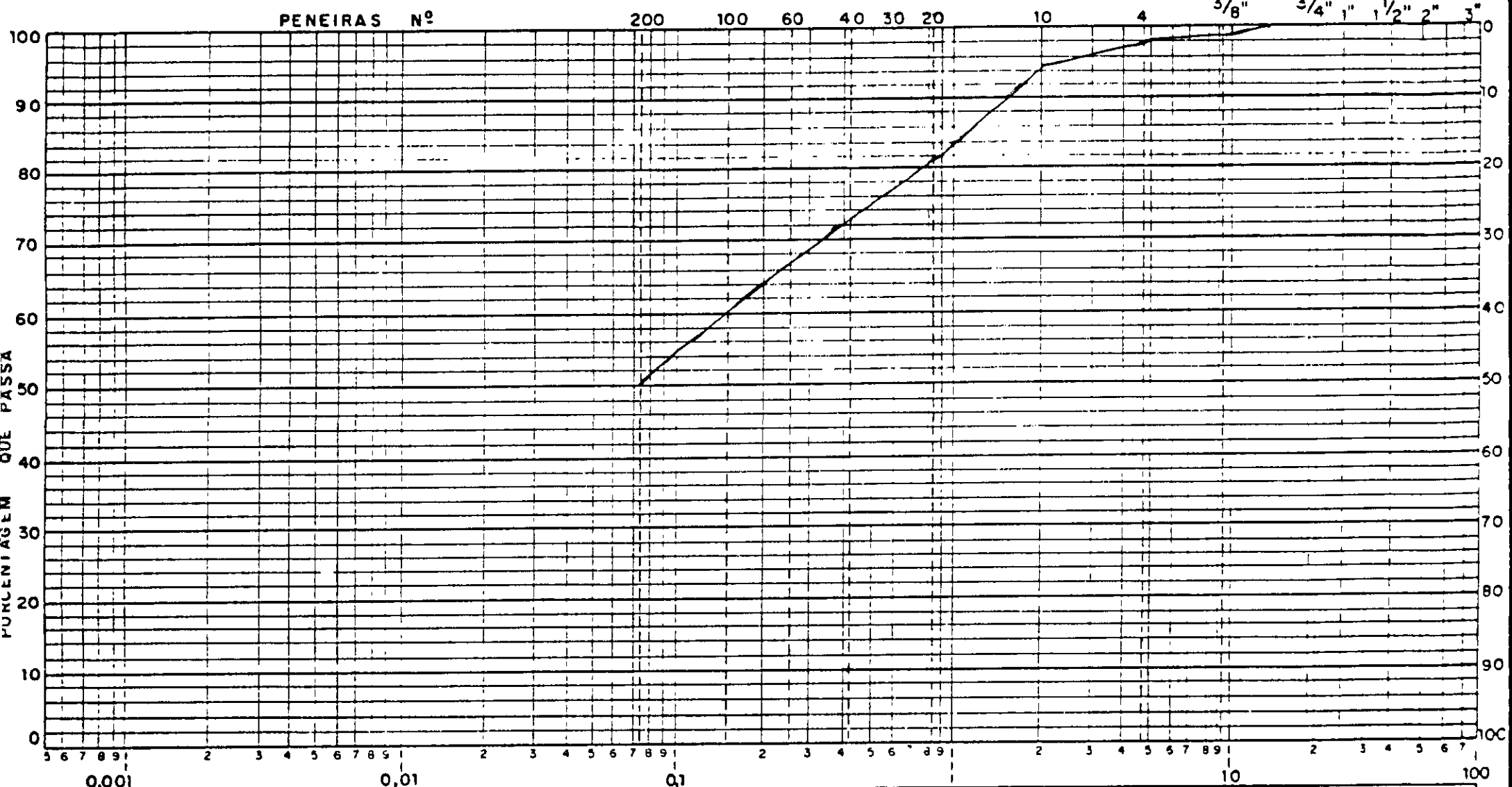
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO

VISTO

DES

000072



0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA		S I L T E		P E D R E G U L H O	
		F I N A		M E D I A	
		A R E I A		G R O S S A	

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 21

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

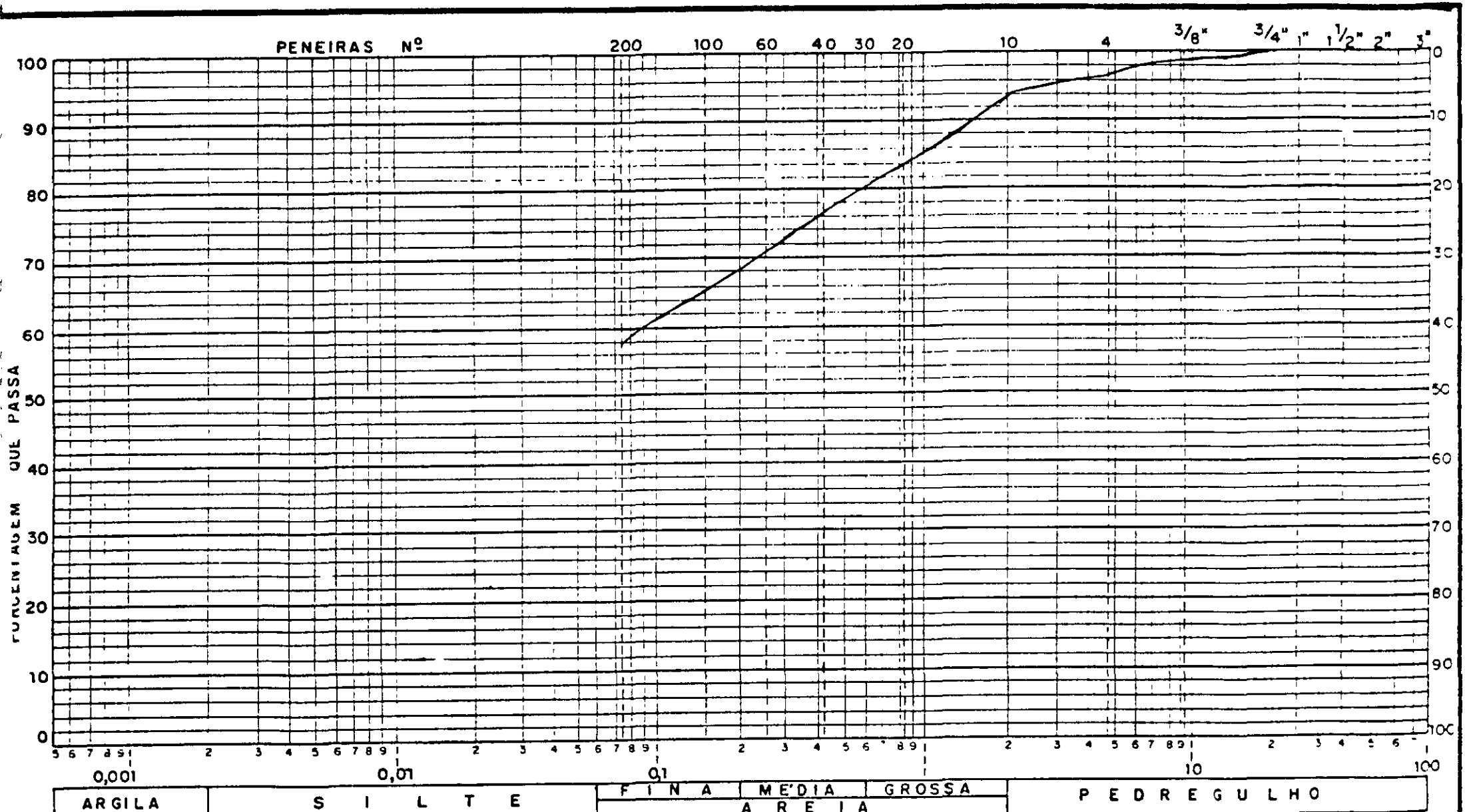


AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

000073



0,001	0,01	0,1	1	10	100			
ARGILA	S I L T E			FINA	MEDIA	GROSSA	P E D R E G U L H O	
							A R E I A	

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 22

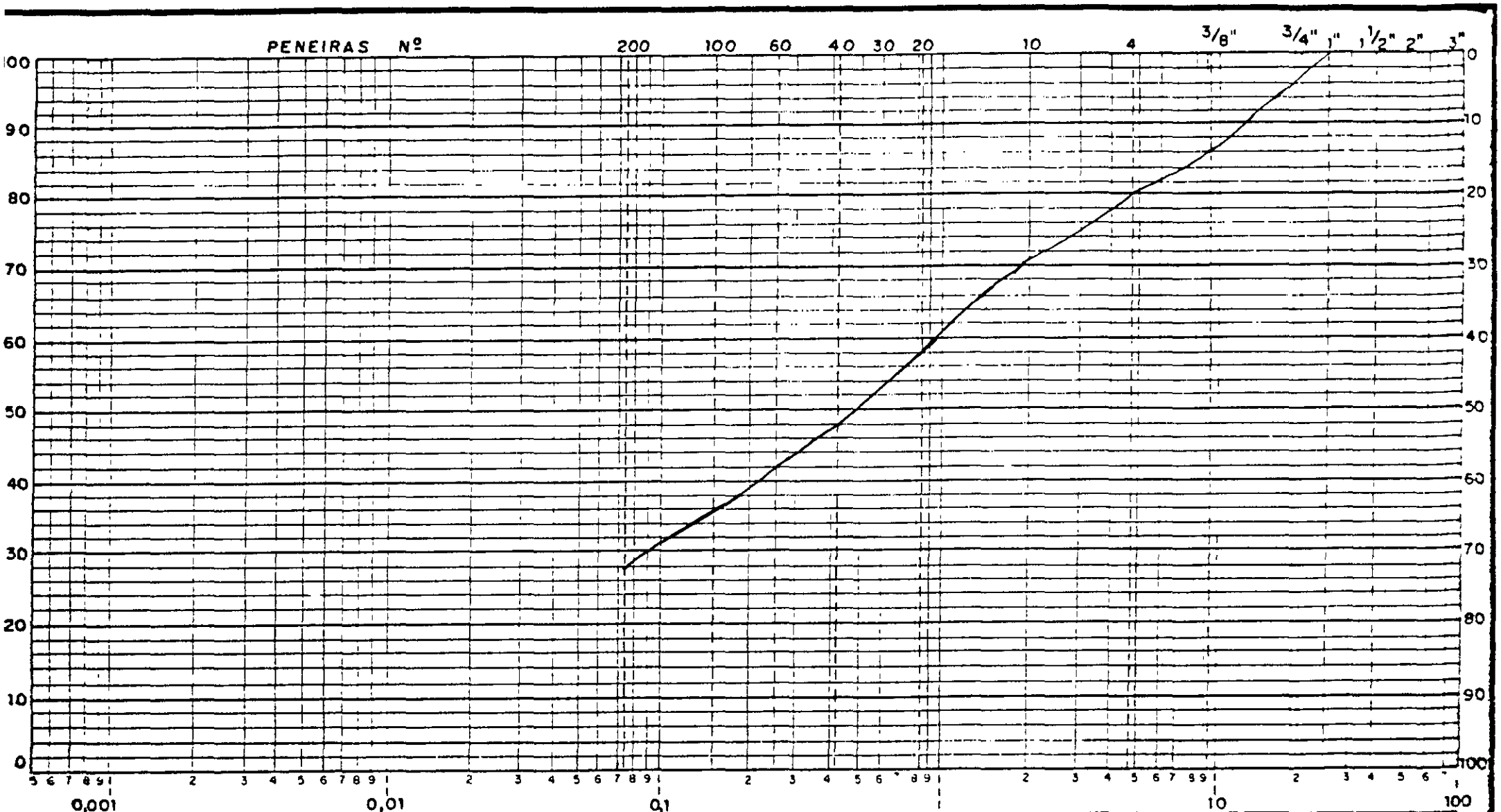
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

AGUAS SOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

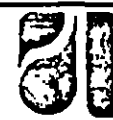
600074



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

JAZIDA 02 - FURO 24

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

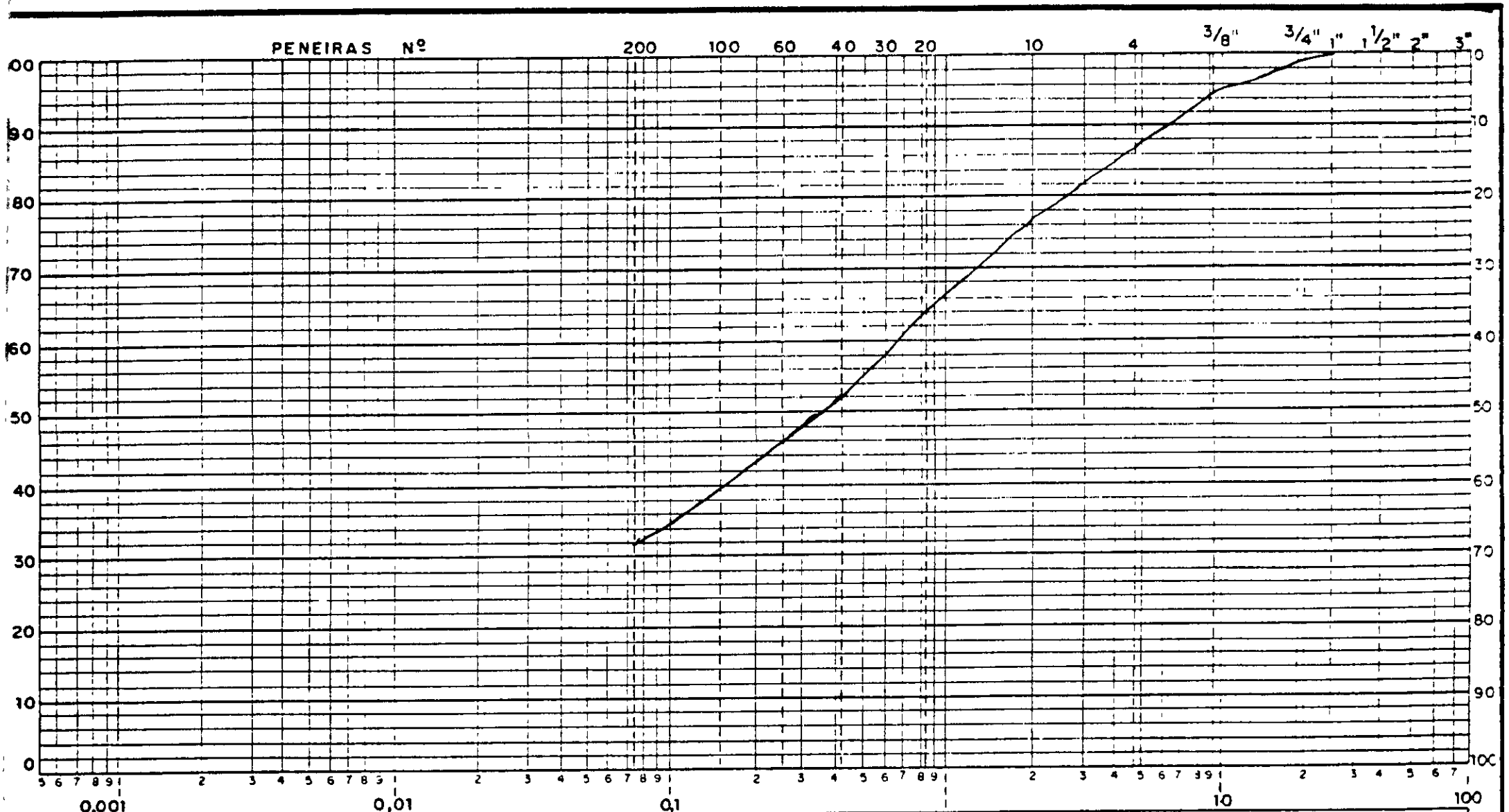


AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

000075



ARGILA	S	I	L	T	E	FINA	MÉDIA	GROSSA	P E D R E G U L H O
						A R E I A			

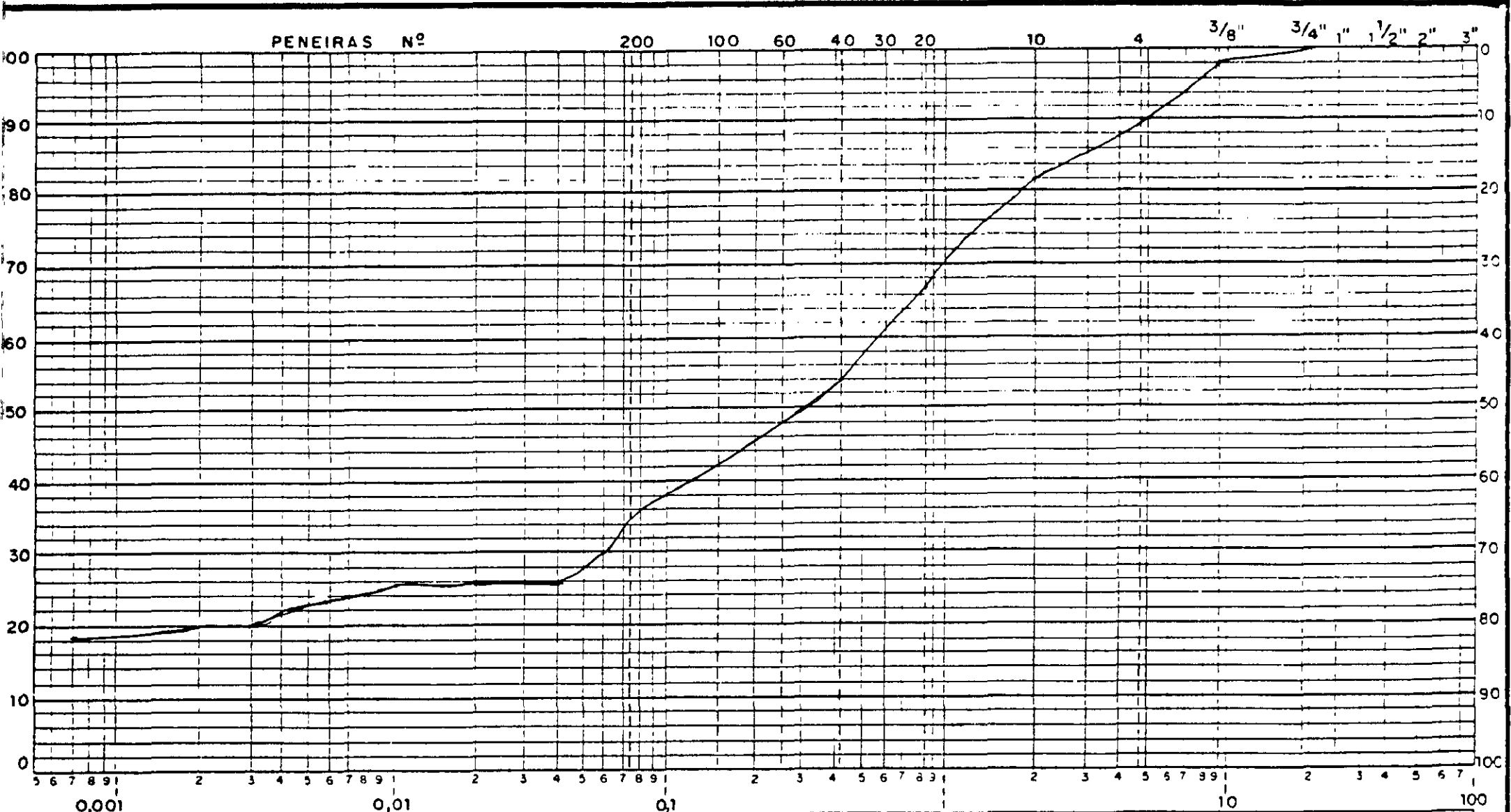
DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 33

GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

	AGUASOLOS	
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA		
APROVO	VISTO	DES

000076



PENEIRAS Nº

200 100 60 40 30 20 10 4 3/8" 3/4" 1" 1/2" 2" 3"

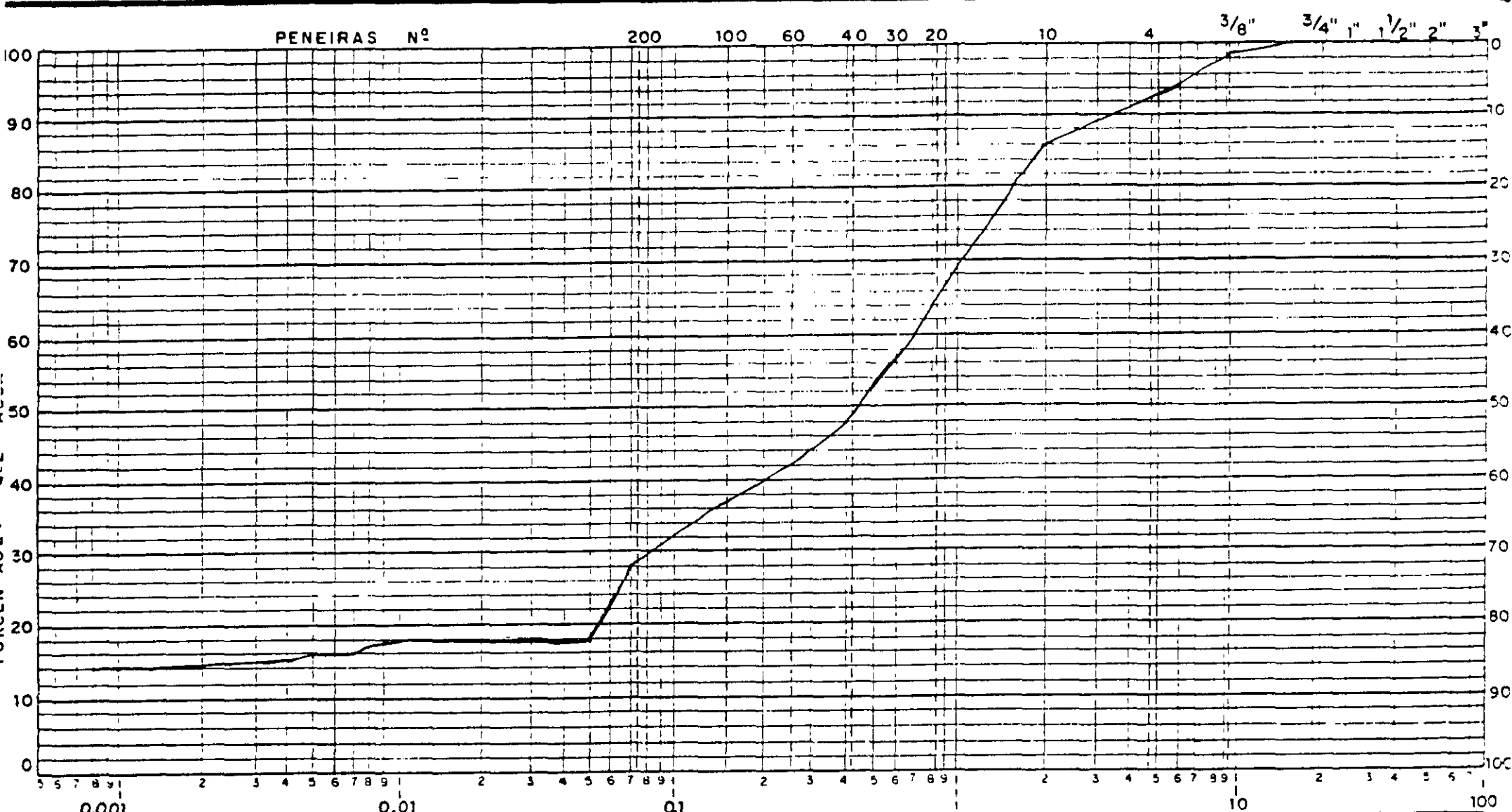
ARGILA	SILT E	FINA	MEDIA	GROSSA	PEDREGULHO
		AREIA			

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm
 JAZIDA 01 - FURO 06
 GRANULOMETRIA POR SEDIMENTO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,67

AGUASOLOS
 CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO VISTO DES

000077

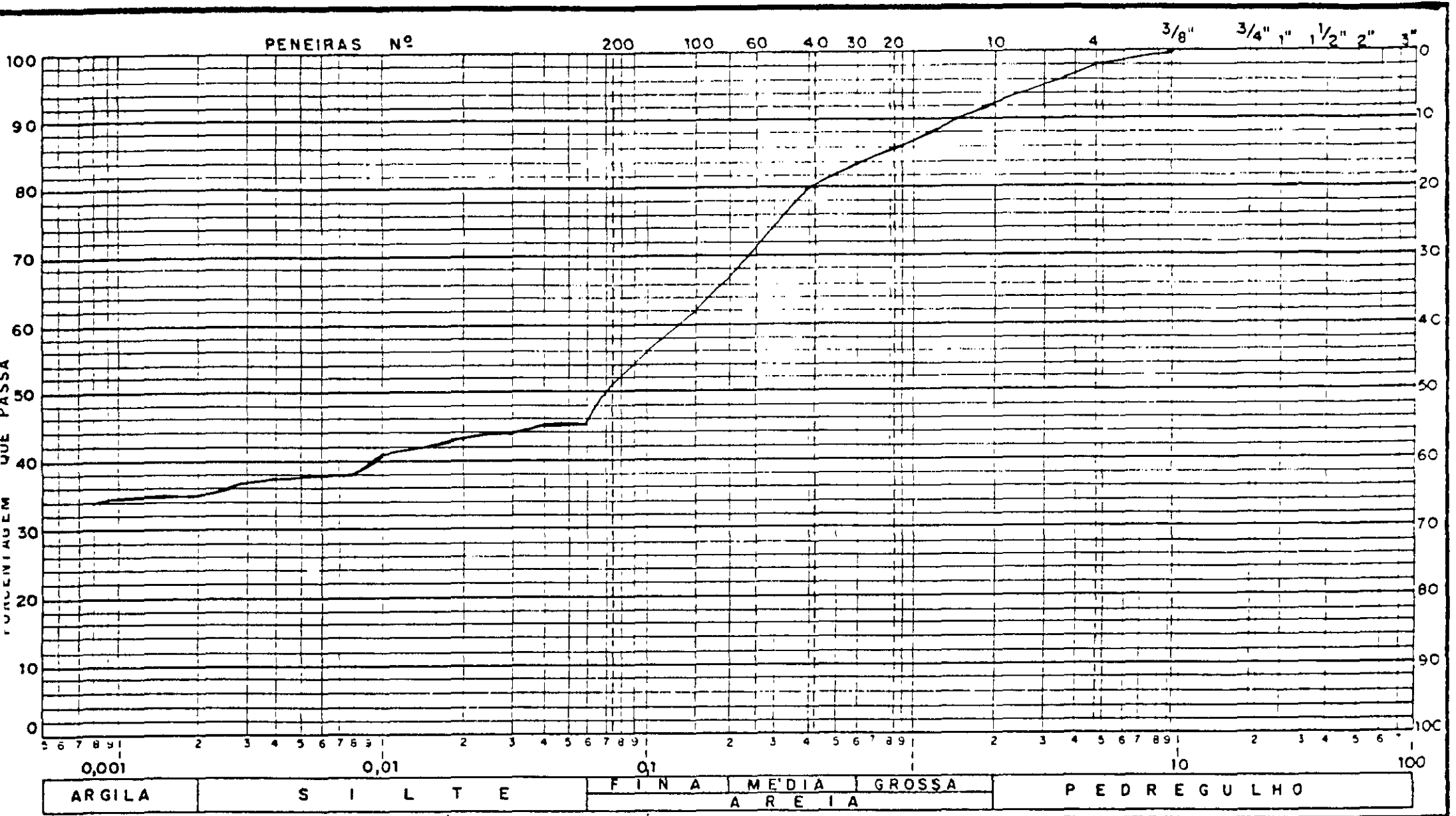


ARGILA	S I L T E	FINA MEDIA GROSSA	P E D R E G U L H O
DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm			

JAZIDA 01 - FURO 17
 GRANULOMETRIA POR SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,56

	<h1 style="margin:0;">AGUASOLOS</h1> <p style="margin:0; font-size:small;">CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA</p>
APROVO	VISTO
	DES

000078



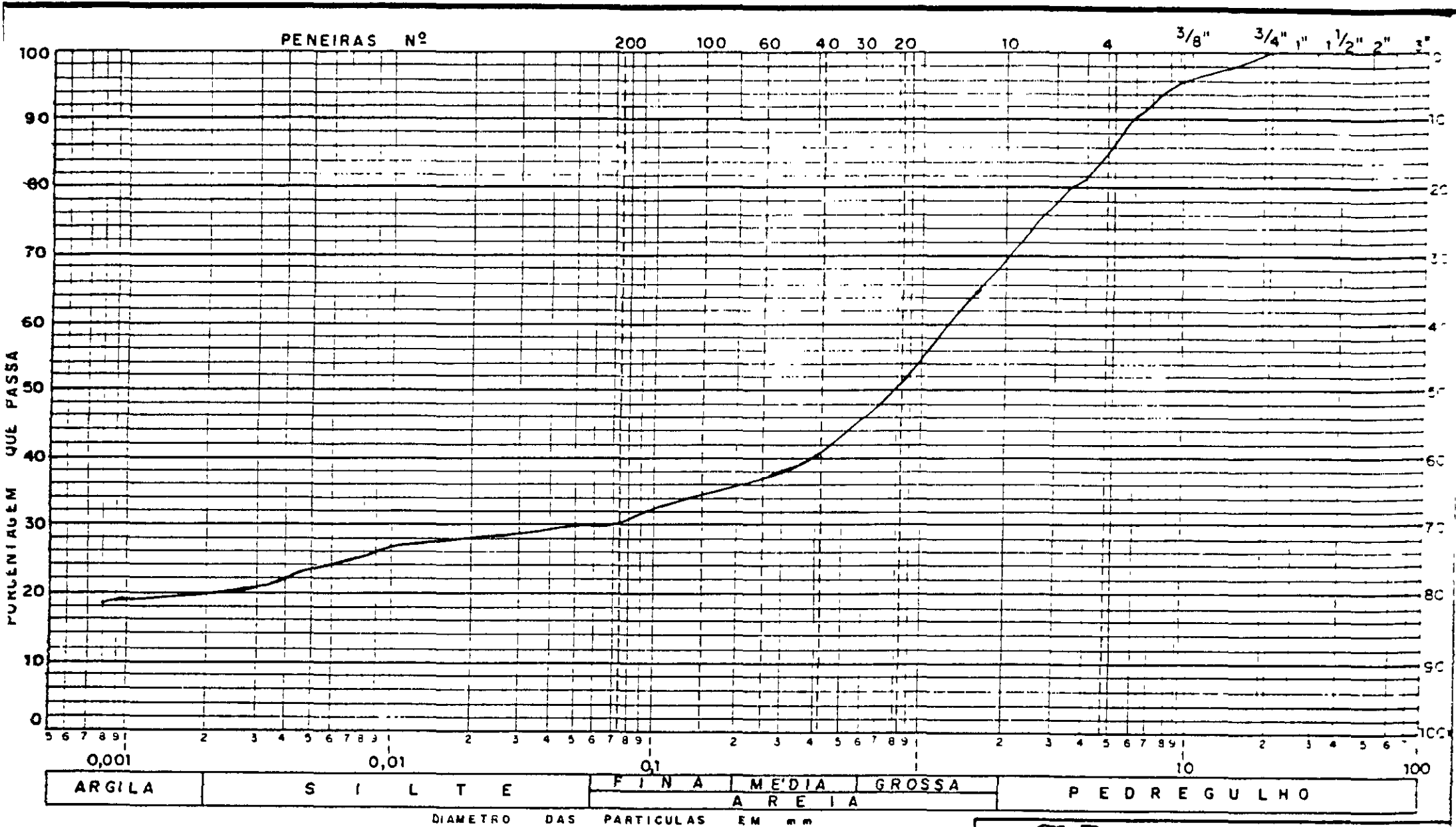
0,001	0,01	0,1	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
ARGILA			S I L T E			F I N A A R E I A			M E D I A A R E I A			G R O S S A A R E I A			P E D R E G U L H O		

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS EM mm
 JAZIDA 01 - FURO 20
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,64

AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



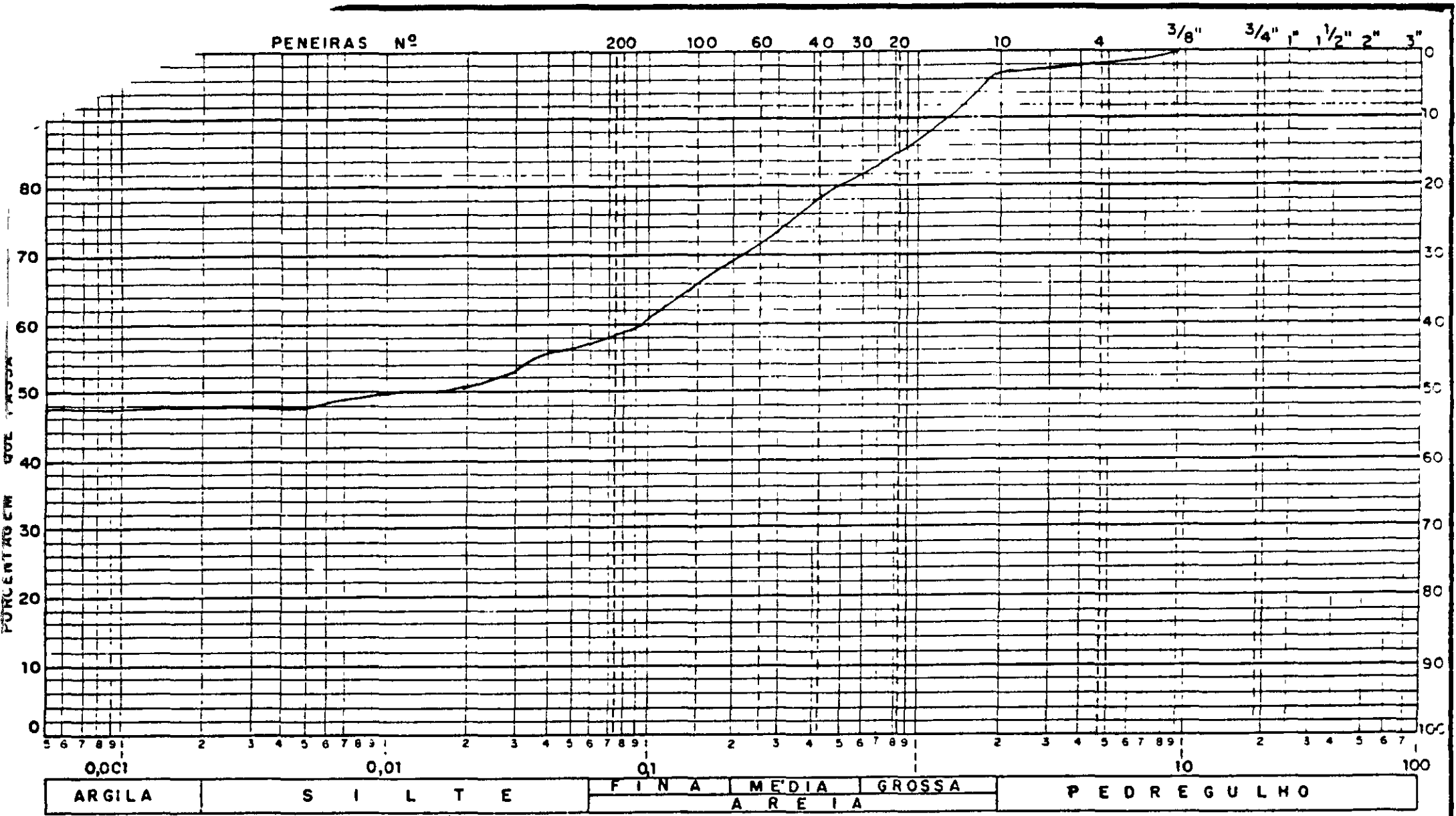
0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MEDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 08
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,63


	<h1 style="margin:0;">AGUASOLOS</h1> <p style="margin:0; font-size:small;">CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA</p>
APROVO	VISTO
	DES

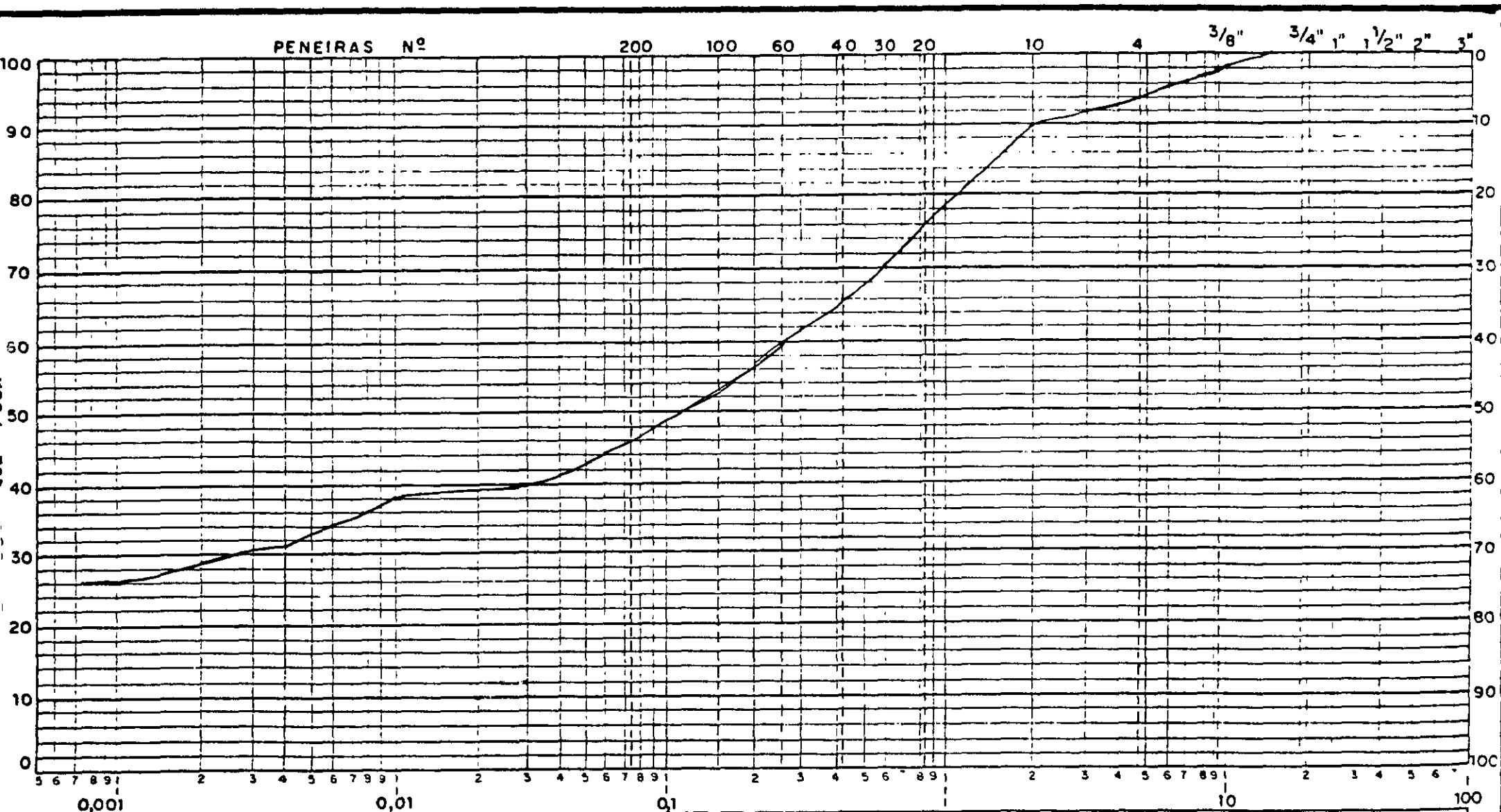
000080



0,001	0,01	0,1	1	10	100
A R G I L A	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 A R E I A	P E D R E G U L H O

DIÁMETRO DAS PARTICULAS EM mm
 JAZIDA 02 - FURO 09
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,60


	AGUASOLOS	
	CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA	
APROVO	VISTO	DES



0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA	S I L T E	FINA	MÉDIA	GROSSA	P E D R E G U L H O
			A R E I A		

DIÂMETRO DAS PARTICULAS EM mm
 JAZIDA 02 - FURO 19

GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,63

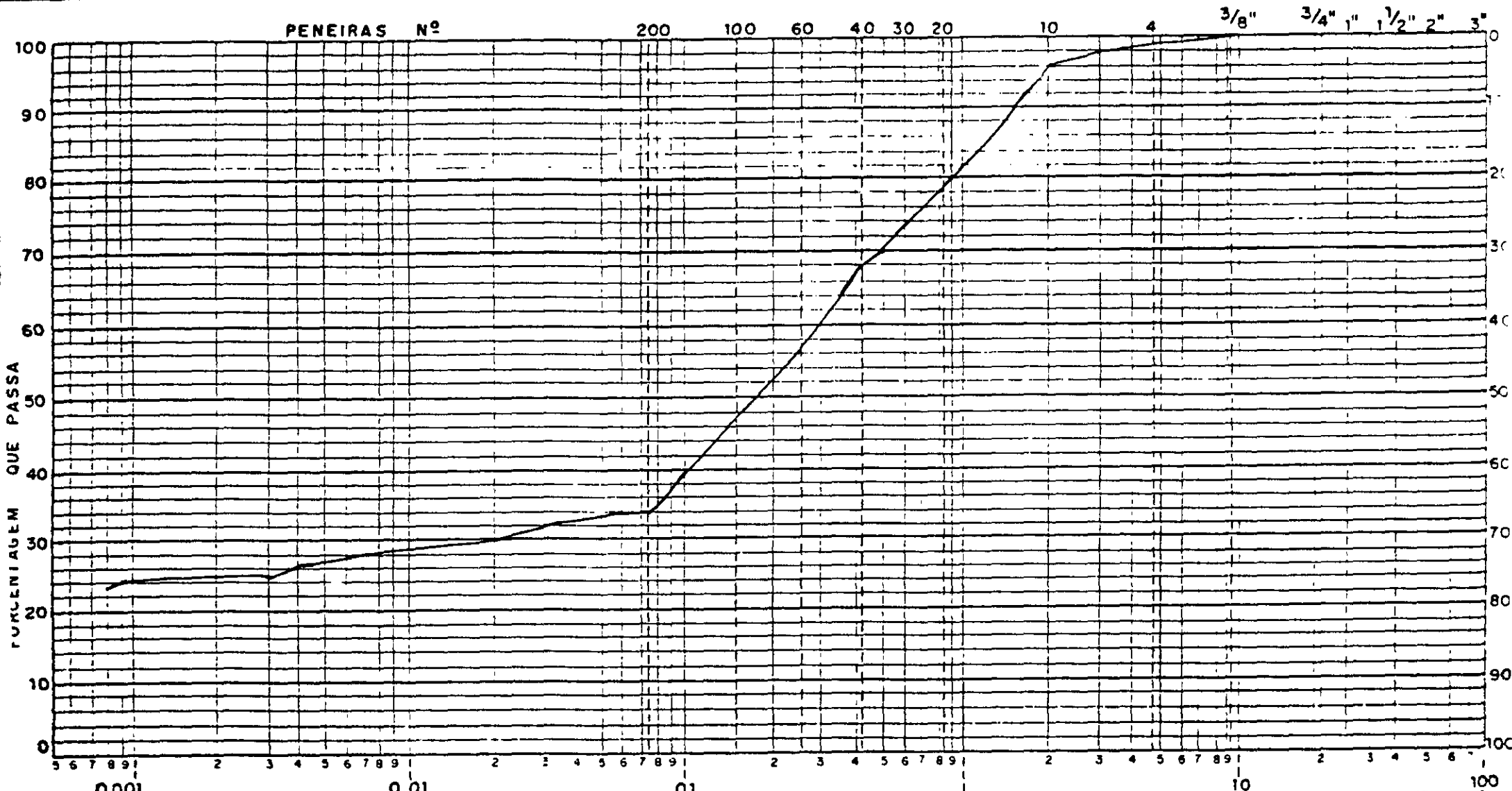


AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA


APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

00082

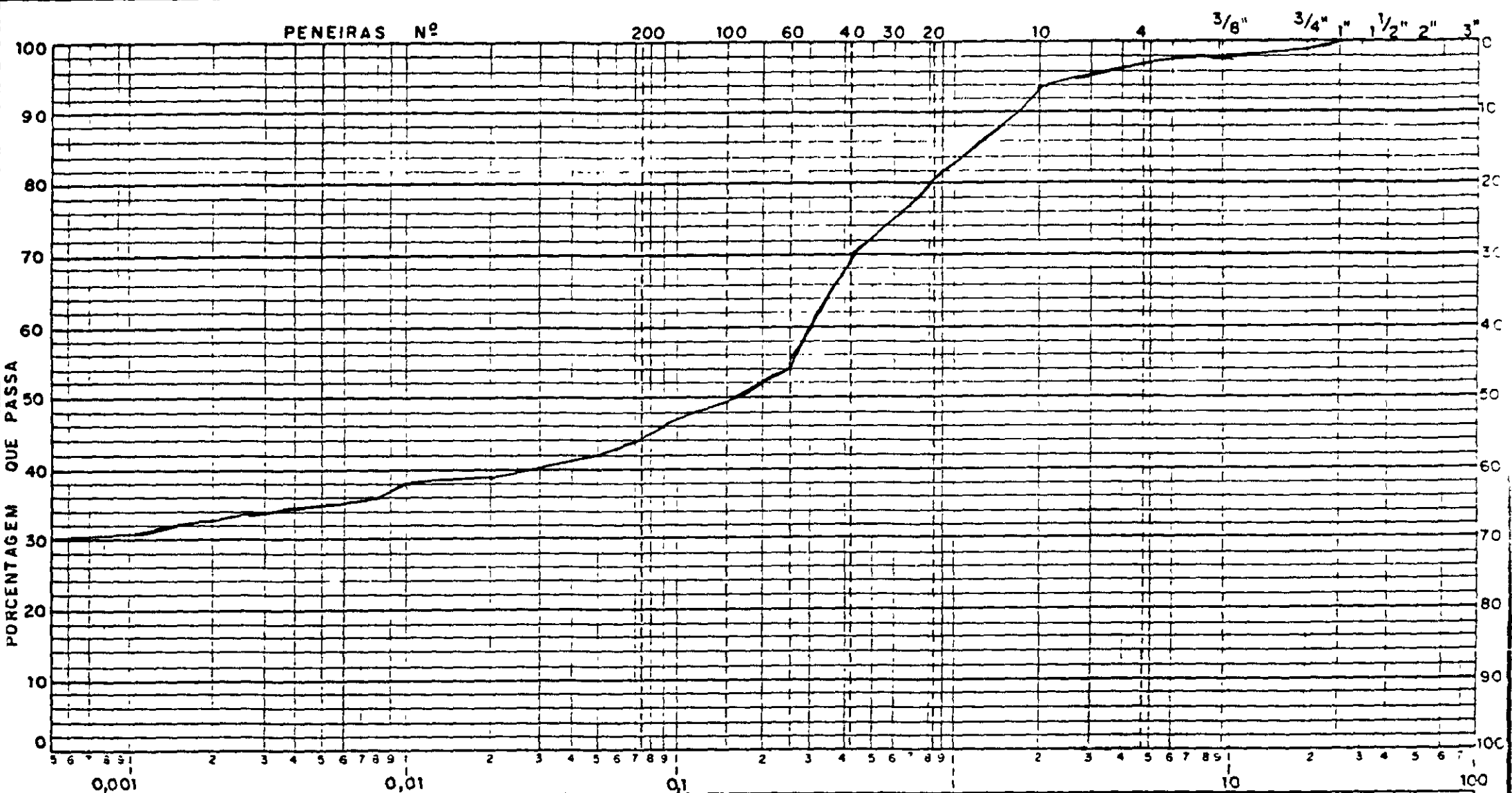


0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA	SILT	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS EM MM
 JAZIDA 02 - FURO 27
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,65

	AGUASOLOS
CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA	
APROVO	VISTO
	DES

000083



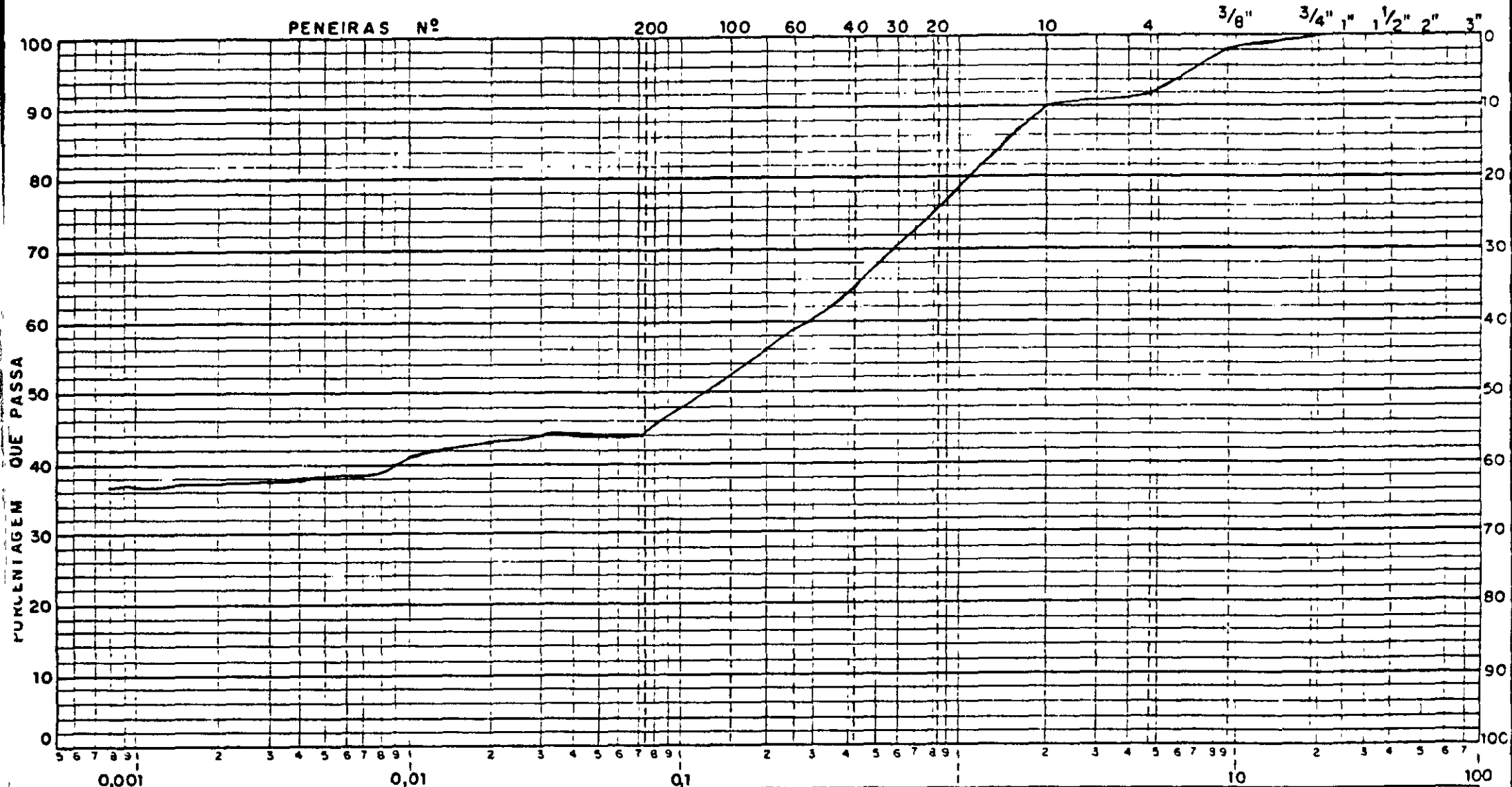
ARGILA	S I L T E	F I N A M É D I A G R O S S A	P E D R E G U L H O
A R E I A			

DIÁMETRO DAS PARTICULAS EM mm
 JAZIDA 02 - FURO 32
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,70

AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA


APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----



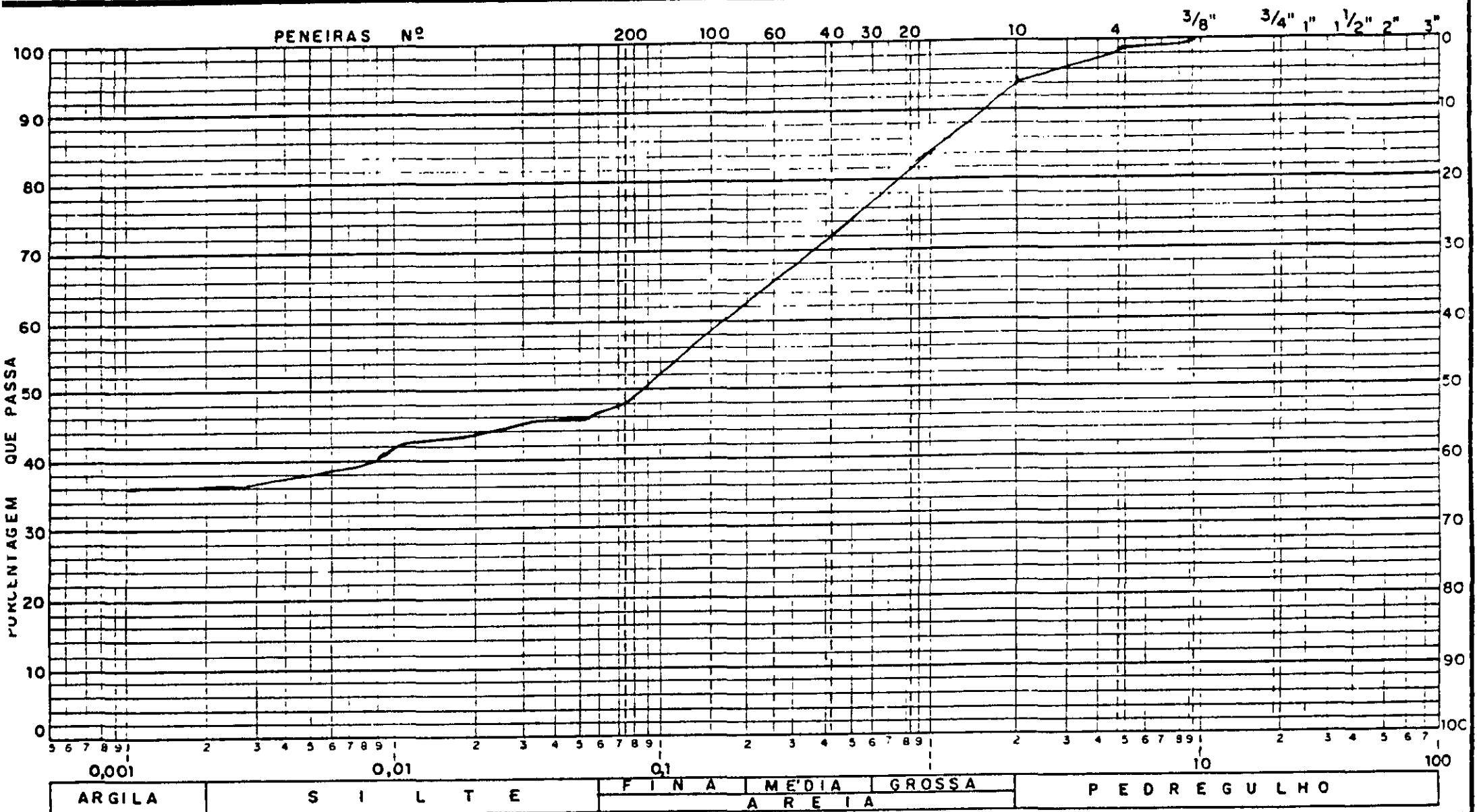
ARGILA	S I L T E	F I N A A R E I A	M É D I A G R O S S A	P E D R E G U L H O
--------	-----------	-------------------	-----------------------	---------------------

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm

JAZIDA 02 - FURO 34
 GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
 MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,77

	AGUASOLOS	
	CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA	
APROVO	VISTO	DES

000083



0,001	0,01	0,1	1	10	100
ARGILA		S I L T E		P E D R E G U L H O	
		F I N A		M É D I A	
		A R E I A		G R O S S A	

DIAMETRO DAS PARTICULAS EM mm
JAZIDA 02 - FURO 35

GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO
MASSA ESPECÍFICA REAL = 2,66



AGUASOLOS

CONSULTORA DE ENGENHARIA LTDA

APROVO	VISTO	DES
--------	-------	-----

ENSAIOS DO AREAL

000086

ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

000090

Rio de Janeiro, 13 de junho de 1986

CLIENTE :

SERVIÇO : Barragem Rio Castro - Itapiúna- CE CL.101

ASSUNTO : Ensaio Geotécnicos

RELATÓRIO

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório contém os resultados de ensaios de laboratório executados com a finalidade de fornecer elementos para a obra em apreço.

As amostras deformadas para tais ensaios foram enviadas ao nosso laboratório Central por V.Sas.

2. SERVIÇOS EXECUTADOS

Os serviços ora apresentados totalizaram as seguintes quantidades:

- Cisalhamento Direto Rápido(02 amostras)----- 06 pontos
- Cisalhamento Direto lento(01 amostra) ----- 03 pontos
- Compactação Proctor Normal ----- 02 ensaios

2.1 - Ensaio de Cisalhamento Direto

Foram do tipo rápido e lento, realizados com amostra compactada na umidade ótima após embebição, segundo o método recomendado por T.N.W. Akroyd em " Laboratory Testing in Soil Engineering - Chapter VI". 000091

Para cada ensaio apresentamos as curvas de rotura, usando-se para abcissa a deformação horizontal (ΔH), em milímetros, e para ordenada a tensão de cisalhamento (τ) em MPa, e para o ensaio lento, apresentamos também a variação de volume ($\Delta V/V_0$) em porcentagem.

Com os pontos de tensão de cisalhamento máxima ("Peak - Point"), traçou-se, para cada ensaio, uma reta cuja abcissa representa a tensão normal (σ) em MPa, e a ordenada a tensão de cisalhamento.

O coeficiente linear desta reta nos dá a coesão, e o coeficiente angular, o ângulo de atrito.

2.7. Ensaio de Compactação

O ensaio consiste em se compactar um solo em camadas no interior de um molde de cilindro metálico.

Distribui-se o material em três camadas e aplica-se a cada uma delas 25 golpes, utilizando-se um soquete com peso 1 igual a 2,5kg, caindo de uma altura de 30,5cm, em queda livre - (energia Proctor Normal).

Com o peso do material no cilindro e conhecendo-se o seu volume, obtemos a densidade aparente seca do material com pactado e sua respectiva umidade.

O descrito anteriormente é realizado com o mesmo material em diferentes condições de umidade, o que resulta vários pares de valores de densidade e umidade.

Plotando-se estes valores em gráficos, obtemos a densidade seca máxima e sua umidade correspondente, que passa ser denominada de umidade ótima.

Os valores e a curva obtidos no ensaio, encontram-se em anexo.

Os ensaios foram realizados segundo o método DNBR - DPT
M.47 - 64.

3. APRESENTAÇÃO DOS SERVIÇOS

Em anexo apresentam-se:

- Des. nº 216.808 - Quadro de Resultados.
- Des. nº 216.809/810 - Ensaio de Compactação.
- Des. nº 216.811/813 - Ensaio de Cisalhamento.

Estamos às ordens para os esclarecimentos adicionais que forem úteis.

Atenciosamente

Luiz Carlos M. Trindade
TECNOSOLO S.A.

QUADRO DE RESULTADOS DE ENSAIOS

FURO	AMOS-TRA	PROF (m)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)								LL (%)	LP (%)	IP (%)	COMPACTAÇÃO		CISALHAMENTO DIRETO APÓS EMBEBIÇÃO				CLASSIFICAÇÃO (USC)
			PROCTOR NORMAL		RÁPIDO		LENTO													
			W _{max} (g/m ³)	h _{opt} (%)	C (MPa)	φ (°)	C (MPa)	φ (°)												
362 02 LE	5	1,00	100	89	84	84	80	64	43	30	27,0	18,4	7,6	1749	16,8	0,036	17	-	-	SC
362 02 LE	8	0,80	100	100	99	87	84	69	41	30	31,0	17,7	13,3	1842	15,8	-	-	0,030	21	SC
362 02 LE	21	1,00	100	100	100	99	88	85	73	80	24,0	17,7	6,3	1665	18,8	0,022	22	-	-	CL

* - Ensaios realizados pela TECNOSOLO

LEGENDA

LL - limite de liquidez

LP - limite de plasticidade

IP - índice de plasticidade

W_{max} - massa específica aparente máxima de amostra seca

h_{opt} - umidade ótima

C - coesão

φ - ângulo de atrito interno

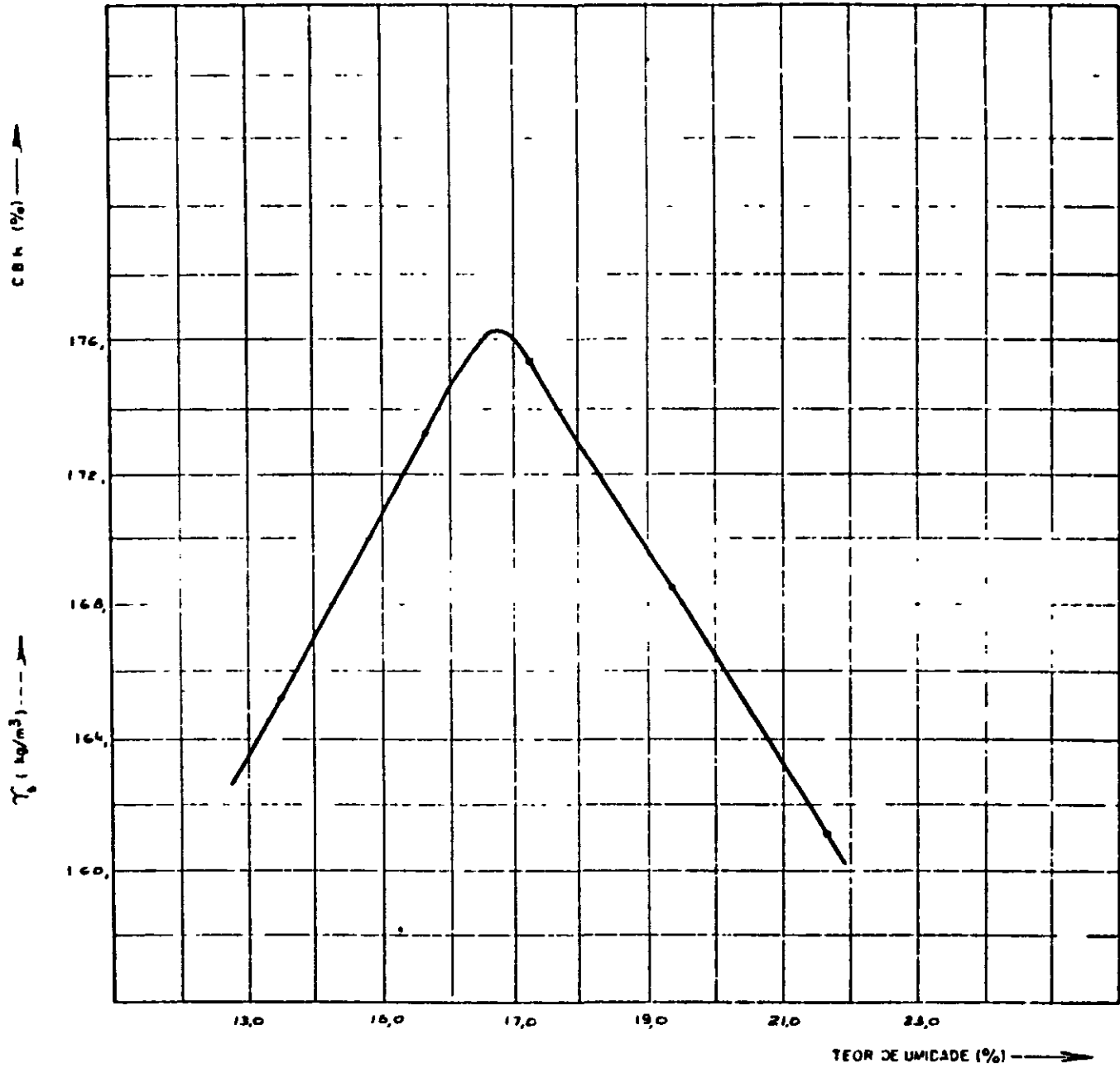
000094

TECNOSOLO S. A.

CLIENTE DNOCS-Departamento Nac. de Obras Contra as Secas
LOCAL BARRAGEM RIO CASTRO - ITAPICUMA - CE

DATA DE LOS/AS 08/11/85
VENH. 3/11/85
APROV. 3/11/85
PMT C.F. 101

DIE N.º



— QUADRO DE RESULTADOS —

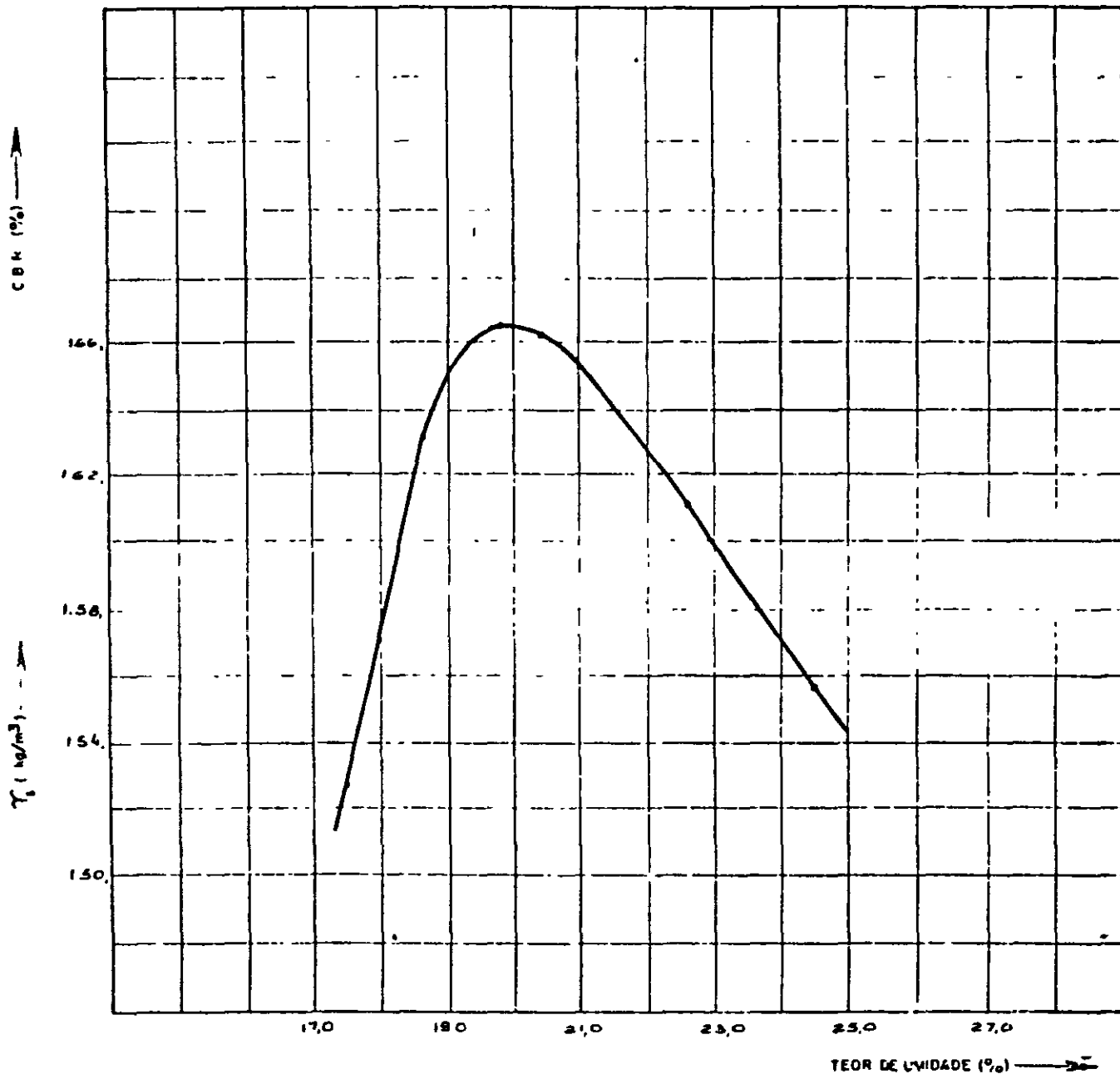
FURO	AMOSTRA	PROF (m)	PROCTOR NORMAL		CBR	
			w_{ot} (%)	$\gamma_{s, mgs}$ (kg/m ³)	E (%)	ISC FINAL (%)
36202LE	S	1,00	16,8	176,5	—	—

— LEGENDA —

w_{ot} UNIDADE ÓTIMA $\gamma_{s, mgs}$ MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÁXIMA DA AMOSTRA SECA
 E EXPANSÃO ISC ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA

ECNOSOLOS A CLIENTE: DNOCS-Departamento Nac. de Obras Contra as Secas
 LOCAL: BARRAGEM RIO CASTRO - ITAPIÚNA - CE

DATA: 05/06/86 LOCAL: CMB PROJ: CE101 DLS Nº: 2687
 VER: 6.111 ASS: S. J. B. ASS: S. J. B.



— QUADRO DE RESULTADOS —

FURO	AMOSTRA	PROF (m)	PROCTOR NORMAL		CBR	
			w _{opt} (%)	γ _{s max} (kg/m ³)	E (%)	ISC FINAL (%)
362 02 LE	21	1,00	19,8	1685	—	—

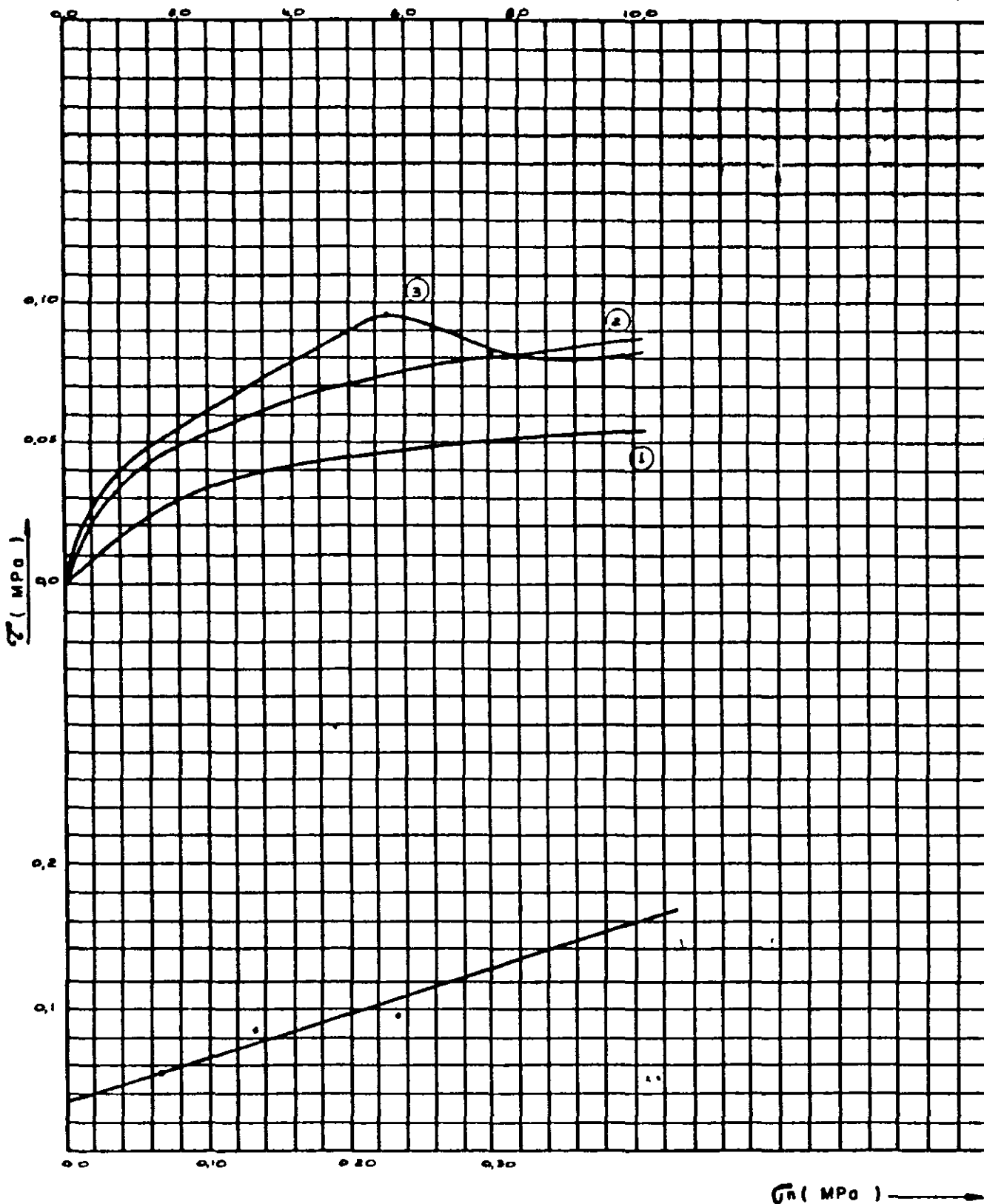
— LEGENDA —

- w_{opt} UMIDADE ÓTIMA
- γ_{s max} MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÁXIMA DA AMOSTRA SECA
- E EXPANSÃO
- ISC ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA

ECNOSOLO S. A.	CLIENTE	DNOCS-Departamento Nac. de Obras Contra as Secas		
	LOCAL	BARRAGEM RIO CASTRO - ITAPIUNA - CE		
DATA 03/06/80	INICIA 08:00	PRF	CE-101	CEL N° 20810
VENIF <i>[Signature]</i>	APROV <i>[Signature]</i>			

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

Deformação Horizontal (Δh) (mm) →



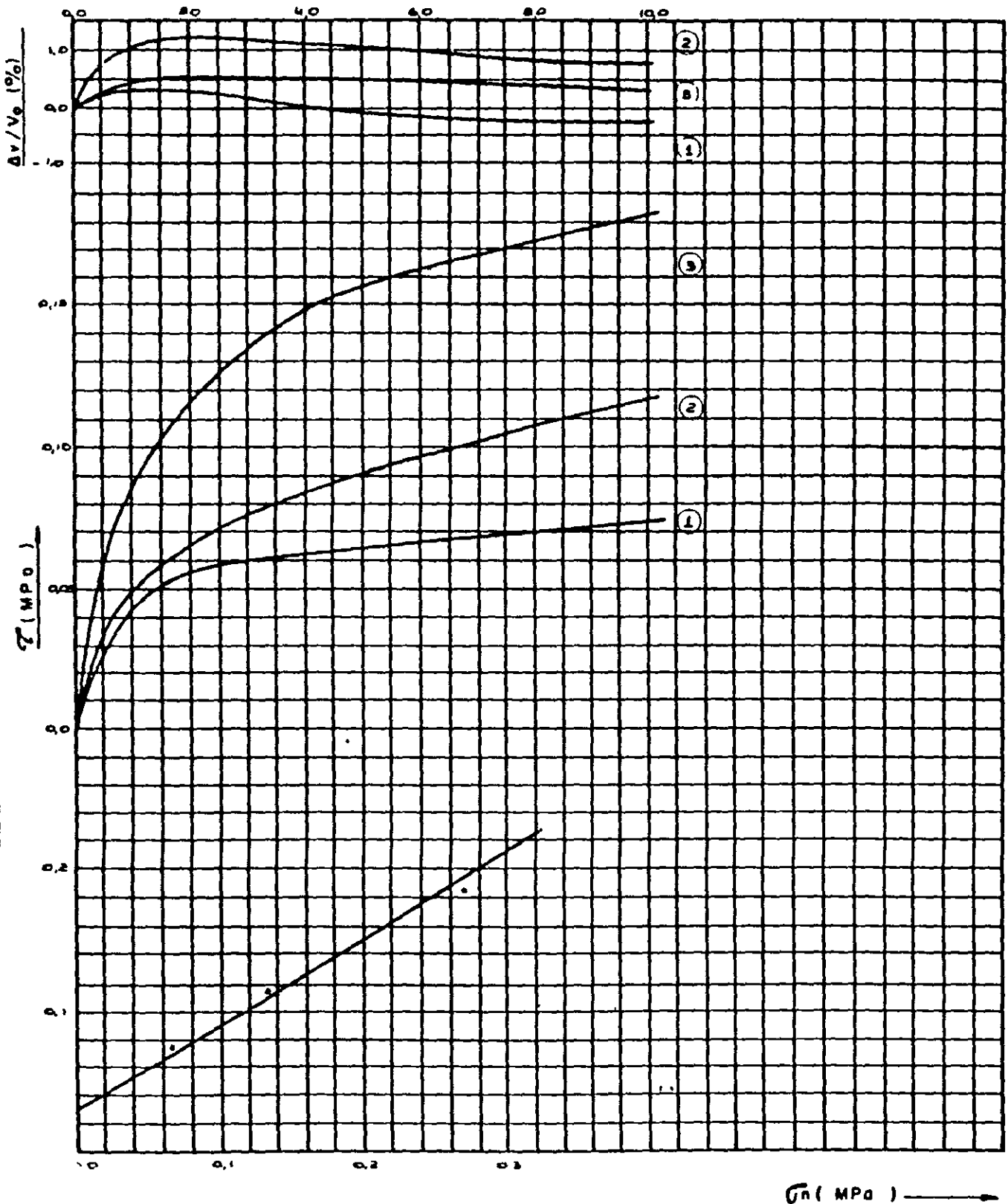
CP Nº	γ_s (kg/m ³)	n (%)	γ_d (kg/m ³)	δ (kg/m ³)	θ	θ (%)	σ_c (MPa)	τ_c (MPa)	ϕ (cm)	H (cm)
1							0,007	0,004	5,04	2,42
2	2066	21,7	1699	-	-	-	0,134	0,087	5,04	2,52
3							0,224	0,086	5,04	2,42
4										

Ensaio tipo rápido
 Amostra compactada
 Umidade ótima após embolção
 $c=0,036$ (MPa)
 $\phi=17^\circ$

Cliente: DNOCS	Foto: J&E DE LE	Prof: 1,00 m	Des: [assinatura]	Des nº: 212/111	Ref: CE-101
Local: BARRAGEM RIO CASTRO-ITAPIÚNA-CE	Amostra: 5	Data: 02/06/06	Engº: [assinatura]	Aprov: [assinatura]	

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

Deformação Horizontal (Δh) (mm)

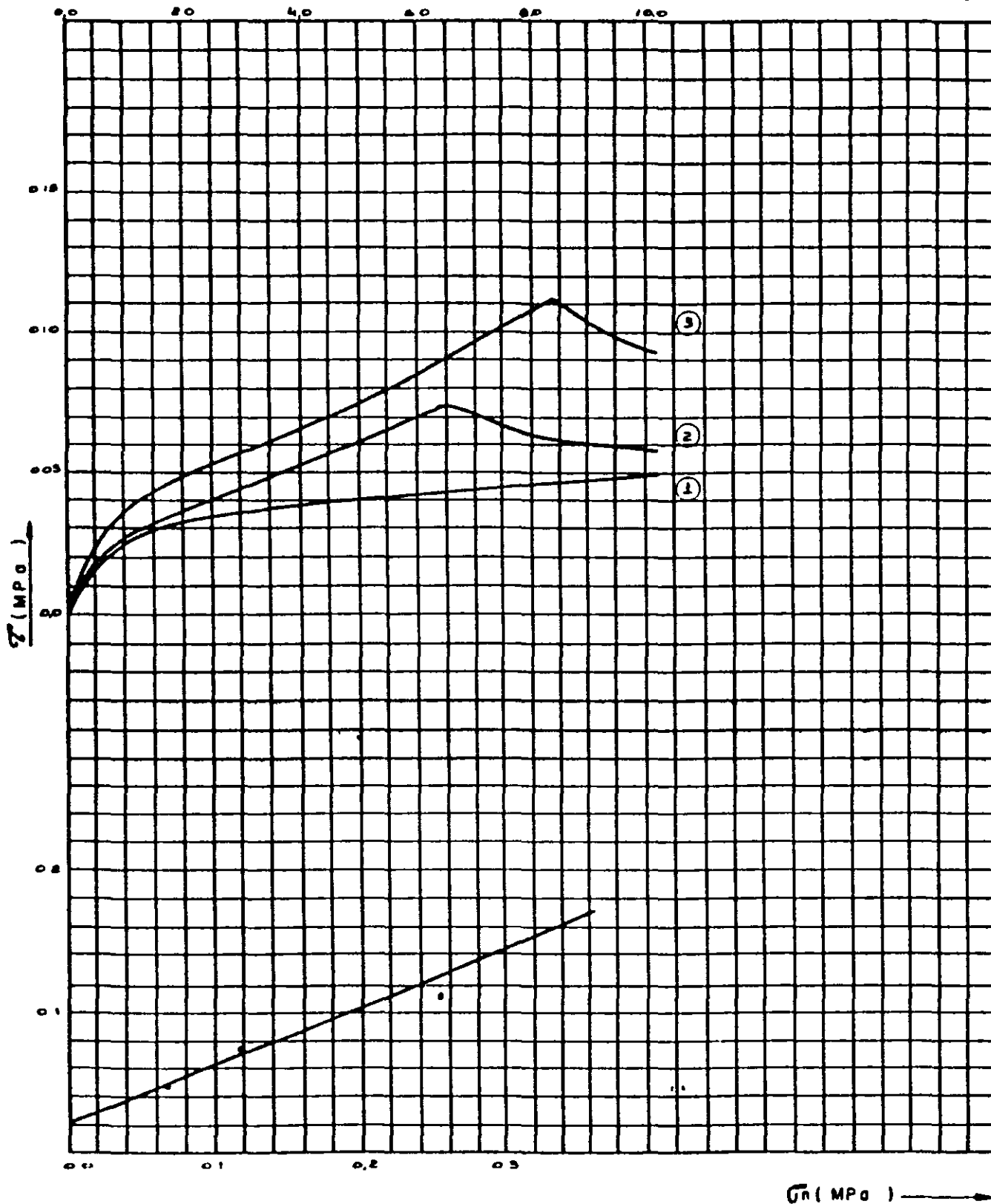


n (%)	γ_s (kg/m ³)	δ (kg/m ³)	e	w (%)	σ_c (MPa)	τ (MPa)	ϕ (cm)	H (cm)	Ensaio tipo lento Amostra compactada Umidade ótima após embebição $c = 0,030$ (MPa) $\phi = 31^\circ$
0,2	1722	-	-	-	0,067	0,074	5,08	2,42	
					0,124	0,117	5,08	2,58	
					0,263	0,184	5,08	2,83	

Foto	JAE 02LE	Prof	0,80m	Des	Espé-	Des nº	24 B12	Ref	
Amostra	B	Data	03/06/00	Esp	h/11	Assin	12/12/05	CE 101	

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

Deformação Horizontal (Δh) (mm) →



CP Nº	γ_s (kg/m ³)	n (%)	γ_d (kg/m ³)	δ (kg/m ³)	e	s (%)	σ_c (MPa)	τ_c (MPa)	ϕ (cm)	H (cm)
1							0,067	0,049	5,07	2,52
2	1975,	31,3	1504,	-	-	-	0,119	0,076	5,06	2,40
3							0,253	0,110	5,02	2,52
4										

Ensaio tipo rápido
 Amostra compactada
 Umidade ótima após embebição
 $c = 0,022$ (MPa)
 $\phi = 22^\circ$

Cliente DNOCS		Furo JAZ OLZE	Prof. 100 m	Des. 500	Des. nº 2.º 8/9	Ref. CE - 101
Local SARUAGEM RIO CASTRO-ITAPIUNA CE		Amostra 21	Data 08/08/04	Eng. [assinatura]	Aprov. [assinatura]	

5 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

5 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

5.1 - INTRODUÇÃO

5.1.1 - Objetivos

Os estudos hidroclimatológicos objetivaram fornecer informações relativas ao relevo, clima e recursos hídricos de superfície referentes a bacia hidrográfica do Açude Castro, com vistas ao seu dimensionamento e suas possibilidades de abastecimento humano e de áreas irrigáveis a jusante.

5.1.1.2 - Fisiografia e Vegetação

O rio Castro, afluente da margem esquerda do rio Choró, nasce da confluência de vários pequenos riachos das vertentes do maciço de Baturité a montante da cidade de Itapiúna.

Com uma área de 360 Km², a bacia hidrográfica do Açude Castro se encontra na microrregião de Baturité se desenvolvendo sobre terrenos de formação cristalina com relevos do tipo R₅ e R₆ segundo a classificação de Nouvelot. 1/

O vale tem sentido oeste-leste, com 34 Km de comprimento, se desenvolvendo numa rede de drenagem dendrítica, com altitude inicial de 280 m e declividade média 0,37%. Os parâmetros de caracterização física da bacia são mostrados na Figura 5.1.

A vegetação da região enquadra-se predominantemente no tipo "caatinga", característica das zonas áridas e semi-áridas do Nordeste. A presença de caatinga arbustiva de porte considerável

1/ NOUVELOT, J F - "Planificação de Implantação de Bacias Representativas do Nordeste", SUDENE, 1974.

ocorre em função do relevo de cotas mais elevadas, onde as condições físicas ambientais se mostram mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Contrastando com este tipo de caatinga, desenvolve-se o tipo herbáceo, de forma mirrada, muito degredada, pouco alta e espinhosa.

Na região serrana de Baturité, desenvolve-se uma vegetação exuberante de mata úmida, como resultado do microclima local.

5.2 - CLIMATOLOGIA

A bacia do Açude Castro apresenta predominantemente um único tipo climático, o tropical semi-árido, com chuvas de verão/outono, correspondendo ao tipo BWx' de Köppen, com precipitações em torno de 800 mm anuais.

A seguir serão estudados alguns parâmetros caracterizadores do clima da região.

5.2.1 - Estudos pluviométricos

5.2.2.1 - Objetivos

Os estudos pluviométricos visam fundamentalmente:

- caracterizar o regime pluviométrico a nível anual e mensal, bem como o relativo às chuvas intensas;
- fornecer os elementos indispensáveis aos estudos subsequentes de deflúvios e cheias.

5.2.1.2 - O Fator Orográfico

O fato de a pluviometria na área controlada pelo Açude Castro ser menor que as demais cujas nascentes se encontram no maciço de Baturité, explica-se devido o relevo.

ocorre em função do relevo de cotas mais elevadas, onde as condições físicas ambientais se mostram mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Contrastando com este tipo de caatinga, desenvolve-se o tipo herbáceo, de forma mirrada, muito degradada, pouco alta e espinhosa.

Na região serrana de Baturité, desenvolve-se uma vegetação exuberante de mata úmida, como resultado do microclima local.

5.2 - CLIMATOLOGIA

A bacia do Açude Castro apresenta predominantemente um único tipo climático, o tropical semi-árido, com chuvas de verão/outono, correspondendo ao tipo BWx' de Köppen, com precipitações em torno de 800 mm anuais.

A seguir serão estudados alguns parâmetros caracterizadores do clima da região.

5.2.1 - Estudos pluviométricos

5.2.2.1 - Objetivos

Os estudos pluviométricos visam fundamentalmente:

- caracterizar o regime pluviométrico a nível anual e mensal, bem como o relativo às chuvas intensas;
- fornecer os elementos indispensáveis aos estudos subsequentes de deflúvios e cheias.

5.2.1.2 - O Fator Orográfico

O fato de a pluviometria na área controlada pelo Açude Castro ser menor que as demais cujas nascentes se encontram no maciço de Baturité, explica-se devido o relevo.

QUADRO 5.1
BACIA DO CASTRO - PLUVIOMETRIA

CÓDIGO DA ESTAÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	LATITUDE		LONGITUDE		ALTITUDE (m)
			GR.	MIN.	GR.	MIN.	
2882626	Baturité	Baturité	04	20	38	53	123
2892306	Caio Prado	Itapiuna	04	40	38	58	111
2892307	Caio Prado	Itapiuna	04	39	38	58	111
2892111	Itapiuna	Itapiuna	04	33	38	57	130
00438054	Itapiuna	Itapiuna	04	34	38	55	133
2881838	Açude Salão	Canindé	04	25	38	19	200
2891168	Fazenda Feijão	Quixadá	04	34	38	10	250
2881734	Canindé	Canindé	04	21	38	20	130

CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

FIG 52

I - POSTOS REPRESENTATIVOS

POSTO	CODIGO	PLUVIOMETRIA MÉDIA ANUAL (mm)
ITAPIUNA	2892111	801,4
CAIO PRADO	2892307	815,2

II - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE ANUAL

POSTO	PROBABILIDADE $P(H \leq H_p)$ (%)										← H _p (mm) ←
	1	2	5	10	20	50	80	90	98	99	
ITAPIUNA	314,0	359,0	384,0	461,0	498,0	743,0	1039,0	1230,0	1636,0	1801,0	
CAIO PRADO	252,0	333,0	374,0	483,0	530,0	791,0	1048,0	1197,0	1484,0	1593,0	

H_p - Pluviosidade anual esperada para probabilidade indicada

III - FREQUÊNCIA DE PELO MENOS n DIAS COM OCORRÊNCIA DE CHUVA

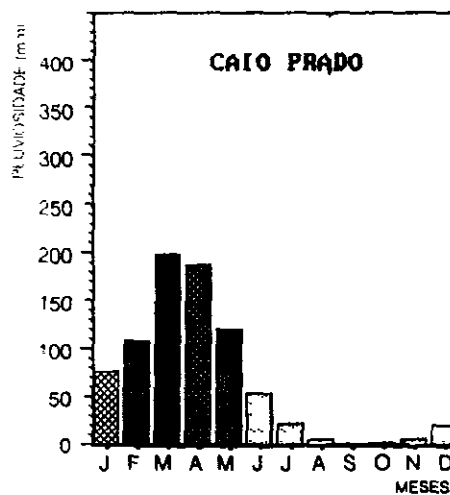
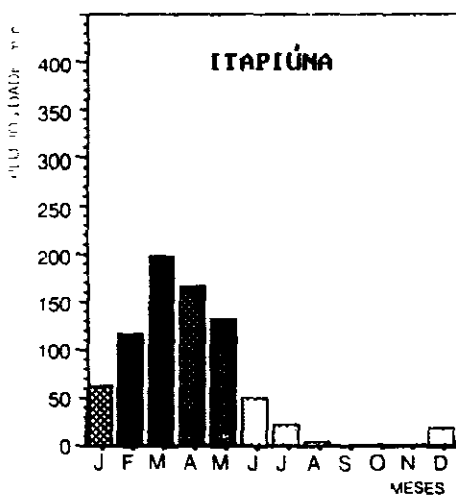
POSTO	MÊS	NUMERO DE DIAS										
		1	2	4	8	12	15	18	20	22	25	
2892111	JAN	91,3	80,4	60,9	39,4	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	FEV	100,0	97,8	91,3	56,5	28,3	15,2	6,5	4,3	2,2	2,2	2,2
	MAR	100,0	100,0	100,0	87,0	65,2	45,7	26,1	8,7	6,5	2,2	2,2
	ABR	100,0	95,7	93,5	89,1	47,8	30,4	10,9	6,5	4,3	2,2	2,2
	MAI	100,0	97,8	86,7	62,2	26,7	11,1	6,7	6,7	2,2	2,2	2,2
	JUN	93,3	91,1	57,8	17,8	8,9	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	JUL	72,1	60,5	39,5	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AGO	40,5	21,4	2,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SET	33,3	16,7	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	OUT	43,2	25,0	11,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NOV	46,5	23,3	9,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	DEZ	68,9	53,3	33,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

IV - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA PARA MAIORES PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS

POSTO	PERIODO DE RETORNO (ANOS)										← H(mm) ←
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	
ITAPIUNA	77,0	87,0	92,0	96,0	99,0	101,0	104,0	107,0	111,0	115,0	
CAIO PRADO	76,0	91,0	101,0	107,0	112,0	117,0	123,0	129,0	139,0	146,0	

H - Precipitação diária para período de retorno indicado

V - HIETOGRAMAS



000106

A distribuição que melhor se ajustou à série foi a Log Pearson Tipo III, segundo pode-se observar nos Quadros 5.2, 5.3 e 5.4.

- Intensidade de chuva

● Metodologia

A metodologia utilizada é a das "Isozonas" 1/ e descreve-se a seguir a sua aplicação:

- compilou-se os dados das máximas chuvas diárias, para o posto de Caio Prado, próximo a área do projeto;
- calculou-se para o posto, pelo método estatístico Log Pearson III, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto para 100, 200, 500 e 1000 anos;
- converteu-se a chuva de um dia em chuva de 24 horas, multiplicando-se a primeira pelo fator 1,10;
- determinou-se na Figura 5.3 a isozona correspondente ao projeto (ISOZONA E);
- na tabela da Figura 5.3, fixou-se para a isozona do projeto e para o tempo de recorrência previsto, a percentagem para a chuva de 1 hora;
- calculou-se, com essas percentagens e a chuva de 24 horas (100%), a altura de precipitação para 1 hora;
- delimitou-se no papel de probabilidades, Figura 5.4 as alturas de chuva para 24 horas, 1 hora e 6 minutos de duração para os períodos de recorrência de 100 a 1.000 anos respectivamente;

QUADRO 5.2

posto pluviométrico - caio prado

MONTH (mm)	DAY	WAT YR	PEAK VALUE	RANK	WEIBULL	RETURN PERIOD			
						HAZEN	GRINGORTEN	CHEGODAYEV	CUNNANE
fev	15	1912	40 00	43	1 49	1 48	1 48	1.48	1 48
abr	16	1913	120 00	1	64 00	126 00	112 71	90 57	105 33
mar	21	1914	68 00	10	6 40	6 63	6 60	6 54	6 58
dez	20	1915	19 00	63	1 02	1 01	1 01	1 01	1 01
maí	1	1916	28 60	54	1 19	1 18	1 18	1 18	1 18
fev	25	1917	50 00	30	2 13	2 14	2 14	2 13	2 14
abr	1	1918	74 60	5	12 80	14 00	13 84	13 49	13 74
maí	1	1919	22 00	60	1 07	1 06	1 06	1 06	1 06
mar	6	1920	62 00	17	3 76	3 82	3 81	3 80	3 81
mar	15	1921	42 40	37	1 73	1 73	1 73	1 73	1 73
abr	11	1922	37 40	48	1 33	1 33	1 33	1 33	1 33
fev	10	1923	37 80	46	1 39	1 38	1 39	1 39	1 39
abr	11	1924	68 00	11	5 82	6 00	5 98	5 93	5 96
jan	31	1925	75 40	3	21 33	25 20	24 66	23 48	24 31
maí	16	1926	100 00	2	32 00	42 00	40 46	37 29	39 50
abr	15	1927	48 10	32	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00
jan	5	1928	34 10	51	1 25	1 25	1 25	1 25	1 25
fev	15	1929	28 40	55	1 16	1 16	1 16	1 16	1 16
jan	25	1930	41 00	41	1 56	1 56	1 56	1 56	1 56
fev	31	1931	57 20	23	2 78	2 80	2 80	2 79	2 80
mar	21	1932	25 30	58	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10
abr	6	1933	42 40	38	1 68	1 68	1 68	1 68	1 68
maí	21	1934	42 70	35	1 83	1 83	1 83	1 83	1 83
maí	30	1935	71 00	7	9 14	9 69	9 62	9 46	9 58
jun	20	1936	44 80	34	1 88	1 88	1 88	1 88	1 88
maí	10	1937	23 20	59	1 08	1 08	1 08	1 08	1 08
mar	10	1938	58 00	22	2 91	2 93	2 93	2 92	2 93
fev	21	1939	34 00	52	1 23	1 22	1 22	1 23	1 22
maí	30	1940	50 50	29	2 21	2 21	2 21	2 21	2 21
maí	15	1941	41 20	40	1 60	1 59	1 60	1 60	1 60
mar	11	1942	20 60	62	1 03	1 02	1 03	1 03	1 03
fev	20	1943	42 60	36	1 78	1 77	1 78	1 78	1 78
mar	30	1944	41 70	39	1 64	1 64	1 64	1 64	1 64
fev	5	1945	63 60	14	4 57	4 67	4 65	4 63	4 65
fev	26	1946	54 00	26	2 46	2 47	2 47	2 47	2 47
mar	6	1947	65 70	12	5 33	5 48	5 46	5 42	5 45
mar	21	1948	59 60	21	3 05	3 07	3 07	3 06	3 07
mar	25	1949	55 40	25	2 56	2 57	2 57	2 57	2 57
abr	6	1950	68 20	9	7 11	7 41	7 37	7 29	7 35
abr	31	1951	61 70	18	3 56	3 60	3 59	3 58	3 59
dez	21	1952	70 30	8	8 00	8 40	8 35	8 23	8 32
abr	26	1953	38 80	45	1 42	1 42	1 42	1 42	1 42
maí	6	1954	53 70	27	2 37	2 38	2 38	2 37	2 38
maí	30	1955	37 80	47	1 36	1 35	1 36	1 36	1 36
abr	6	1956	62 50	16	4 00	4 06	4 06	4 04	4 05
abr	6	1957	75 00	4	16 00	18 00	17 73	17 14	17 56
maí	20	1958	21 00	61	1 05	1 04	1 04	1 04	1 04
maí	15	1959	50 00	31	2 06	2 07	2 07	2 07	2 07
dez	25	1960	34 30	50	1 28	1 27	1 27	1 28	1 27
fev	16	1961	60 80	20	3 20	3 23	3 23	3 22	3 22
maí	26	1962	61 00	19	3 37	3 41	3 40	3 39	3 40
jan	15	1963	37 00	49	1 31	1 30	1 30	1 30	1 30
mar	11	1964	73 60	6	10 67	11 45	11 35	11 12	11 29
abr	5	1965	53 20	28	2 29	2 29	2 29	2 29	2 29
jun	1	1966	40 00	44	1 45	1 45	1 45	1 45	1 45
abr	21	1967	64 90	13	4 92	5 04	5 03	4 99	5 02
abr	31	1968	55 90	24	2 67	2 68	2 68	2 68	2 68
abr	11	1969	63 60	15	4 27	4 34	4 34	4 31	4 33
mar	25	1970	40 90	42	1 52	1 52	1 52	1 52	1 52
jul	20	1971	27 40	57	1 12	1 12	1 12	1 12	1 12
maí	21	1972	29 60	53	1 21	1 20	1 20	1 20	1 20
maí	5	1984	46 00	33	1 94	1 94	1 94	1 94	1 94
fev	5	1985	28 00	56	1 14	1 14	1 14	1 14	1 14

QUADRO 5.3

Bacia da Barragem do Castro, Ceara

SAMPLE SIZE = 63

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 49 93 STD DEV = 19 21 COEF OF SKEW = 8838

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 3 83691 STD DEV = 39472 COEF OF SKEW = - 2915

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1 66635 STD DEV = 17142 COEF OF SKEW = - 2920

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2 00	49 93	46 38	47 33	46 89	43 57	47 16	47 28
2 33	53 37	49 78	50 66	50 35	46 78	50 54	50 69
5 00	66 21	64 81	64 66	65 37	63 70	64 82	65 07
10 00	74 82	77 34	75 63	77 61	81 91	75 93	76 21
20 00	82 01	89 66	85 92	89 35	104 25	86.23	86 50
50 00	90 24	106 16	99 09	104 55	142.44	99 21	99.17
100 00	95 81	119 04	108 96	115 93	179 98	108.76	108.78
200 00	100 99	132 40	118 88	127 28	227 22	118.19	118.01
500 00	107 38	150 96	132 19	142 25	309 02	130 60	130 05
1000 00	111 93	165 78	142 48	153 56	389 86	140 00	139 07

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	12500	27 83	29 45	29 54	28 97	30 16	28 66	29 55
2	25000	36 97	35 54	36 21	35 58	34 54	35 05	35 05
3	37500	43 81	40 90	41 81	41 23	38 79	40 58	40 03
4	50000	49 93	46 38	47 33	46 89	43 57	46 11	45 28
5	62500	56 05	52 60	53 37	53 22	49 63	52 21	51 41
6	75000	62 89	60 53	60 78	61 23	58 50	59 72	59 53
7	87500	72 03	73 04	71 92	73 75	75 66	70 97	72 98
8	1 00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		10 270	9 762	10 524	8 746	31 095	8 492	10 778

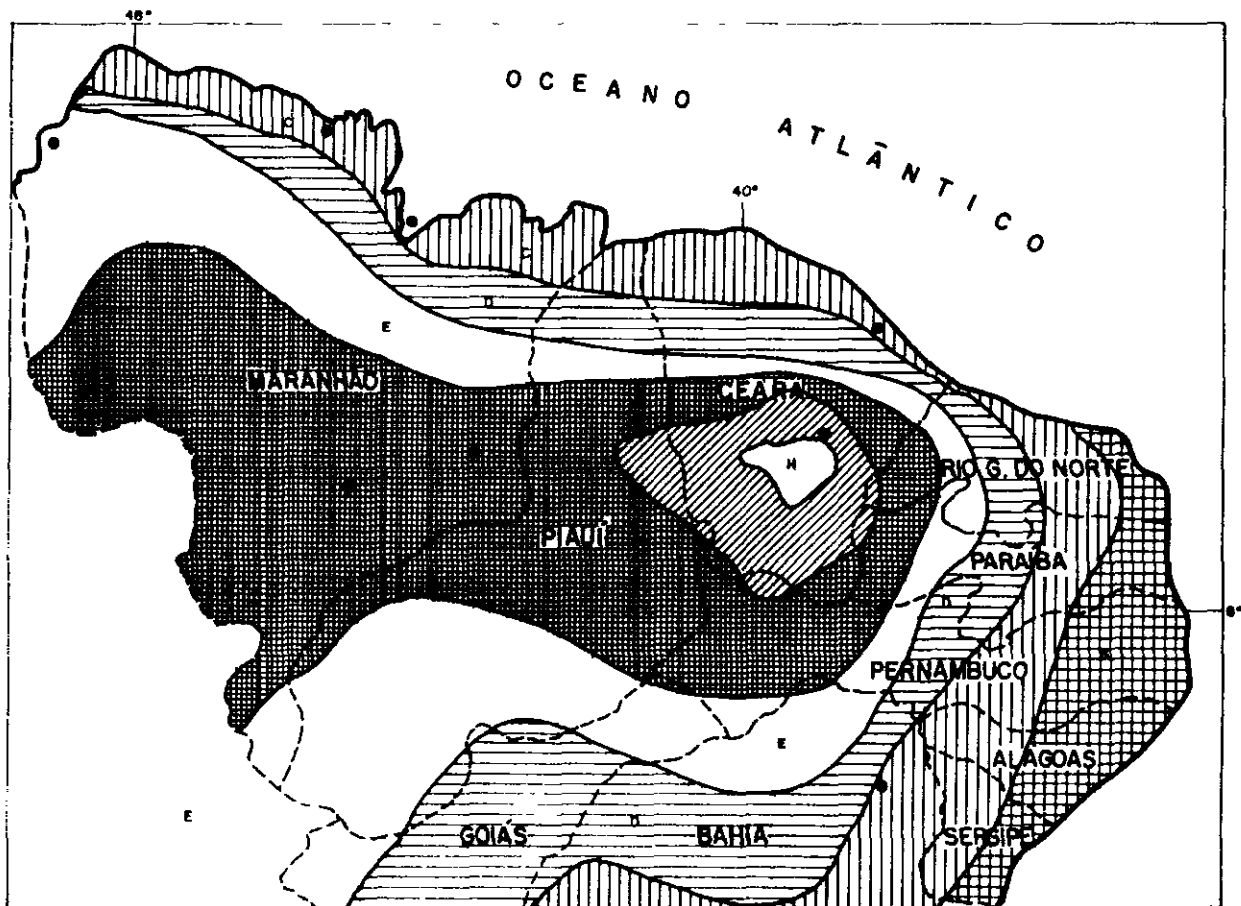
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14 070

000109

QUADRO 5.4

Bacia da Barragem do Castro, Ceara

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW (mm)	
2 00	46 67	
2 33	50 08	
5 00	64 91	
10 00	77 00	
20 00	88 66	
50 00	103 94	
100 00	115 63	
200 00	127 54	
500 00	143 76	
1000 00	156 47	
WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE		9 000
COMPUTED SKEW (LOG10)=		- 2920
REGIONAL SKEW (LOG10)=		500
WEIGHTED SKEW (LOG10)=		- 0941
MEAN SQUARE ERROR OF LOG10 SKEW=		1006
MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW=		3020

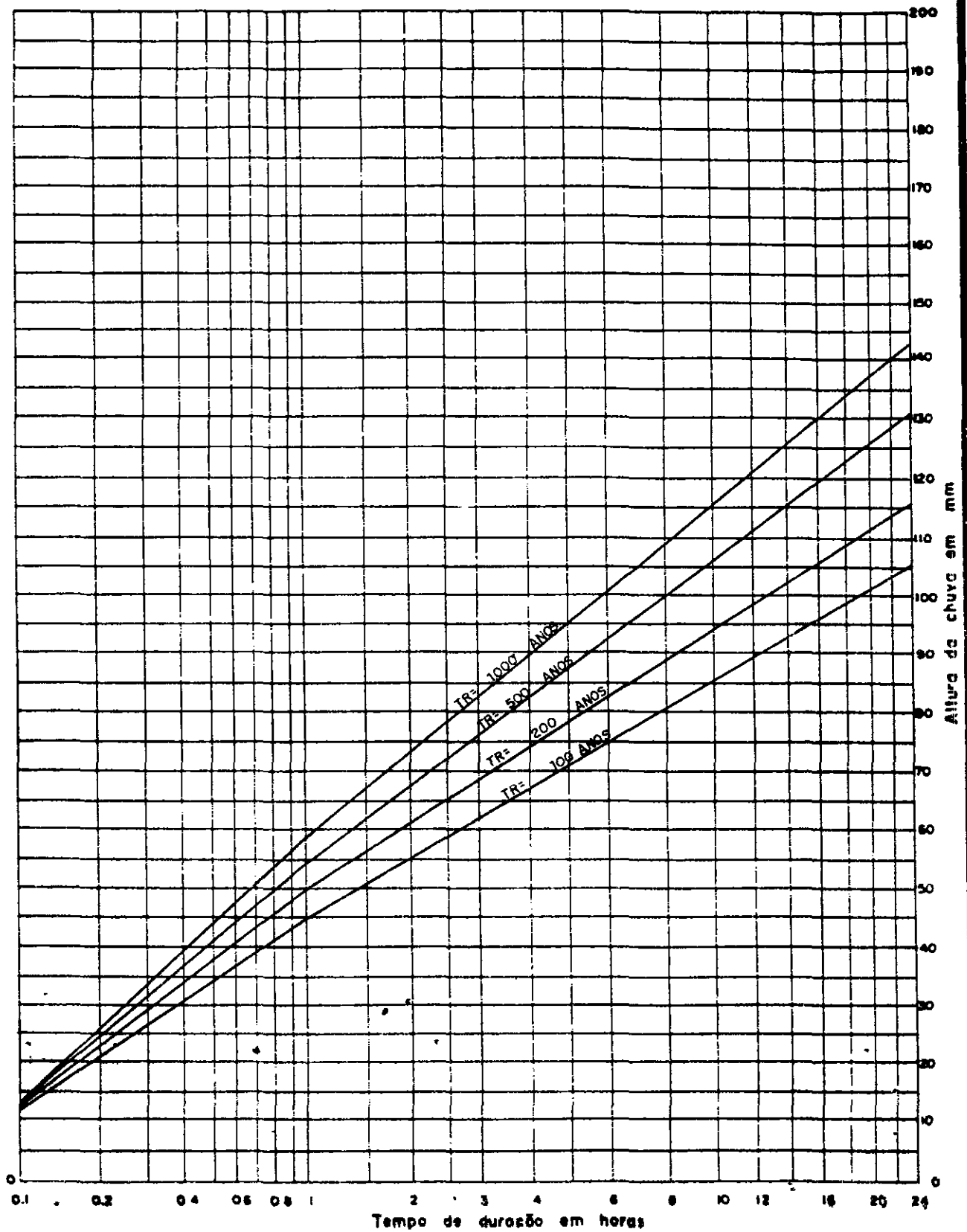


ZONA		TEMPO DE RECORRENCIA EM ANOS											
		1 HORA / 24 HORAS CHUVA											
		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	24h. CHUVA	
												5-80	100
A	[diagonal lines]	362	358	358	355	354	353	350	347	336	325	79	63
B	[cross-hatch]	381	378	375	374	373	372	369	366	354	343	84	75
C	[vertical lines]	401	397	395	393	392	391	388	384	372	362	98	88
D	[horizontal lines]	420	416	414	412	411	410	407	403	390	378	112	100
E	[white]	440	436	433	432	430	429	426	422	409	398	126	112
F	[stippled]	460	455	453	451	449	448	445	441	427	413	139	124
G	[diagonal lines]	479	474	472	470	468	467	464	459	443	431	184	137
H	[cross-hatch]	499	494	491	489	488	485	483	478	463	448	187	149

FIGURA - 53

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

000111



000112



ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO

BACIA DO AÇUDE CASTRO

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA

FIC Nº 54

- traçou-se as retas das precipitações de 1 hora para 24 horas, no papel de probabilidades;
- para qualquer tempo de duração contido entre 1 hora e 24 horas aproximadamente, lê-se a altura correspondente no gráfico do papel de probabilidades;

5.2.2 - Outros parâmetros climatológicos

5.2.2.1 - Evaporação

Segundo os dados da estação de Caio Prado as maiores marcas de evaporação se concentram nos meses de setembro e outubro; as menores ocorrem nos meses de março e abril. Embora esta estação se encontre próxima à Bacia do Açude Castro espera-se alguma discrepância entre a evaporação efetiva no vale e os registros da estação mencionada, dadas as diferenças climáticas mais peculiares existentes. O Quadro 5.5 apresenta a média mensal de evaporação registrada no posto de Caio Prado.

**QUADRO 5.5
EVAPORAÇÃO MENSAL, MEDIDA EM TANQUE CLASSE "A"
CAIO PRADO (mm)**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CAIO PRADO	194	139	128	108	135	169	215	258	276	283	263	240	2408

FONTE Plano Estadual dos Recursos Hídricos

5.2.2.2 - Evapotranspiração Potencial

Considerando-se que este meteoro entra na composição do modelo chuva x deflúvio, foi selecionado para efeito de análise evaporimétrica, o posto de Caio Prado situado próximo à bacia.

O parâmetro ETP, foi calculado pela fórmula de Hargreaves ^{1/}, ajustada às condições do Nordeste brasileiro, cuja expressão é a seguinte:

$$ETP = MF \times 0,158 \times (100 - HM)^{1/2} \times (32 + 1,8T),$$

onde:

MF = fator mensal tabelado dependente da latitude;

HM = umidade relativa média mensal, em %;

T = temperatura média mensal, em °C.

Os valores obtidos para a Evapotranspiração Potencial são mostrados no Quadro 5.6.

QUADRO 5.6
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL - CAIO PRADO (mm)

POSTO	MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CAIO PRADO		199	151	130	118	121	132	148	171	184	203	201	203	1961

FONTE HARGREAVES, G 1974 - Disponibilidade e deficiências de umidade para o Ceará - Brasil Uthan State University

5.3 - ESTUDOS DOS DEFLÚVIOS

O posto fluviométrico mais próximo à área em estudo fica na localidade de Caio Prado, no rio Choró. Porém, o citado posto é inadequado para utilização direta dos deflúvios devido a curta extensão da série e se encontrar em bacia vizinha.

Em consequência da curta extensão da série, tornou-se necessário empregar uma metodologia que permitisse a

^{1/} HARGREAVES, G 1974 - Disponibilidades e deficiências de umidade para o Ceará - Brasil Uthan State University Logan

transformação dos dados de chuva em vazão, a nível diário, a ser descrita no item posterior.

A área de drenagem controlada pelo posto fluviométrico de Caio Prado é de 1577 Km² e mostrou-se adequada para a calibração do modelo.

5.3.1 - O Modelo Chuva - Deflúvio

O Modhac

O Modelo Hidrológico Autocalibrável - MODHAC, desenvolvido no IPH-UFRGS, é um modelo hidrológico do tipo concentrado no espaço, visto que não considera a variação espacial das características fisiográficas intervenientes no processo de transformação chuva x deflúvio.

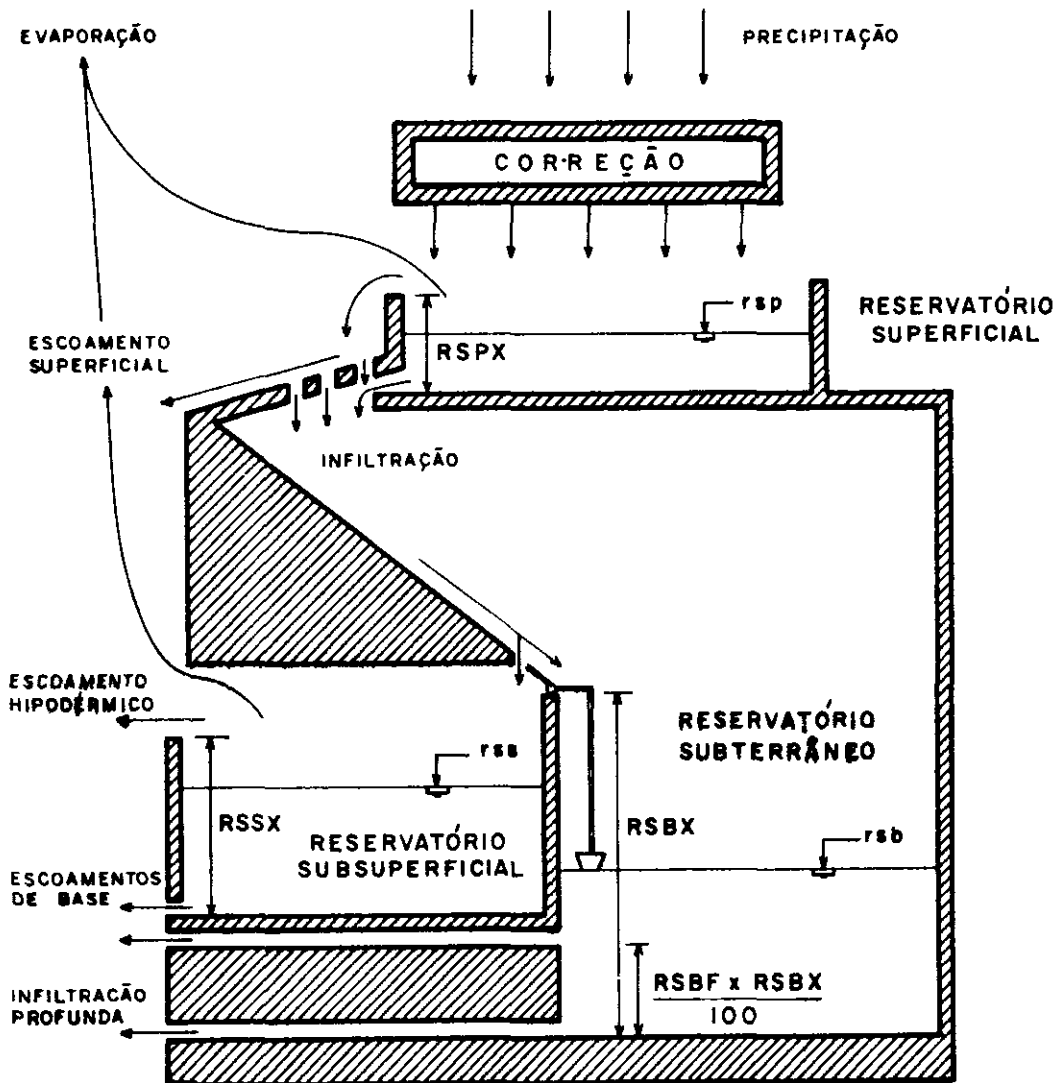
Os bons resultados fornecidos pelo modelo quando de sua aplicação às condições físicas e climáticas da região nordeste do Brasil, levou à sua escolha. Vale salientar que o MODHAC é resultado do aperfeiçoamento do MOHTSAR (Modelo Hidrológico para o trópico Semi-Árido, Marwell e Lanna, 1986), desenvolvido com vistas à região nordestina.

Concepção básica do modelo

Na Figura 5.5, obtida junto aos autores do modelo, pode ser observado o esquema da concepção do mesmo.

Por essa concepção, o armazenamento da água na bacia é feito por três reservatórios fictícios, quais sejam, os reservatórios superficial, subsuperficial e subterrâneo.

O processo de transformação chuva x deflúvio é descrito a seguir, utilizando-se para isso as considerações dos autores. O texto transcrito a seguir faz parte da publicação sobre o modelo na revista Recursos Hídricos do IPH.



CONCEPÇÃO DO MODHAC

FIGURA - 55

000116

A chuva precipitada passa inicialmente por um filtro de ajuste, que tem por função a introdução de correções de erros de observação originados na baixa densidade de pluviômetros na bacia. O volume corrigido de chuva alimenta inicialmente a evapotransposição potencial, até ser anulado ou saciá-la. No caso da chuva ser anulada pela evaporação, a bacia se encontra no estágio de ressecamento. Na outra situação o estágio é de umedecimento.

No estágio de ressecamento, a água remanescente no reservatório superficial é inicialmente usada para suprir a evapotranspiração potencial remanescente. Em seguida, é executada a percolação da água do reservatório superficial para o subsuperficial. Caso a evapotranspiração potencial não estiver inteiramente suprida, a água armazenada no reservatório subsuperficial passará a ser apropriada para tal.

Em seqüência, haverá a percolação da água armazenada nos reservatórios subsuperficial e subterrâneo para a superfície, dando origem ao escoamento subterrâneo ou de base. Por último, haverá a fuga de água por infiltração profunda a partir do reservatório subterrâneo.

No estágio de umedecimento, a chuva remanescente, após a evaporação potencial ter sido totalmente suprida, é interceptada pelo reservatório superficial, até enchê-lo. O extravasamento desse reservatório passa por um processo superficial de separação, que o dividirá entre uma parcela que formará o escoamento superficial direto e outra que será infiltrada.

A água infiltrada soma-se à percolação do reservatório superficial. O volume resultante passa por um processo de separação subsuperficial que o distribuirá entre os reservatórios subsuperficial e subterrâneo. Na eventualidade do reservatório subsuperficial encher, seu extravasamento dará lugar à "recusa à

infiltração" que formará o escoamento hipodérmico, suplementando o escoamento superficial direto.

Como na fase de ressecamento, a seqüência final será a percolação dos reservatórios subsuperficial e subterrâneo, formando o escoamento subterrâneo ou de base e a infiltração profunda.

Os escoamentos superficial e subterrâneo são propagados de forma simplificada até o exutório da bacia.

Alteração da Concepção Original

Por ocasião de uma reunião técnica entre as consultoras que elaboraram o PERH e o Prof. Antônio Eduardo Lanna, optou-se por realizar pequenas modificações na estrutura original do modelo, com vistas a adaptá-lo ainda melhor às condições climáticas do semi-árido nordestino.

Como se sabe, o regime pluviométrico predominante no Nordeste apresenta grandes variações temporais e espaciais, resultantes do fato de a maior parte das chuvas que ocorrem serem dos tipos convectiva e orográfica.

Por isso, a retirada da evapotranspiração média da bacia, da chuva média, tende a subestimar os valores da chuva remanescente. Isso se deve ao fato de que a chuva média diária nas bacias é resultado da ocorrência, na maioria das vezes, de chuvas isoladas, ou seja, considerou-se a evapotranspiração potencial constante em toda a bacia, como se fosse possível retirá-la nos locais onde os valores de precipitação são nulos.

Optou-se, então, por retirar a ETP de cada posto pluviométrico antes de calcular a chuva média, sendo que os valores de ETP remanescentes também foram ponderados, tais quais os valores de chuva, por polígonos de Thiessen.

Os resultados obtidos com base nessa nova concepção foram sempre melhores.

5.3.2.1 - Séries Pluviométricas Diárias

Estavam disponíveis 5 séries pluviométricas diárias, que foram submetidas a uma análise de consistência e homogeneização e tiveram suas falhas preenchidas pelo Método do Vetor Regional. A pluviometria média para toda a bacia foi obtida através dos polígonos de Thiessen determinados pelo Método das Malhas Retangulares, descrito no PERH. O Quadro 5.7, mostrado a seguir apresenta a pluviometria média mensal da bacia do Açude Castro.

5.3.2.2 - Ajuste do Modelo às Séries de Vazões

O ajuste do modelo ao posto de Chorozinha foi obtido por ocasião da elaboração do PERH. A qualidade global da calibragem foi considerada boa sendo os seguintes os parâmetros calibrados:

RSPX	RSSX	IMAX	ININ	IPEC	ASP	ASS	CEVA
54,0	132,2	16,56	4,95	0,2113	0,0010	0,0053	0,9439

A fluviometria média mensal gerada para a bacia do Açude Castro é mostrada no Quadro 5.8.

5.4 - DIMENSÕES DO RESERVATÓRIO

5.4.1 - Introdução

No semi-árido nordestino onde o déficit hídrico é fator limitante para o desenvolvimento econômico e social da região, os açudes são geralmente construídos para a perenização dos rios. Considerando que as demandas para irrigação e consumo humano superam as potencialidades hídricas da região, em tese, deve-se construir os reservatórios buscando atingir a capacidade máxima possível de regularização da bacia.

000119

QUADRO 5.7

PLUVIOMETRIA MEDIA MENSAL NA BACIA DA BARRAGEM CASTRO (mm)

ano	jan	fev	mar	abr	ma	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1918	43 5	90 0	126 0	43 1	45 1	27 9	11 4	19 3	8 2	3 2	1 3	37 5	456 5
1919	74 4	44 4	23 3	5 9	27 5	1 9	1 9	4 0	4 3	1.6	2 1	3 5	194 8
1920	3 8	11.9	278 2	94 8	98 1	65 1	30 8	4 7	0 0	3 7	6 8	89 8	687 7
1921	53 1	175 2	308 0	284 6	225 7	29 1	126 6	1 0	0 0	0 0	1 0	5 2	1209 5
1922	32 1	41 7	131 1	280 6	203 6	71 3	66 0	5 6	0 0	0 9	18 2	44 5	895 6
1923	78 5	148.8	88 4	86 5	44 8	39 8	29 9	0 0	0 0	0 0	0 8	1 9	519 4
1924	204 0	187 7	367 1	440 9	132 4	85 8	5 7	0 0	0 0	0 0	3 0	11 1	1437 7
1925	123 0	37 0	254 9	260 2	81 9	12 2	0 1	0 0	4 7	14 2	0 0	20 1	808 3
1926	41 8	73 3	247 9	224 1	148 7	37 4	3 4	0 0	0 0	0 0	9 2	5 8	791 6
1927	50 8	107.8	80 6	174 5	126 7	33 8	28 9	1 8	0 0	0 0	0 1	6 2	611 2
1928	23 0	11 8	96 2	149 6	122 8	63 9	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	470 6
1929	60 1	177 2	180 9	133 5	74.3	7 8	69 3	0 0	1 8	4 5	1 5	26 6	737 5
1930	101 0	78 6	113 7	100 7	25.9	74 0	0 3	3 4	0 6	9 2	0 9	0.7	509 0
1931	61 8	144 2	123 3	93 0	55 6	31 5	6 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	516.1
1932	58 2	81 7	83 3	72 3	5 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	301 4
1933	75 2	101 3	159.6	250 8	42.5	4.0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 2	647 6
1934	45 3	198 0	265 6	135 5	177 2	34 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	58 2	914 1
1935	71 2	122 2	114 6	146 6	139 7	93 3	26 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	714 5
1936	0 0	63 9	43 0	29 0	124 9	87 3	10 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	358 3
1937	6 8	110 3	66 2	190 3	183 3	67 2	4 9	5 0	0 0	2 5	3 8	5 3	645 6
1938	43 1	97 2	156 9	183 1	138 4	45 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	663 7
1939	23 4	177 9	176 3	186 6	41 6	21 5	14 8	21 8	6 4	55 0	29 4	4 5	759 2
1940	58 8	56 2	285 4	257 1	248 3	58 2	63 2	10 7	2 7	0 0	0 7	13 0	1054 3
1941	13 7	76 8	223 3	139 4	60 6	11 8	6 9	3 6	0 3	0 0	0 5	29 7	566 6
1942	6 8	94 3	93 7	94 9	24 9	21 5	0 7	1 0	0 0	11 4	8 1	5 8	363 1
1943	85 2	94 3	134 8	143 8	28 2	12 2	28 2	1 1	0 0	0 0	11 0	79 0	617 8
1944	124 1	25 8	242 7	102 0	201 6	3 8	14 5	0 5	0 0	1 8	2 2	66 8	785 8
1945	59 2	307 2	120 4	237 5	135 9	70 6	72 6	10 6	3 3	6 9	9 0	32 8	1066 0
1946	93.2	125 8	199 8	135 3	21 7	17 4	0 3	0 0	0 0	1 3	13 8	41 5	650 1
1947	26 3	36 1	90 2	67 6	41 3	28 1	3 7	2 0	0 0	1 0	32.8	2 7	331 8
1948	42 0	45 1	239 5	181 0	136 5	58 8	50 8	5 0	1 7	3 3	1 9	3 7	769 3
1949	17 7	79 3	289 6	219 3	108 9	33 3	13 6	8 4	6 2	0 2	39 8	0 6	816 9
1950	11 2	58 5	303 7	474 9	175 7	20 7	5 3	0 0	4 5	5 1	2 0	16 6	1078 2
1951	49 1	24 2	38 0	173 8	54 3	201 1	35 9	0 0	0 0	6 5	2 0	44 4	629 3
1952	59 8	79 4	156 6	194 0	100 9	5 3	0 0	0 1	0 1	1 0	2 9	65 1	665 2
1953	4 4	20 5	95 8	234 5	119 2	40 9	10 1	0 7	1 0	1 0	8.7	1 2	538 0
1954	36 2	202 5	109 5	71 4	245 3	20 5	3 4	2 4	0 0	0 4	1 5	0 7	693 8
1955	39 3	99 1	140 6	218 7	126 3	16 7	3 6	6 5	0 0	9 3	2 7	56 9	719 7
1956	4 9	178 4	213 2	273 7	42 4	34 7	12 7	17 1	0 2	7 3	1 8	15 2	801 6
1957	94 3	46 9	264 6	365 4	57 0	6 8	0 5	0 7	0 5	0 1	0 3	6 2	843 3
1959	115 4	173 3	173 9	111 5	109 4	127 7	26 4	8 5	0 0	1 1	4 8	5 3	857 3
1960	0 0	23 0	300 0	96 0	58 0	10 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	487 0
1961	64 4	328 8	249 9	244 4	121 0	21 8	27 8	2 0	0 0	0 2	0 3	22 8	1083 4
1962	61 7	157 3	351 1	176 4	90 1	60 5	4 2	0 0	2 0	1 6	4 3	19 7	928 9
1963	176 2	218.0	277 0	150 4	51 5	11 5	10 2	0 8	0 0	0 2	9 5	80 9	986 2
1964	257 7	177 4	223 5	332 1	187 7	129 1	126 2	46 8	9 6	3 5	0 8	0 0	1494 4
1965	35 0	32 3	127 1	265 2	118 6	158 8	7 3	0 4	0 6	4 3	0 0	3 1	752 7
1966	6 0	57 4	136 8	74 6	151 8	80 2	57 4	13 7	6 5	0 0	0 8	13 7	598 9
1967	35 1	152 5	229 1	165 8	137 1	55 2	34 9	16 7	0 0	0 0	0 8	25 6	852 8
1968	83 8	72 4	261 3	112 4	223 4	12 4	19 8	9 0	0 0	0 1	0 0	11 9	806 5
1969	77 1	72 3	178 9	242 9	94 1	128 6	133 3	16 6	0 0	2 0	0 9	1 5	948 2
1970	79 1	44 0	160 9	117 7	14 9	31 8	6 7	1 1	4 7	1 4	22 5	8.3	493 1
1971	71 0	78.2	104 0	144 8	193 2	74 0	81 0	25 3	9 3	9 4	14 6	13 8	818 6
1972	32 1	50 0	52 0	100 2	57 6	87 6	30 3	5 7	0 0	0 0	1.6	72 3	489 4
1973	74 5	139 3	220 2	275 1	220 0	146 9	44 0	14 4	0 5	9 4	1 2	27 4	1172 9
1974	262 5	171 1	395 9	340 9	422 5	84 7	40 5	0 7	17 5	5 2	3 2	65 8	1810 5
1975	58 1	107 6	206 8	103 4	166 7	91 1	78 4	2 7	8 9	1 3	0 0	48.4	873 4
1976	54 6	104 7	149 1	130 2	26 3	17 3	0 0	12 1	0 0	17 8	5 3	12 1	529 5
1977	73.3	133 1	185 3	149 9	301 3	132 2	85.7	2 0	0 0	0 0	0 0	29 0	1091 8
1978	5 0	110 0	167 4	139 5	95 5	57 6	40 6	1 8	13 0	2 6	11 4	50 7	695 1
1979	28 4	53 8	75 3	66 4	155 0	47 3	4 1	0 7	1 3	0 0	11 4	0 0	443 7
1980	24 6	290 9	146 0	32 4	21 3	43 8	0 0	0 0	2 6	0 3	0 0	3 5	565 4
1981	28 8	24 9	317 5	73 4	37 9	14 6	1 2	0 7	0 0	0 0	1 1	22 7	522 8
1982	123 7	83.6	161 2	86 2	80 8	32 4	0 0	0 0	0 0	0 1	14 9	0 0	582 9
1983	7 3	156 9	92 9	106 7	35 1	1 2	2 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2	402 6
1984	14 8	97 0	196 4	167 8	187 9	31 6	24 1	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	722 6
1985	137 5	224 9	343 2	270 8	189 0	107 6	42 9	1 9	0 0	0 0	0 0	59 0	1376 8
1986	60 4	161 7	322 5	225 4	201 2	58 0	14 5	11 4	2 5	23 8	10 2	5 0	1096 6
1987	14 0	43 3	188 2	70 0	10 1	130 7	8 1	8 0	0 0	0 0	0 0	2 9	475 3
1988	27 5	37 6	147 9	357 4	236 6	77 6	13 8	2 3	0 0	0 0	0 0	58 1	958 8
media	59 9	107 3	183 8	172 6	117 0	52 3	24 8	4 9	1 8	3 4	4 8	21 2	753 7

QUADRO 68

FLUVIOMETRIA MEDIA MENSAL NA BACIA DA BARRAGEM CASTRO

ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
918	0 0	0 0	0 0	0 5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 5
919	11 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 8
920	0 0	0 0	21 6	12 2	9 7	6 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	49 7
921	0 0	2 6	46 0	159 9	147 2	14 2	3 8	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	373 7
922	0 0	0 0	0 0	61 1	65 0	17 4	7 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	151 2
923	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
924	49 0	15 8	175 3	313 9	22 4	19 3	7 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	603 6
925	0 0	0 0	52 5	62 8	21 9	6 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	143 6
926	0 0	0 0	25 7	37 8	60 8	14 4	0 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	139 2
927	0 0	0 0	0 1	0 1	5 3	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 7
928	0 0	0 0	0 0	0 0	45 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	45 9
929	0 0	0 0	3 7	15 4	9 4	0 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	29 5
930	0 0	0 0	0 1	1 4	0 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 2
931	0 0	0 0	0 1	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 3
932	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
933	0 0	0 0	2 8	43 9	16 0	2 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	65 1
934	0 0	23 6	32 4	40 6	22 3	17 4	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	138 4
935	0 0	0 0	0 1	1 5	3 2	2 7	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	7 7
936	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
937	0 0	0 0	0 0	30 5	8 3	9 9	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	49 9
938	0 0	0 0	0 1	16 9	8 1	6 5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	31 6
939	0 0	1 1	30 3	5 7	4 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	41 8
940	0 0	0 0	39 4	44 7	114 9	19 0	10 9	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	228 9
941	0 0	0 0	23 9	3 5	1 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	29 2
942	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
943	0 0	3 8	0 0	9 4	0 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	13 8
944	0 8	0 3	15 8	6 6	32 4	4 5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	60 3
945	0 0	48 5	8 7	20 5	20 4	12 6	5 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	115 6
946	0 0	0 0	5 9	10 3	3 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 9
947	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
948	0 0	0 0	28 5	32 0	9 4	6 2	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	76 2
949	0 0	0 0	53 2	27 2	14 7	8 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	103 3
950	0 0	0 0	36 9	270 2	81 2	13 4	0 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	402 1
951	0 0	0 0	0 0	6 2	2 8	18 2	3 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	30 3
952	0 0	0 0	0 0	5 3	10 8	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	17 4
953	0 0	0 0	0 0	18 0	38 2	3 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	59 9
954	0 0	26 2	2 1	0 0	12 7	6 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	47 2
955	0 0	0 0	0 1	11 7	7 8	2 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 9
956	0 0	0 0	17 8	89 9	13 3	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	122 1
957	0 0	0 0	18 8	139 7	17 3	5 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	180 8
958	0 0	1 9	10 7	7 2	3 2	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	23 1
959	0 0	1 9	10 7	7 2	3 2	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	23 1
960	0 0	0 0	83 3	11 9	6 8	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	102 1
961	0 0	47 6	54 7	137 0	18 7	9 9	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	267 9
962	0 0	0 0	83 6	109 0	16 6	8 4	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	217 8
963	2 8	7 8	71 4	46 9	17 4	4 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	151 0
964	16 3	5 6	45 0	174 1	81 8	20 8	17 7	9 0	0 0	0 0	0 0	0 0	370 2
965	0 0	0 0	0 0	30 8	21 4	21 0	10 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	83 9
966	0 0	0 0	0 0	0 1	0 1	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 3
967	0 0	0 0	19 9	38 2	17 8	11 3	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	88 5
968	0 0	0 0	25 3	12 2	45 7	15 1	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	99 6
969	0 0	0 0	2 8	82 7	13 1	6 8	9 7	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	116 2
970	0 0	0 0	0 1	2 4	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 8
971	0 0	0 0	0 0	2 8	10 9	13 0	1 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	28 4
972	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0
973	0 0	0 0	39 1	71 9	95 6	35 7	16 3	1 6	0 0	0 0	0 0	0 0	260 3
974	26 1	16 8	197 7	220 3	298 1	24 1	10 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	793 5
975	0 0	0 0	7 7	5 5	8 7	7 6	2 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	31 7
976	0 0	0 0	4 2	2 2	0 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	7 3
977	0 0	0 0	4 4	10 3	120 2	19 3	16 9	2 4	0 0	0 0	0 0	0 0	173 5
978	0 0	8 9	6 1	2 4	1 7	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 4
979	0 0	0 0	0 0	0 0	6 5	2 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	8 9
980	0 0	27 8	62 6	8 4	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	99 0
981	0 0	0 0	89 9	18 9	6 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	115 5
982	4 4	0 9	1 6	2 6	0 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	10 3
983	0 0	3 8	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 8
984	0 0	6 6	7 6	15 4	39 7	15 4	1 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	86 1
985	0 0	5 6	122 2	151 7	103 2	18 1	9 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	409 7
986	0 0	0 1	57 9	99 5	76 2	18 7	6 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	258 5
987	0 0	0 0	1 9	3 4	0 6	1 3	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	7 5
988	0 0	0 0	0 0	131 3	113 7	15 3	4 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	264 3
media	1 6	3 6	23 3	40 9	27 7	6 9	2 1	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	106 3

A questão fundamental a ser resolvida é compatibilizar o volume de acumulação com os investimentos necessários para garantir uma vazão regularizável que atenda as demandas específicas de cada açude e não comprometa o planejamento global da utilização mais racional dos recursos hídricos.

Do ponto de vista da hidrologia, o objetivo do estudo é informar as relações entre a capacidade do reservatório e a vazão por ele regularizada. De tal forma o reservatório teve a operação simulada a cada 0.5 m de variação da cota da soleira do sangradouro em um intervalo suficiente para demonstrar o comportamento geral da curva capacidade x vazão regularizada.

5.4.2 - Simulação da operação dos reservatórios

A simulação da operação do reservatório objetiva estabelecer a capacidade de regularização da oferta d'água do açude, associada ao respectivo nível de garantia.

A definição da curva vazão regularizável x freqüência permite obter, para qualquer volume liberado no açude, o nível de garantia correspondente, considerada uma vazão contínua.

5.4.2.1 - Metodologia

A simulação da operação foi desenvolvida a nível mensal para o período de 1918/88, portanto abrangendo 71 anos, a partir do seguinte balanço hidráulico do reservatório.

Varição na reserva = volume afluente ao reservatório + precipitação direta sobre o espelho d'água - perdas por evaporação - perdas por sangria - volume retirado para satisfazer as demandas.

Este balanço se traduz através da equação básica:

$$V_i = V_{i-1} + C_i - VE_i - S_i - Qr_i, \text{ onde:}$$

- V_i = volume acumulado na barragem no mês i ;
- V_{i-1} = volume acumulado na barragem no mês $i-1$;
- C_i = volume afluente à barragem, decorrente da bacia de contribuição no mês i ;
- VP_i = volume decorrente da precipitação direta sobre o espelho d'água no mês i ;
- VE_i = volume correspondente às perdas por evaporação;
- S_i = volume sangrado no mês i ;
- Qr_i = volume retirado no mês i , correspondente à vazão liberada.

O Fluxograma do modelo de simulação de operação dos reservatórios é mostrado na Figura 5.6.

A caracterização geométrica do açude é retratada através das curvas cota x área x volume e da definição dos parâmetros de controle relativos ao volume máximo de acumulação e volume útil mínimo. Ver Figura 5.7.

A repartição do procedimento para diferentes Qr possibilita traçar-se a curva vazão regularizável x freqüência ou nível de garantia.

5.4.3 - Análise dos resultados

As vazões regularizáveis com garantia de 90% foram sendo computadas mensalmente para um incremento de capacidade da ordem de 1 hm^3 a partir do volume mínimo de $8,74 \text{ hm}^3$ até atingir ao máximo de $95,74 \text{ hm}^3$ (limite da topografia). Tais resultados são mostrados na Figura 5.8, através da curva capacidade por vazão regularizável.

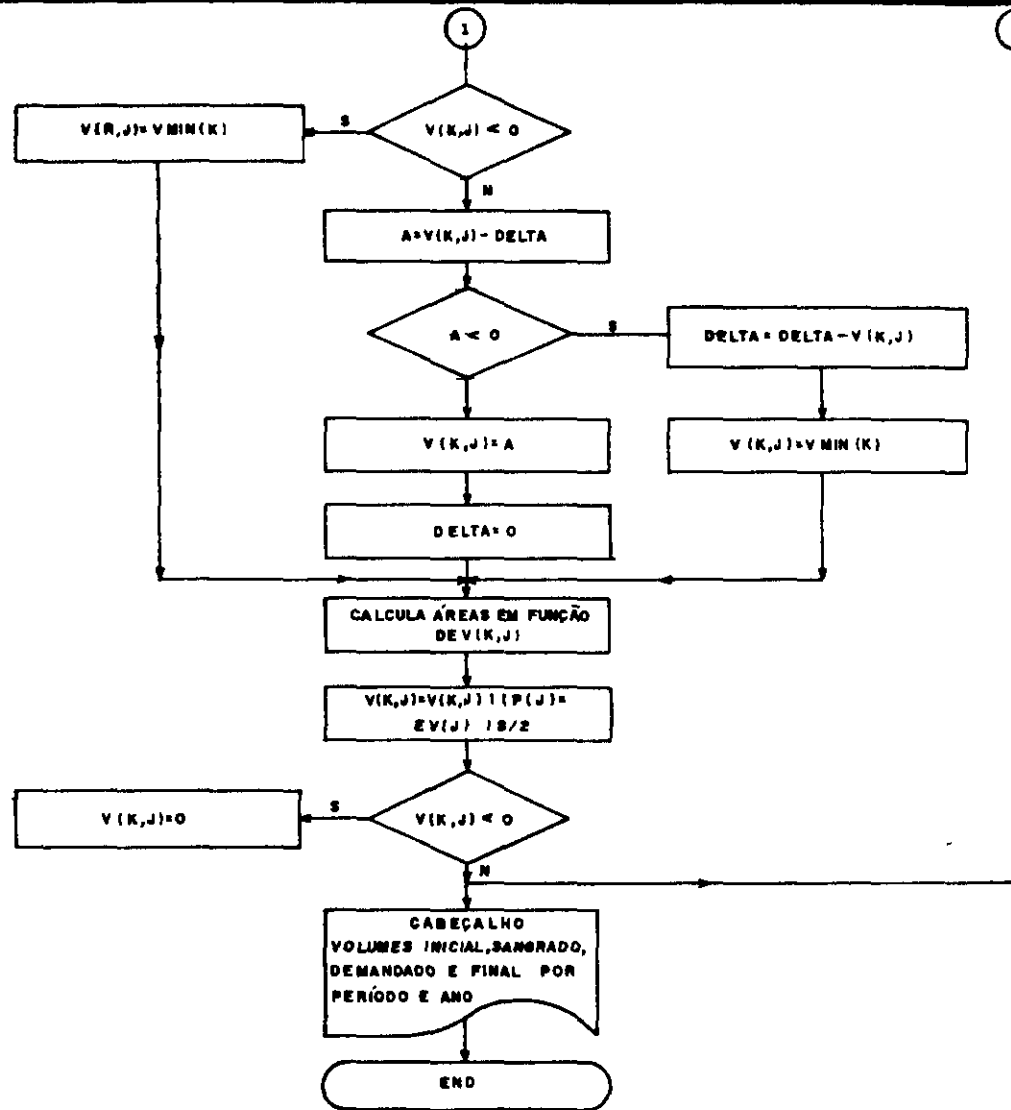
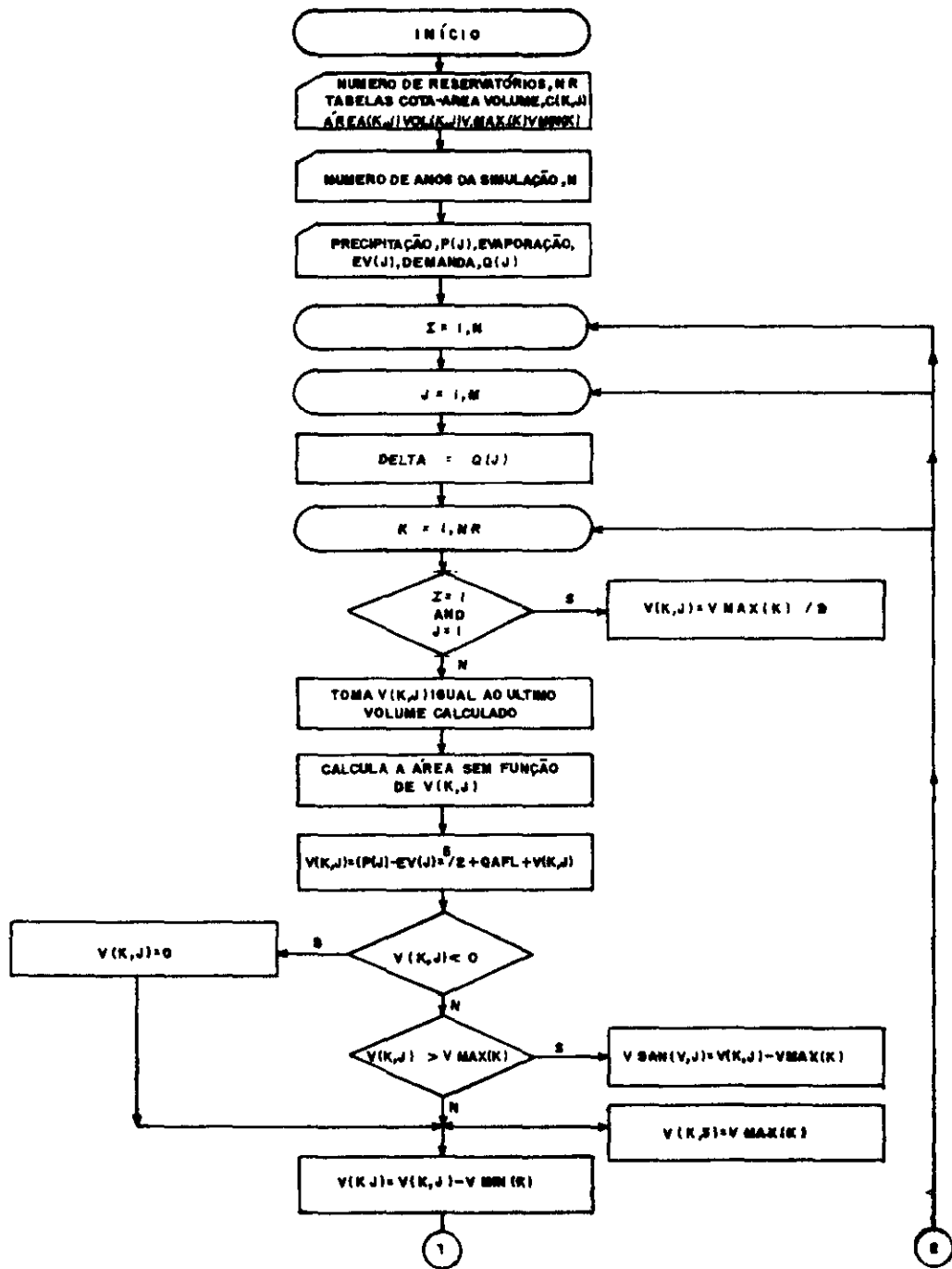
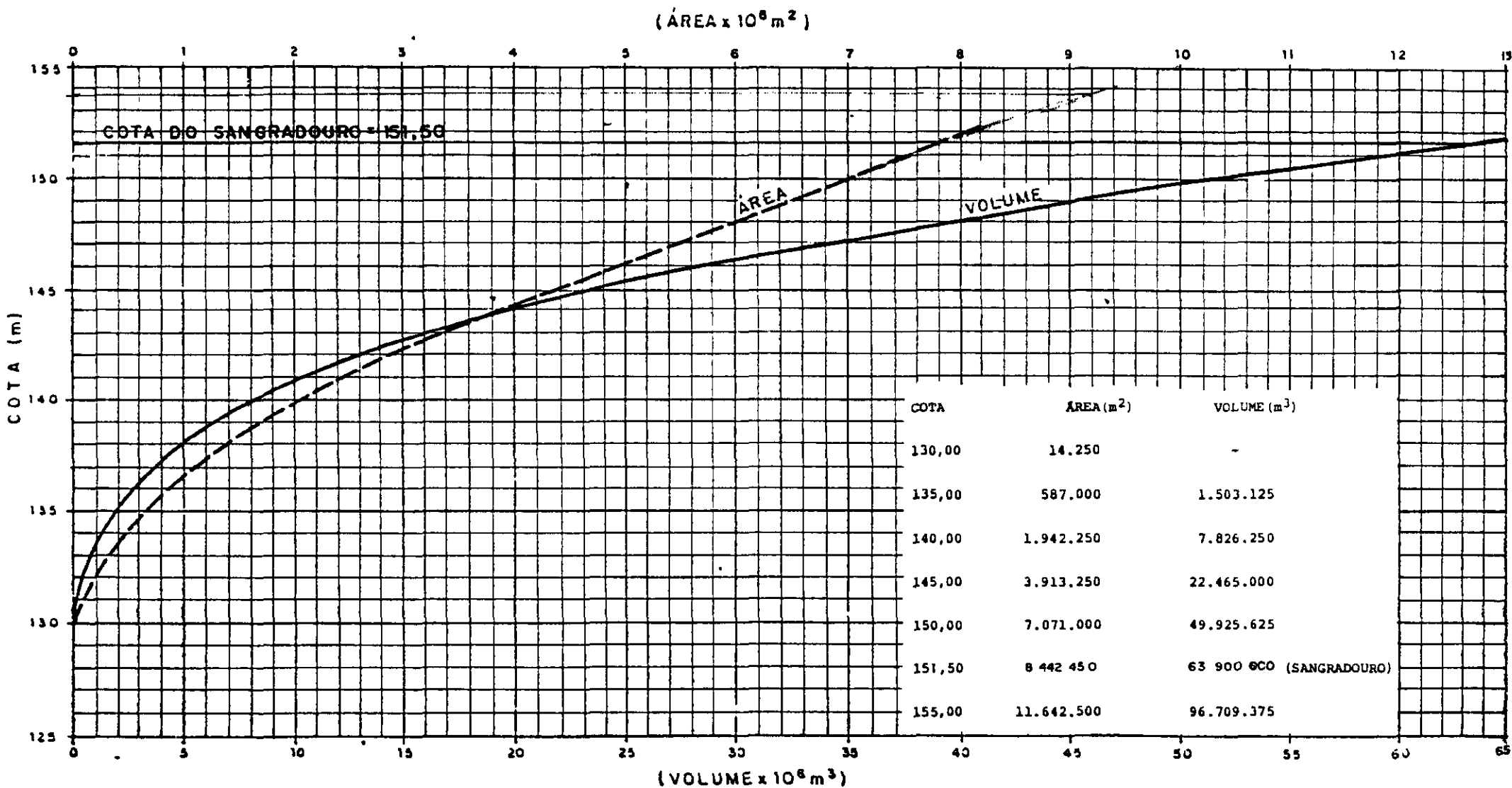


FIGURA-5 6

FLUXOGRAMA MODELO DE SIMULAÇÃO
DE OP. EM RESERVATÓRIO 000124

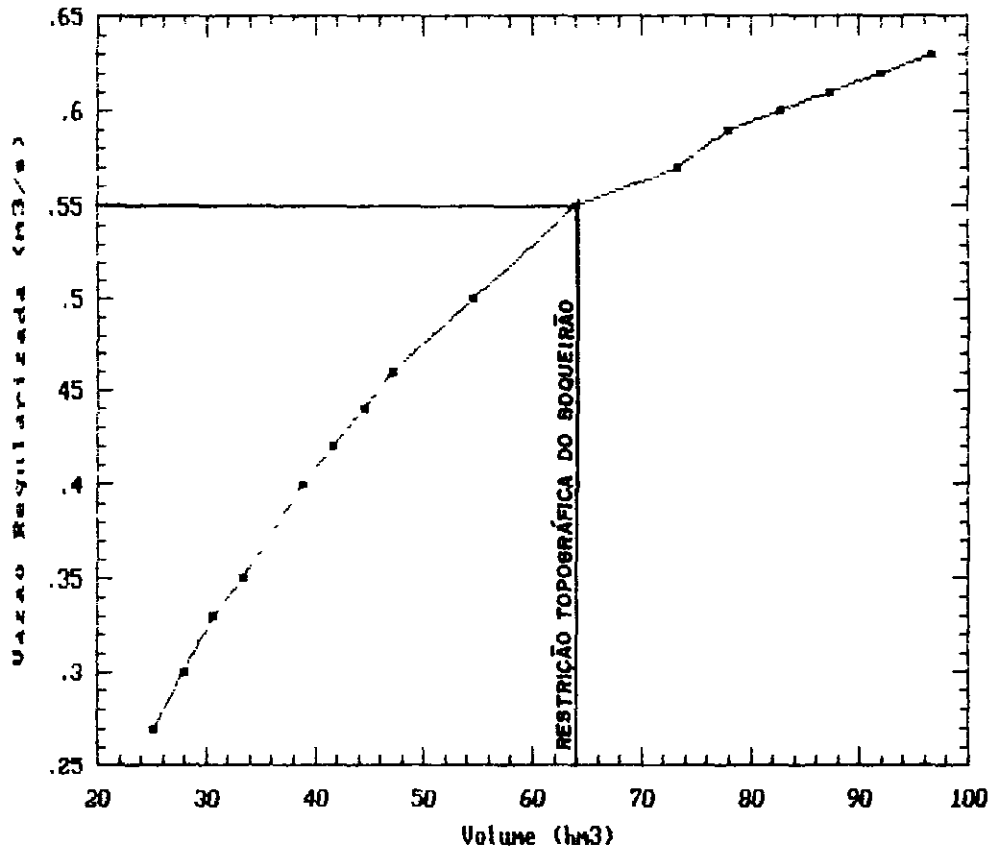
FIGURA - 57
 AÇUDE CASTRO — Diagrama: Cota x Área x Volume



000125

FIGURA 58

CURVA CAPACIDADE X VAZAO REGULARIZADA



BARRAGEM DO CASTRO

O reservatório começa a regularizar a partir do volume $10,74 \text{ hm}^3$, devendo a curva capacidade por vazão regularizável se tornar assintótica ao eixo das vazões por volta dos 100 hm^3 com disponibilidades sempre inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

O perfil longitudinal do boqueirão apresentado na Figura 5.9, contem uma restrição topográfica ao tamanho do açude, isto é, a soleira do sangradouro não poderá ultrapassar a cota $151,50 \text{ m}$, sob pena de não guardar a folga devida para uma cheia de 1000 anos de recorrência.

Sujeito a esta restrição deve-se admitir o volume do reservatório na cota $151,50 \text{ m}$, que corresponde a uma capacidade de $63,96 \text{ hm}^3$ com vazão regularizável de $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$. Considerando que a vazão média anual da bacia é $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$, o reservatório chega a regularizar 45% desta vazão, fato que expressa uma eficiência hidrológica bastante satisfatória para os padrões do semi-árido nordestino. A curva vazão regularizável contra garantia na cota referida é mostrada na Figura 5.10, enquanto que as demais são apresentadas em anexo.

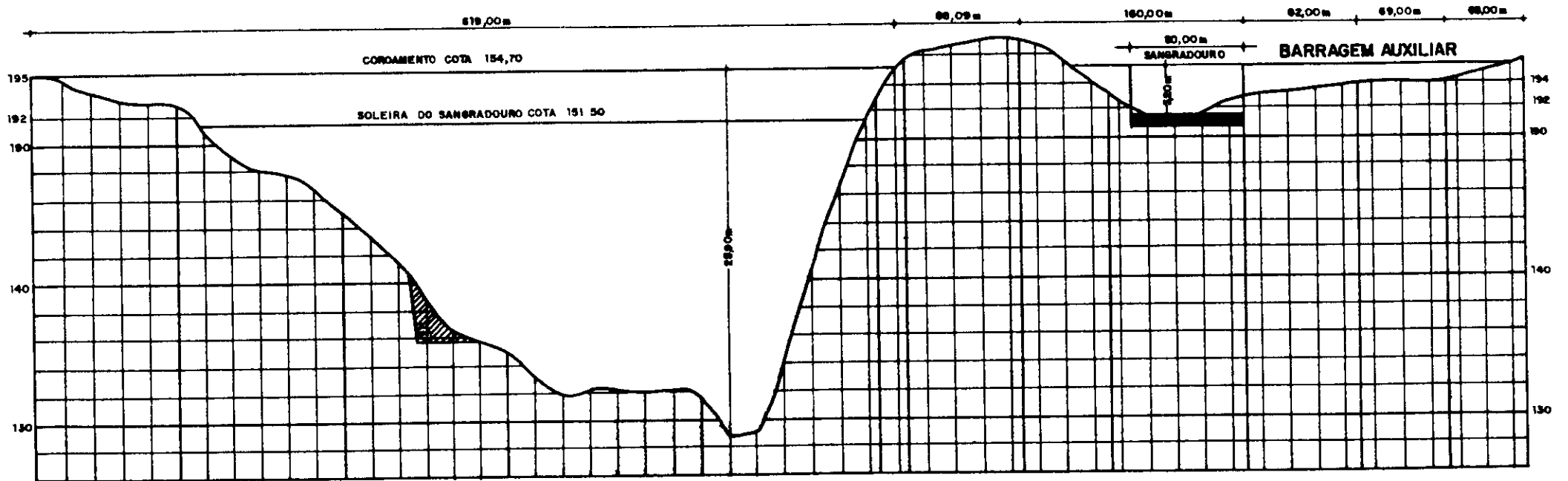
5.4.4 - Estudos de Cheias

5.4.4.1 - Objetivo

O estudo de descargas máximas prováveis desenvolvido neste item visa, fundamentalmente, reunir informações para o dimensionamento do sangradouro do açude Castro. Para tanto, os estudos foram dirigidos no sentido de determinar os hidrogramas referentes a cada frequência de cheia de interesse do projeto. As frequências adotadas são relativas aos perímetros de recorrência de 100 a 1.000 anos.

FIGURA - 8.9

PERFIL LONGITUDINAL DO BOQUEIRÃO E TRANSVERSAL AO SANGRADOURO -Escala Hor 1:2.000 Vert.1:200



050128

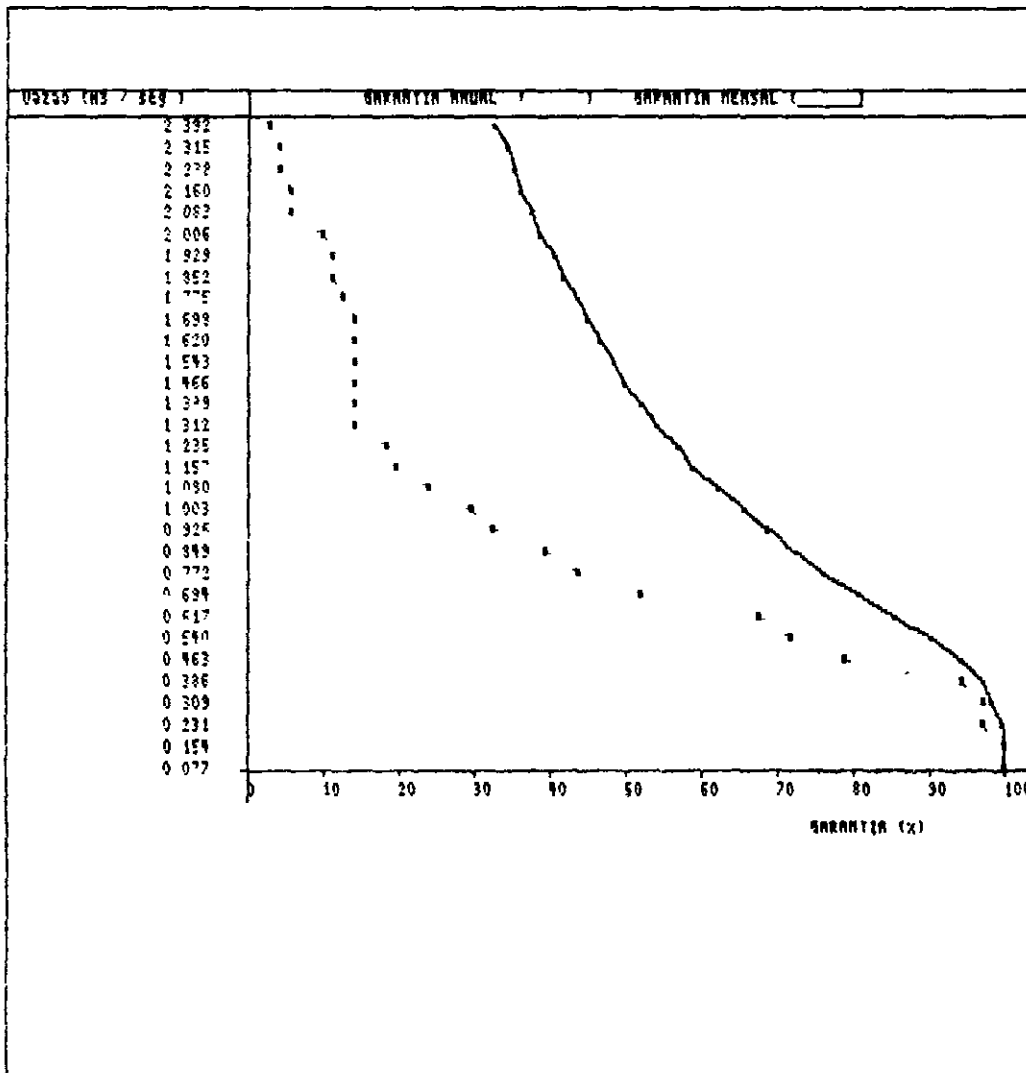
FIGURA 510

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA
 SETOR - HIDROLOGIA

VOLUME MAXIMO = 63 96 11m3
 COTA DA SOLEIRA - 151 50 m
 BARRAGEM CASTRO

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 55 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 46 m3/s



5.4.4.2 - Chuva de Projeto

Para caracterização da bacia do ponto de vista de chuvas intensas, utilizou-se a série histórica das máximas chuvas diárias do posto de Caio Prado.

No item chuvas intensas verifica-se que as coordenadas do centro de gravidade da bacia correspondem a Isozona E, onde a chuva de uma hora de duração correspondem a 42,2% para 100 anos e 40,9% da chuva de 24 horas para os períodos de retorno de 200, 500 e 1.000 anos. Deve-se notar que, na realidade, a chuva diária tem duração inferior a 24 horas e, portanto, deve ser acrescida em 10%. As chuvas de projeto são mostradas no quadro 5.9.

QUADRO 5.9
CHUVAS DE PROJETO (mm)

ESTAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)							
	100		200		600		1.000	
	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA
Caio Prado	127.19	53.68	140.29	57.38	158.14	64.68	172.12	70.40

A chuva pontual foi convertida em chuva para toda bacia pela equação:

$$\frac{P_A}{P_o} = (1 - W \log \frac{A}{A_o}) = 0,83$$

$W = 0,15$ (coeficiente regional para zonas áridas e semi-áridas);

$A = 360 \text{ km}^2$ (área da bacia total);

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

000130

De onde resulta:

BACIA	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)							
	100		200		500		1.000	
	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA	24 HORAS	1 HORA
Castro	105.57	44.55	116.44	47.63	131.26	53.68	142.86	58.43

O tempo de concentração foi calculado segundo a Fórmula de Kirpich.

$$T_c = 0,39 \frac{L^{0,385}}{S} \quad (\text{horas})$$

Assim, para a bacia de Castro tem-se:

$$\begin{aligned} L &= 34 \text{ km} \\ S &= 0,38\% \\ T_C &= 8.6 \text{ horas} \end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned} L &= \text{Comprimento do talvegue (km);} \\ S &= \text{Declividade (\%);} \\ T &= \text{Tempo de concentração (horas).} \end{aligned}$$

5.4.4.3 - Relações Chuva-deflúvio

A ausência de dados da bacia, em especial os referentes às vazões de cheia, só permitem o uso de métodos sintéticos ou empíricos.

Métodos empíricos só devem ser usados nas bacias para as quais foram deduzidos ou para casos especiais em bacias com comprovação.

Dos métodos sintéticos possíveis, o hidrograma unitário do Soil Conservation Service dos U.S. se mostra aceitável, tanto face aos parâmetros e dados que exige, como pela sua satisfatória validade já constatada para as condições regionais.

Outros hidrogramas unitários, além de necessitarem muitas vezes de informações inexistentes, não têm aplicação tradicional no Nordeste.

Assim, para a converção de chuva em deflúvio, utilizou-se o método preconizado pelo S.C.S. expresso pelas seguintes equações:

$$q_j = \frac{p_j - 0,2S}{p_j + 0,8S} \text{ válida para } p_j > 0,2S$$

$$p_j < 0,2S \quad q_j = 0$$

$$S = 25,4 \left(\frac{1.000}{CN} - 10 \right)$$

onde:

p_j = precipitação real em mm;

q_j = deflúvio em mm;

S = diferença potencial máxima entre p_j e q_j início da precipitação em mm;

CN = número de curva (Curver Nurber) do complexo solo vegetação.

Para a bacia do Açude Castro com solo areno argiloso e cobertura vegetal xerófila superior a 50% da área total e com uma altura de precipitação média da somatória dos 5 dias antecedentes do dia da máxima precipitação superior a 20,0 mm, adotou-se um valor de $CN = 80$. De onde resulta:

$$S = 63.5 \text{ mm}$$

000132

Os hidrogramas sintéticos são apresentados nos Quadros 5.10 a 5.13.

5.4.4.4 - Laminação de cheias

Os hidrogramas de cheias foram estabelecidos para chuvas de 9 horas de duração com períodos de recorrência de 100 a 1.000 anos.

O amortecimento das ondas cheias em reservatórios é obtido pela resolução da equação de armazenamento seguinte:

$$I_n + I_{n+1} \frac{(2S_n - Q_n)}{\Delta t} = \frac{2S_{n+1}}{\Delta t} + Q_{n+1}$$

baseada na equação da lei de continuidade (I-Q) dt=ds
 onde:

- Δt = incremento finito entre os tempos t_n e t_{n+1} ;
- I_n, I_{n+1} = vazões de entrada no início e final de Δt;
- Q_n, Q_{n+1} = vazões de saída no início e final de Δt;
- S_n, S_{n+1} = volumes armazenados no início e final de Δt.

A referida equação aplica-se a partir da condição inicial em que o reservatório se encontra com o nível d'água na soleira do sangradouro.

O sangradouro projetado é do tipo perfil Creager com largura de 80 m obedecendo a seguinte equação:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

onde:

- Q = vazão em m^3/s ;
- L = largura do sangradouro;

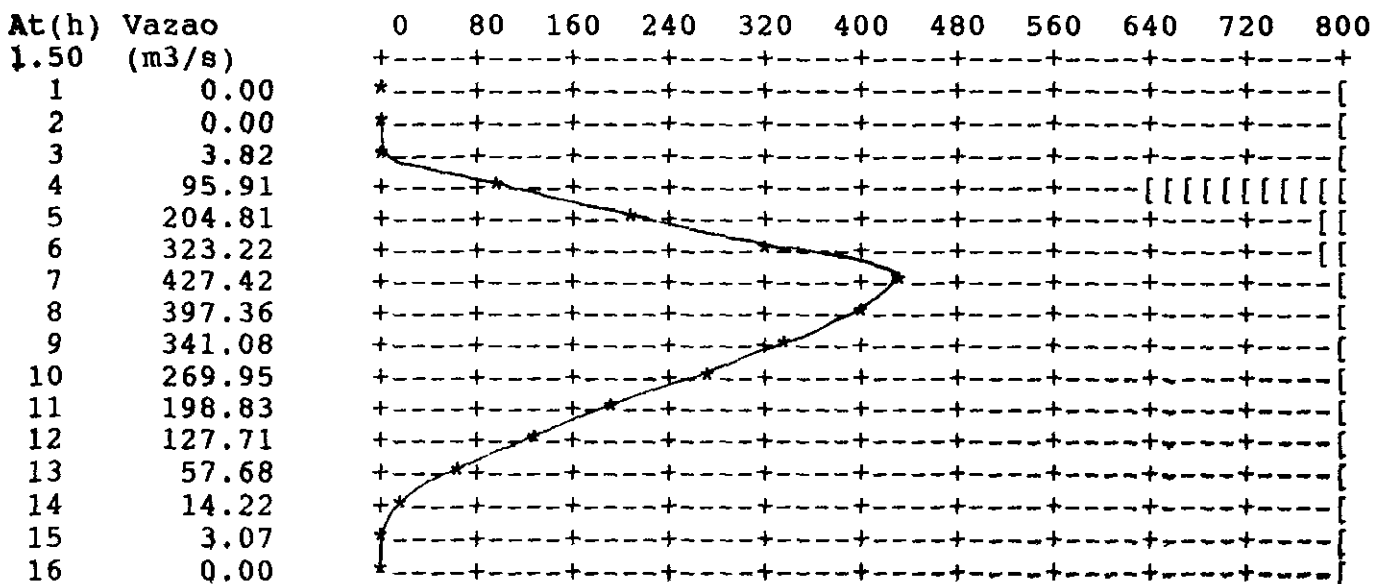
SIRAC - Setor de Hidrologia
 ESTUDO HIDROLOGICO PARA DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM CASTRO

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km2)	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv. Tempo(h)	Tc (h)
360.00	80	100	1.50	8.60

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P.Acumulada (mm)	P.Efetiva (mm)
1.50	4.00	0.00
3.00	10.00	0.00
4.50	22.00	1.19
6.00	72.00	27.45
7.50	79.00	5.23
9.00	83.00	3.07

Vol. Hidrograma 13.311 hm3
 Vol. Precipitado 13.297 hm3



SIRAC - Setor de Hidrologia
 ESTUDO HIDROLOGICO PARA DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM CASTRO

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km2)	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv. Tempo(h)	Tc (h)
360.00	80	200	1.50	8.60

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P.Acumulada (mm)	P.Efetiva (mm)
1.50	4.00	0.00
3.00	9.00	0.00
4.50	21.00	0.96
6.00	77.00	31.39
7.50	86.00	6.92
9.00	91.00	3.96

Vol. Hidrograma 15.582 hm3
 Vol. Precipitado 15.565 hm3

At(h)	Vazao (m3/s)	0	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800
1.50		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	3.09	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	107.12	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+
5	233.42	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+
6	372.16	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+
7	496.58	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
8	467.15	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+
9	403.04	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
10	319.78	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+
11	236.53	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
12	153.27	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+
13	70.90	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	18.52	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	3.96	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

SIRAC - Setor de Hidrologia
 ESTUDO HIDROLOGICO PARA DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM CASTRO

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km2)	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv. Tempo(h)	Tc (h)
360.00	80	500	1.50	8.60

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P.Acumulada (mm)	P.Efetiva (mm)
1.50	5.00	0.00
3.00	12.00	0.00
4.50	26.00	2.30
6.00	88.00	38.55
7.50	97.00	7.23
9.00	103.00	4.94

Vol. Hidrograma 19.107 hm3
 Vol. Precipitado 19.086 hm3

At(h)	Vazao (m3/s)	0	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800
1.50		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	7.41	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	138.77	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+
5	293.39	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+
6	463.17	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
7	609.93	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+
8	568.16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+
9	489.93	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*
10	387.83	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
11	285.74	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+
12	183.65	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+
13	83.69	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	21.68	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	4.94	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

SIRAC - Setor de Hidrologia
 ESTUDO HIDROLOGICO PARA DIMENSIONAMENTO DA BARRAGEM CASTRO

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km2)	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv. Tempo(h)	Tc (h)
360.00	80	1000	1.50	8.60

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P.Acumulada (mm)	P.Efetiva (mm)
1.50	5.00	0.00
3.00	13.00	0.00
4.50	29.00	3.33
6.00	96.00	43.94
7.50	105.00	7.41
9.00	112.00	5.89

Vol. Hidrograma 21.828 hm3
 Vol. Precipitado 21.805 hm3

At(h)	Vazao (m3/s)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1.50		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	0.00	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	10.71	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	162.71	+	+	*	+	+	+	+	+	+	+	+
5	338.55	+	+	+	+	*	+	+	+	+	+	+
6	532.29	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
7	696.39	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	+
8	645.86	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	+
9	557.68	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+
10	441.05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*
11	324.42	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	207.79	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	94.24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	24.65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	5.89	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	0.00	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

H = altura da lâmina de sangria;
 C = constante (característica do sangradouro) com
 C = 1,77 e L = 80 metros.

Os resultados são mostrados nos Quadros 5.14 a 5.17.

Esses resultados foram checados pelo pacote computacional HEC-1, em fase de implantação nas bacias do Estado. Da análise do Quadro 18 verifica-se a grande proximidade dos hidrogramas de entrada e saída utilizados nos dois métodos.

5.4.5 - Probabilidade de enchimento do Açude

Para estudo da fase transiente foi utilizado o método de Campos ^{1/}. Esse método, com suporte na teoria estocástica dos reservatórios, permite calcular, em uma sequência de anos, a probabilidade do nível da água encontrar-se em um determinado estado como, por exemplo, seco ou cheio.

Em resumo, a sequência de cálculos consta das etapas descritas a seguir:

- 1) Dividir o volume total do reservatório, K, por 20, definindo 21 estados que podem ser atingidos pela reserva. A representação do espaço de definição desses estados está apresentada na Figura 5.11 e no Quadro 5.19.

^{1/} Campos, J N B, "A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent River Under High Evaporation Rate" Tese de doutorado - Universidade do Colorado, Foert Collins, 1978

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO : CASTRO
 Tempo de retorno (anos) 100

AREA DE DRENAGEM : 360.0 Km2

altura	volume (m3)
151.5	63,960,000
152.5	73,320,000
153.5	82,670,000
154.5	92,030,000

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
1.50	0.00	0.00	63960.00	0.00
3.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
4.50	3.82	0.00	63960.00	0.00
6.00	95.91	0.03	63969.91	0.69
7.50	204.81	0.11	64228.21	5.21
9.00	323.22	0.25	64995.99	17.83
10.50	427.42	0.44	66311.54	41.96
12.00	397.36	0.64	68120.20	73.18
13.50	341.08	0.80	69987.61	101.91
15.00	269.95	0.91	71476.79	123.46
16.50	198.83	0.97	72502.49	135.81
18.00	127.71	0.99	73063.03	138.90
19.50	57.68	0.96	73200.56	133.48
21.00	14.22	0.91	72958.53	122.23
22.50	3.07	0.84	72445.67	109.39
24.00	0.00	0.78	71840.44	97.44
25.50	0.00	0.72	71255.39	86.84
27.00	0.00	0.67	70716.34	77.56
28.50	0.00	0.62	70225.93	69.41
30.00	0.00	0.58	69778.84	62.23
31.50	0.00	0.54	69370.45	55.89
33.00	0.00	0.50	68996.70	50.29
34.50	0.00	0.47	68654.05	45.32
36.00	0.00	0.44	68339.39	40.90
37.50	0.00	0.41	68049.97	36.97
39.00	0.00	0.38	67783.37	33.46
40.50	0.00	0.36	67537.43	30.32
42.00	0.00	0.34	67310.25	27.51
43.50	0.00	0.31	67100.11	25.00
45.00	0.00	0.30	66905.51	22.74
46.50	0.00	0.28	66725.08	20.70
48.00	0.00	0.26	66557.59	18.87
49.50	0.00	0.25	66401.95	17.22
51.00	0.00	0.23	66257.17	15.72
52.50	0.00	0.22	66122.36	14.37
54.00	0.00	0.21	65996.72	13.15

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO : CASTRO

AREA DE DRENAGEM : 360.0 Km2

Tempo de retorno (anos) 200

altura	volume (m3)
151.5	63,960,000
152.5	73,320,000
153.5	82,670,000
154.5	92,030,000

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
1.50	0.00	0.00	63960.00	0.00
3.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
4.50	3.09	0.00	63960.00	0.00
6.00	107.12	0.03	63968.02	0.79
7.50	233.42	0.12	64253.58	6.20
9.00	372.16	0.29	65123.39	21.60
10.50	496.58	0.51	66632.54	51.44
12.00	467.15	0.74	68725.17	90.50
13.50	403.04	0.93	70904.70	126.77
15.00	319.78	1.06	72654.72	153.64
16.50	236.53	1.12	73842.65	168.32
18.00	153.27	1.14	74462.15	171.25
19.50	70.90	1.10	74583.37	163.78
21.00	18.52	1.04	74272.70	149.48
22.50	3.96	0.96	73663.89	133.37
24.00	0.00	0.89	72953.62	118.35
25.50	0.00	0.82	72264.99	105.08
27.00	0.00	0.76	71632.08	93.52
28.50	0.00	0.70	71058.42	83.41
30.00	0.00	0.65	70537.27	74.55
31.50	0.00	0.61	70062.78	66.76
33.00	0.00	0.56	69629.91	59.89
34.50	0.00	0.52	69234.23	53.83
36.00	0.00	0.49	68871.88	48.46
37.50	0.00	0.46	68539.48	43.69
39.00	0.00	0.43	68234.07	39.45
40.50	0.00	0.40	67953.00	35.68
42.00	0.00	0.37	67693.95	32.31
43.50	0.00	0.35	67454.87	29.29
45.00	0.00	0.33	67233.91	26.59
46.50	0.00	0.31	67029.45	24.17
48.00	0.00	0.29	66840.02	21.99
49.50	0.00	0.27	66664.30	20.03
51.00	0.00	0.26	66501.13	18.26
52.50	0.00	0.24	66349.45	16.67
54.00	0.00	0.23	66208.30	15.23

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO : CASTRO

AREA DE DRENAGEM : 360.0 Km2

Tempo de retorno (anos) 500

altura	volume (m3)
151.5	63,960,000
152.5	73,320,000
153.5	82,670,000
154.5	92,030,000

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
1.50	0.00	0.00	63960.00	0.00
3.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
4.50	7.41	0.00	63960.00	0.01
6.00	138.77	0.04	63979.22	1.24
7.50	293.39	0.16	64357.63	9.08
9.00	463.17	0.36	65459.85	30.73
10.50	609.93	0.64	67339.98	71.79
12.00	568.16	0.92	69911.30	124.44
13.50	489.93	1.14	72547.53	171.43
15.00	387.83	1.28	74591.05	204.63
16.50	285.74	1.35	75921.32	221.32
18.00	183.65	1.35	76562.70	222.43
19.50	83.69	1.30	76604.60	210.10
21.00	21.68	1.21	76133.21	189.35
22.50	4.94	1.12	75318.70	167.19
24.00	0.00	1.03	74415.13	147.45
25.50	0.00	0.95	73575.61	130.31
27.00	0.00	0.87	72815.78	115.48
28.50	0.00	0.81	72130.21	102.58
30.00	0.00	0.75	71510.03	91.34
31.50	0.00	0.69	70947.64	81.50
33.00	0.00	0.64	70436.49	72.87
34.50	0.00	0.60	69970.91	65.28
36.00	0.00	0.56	69545.99	58.59
37.50	0.00	0.52	69157.43	52.68
39.00	0.00	0.48	68801.48	47.44
40.50	0.00	0.45	68474.84	42.78
42.00	0.00	0.42	68174.61	38.65
43.50	0.00	0.39	67898.23	34.96
45.00	0.00	0.37	67643.43	31.66
46.50	0.00	0.35	67408.20	28.71
48.00	0.00	0.32	67190.75	26.07
49.50	0.00	0.30	66989.48	23.70
51.00	0.00	0.29	66802.95	21.57
52.50	0.00	0.27	66629.90	19.65
54.00	0.00	0.25	66469.16	17.92

QUADRO 5.17

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO : CASTRO

AREA DE DRENAGEM : 360.0 Km2

Tempo de retorno (anos) 1000

altura	volume (m3)
151.5	63,960,000
152.5	73,320,000
153.5	82,670,000
154.5	92,030,000

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
1.50	0.00	0.00	63960.00	0.00
3.00	0.00	0.00	63960.00	0.00
4.50	10.71	0.00	63960.00	0.02
6.00	162.71	0.05	63987.78	1.63
7.50	338.55	0.19	64436.49	11.49
9.00	532.29	0.42	65713.87	38.29
10.50	696.39	0.73	67874.24	88.62
12.00	645.86	1.05	70808.55	152.10
13.50	557.68	1.29	73776.86	207.45
15.00	441.05	1.44	76030.75	245.78
16.50	324.42	1.51	77474.30	264.04
18.00	207.79	1.51	78135.14	263.57
19.50	94.24	1.45	78118.14	247.18
21.00	24.65	1.35	77525.26	221.11
22.50	5.89	1.23	76554.72	193.78
24.00	0.00	1.13	75495.22	169.62
25.50	0.00	1.04	74516.16	149.19
27.00	0.00	0.95	73651.10	131.82
28.50	0.00	0.88	72883.79	116.78
30.00	0.00	0.81	72191.65	103.72
31.50	0.00	0.75	71565.67	92.33
33.00	0.00	0.70	70998.14	82.37
34.50	0.00	0.65	70482.44	73.64
36.00	0.00	0.60	70012.81	65.96
37.50	0.00	0.56	69584.26	59.18
39.00	0.00	0.52	69192.46	53.20
40.50	0.00	0.49	68833.59	47.90
42.00	0.00	0.45	68504.33	43.20
43.50	0.00	0.42	68201.74	39.01
45.00	0.00	0.40	67923.22	35.29
46.50	0.00	0.37	67666.48	31.96
48.00	0.00	0.35	67429.50	28.98
49.50	0.00	0.33	67210.45	26.31
51.00	0.00	0.31	67007.72	23.91
52.50	0.00	0.29	66819.87	21.76
54.00	0.00	0.27	66645.60	19.83

000142

QUADRO 5.18

RESULTADOS OBTIDOS PELO HEC-1

=====

ESTUDO DOS EVENTOS MAXIMOS DE CHEIA PARA DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO
BACIA ENTRADA DO ACUDE CASTRO

```

chuva (mm) 0      5      13      29      96      105      112
area (km2)          360 numero da curva 80 tc(h) 8 6
cota do espelho 151 5 cota da soleira 151 5
volume(1000m3) 22465 49925 54604 96709
colta ( m)      145 0 150 0 150 5 155 0
sangradouro 80 0 c=1 77 expoente 1 5
    
```

HYDROGRAPH AT STATION BACIA

ORD	RAIN	LOSS	EXCESS	COMP Q	*	ORD	RAIN	LOSS	EXCESS	COMP Q
1	00	00	00	0	*	19	00	00	00	14
2	5 00	5 00	00	0	*	20	00	00	00	9
3	8 00	8 00	00	0	*	21	00	00	00	7
4	16 00	12 67	3 33	6	*	22	00	00	00	4
5	67 00	23 06	43 94	101	*	23	00	00	00	2
6	9 00	1 59	7 41	315	*	24	00	00	00	1
7	7 00	1 11	5 89	586	*	25	00	00	00	0
8	00	00	00	708	*	26	00	00	00	0
9	00	00	00	678	*	27	00	00	00	0
10	00	00	00	543	*	28	00	00	00	0
11	00	00	00	369	*	29	00	00	00	0
12	00	00	00	248	*	30	00	00	00	0
13	00	00	00	165	*	31	00	00	00	0
14	00	00	00	109	*	32	00	00	00	0
15	00	00	00	72	*	33	00	00	00	0
16	00	00	00	48	*	34	00	00	00	0
17	00	00	00	32	*	35	00	00	00	0
18	00	00	00	21	*	36	00	00	00	0

TOTAL RAINFALL = 112 00, TOTAL LOSS = 51 43, TOTAL EXCESS = 60 57

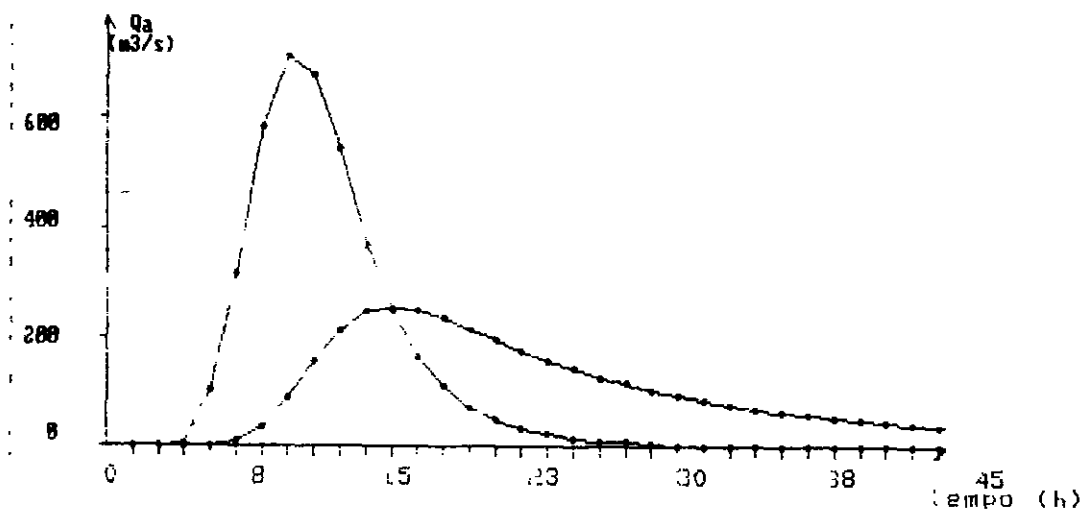
PEAK FLOW 708 TIME 10 50

HYDROGRAPH AT STATION SANGRA

ORD	OUTFLOW	STORAGE	STAGE	*	ORD	OUTFLOW	STORAGE	STAGE	*	ORD	OUTFLOW	STORAGE	STAGE			
1	0	63960	7	151 5	*	13	248	77517	7	152 9	*	25	75	70045	7	152 2
2	0	63960	7	151 5	*	14	233	76960	6	152 9	*	26	68	69661	6	152 1
3	0	63960	7	151 5	*	15	213	76247	4	152 8	*	27	62	69312	3	152 1
4	0	63977	3	151 5	*	16	194	75472	6	152 7	*	28	56	68994	8	152 0
5	1	64265	2	151 5	*	17	174	74692	5	152 6	*	29	51	68705	1	152 0
6	8	65365	3	151 7	*	18	156	73942	6	152 6	*	30	47	68439	0	152 0
7	36	67679	7	151 9	*	19	140	73236	8	152 5	*	31	43	68194	0	152 0
8	90	70835	9	152 2	*	20	126	72581	7	152 4	*	32	40	67968	6	151 9
9	156	73917	4	152 6	*	21	113	71981	6	152 4	*	33	37	67761	1	151 9
10	212	76219	8	152 8	*	22	102	71432	3	152 3	*	34	34	67570	0	151 9
11	246	77444	6	152 9	*	23	91	70928	4	152 2	*	35	32	67392	9	151 9
12	254	77759	8	153 0	*	24	82	70467	0	152 2	*	36	30	67227	7	151 8

PEAK FLOW 254 0 TIME 16 5

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA



- 3) Calcular a matriz de transição de probabilidade devido à metade da Evaporação (E). Supõe-se que a relação cota x área x volume obedece as fórmulas:

$$V = \alpha h^3$$

$$A = 3\alpha h^2, \text{ onde:}$$

h = altura do espelho d'água

V = volume acumulado à altura h ;

A = área do espelho d'água à altura h ;

α = coeficiente de forma da bacia hidráulica obtido por regressão.

- 4) Calcular a matriz de transição de probabilidade para uma retirada anual de M unidades de água (M).

- 5) Calcular a matriz de transição de probabilidade anual através do produto das matrizes parciais.

$$[Q] = [W] [E] [M] [E]$$

- 6) Calcular o vetor de probabilidade de reserva no ano N , através da relação

$$\underline{P}_N = [Q] \underline{P}_{N-1}$$

O vetor de probabilidade do ano N tem a forma

$$\underline{P}_N = \begin{bmatrix} P_{0,n} \\ P_{1,n} \\ P_{2,n} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{n,n} \end{bmatrix}$$

Onde P_N representa a probabilidade da reserva está no estado i no tempo j . Assim, o elemento $P_{n,N}$ representa a probabilidade do reservatório estar cheio no ano N .

Admitindo-se o reservatório inicialmente seco, tem-se o vetor de probabilidade de reserva P_0 .

$$\underline{P}_N = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

A partir daí, pode-se determinar esse valor a qualquer tempo.

Através dessa metodologia foram determinadas as curvas de probabilidade de enchimento do açude no ano N para as hipóteses de retiradas: de $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$ e nula. Os resultados são mostrados no Quadro 5.20.

QUADRO 5.20
ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO NA FASE
TRANSIENTE (0-10 ANOS). AÇUDE INICIALMENTE SECO

ANO	PROBABILIDADE DE ENCHIMENTO (%)	
	P/M = 0	P/M = $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$
1	12.28	12.28
2	22.43	15.96
3	28.86	17.46
4	32.18	18.07
5	33.75	18.32
6	34.46	18.42
7	34.77	18.46
8	34.93	18.49 *
9	34.99	18.49
10	34.99 *	18.49

M = Retirada anual

$0.36 \text{ m}^3/\text{s}$ = Vazão regularizada com 90% de garantia

* = Início do estado de equilíbrio (independente das condições iniciais).

6 - APÊNDICE - ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE BOQUEIRÕES

O projeto alternativo do Açude Público Castro foi elaborado em decorrência de contrato firmado entre o DNOCS e a AGUASOLOS, conforme Carta Convite nº 08/88 - DGO/G.

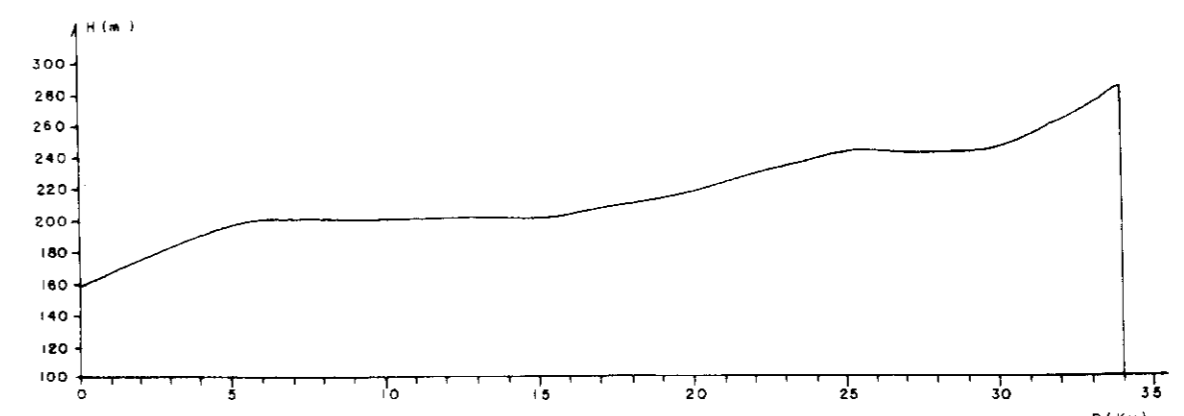
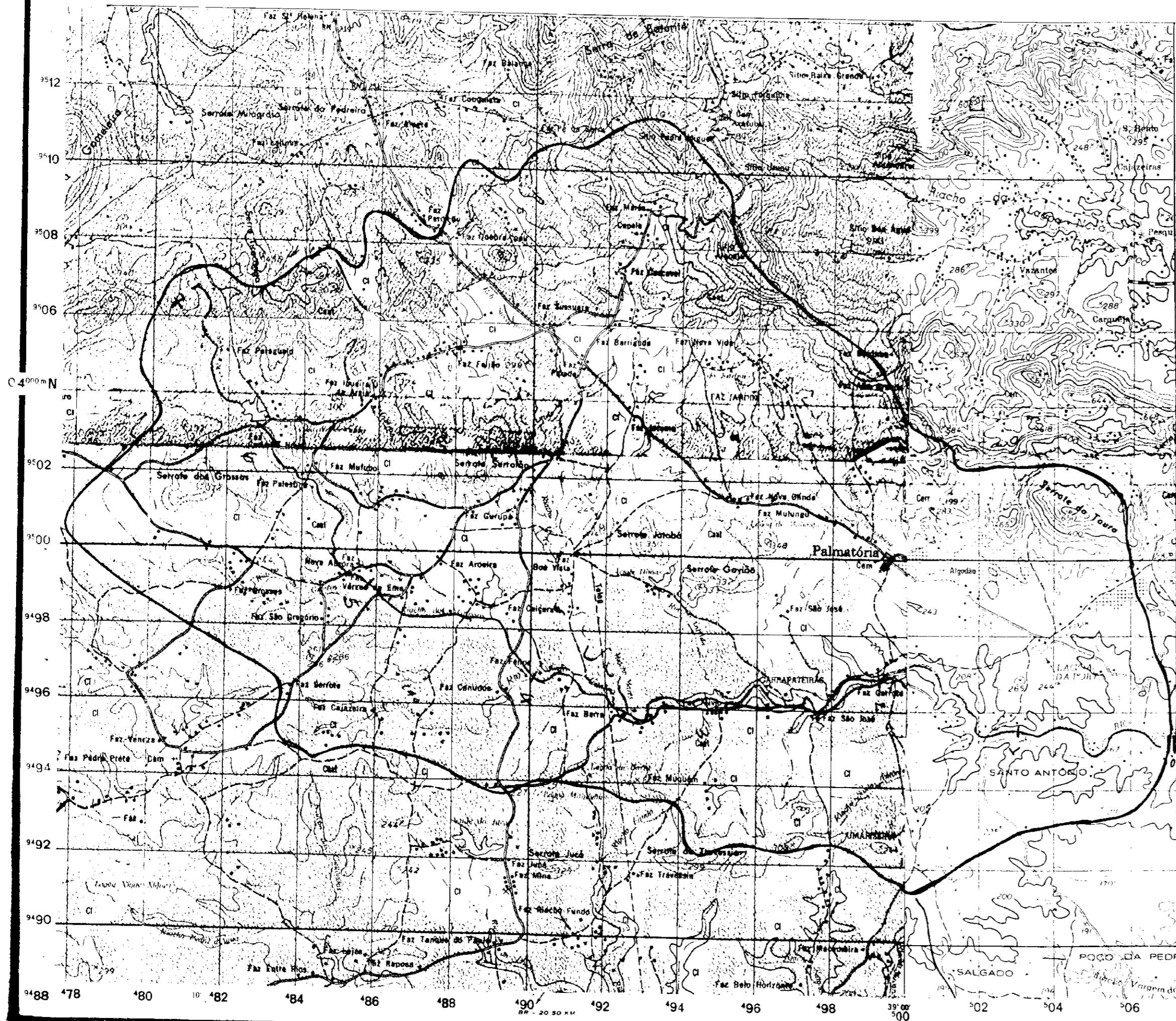
O projeto foi desenvolvido com a finalidade de obter um maior aproveitamento da contribuição da bacia hidrográfica, possibilitando a criação de um reservatório que funcionará como fonte de recursos hídricos para o abastecimento da sede do município de Itapuína e das populações ribeirinhas, para irrigar as extensas áreas aluviais que ocorrem a jusante do barramento e para piscicultura.

Diante deste objetivo foi realizado, antecipadamente, uma fotointerpretação ao longo do Rio Castro, procurando-se identificar os boqueirões possíveis de serem barrados, que atendessem com menores custos e maior aproveitamento, a finalidade da obra.

Neste estudo de fotointerpretação foram identificados três boqueirões, sendo que, posteriormente, uma equipe de técnicos foi enviada ao campo elegendo o boqueirão 2 como o mais interessante.

A Figura a seguir mostra a localização dos locais estudados.

Os trabalhos relativos ao projeto do açude tiveram início em fevereiro/88, quando a Consultora recebeu os dados dos estudos elaborados pelo DNOCS no boqueirão 2 e deu andamento aos contatos preliminares para conhecer os fatores condicionantes e influentes da obra.



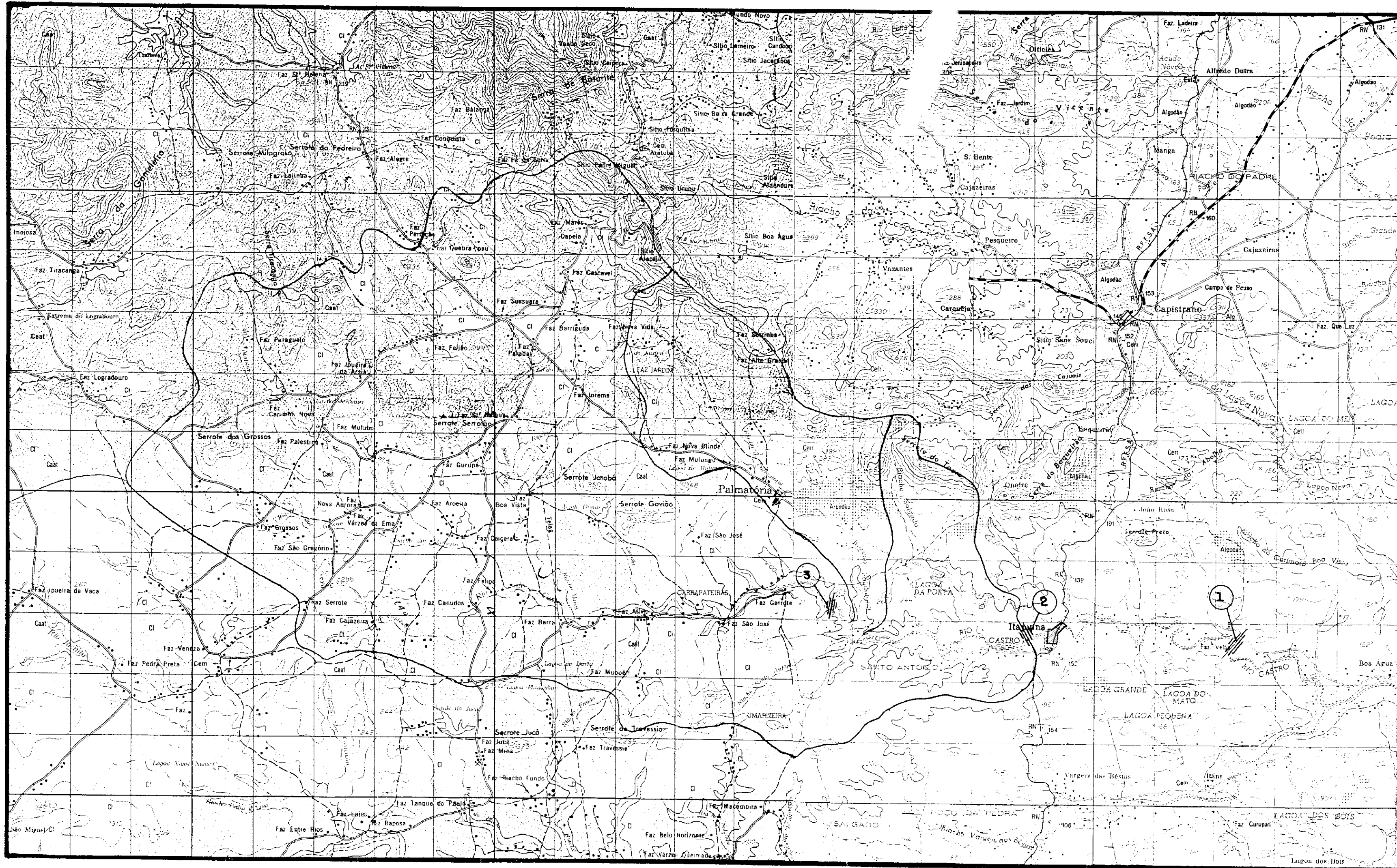
PERFIL DO TALVEGUE

CARCTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA


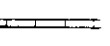
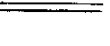
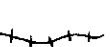
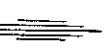
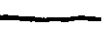

ÁREA	_____	A = 360 Km ²
COMPRIMENTO DO TALVEGUE	_____	L = 34 Km
ÍNDICE DE COMPACTIDADE	_____	K _c = 1,22
FATOR DE FORMA	_____	K _f = 0,32
DECLIVIDADE MÉDIA	_____	D = 0,0037m/m
TIPO DE RELEVO	_____	R 5 e R 6

FIGURA - 5.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO ACUDE CASTRO

000149



LEGENDA

-  - Cidade
-  - Rodovia Asfaltada
-  - Rodovia Secundária
-  - Caminho
-  - Estrada de ferro
-  - Barramento
-  - Limite da Bacia

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS BOQUEIRÕES

000150

COMENTÁRIOS SOBRE OS BOQUEIRÕES ESTUDADOS**- BOQUEIRÃO 1**

- Está localizado aproximadamente a 8 Km a jusante da cidade de Itapiúna;
- Apresenta ombreiras alongadas e suaves, devido ao vale aberto;
- Não pode ser construída uma barragem em cotas muito elevadas, pois compromete, com inundações, a cidade de Itapiúna, bem como a linha férrea. Não oferecendo portanto, um bom aproveitamento hídrico da bacia;
- A distância entre este boqueirão e a confluência dos Rios Castro e Choró é de aproximadamente 5 Km, com sensível diminuição de áreas irrigáveis;
- Há risco de poluição do lago a partir dos esgotos provenientes da cidade de Itapiúna;
- A localização para o sangradouro é difícil, pois não existe rocha em superfície nas ombreiras, o que dificulta a obra neste local;
- Para o abastecimento da cidade de Itapiúna haverá necessidade de bombeamento com maiores gastos de energia.

- BOQUEIRÃO 2

- Está localizado a aproximadamente 1 Km a montante da cidade de Itapiúna, não havendo portanto risco de contaminação por parte dos esgotos da cidade;

- O trajeto da adutora para o abastecimento da cidade de Itapiúna, é o de menor distância;
- O boqueirão é fechado, com ombreiras íngremes, oferecendo boas condições para implantação da obra;
- Existe uma sela topográfica na ombreira direita com condições favoráveis para a implantação do sangradouro;
- A partir deste boqueirão o vale passa a ser aberto, apresentando maiores áreas irrigáveis;
- O aproveitamento hídrico da bacia é significativo, com acumulação de $63,9 \times 10^6 \text{ m}^3$, pois incorpora o riacho Palmatória que representa cerca de um terço da bacia total.

- BOQUEIRÃO 3

- Está localizado a aproximadamente 13 Km a montante da cidade de Itapiúna, aumentando o trajeto da adutora para o abastecimento da referida cidade em comparação a alternativa 2;
- O boqueirão é fechado, porém o local para implantação do sangradouro é difícil, devido aos condicionamentos topográficos, o que onera os custos finais, inviabilizando a obra.
- O aproveitamento hídrico neste local é pequeno, pois deixa de incorporar os riachos Palmatória e Salgado afluentes da margem esquerda do rio Castro, que são significativos no aproveitamento hídrico da bacia.

Após o estudo prévio realizado nos boqueirões identificados, pode-se tomar as seguintes decisões:

- O boqueirão 1, a partir de seus condicionamentos topográficos desfavoráveis, bem como pelo impacto ecológico causado pela provável poluição do lago, torna esta alternativa inviável;
- Para os boqueirões 2 e 3 foi realizado um estudo hidrológico, comparando, para cada alternativa, os seus volumes afluentes anuais e as vazões de regularização chegando-se aos seguintes valores:

Alternativa	Vol. Afl. Anual (hm ³)	Vazão Regularizada (m ³ /s)
2	25,20	0,36
3	15,50	0,18

Logo, pode-se concluir que a alternativa 2 é a mais vantajosa por apresentar um maior volume afluente e, conseqüentemente, um maior aproveitamento hídrico da bacia, devido as condições topográficas favoráveis e a maior vazão de regularização, para atender a demanda hídrica necessária ao consumo de jusante.

A TÉCNICA QUE CONDUZ AO FUTURO



Projeto Curu - Parapaba



Praia de Iracema



Projeto Curu - Parapaba

000154

Quando uma empresa acompanha a evolução de seu tempo utilizando inovadoras e avançadas técnicas para a execução de seus serviços com eficiência e responsabilidade, cumpre o seu papel perante o futuro, contribuindo, desta forma, para o progresso do homem.



FAZ PARTE DA EVOLUÇÃO