

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE**

**PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM CATU**

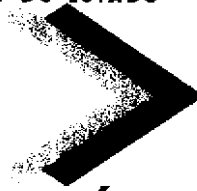
TOMO I RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS

**VOLUME 2 ESTUDOS GEOLÓGICOS E
GEOTÉCNICOS**

KL

**FORTALEZA- CE
SETEMBRO DE 1997**

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM CATU

TOMO I - RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
VOLUME 2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

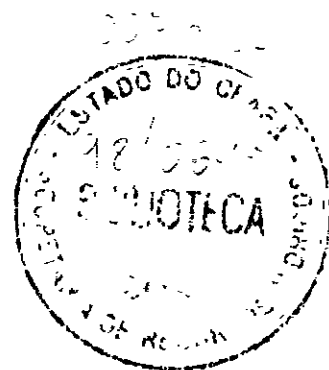
Lote: 00736 - Prep () Scan () Index ()
Projeto Nº 0046/01/02/16
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

RI - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

AV. CARLOS DE ALBUQUERQUE, 1300 - JARDIM BELVAL - FORTALEZA - CE
CEP: 60.010-000
FONE: (85) 3222.1111
FAX: (85) 3222.1112



FORTALEZA
SETEMBRO / 97



ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	6
1 - INTRODUÇÃO	9
2 - GEOLOGIA	12
2.1 - GEOLOGIA REGIONAL	12
2.2 - ESTUDO GEOLOGICO	14
2.2.1 - Fotointerpretação Geológica.....	14
2.2.2 - Geologia Local	14
2.2.3 - Estruturas	15
3 - GEOTECNIA	23
3.2 - DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS	24
3.2.1 - Sondagens a Pá e Picareta	24
3.2.2 - Sondagens a Percussão	26
3.2.3 - Sondagens Mistas	27
3.3 - ENSAIOS IN SITU	28
3.3.1 - Ensaio de Permeabilidade Com Carga Constante	28
3.4 - PESQUISA DE JAZIDAS	29
3.4.1 - Generalidades	29
3.4.2 - Jazidas de Solo (Empréstimo 1 e 2)	30
3.4.3 - Jazidas de Areia (AREAL 1).....	32
3.4.4 - Pedreira (P1)	32
3.5 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO	33
3.6 - COMENTARIOS GERAIS SOBRE AS INVESTIGAÇÕES	75
3.6.1 - Fundações	75
3.6.2 - Ombreiras	76



3.6.3 - Sangradouro	76
3.6.4 - Materiais de Construção	76
3.6.4.1 - Materiais Terrosos - Area de Emprestimo	77
3.6.4.2 - Materiais Arenosos	78
3.6.4.3 - Materiais Rochosos	79
ANEXO	80
ANEXO A - Desenhos	



APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

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

O Projeto Executivo é composto pelos seguintes estudos

FASE A DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

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

FASE B-DETALHAMENTO DO PROJETO DE ENGENHARIA A NÍVEL EXECUTIVO

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



O presente volume faz parte do TOMO I - Relatório dos Estudos Básicos - Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos, e possui como objetivo principal a apresentação das investigações geológicas e geotécnicas, ensaios in situ e em laboratório, bem como as conclusões obtidas através da análise de seus resultados, de forma a definir as características do local das obras e dos materiais de construção a serem utilizados disponíveis na região



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

As investigações executadas para caracterização geológico-geotécnica da região das obras, foram divididas em duas fases a saber: estudos geológicos de superfície e investigações geotécnicas de subsuperfície

Os estudos geológicos de superfície constaram do mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro e estudos de reconhecimento superficial dos materiais a serem utilizados na construção da barragem e estruturas adjacentes

As sondagens de subsuperfície efetuadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos consistiram na abertura de Poços de Inspeção a Pá e Picareta (SPP), Sondagens a Percussão (SP), Sondagens Mistas (SM) com ensaios "in situ" do tipo Ensaio de Perda d'água Específica e Permeabilidade com carga constante (Le Franc).

É interessante ressaltar que, quando da execução das investigações geotécnicas, houve extração de amostras de solo do eixo barrável e das jazidas, de modo a se proceder às análises de laboratório necessárias à caracterização dos materiais existentes na região

Todos os procedimentos utilizados seguiram as normas preconizadas pela ABNT

Foi realizado um mapeamento da região, abrangendo as áreas inicialmente previstas como locais de barragem e de bacia de armazenamento. Para tanto foi utilizada uma Carta Topográfica em escala 1:100 000, um Mapa Geológico Radam Brasil na escala 1:1 000 000 bem como um Mapeamento superficial, à pequena escala, executado em campo. São portanto, salientados aspectos essencialmente litológicos-estruturais, ressaltando-se indicação do sistema de fraturamento que ocorre na área

Com a conclusão desse trabalho gerou-se um mapa geológico na região da barragem e sangradouro em escala 1:25 000, onde são ressaltados os detalhes topográficos e litológicos de superfície, e uma planta do eixo da barragem indicando as principais ocorrências

Com os resultados apresentados através dos boletins de sondagens constantes do Volume 2A - Estudos Geotécnicos - ANEXOS e demais ensaios efetuados, pôde-se traçar um provável perfil geológico-geotécnico da região da obra em epígrafe, apresentado no Anexo A - DESENHOS

Através da união deste acervo de informações, analisou-se as características inerentes ao local, extraiu-se os parâmetros básicos necessários a dar continuidade aos estudos do Projeto Executivo



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

2 - GEOLOGIA

2 - GEOLOGIA

2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

Complexo Caicó (p.c)

Diversos trabalhos foram realizados na área de ocorrência desta unidade. No início da década passada Leal, Manoel Filho, Albuquerque, Cruz e França referiram-se ao Pré-Cambriano, como Pré-Cambriano indiferenciado e Pré-Cambriano inferior (Grupo Caicó e Pré Caicó mais antigo, sem idade específica), englobando uma espessa e variada sequência de metassedimentos, gnaisses, xistos, quartzites, paranfibólito e calcários, com migmatitos e rochas graníticas associadas.

Miyashiro (1973) (*), fez um estudo comparativo básico das associações, concluindo que a área investigada pode ser enquadrada nos terrenos de média pressão, com temperatura variando de média a alta, enquadrando-a no facie anfibólito e cujas subfacies são, caracterizadas pela Silimanita e Cianita. Segundo outros autores pode-se ainda enquadrar a área nas zonas Cianita e da Silimanita da série de Bauow (in Miyashiro op cit) ou ainda na zona da almandina-anfibólito de Turner & Verhoogen (1960) e Winklen (1974) ((*) Projeto RADAMBRASIL, 1981 - FOLHA FORTALEZA) Litologicamente este complexo é representado na área por gnaisses e migmatitos. Os gnaisses são de coloração cinza clara, granulação cinza a média, foliação bem desenvolvida, constituídas principalmente por quartzo, feldspato e minerais micáceos. Os migmatitos variam desde os heterogêneos, metatexitos conforme Mehnert (1971) até os termos envolvendo anatexitos. São geralmente rochas de coloração cinza, natureza gnáissica, granulação média a grosseira e composição granítica. O neossoma é também granítico, com predominância dos félsicos (quartzo-feldspáticos). Os tipos heterogêneos não possuem limites determinados, havendo uma passagem gradativa para migmatitos homogêneos ou gnaisses, em escala de afloramento.

Grupo Barreiras(TQb)

O Grupo Barreiras devido à sua grande distribuição espacial sobrepõe diversas unidades litoestratigráficas mapeadas, sendo que na orla da praia sotopõe-se em discordância pela cobertura que formam as dunas, e localmente ao longo do vale do rio Pacoti e tributários, pelos sedimentos aluvionares.

Branner (1902) denominou pela primeira vez de "Barreira" os sedimentos clásticos, de natureza variegada com variações de argilas e conglomerados ocorrentes no litoral brasileiro

Compreende toda a sequência variegada constituída de clástico finos à grosseiros que ocorrem na crosta, infraquentes às dunas. Estes depósitos ocorrem por toda a faixa da bacia hidrográfica da barragem do riacho Catú. Todo este pacote sedimentar repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino.

Esta formação é constituída petrograficamente por um ortoconglomerado grosseiro, aligométrico, de elevada maturidade, cimentado por material laterítico síltico-ferruginoso de cores marrom, castanho e vermelho, extremamente duros (observados em alguns trechos dos rios Pacoti e Choró)

A espessura desses sedimentos varia de local, para local, tanto pela irregularidade do seu substrato, paleorelevo, como pela erosão que trunca suas camadas, ficando mais profunda em áreas mais úmidas, ou nivelando os seus topos em condições mais áridas.

O Grupo Barreiras na área em epígrafe não apresenta evidências de perturbação tectônica, mas tão somente uma ligeira inclinação em direção ao mar, reflexo, talvez em parte do paleorelevo das rochas do seu substrato.

Litologicamente essa sequência sedimentar é representada por argilas variegadas e arenitos avermelhados com níveis caulínicos, conglomerados grosseiros com matriz arenosa avermelhada, reunidas por cimento ferruginoso, localmente às vezes muito consistente, incluindo seixos de quartzo, quartzito, bem selecionados e de rochas cristalinas diversas, apresentadas sempre uma estratificação não distinta.

Na região litorânea ocorre como um espesso pacote de material arenoargiloso de colorações vermelhas e creme-amareladas, mal selecionados, com raros níveis caulínicos, com acamamento não distinto, e intercalação de leitos, de granulação mais grosseira conglomerática. Nas porções mais próximas à costa, a lixiviação contribui para carrear material argiloso, resultando uma cobertura mais arenosa na parte mais superior desta unidade (Projeto RADAMBRASIL e FORTALEZA)

Aluviões

Os sedimentos quaternários que ocorrem na região são representados pelos aluviões, que ocorrem nos rios, riachos, bacias isoladas, ou lagunas recentes.

Compreendem também as faixas alongadas, estreitas e sinuosas depositadas nas calhas dos rios, dominantes orientadas segundo NE e NNE, que iniciando-se no interior, alargam-se gradativamente no sentido da zona litorânea, onde são seccionados abruptamente pela linha da costa

No vale do Pacoti os sedimentos apresentam uma extensão de aproximadamente 30km, os quais em sua maior parte recobrem terrenos Pré-cambriano, com larguras variando de alguns metros até 1,5km

A espessura dos aluviões varia entre 1 e 5 metros de um modo geral

Litologicamente os aluviões de um modo geral são representadas por areias finas a grossa, de coloração cinza claro, com variações para tonalidades escuras, ocorrendo localmente cascalhos grosseiros, blocos com dimensão de matação e argila com matéria orgânica em decomposição

(Projeto Fortaleza e RADAMBRASIL, 1977 e 1981)

2.2 - ESTUDO GEOLÓGICO

2.2.1 - Fotointerpretação Geológica

Os estudos geológicos consistiram primeiramente de uma pesquisa bibliográfica de trabalhos que englobassem a área Projeto RADAMBRASIL e Fortaleza com mapas nas escalas 1 500 000 e 1 250 000 respectivamente (DNPM/CPRM)

Em seguida foi realizado o estudo de fotointerpretação geológica de uma área de 6,5 x 8km, utilizando fotografias aéreas verticais, em preto e branco, na escala de 1 25 000, do SACS / Serviços Aerofotogramétricos do Cruzeiro do Sul, da bacia hidráulica e parte da bacia hidrográfica da Barragem do Rio Catú. As fotografias utilizadas correspondem às faixas 1,2 e 3 dos foto-índices 752 e 683 (Folhas Beberibe e Aquiraz)

No final, foi elaborado um mapa fotogeológico na escala 1 25 000

2.2.2 - Geologia Local

O estudo da geologia local foi executado ao longo do eixo topográfico da referida barragem, abrangendo 150m para montante e para jusante aproximadamente. Foram realizados um reconhecimento geológico de superfície, bem como de alguns poços e sondagens feitas no local

Litologicamente ocorrem na área gnaisses do Complexo Caicó (pEc), material areno-argiloso/siltoso do Grupo Barreiras (TQb) e os aluviões (Qa)

A unidade gnáissica ocorre na área, mascarada por uma cobertura de sedimentos do Grupo Barreira (TQb), variado de 2 a 9m de profundidade, observados nos poços e sondagem realizadas. Ocorrem como solos altamente diagenizados (argilo-mineral) não conservando características reliquiares de origem da referida rocha

A área é recoberta praticamente por 95% de material areno-argiloso do Grupo Barreira, coloração cinza creme, com horizontes silto-arenosos à argilo-areno-pedregulhoso com fragmentos sub angulosos arredondados de seixos de quartzo de tamanhos variáveis, podendo conter ainda óxido de ferro e matéria orgânica

Os aluviões estão restritos ao leito do Riacho Catú e alguns córregos auxiliares, com pouca representatividade devido à pouca margem e pequena espessura do pacote variando de 2 a 5m de profundidade

2.2.3 - Estruturas

A área possui um relevo pouco ondulado, com vegetação de médio porte e está em torno de 30 a 40 metros

Não foram encontrados afloramentos na área devido ao relativo pacote de sedimentos Tércio / Quaternário do Grupo Barreiras (TQb), onde as estruturas encontram-se totalmente recobertas por esta unidade

A área sob ponto de vista tectônico é totalmente estável, não tendo sido catalogados algum acontecimento de natureza sísmica até o presente



FOTO 1 - Afloramento de Gnaiss (medianamente alterado) situado à margem esquerda da estrada carroçável, que liga Aquiraz à localidade de Guarda (aproximadamente 1.000 m do Eixo) - Complexo Caicó



FOTO 2 - Mesmo afloramento da Foto 1, onde são observados Planos de fraturamentos com direção preferencial N 85° E/SV - Média a Longa - Fechadas (6) e Planos de Foliações N 20°/ 25° NW - Complexo Caicó.

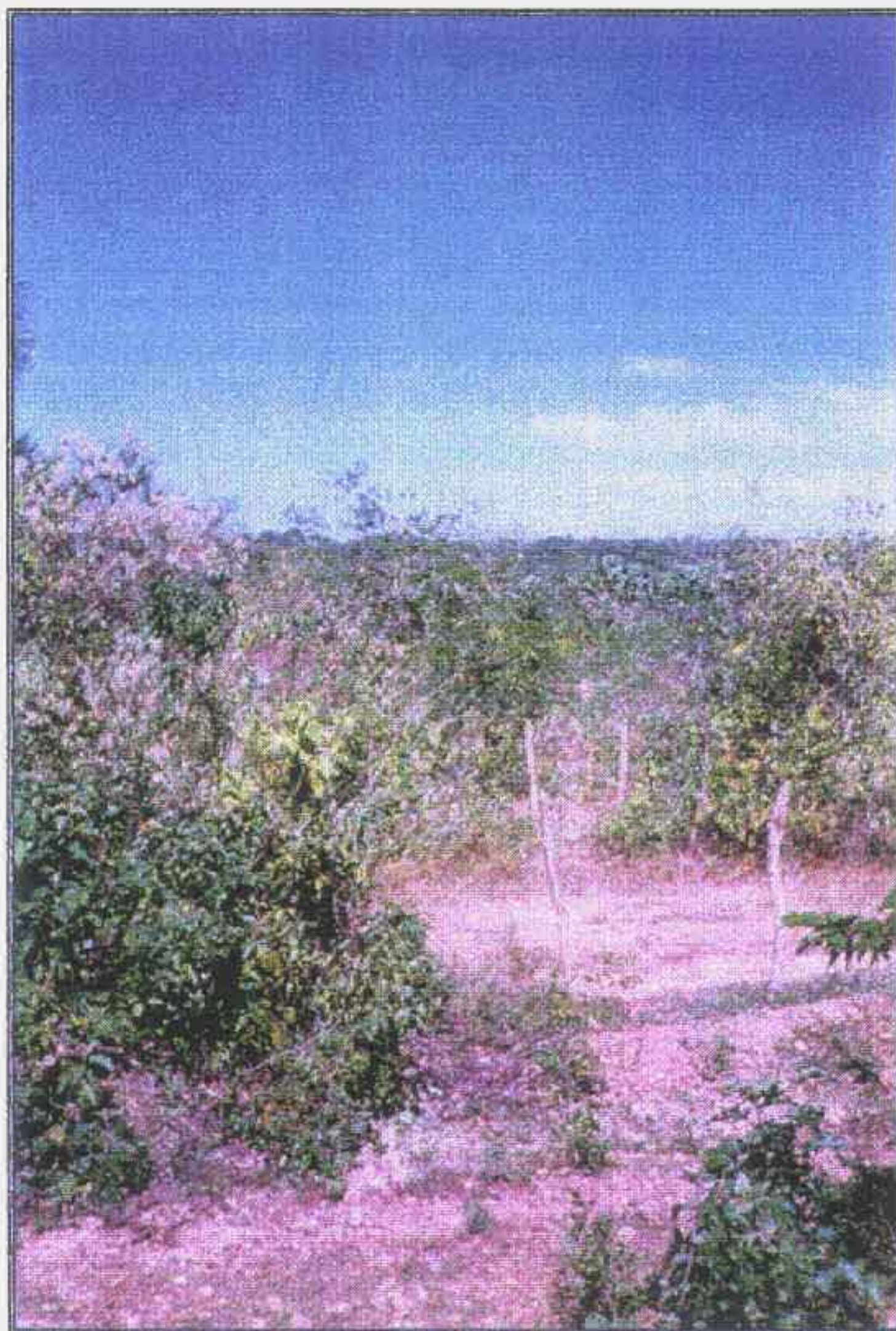


FOTO 3 - Vista Longitudinal do Eixo Topográfico, onde são vistos seixos de Quartzo subangulosos à arredondados de tamanhos variáveis. Dispersos ao solo.



FOTO 4 - Seixos de quartzo de tamanhos variáveis sobre um solo argilo arenoso



FOTO 5 - Poço escavado no trecho do eixo topográfico do barramento, onde observa-se uma cobertura de solo areno-argiloso de coloração branco e acinzentado, textura fina a média - Grupo Barreiras.



FOTO 6 - Poço escavado no eixo topográfico do barramento, onde é observado um solo argiloso, pouco moldável de relativa atividade, com níveis arenosos, de coloração amarelo amarronzado com textura média a fina - Grupo Barreiras



FOTO 7 - Leito do Riacho Catú



FOTO 8 - Riacho Catú, onde são vistos os sedimentos Aluvionares do Quaternário



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

3 - GEOTECNIA

3 - GEOTECNIA

3.1 - GENERALIDADES

A presente investigação geotécnica teve como principal objetivo efetuar uma criteriosa inspeção no subsolo local, de forma a conhecer melhor as características da área, bem como dos materiais provenientes das jazidas a serem exploradas

Após uma primeira campanha de investigações, foi executada, de modo a refinar os dados de projeto, melhorando assim a qualidade técnica das investigações, uma campanha complementar, na qual constam sondagens mistas adicionais, ensaios de caracterização do material proveniente de escavação da região do sangradouro, e ensaios de permeabilidade "in situ". A cada sub - item a seguir detalhado, apresenta-se o estudo complementar efetuado de forma separada, para melhor compreensão das fases de estudos em campo

O quadro-resumo a seguir apresenta toda a investigação Geotécnica executada, englobando investigações anteriores e complementares

SONDAGENS	
A. EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO	
SONDAGENS	QUANT.
Pa e Picareta (m)	29,75
Percussão (m)	127,11
Rotativa em Rocha Diâmetro NX (m)	211,09
B. MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	
MATERIAIS	QUANT
Argila - Pá e Picareta (m)	35,80
Areia - Trado (m)	4,00
ENSAIOS GEOTÉCNICOS	
A MATERIAIS DO EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO	
ENSAIOS	QUANT.
Perda de água Com 5 estágios de pressão	-
Infiltração in situ (Le Franc) com carga variável	59,00
B MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SELECIONADOS	
ENSAIOS PARA MATERIAIS TERROSOS	QUANT.
Granulometria sem sedimentação	28,00

Granulometria com sedimentação	7,00
Limite de Liquidez	30,00
Limite de Plasticidade	30,00
Peso Específico	18,00
Umidade Natural	18,00
Proctor Normal	18,00
Permeabilidade (carga variável)	14,00
Cisalhamento Direto Lento	8,00
ENSAIOS PARA MATERIAIS PÉTREOS	
Los Angeles	3,00
ENSAIOS AREAIS	
Granulometria	2,00
Permeabilidade (carga constante)	4,00

3.2 - DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de três tipos de sondagens a saber

- SPP Sondagem a Pá e Picareta,
- SP Sondagem a Percussão,
- SM Sondagem Mista (iniciada a percussão e seguida em rotativa)

Todas as sondagens mencionadas acima seguiram as normas da ABNT

A locação, bem como as cotas topográficas das bocas de furos foram fornecidas a partir dos estudos topográficos de campo

Os itens a seguir descrevem, de forma sucinta, os processos executivos das sondagens

3.2.1 - Sondagens a Pá e Picareta

Os poços de inspeção distribuídos ao longo do eixo barrável e área do sangradouro, tiveram como principal objetivo o conhecimento de materiais entre sondagens tipo SP e SM, bem como extração de amostras para ensaios de laboratórios

Todos os poços foram perfurados por meio de escavação manual com dimensões de 1,50m longitudinalmente por 1,00m transversalmente

No quadro 3.1 são mostrados os dados gerais das sondagens e o 3.1 A - as sondagens complementares conforme comentado, os perfis individuais de sondagem estão no Volume 2A - Estudos Geotécnicos - Anexos, as localizações em planta se encontram no desenho 02/04 e o perfil geológico/geotécnico no desenho 03/04, do Anexo A - DESENHOS

**QUADRO 3.1
SONDAGEM A PÁ E PICARETA**

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SPP - 01	1 + 10 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 02	7 + 00 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 03	9 + 10 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 04	17 + 00 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 05	20 + 00 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 06	25 + 00 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 07	30 + 00 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 08	32 + 10 m	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 1J	30, 50m a jusante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 2M	30, 50m a montante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 3J	28, 50m a jusante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 4M	28, 50m a montante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 5M	28, 100m a montante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 6M	30, 100m a montante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 7J	28, 100m a jusante	1,50	1x 1,5 m	Vertical
SPP - 8J	30, 100m a jusante	1,50	1x 1,5 m	Vertical

QUADRO 3.1 - A
SONDAGEM A PÁ E PICARETA - ESTUDOS COMPLEMENTARES

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SPP - 1A	-7. 135m a Jusante	1.50	1.5 x 1.0 m	Vertical
SPP - 2A	-7. 111m à Montante	1.50	1,5 x 1,0 m	Vertical
SPP - 3A	-7 + 10m à Montante	2.50	1.5 x 1,0 m	Vertical
SPP - 4A	-7 + 10m à Jusante	2.50	1.5 x 1,0 m	Vertical

3.2.2 - Sondagens a Percussão

O objetivo básico destas sondagens foi o de definir a espessura dos depósitos aluvionais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do SPT”(STANDARD PENETRATION TEST), realizado a cada metro sondado

O critério de paralisação das sondagens foi o de lavagem por tempo (menos de 5cm de penetração para 10 minutos de lavagem) Todas as sondagens foram realizadas com diâmetro de 2 ½ ” (duas e meia polegadas)

O quadro 3 2 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas, os perfis individuais de sondagens estão no Volume 2A - Estudos Geotécnicos - anexos, as localizações em planta se encontram no desenho 02/04 e o perfil geológico / geotécnico, no desenho 03/04, no Anexo A - Desenhos

QUADRO 3.2
SONDAGEM A PERCUSSÃO

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	PROFUNDIDADE	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP - 1	4 + 10 m	4 70	2x ½ ”	Vertical
SP- 2	9	3 70	2x ½ ”	Vertical
SP - 3	11 + 10 m	3 80	2x ½ ”	Vertical
SP - 4	14	3 80	2x ½ ”	Vertical
SP - 5	16	3 75	2x ½ ”	Vertical
SP - 6	18	2 75	2x ½ ”	Vertical

SP - 7	22	2 70	2x ½ "	Vertical
SP - 8	24+ 10 m	3 75	2x ½ "	Vertical
SP - 9	28	3 70	2x ½ "	Vertical
SP - 10	14(20m à montante)	3 80	2x ½ "	Vertical
SP - 11	14(20m à jusante)	4 20	2x ½ "	Vertical
SP - 12	16(20m à montante)	4 75	2x ½ "	Vertical
SP - 13	16(20m à jusante)	3 70	2x ½ "	Vertical

3.2.3 - Sondagens Mistas

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todos os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executada por meio de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão

Iniciou-se os furos com sondagem percussiva no diâmetro de 2 ½ "(duas e meia polegadas), no qual foi definida a espessura dos depósitos aluviais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do "SPT" Prosseguiu-se com sonda rotativa, na qual usava-se a sonda MACH 920 de avanço manual acoplada a calibrador e a um barriletes duplo e triplos giratórios - móvel para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamento e estanqueidade da rocha

O quadro 3.3 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas e o 3.3 A os dados das sondagens complementares, os perfis individuais de sondagem estão no Anexo 2A - Estudos Geotécnicos - anexos, as localizações em planta se encontram no desenho 02/04 e o perfil geológico / geotécnico no desenho 03/04

**QUADRO 3.3
SONDAGEM MISTA**

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO (ESTACAS)	PROFUNDIDADE (M)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SM - 01	3	13 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 02	6	15 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 03	10	17 00	2½ "/ NX	Vertical

SM - 04	13	15 60	2½ "/ NX	Vertical
SM - 05	19	13 40	2½ "/ NX	Vertical
SM - 06	23	12 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 07	26	12 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 08	29	18 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 09	4+10m	12 50	2½ "/ NX	Vertical
SM - 10	9+10m	14 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 11	36+10m	12 20	2½ "/ NX	Vertical
SM - 12	41+10m	15 80	2½ "/ NX	Vertical
SM - 13	31(50m à montante)	12 50	2½ "/ NX	Vertical
SM - 1A	8	17 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 2A	15	16 50	2½ "/ NX	Vertical
SM - 3 A	17	13 00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 4 A	21	13 50	2½ "/ NX	Vertical
SM - 5 A	34	10 00	2½ "/ NX	Vertical

QUADRO 3.3 A
SONDAGEM MISTA - ESTUDOS COMPLEMENTARES

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO (ESTACAS)	PROFUNDIDADE (M)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SM - 14	-9+10,00 (40m à Montante)	11,00	2½ "/ NX	Vertical
SM - 15	-9+10,00 (30m a Montante)	11,30	2½ "/ NX	Vertical
SM - 16	-15+00 (20m à Montante)	13,80	2½ "/ NX	Vertical

3.3 - ENSAIOS IN SITU

3.3.1 - Ensaio de Permeabilidade Com Carga Constante

Nos ensaios de Permeabilidade " in situ" com carga constante, mantém-se constante a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem e a carga (altura da água no furo), se torne constante. Nestas condições, medem-se a vazão e a carga, para aplicação das fórmulas apropriadas.

Este tipo de ensaio pode ser usado para solos que se situem abaixo ou acima do nível estático da água (NA).

Foram executados 45 (quarenta e cinco) ensaios na primeira etapa e 14 (quatorze) ensaios durante a fase de estudos complementares, totalizando 59 ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no quadro 3.4 e no 3.4 - A os dados dos Estudos Complementares e seus resultados no Volume 2A - Estudos Geotécnicos - anexos

QUADRO 3.4

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SP - 03	4 (quatro)	0,00 a 3,80 m
SP - 04	4 (quatro)	0,00 a 3,80 m
SP - 05	4 (quatro)	0,00 a 3,80m
SP - 06	3 (três)	0,00 a 2,65m
SP - 10	4 (quatro)	0,00 a 3,75m
SP - 11	4 (quatro)	0,00 a 4,00m
SP - 12	5 (cinco)	0,00 a 4,5m
SP - 13	4 (quatro)	0,00 a 3,0m
SM - 09	1(uma)	0,00 a 1,25m
SM - 10	3 (três)	0,00 a 3,10m
SM - 11	3 (três)	0,00 a 3,20m
SM - 12	6 (seis)	0,00 a 6,50m

QUADRO 3.4 - A

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM - 14	2 (dois)	0,00 a 1,30 m
SM - 15	1 (hum)	0,00 - 1,20 m
SM - 16	11 (onze)	0,00 - 13,80 m

3.4 - PESQUISA DE JAZIDAS

3.4.1 - Generalidades

Os trabalhos referentes à pesquisa de materiais a serem utilizados nas obras tiveram seu início a partir de um reconhecimento em campo, de modo a localizar e conferir os empréstimos existentes na área. Deve-se salientar que os estudos básicos existentes nortearam os trabalhos. Neste momento, levou-se em considerações duas variáveis importantes: Qualidade e Volume dos materiais detectados.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar os seguintes empréstimos

J1 EMPRÉSTIMO 1

J2 EMPRÉSTIMO 2

A1 AREAL

P1 PEDREIRA 1

P2 PEDREIRA 2

O desenho a seguir ilustra o posicionamento dos empréstimos em relação ao eixo da barragem

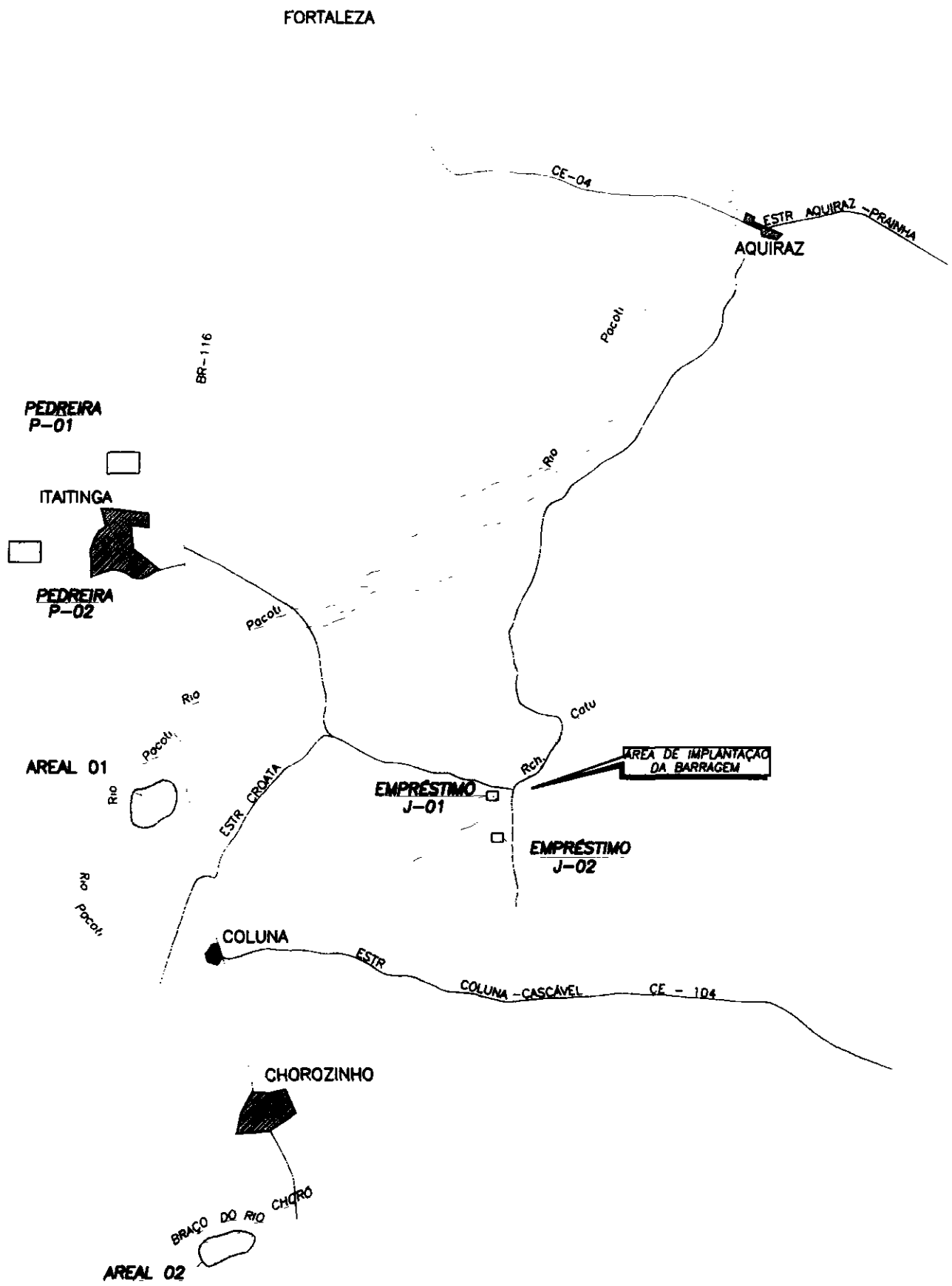
3.4.2 - Jazidas de Solo (Empréstimo 1 e 2)

Para que houvesse uma boa abrangência nos estudos dos empréstimos, lançou-se uma malha quadrática com 100,00 m de lado, onde procedeu-se à abertura de poços a pá e picareta para coleta de materiais e posterior realização de ensaios de laboratório

Dentro de um afastamento econômico adequado do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado

- Granulometria (com e sem sedimentação),
- Limites de " Atterberg",
- Ensaios de Compactação (Proctor Normal sem reuso do material),
- Umidade Natural,
- Peso Específico Real,
- Permeabilidade com carga variável,
- Cisalhamento direto lento



BARRAGEM CATU LOCALIZAÇÃO DOS EMPRÉSTIMOS	01/01
	ESQUEMÁTICO

KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA. **KL**

000032

A seguir resume-se as características das áreas potencialmente exploráveis

DADOS GERAIS DA JAZIDA J 1

Area total estudada	100 000,00m ²
Profundidade média dos furos	3,00 m
Volume total de material	320 000,00m ³
Volume de material utilizável	300 000,00m ³
Distância do eixo barrável	0,10 km

DADOS GERAIS DA JAZIDA J 2

Área total estudada	72 000,00m ²
Volume de expurgo	23 760,00m ³
Volume de material utilizável	207 360,00m ³
Distância do eixo barrável	2,35 km

3.4.3 - Jazidas de Areia (AREAL 1)

Da mesma forma com o ocorrido na jazida terrosa, o areal foi identificado e posteriormente estudado, onde se lançou uma malha de sondagens, ao longo do depósito

Amostras deste material também foram colhidas e encaminhadas ao laboratório para ensaios

O areal é de exploração comercial e situa-se no rio Pacoti, a aproximadamente 15km do eixo barrável

3.4.4 - Pedreira (P1)

As Pedreiras P1 e P2 são de exploração comercial, e situam-se no município de Itaitinga

Distância da P1 ao eixo	21 50km
Distância da P2 ao eixo	21 50km
Material (P1 e P2)	Gnaisse

3.5 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios de laboratório seguiram o preconizado pelas normas técnicas da ABNT

Os boletins que apresentam os resultados dos ensaios de laboratório encontram-se no Anexo 2A - Estudos Geotécnicos - anexos

De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadros resumos referentes a cada ensaio, os quais são apresentados a seguir

- Jazidas de Solos

Foram coletadas 21 (vinte e uma) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, Compactação Proctor Normal, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento direto lento

Os ensaios de Granulometria com sedimentação, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento direto lento não foram executados para todas as amostras coletadas

Os quadros 3.5 e 3.6 apresentam o resumo geral dos ensaios de caracterização para as jazidas 1 e 2 respectivamente, e o quadro 3.7 os dados dos ensaios de cisalhamento direto lento, para ambas jazidas

- Jazida de Areia

Foram 02 (duas) as amostras coletadas na jazida de areia A1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante. O quadro 3.8 apresenta os resumos gerais dos ensaios de caracterização

O quadro 3.9 resume os valores obtidos para o ensaio de Permeabilidade com Carga Constante

Uma jazida de areia A2 foi estudada por ocasião do projeto básico pela empresa Geonorte. Estes estudos foram analisados e considerados de boa qualidade

Apresenta-se portanto, o resumo de destes ensaios. Os resultados encontram-se resumidos no quadro 3 10

- Pedreira

Na pedreira P 1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo " Los Angeles", de acordo com os quadros apresentados no Anexo A, e resumidos no quadro 3 11

- Eixo

É interessante notar que foram efetuadas 2(duas) análises granulométricas do solo proveniente do eixo da barragem, 4(quatro) a 100 metros do lado de montante e jusante e 4(quatro) a 50 m tanto de montante como para jusante. Totaliza-se portanto, nesta região 10 ensaios de granulometria. Os quadros 3 12 e 3 13 resumem os ensaios efetuados.

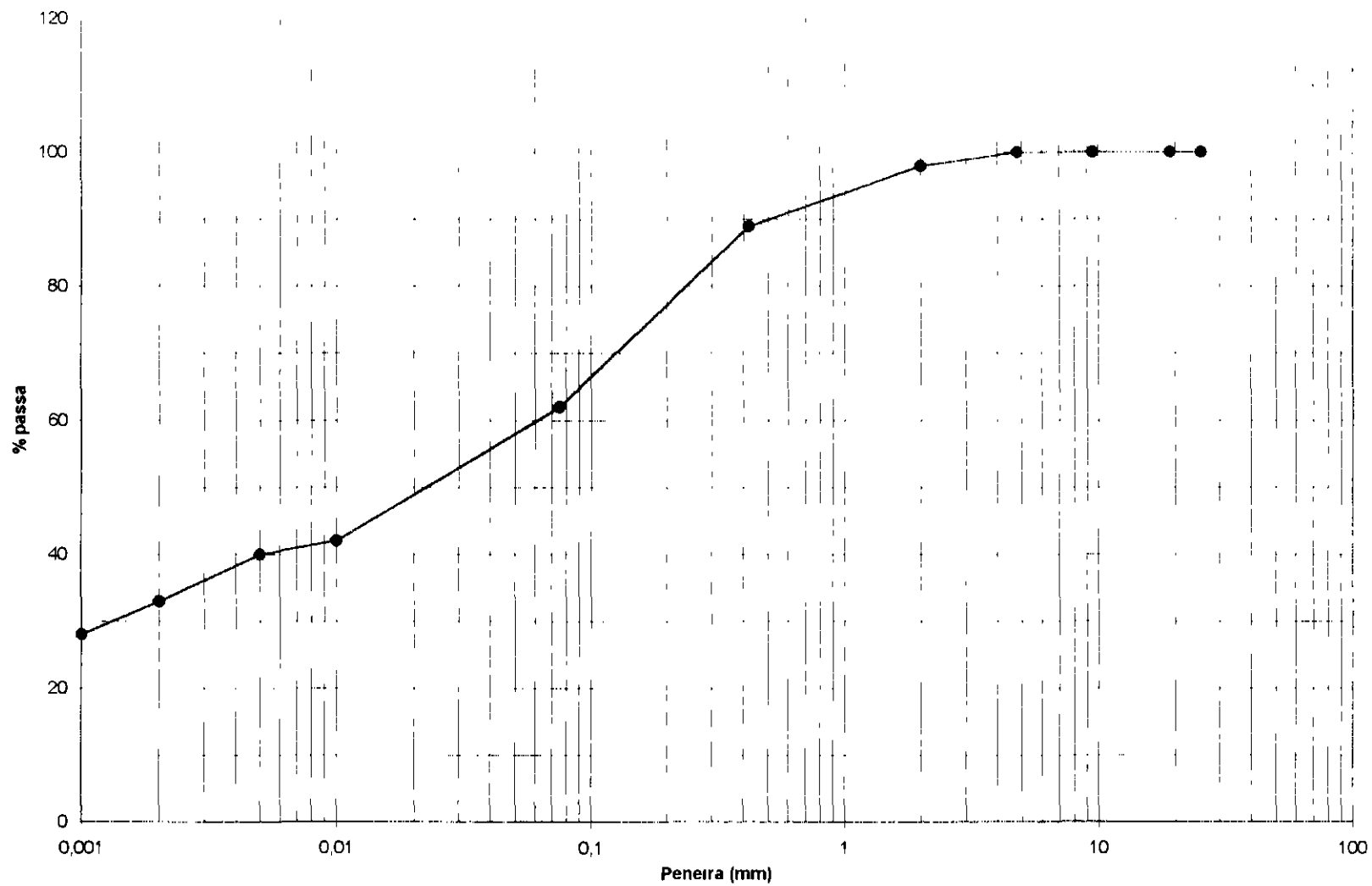
- Sangradouro

Foram extraídas 04 (quatro) amostras de sondagens a pá e picareta da região do sangradouro para análise do material provindo de escavações na região. Os resultados são apresentados no quadro 3 14

QUADRO 3.5
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - EMPRÉSTIMO 1

FURO Nº	PROF (m)	y _{real} Partícula	K (cm/s)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)												PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USC)		
				PENEIRAMENTO								SEDIMENTAÇÃO				D60 (mm)	D30 (mm)	LL	LP	IP		y _{seco} Maximo (g/cm ³)	hot (%)
				2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº200	-	-	-	-								
				50.8 mm	25.4 mm	19.1 mm	9.5 mm	4.8 mm	2.0 mm	0.42 mm	0.075 mm	0.01 mm	0.005 mm	0.002 mm	0.001 mm								
EMP Nº 01																							
1	1,70	2,659			100	100	100	100	98	89	62	42	40	33	28			31	21	10	1,800	14,2	CL
2	1,70	2,652	1,8 x 10 ⁻⁷		100	100	100	100	98	89	51							32	22	10	1,800	15,2	CL
3	1,70				100	100	100	98	95	74	56							29	18	11	1,730	15,8	CL
4	1,70	2,659	1,8 x 10 ⁻⁷		100	100	100	100	96	83	43							32	20	12	1,825	14,0	SC
5	1,70	2,670	4,89 x 10 ⁻⁵		100	100	100	100	97	90	59	33	28	26	24			30	20	10	1,755	15,0	CL
6	1,70	2,656	2,6 x 10 ⁻⁷		100	100	100	100	97	87	53	13	8	7	6			31	20	11	1,770	15,5	CL
7	1,70	2,650	4,94 x 10 ⁻⁵		100	100	100	99	96	89	41	30	28	26	24			30	19	11	1,740	15,8	SC
8	1,70				100	100	100	100	96	84	55							28	19	9	1,720	14,7	CL
9	1,70	2,638	2,9 x 10 ⁻⁷		100	100	100	100	98	86	50							37	20	17	1,770	15,9	CL
10	1,70	2,639	2,2 x 10 ⁻⁷		100	100	100	100	98	87	48							33	22	11	1,780	15,6	SC
11	1,70				100	100	100	100	94	60	41							30	20,2	9,9	1,770	14,0	SC
12	1,70				100	100	100	100	97	83	44												SC
MEDIA					100,0	100,0	100,0	99,8	96,2	80,4	46,2	30,0	28,0	26,0	24,0			31,6	0,0	11,6	1,76	15,20	
Desvio Padrão					0,0	0,0	0,0	0,4	1,5	11,6	6,1							3,5	0,0	3,1	0,03	0,82	
Valor Máximo					100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	89,0	55,0	30,0	28,0	26,0	24,0			37,0	22,0	17,0	1,78	15,90	
Valor mínimo					100,0	100,0	100,0	99,0	94,0	60,0	41,0	30,0	28,0	26,0	24,0			28,0	19,0	9,0	1,72	14,00	

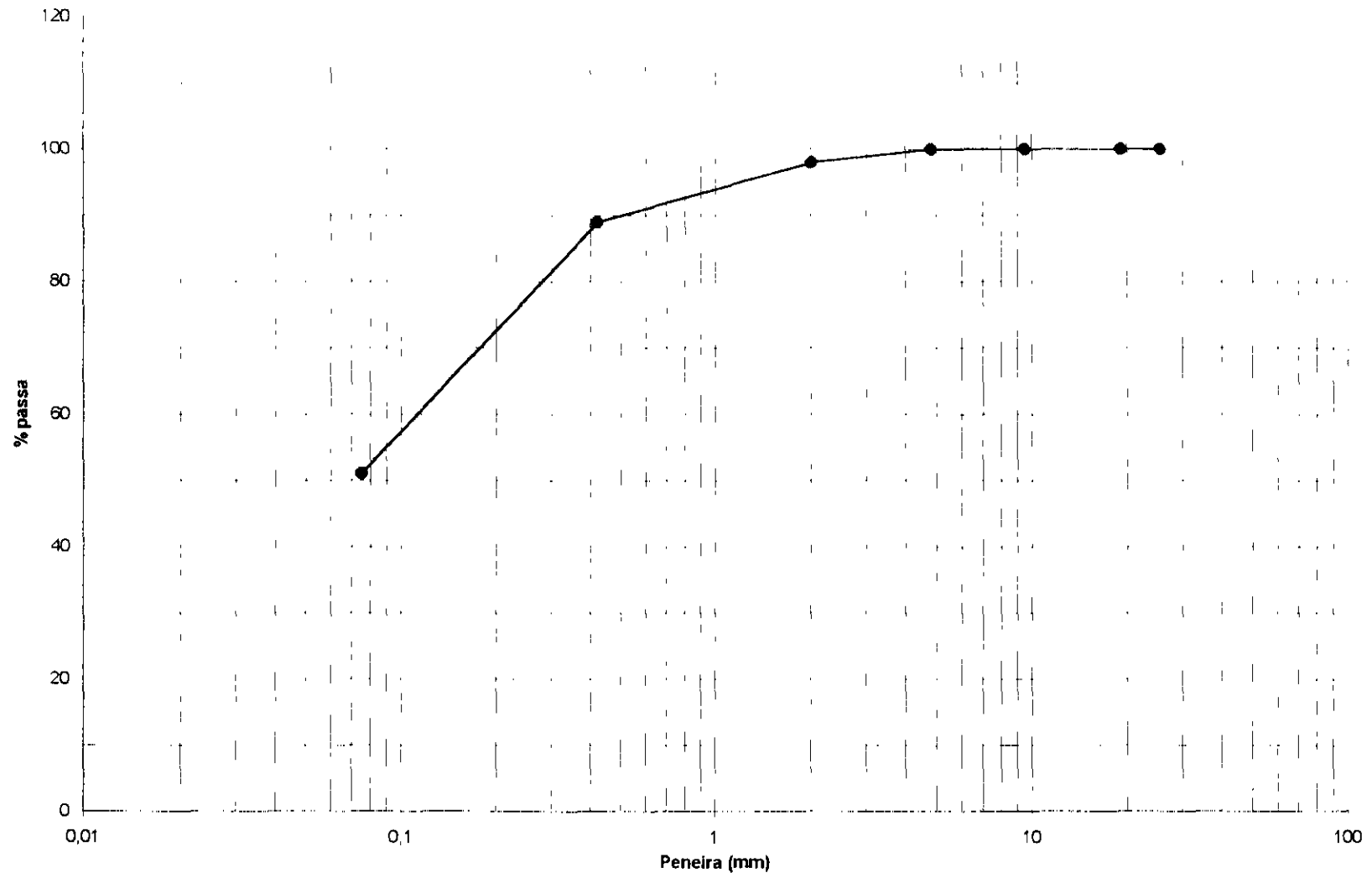
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 1



000037



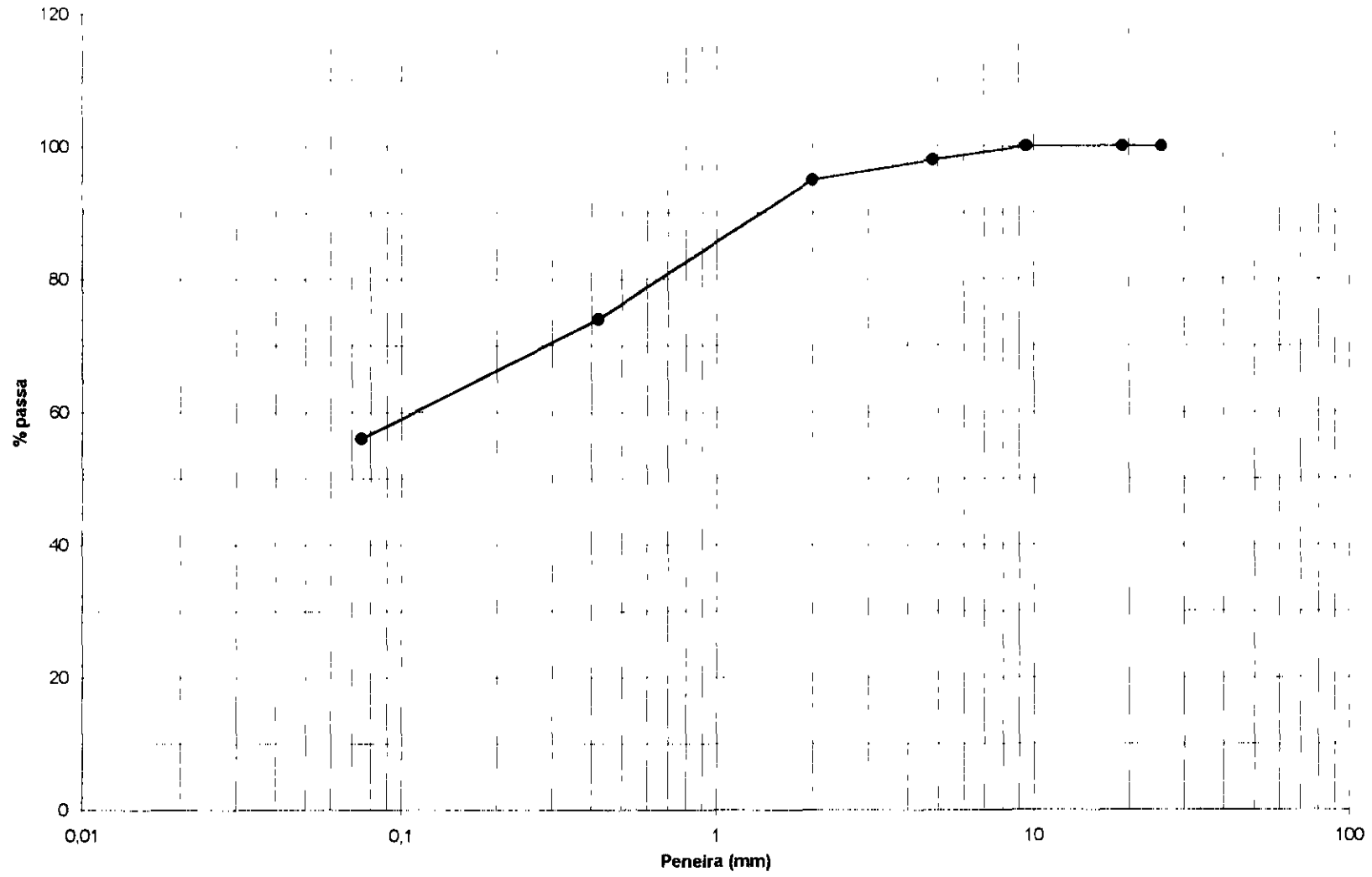
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 2



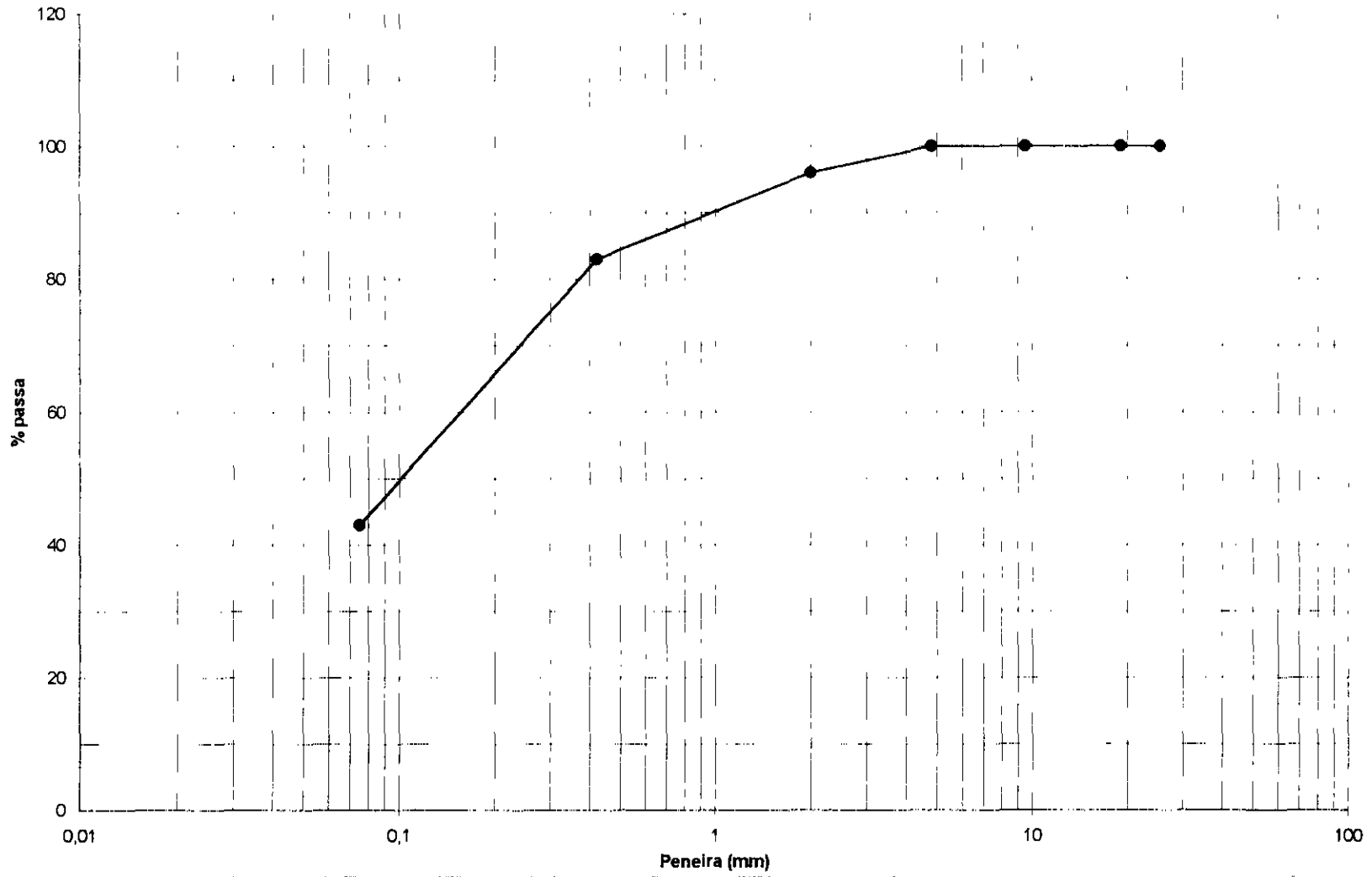
000038



CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 3



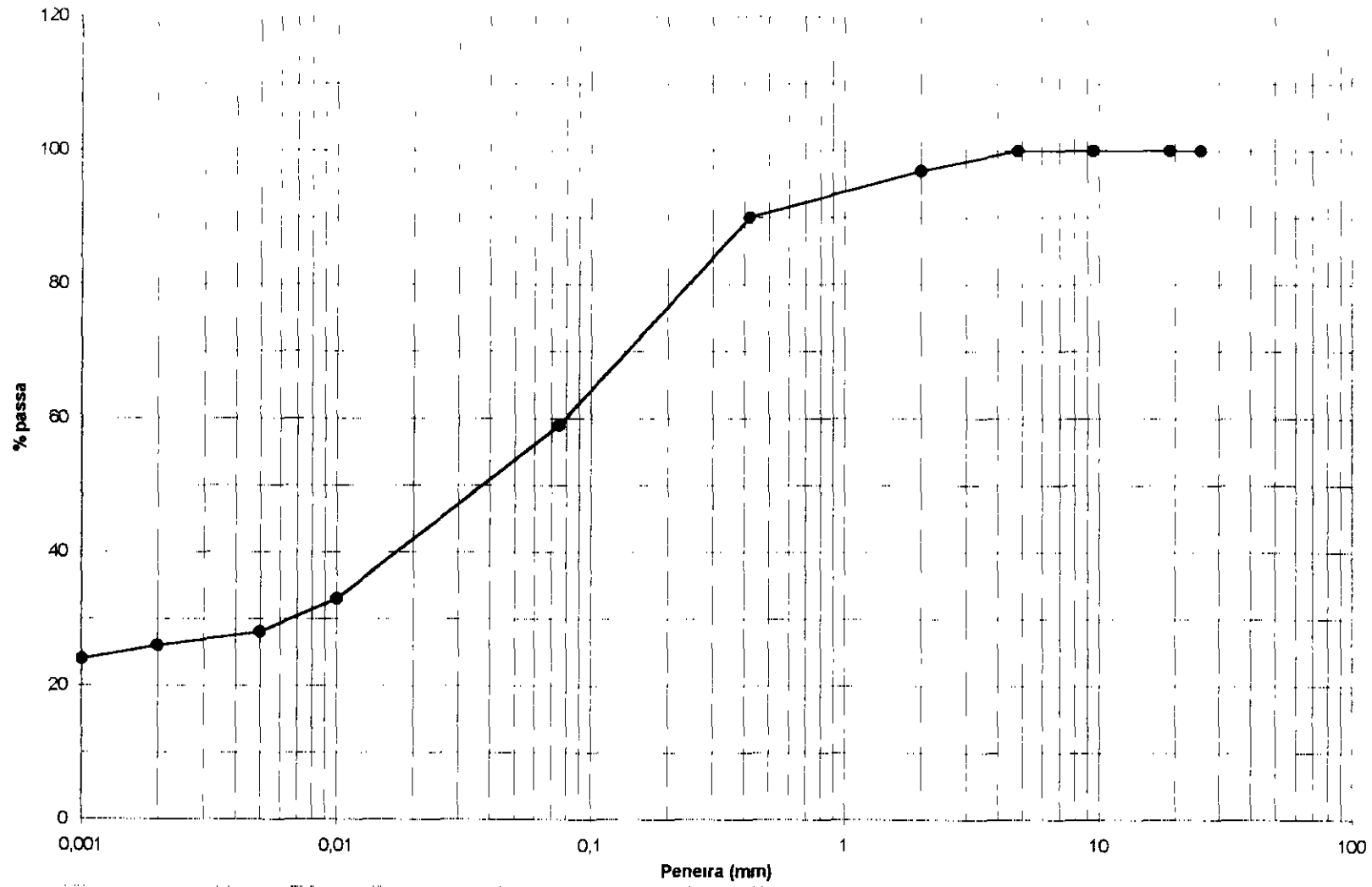
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 4



000040



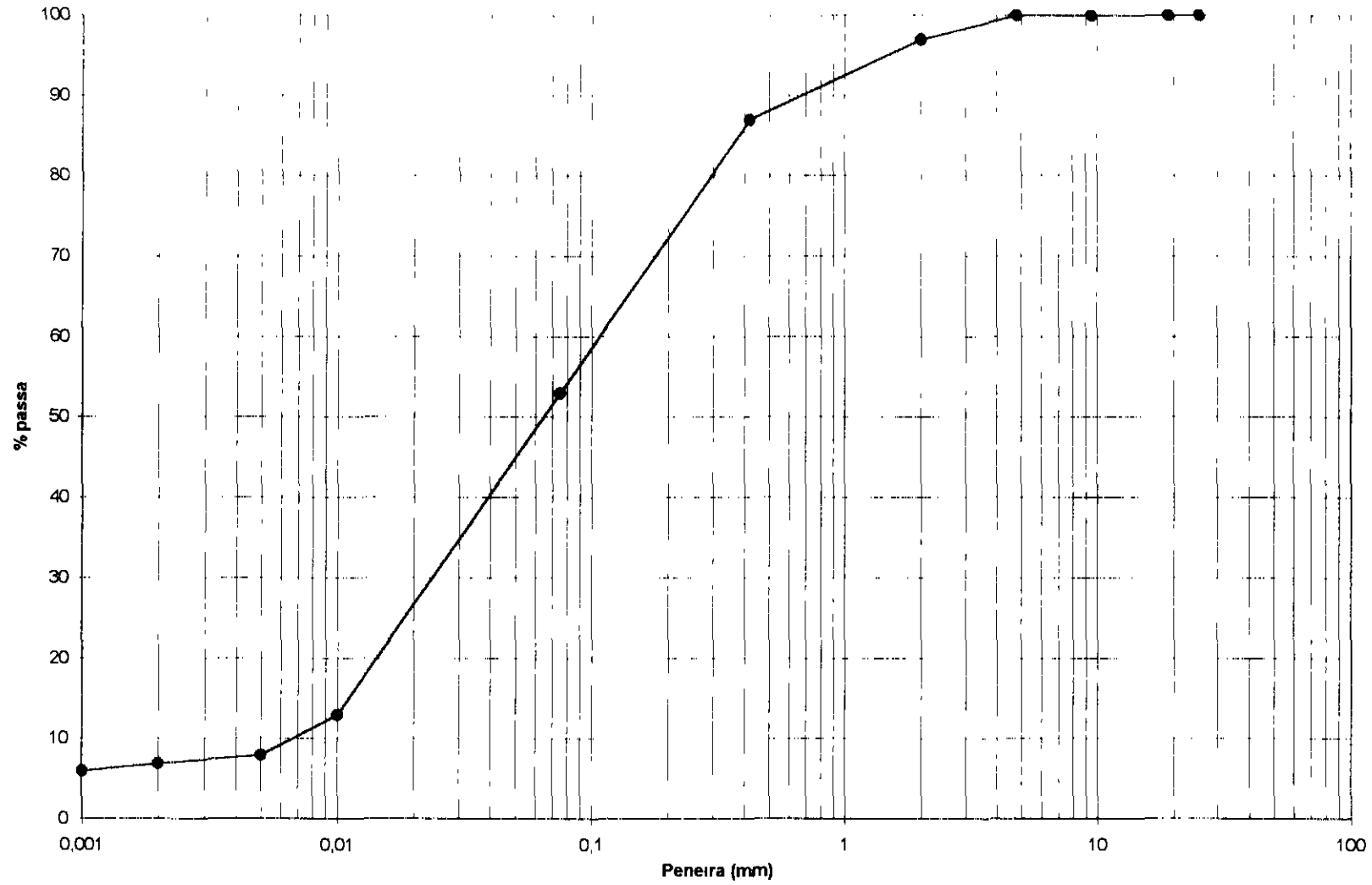
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 5



000041



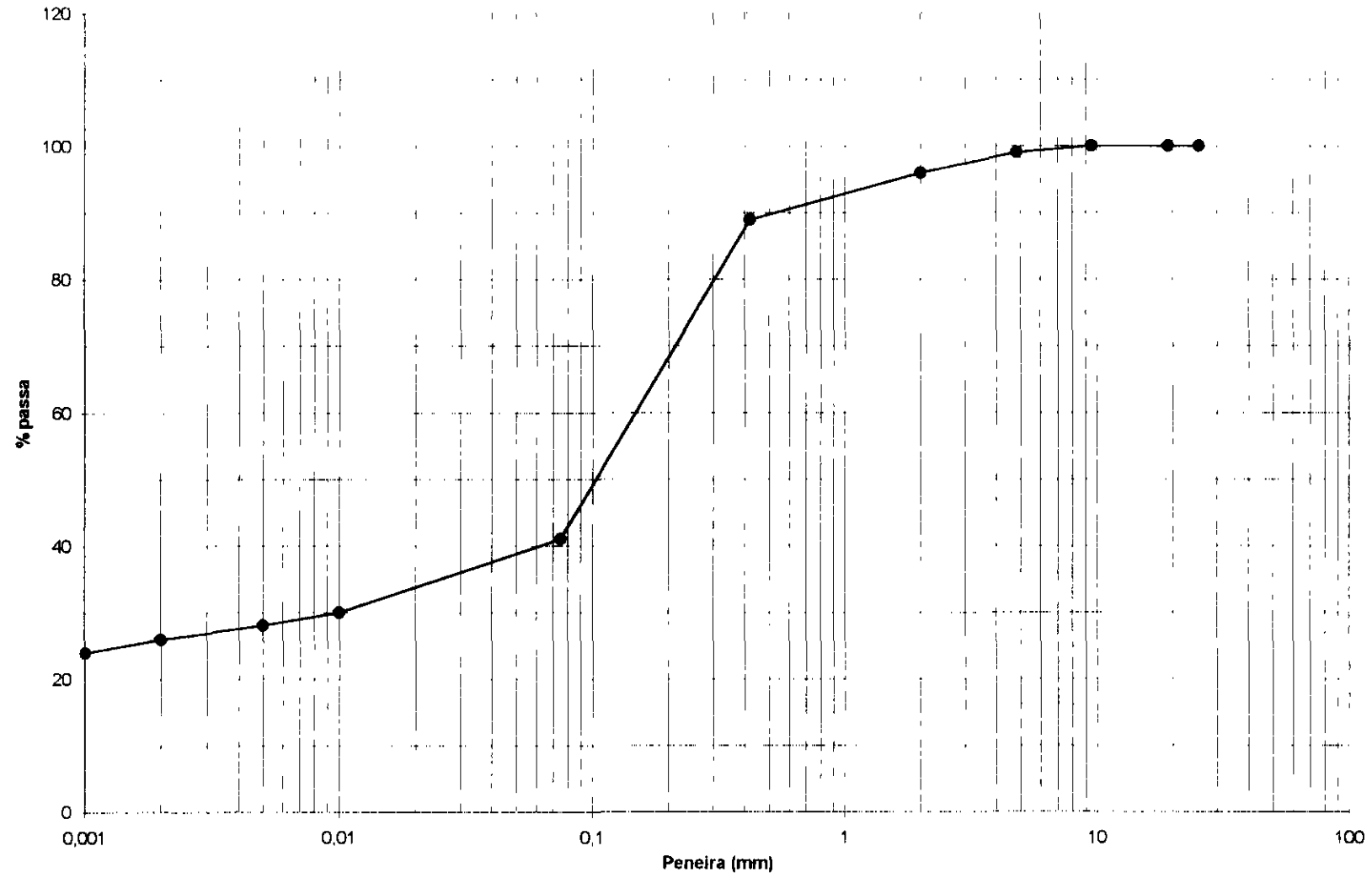
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 6



600042



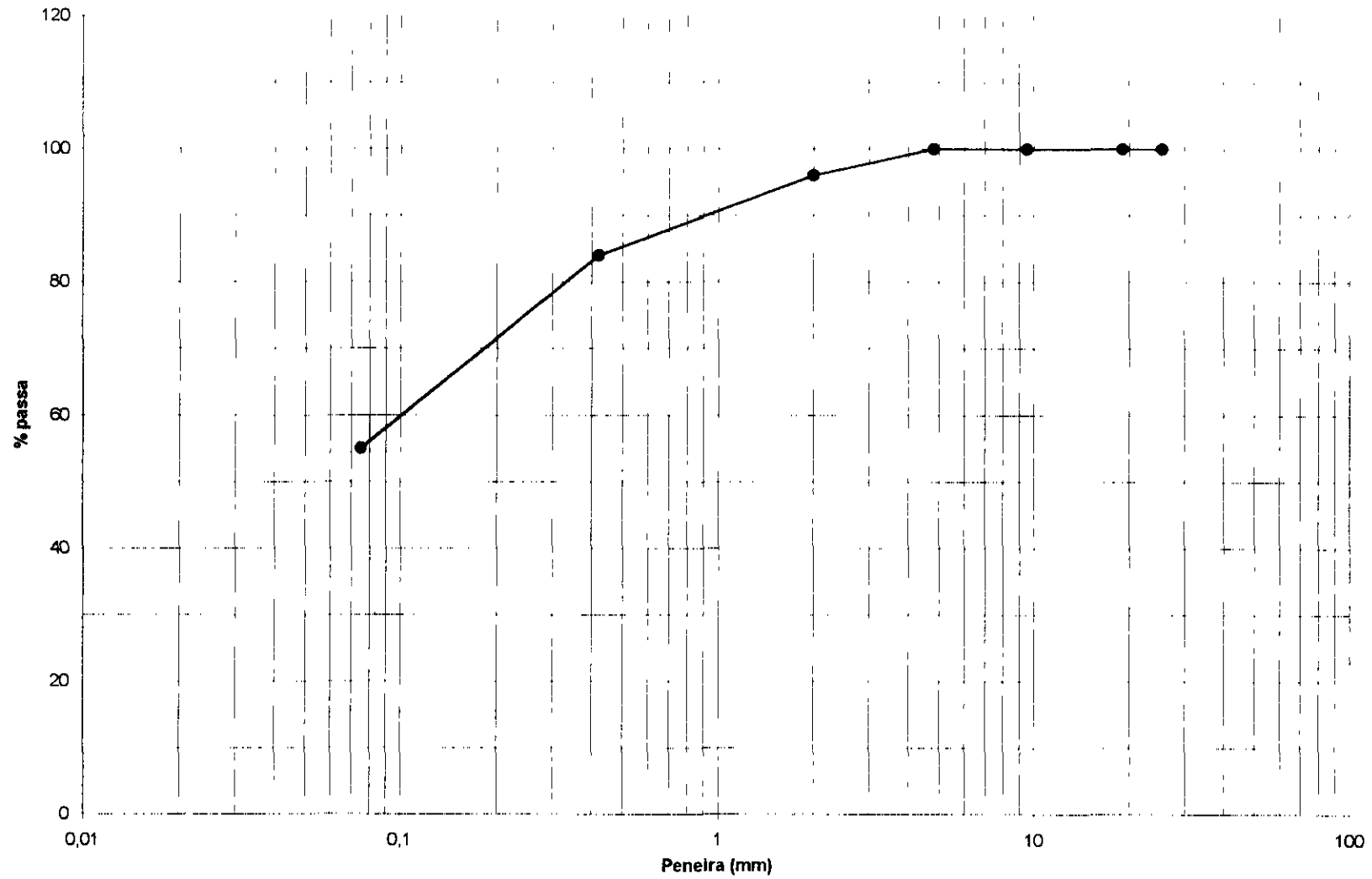
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 7



000043



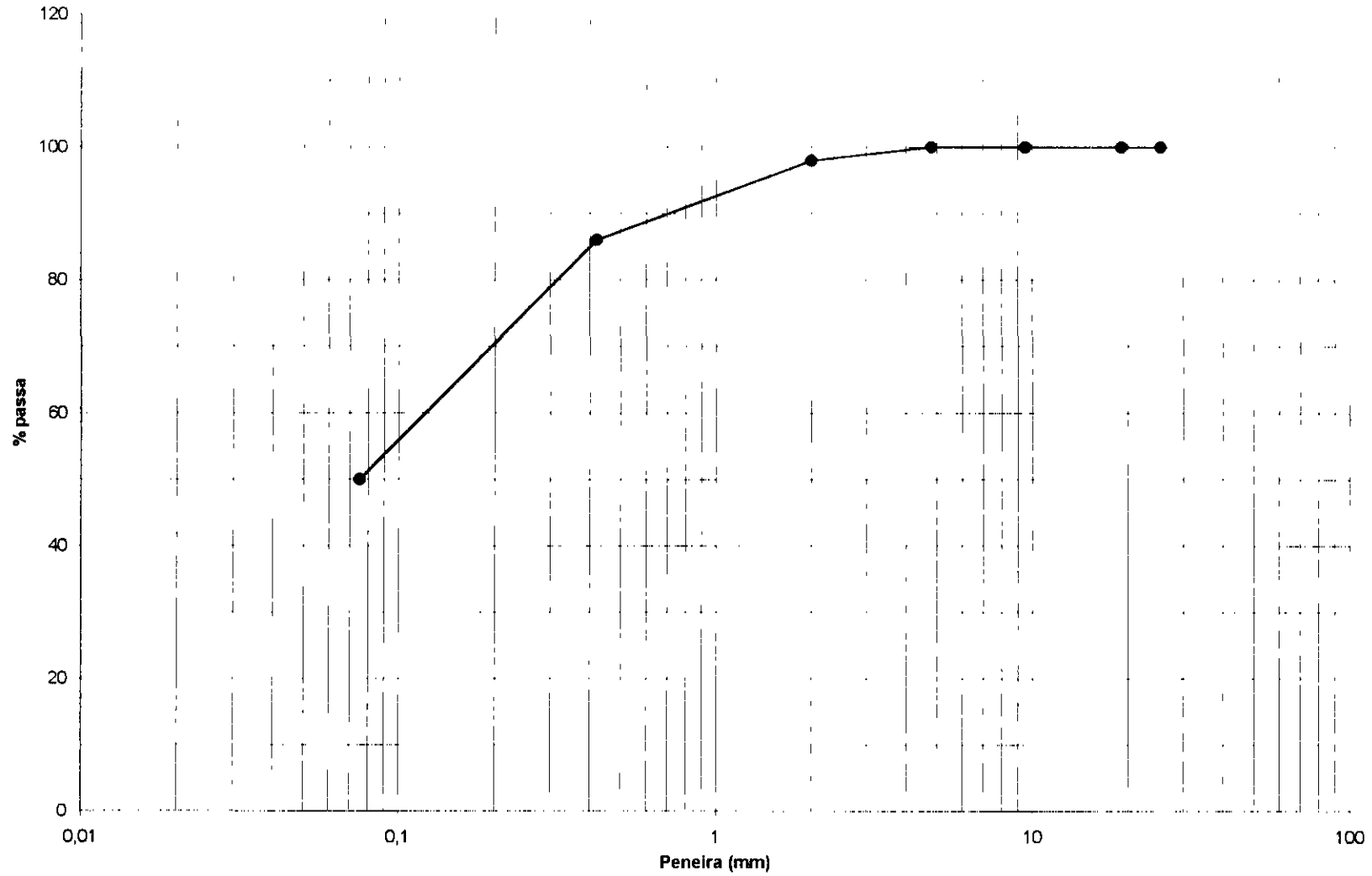
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 8



000044



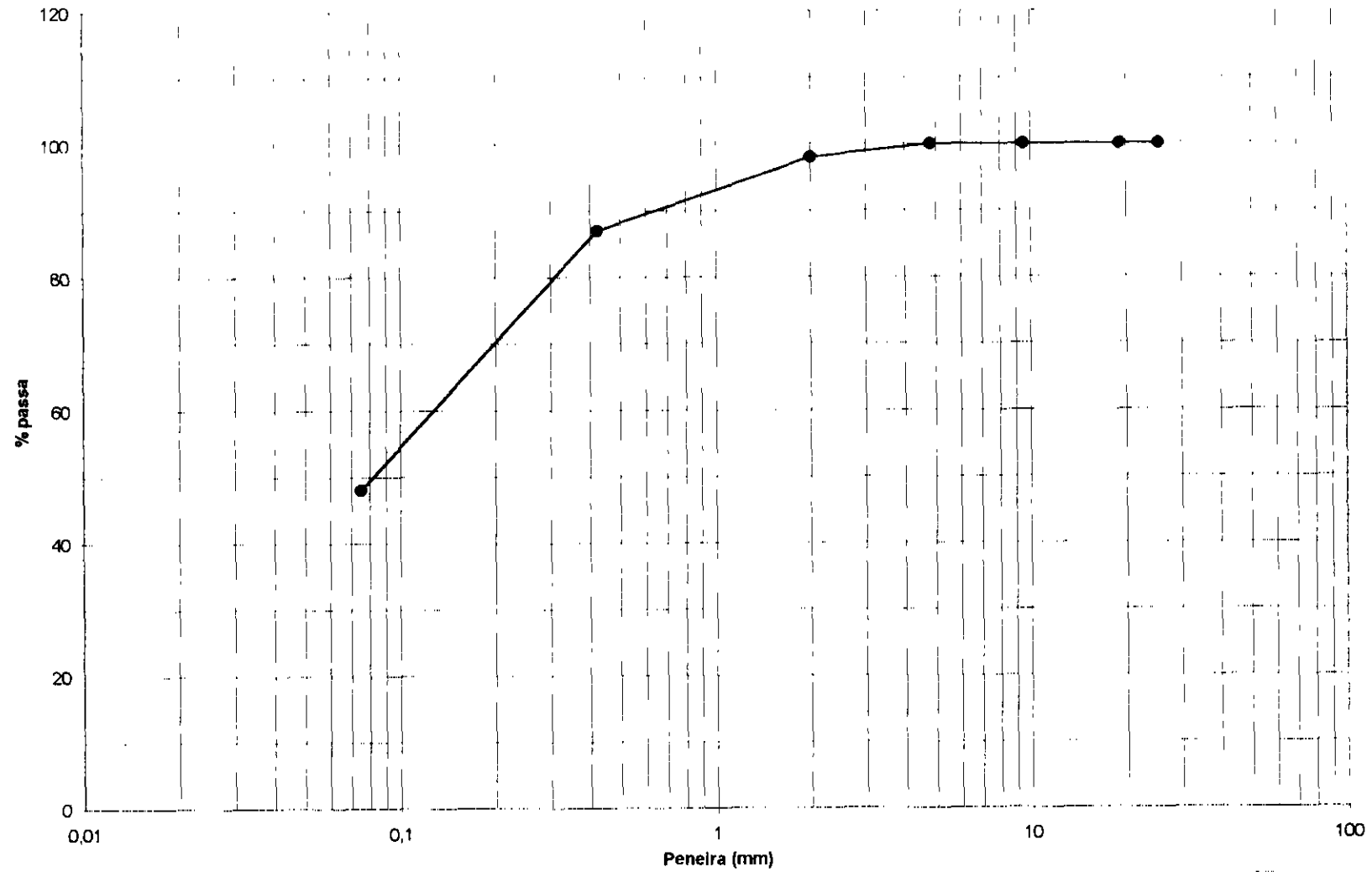
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 9



000645



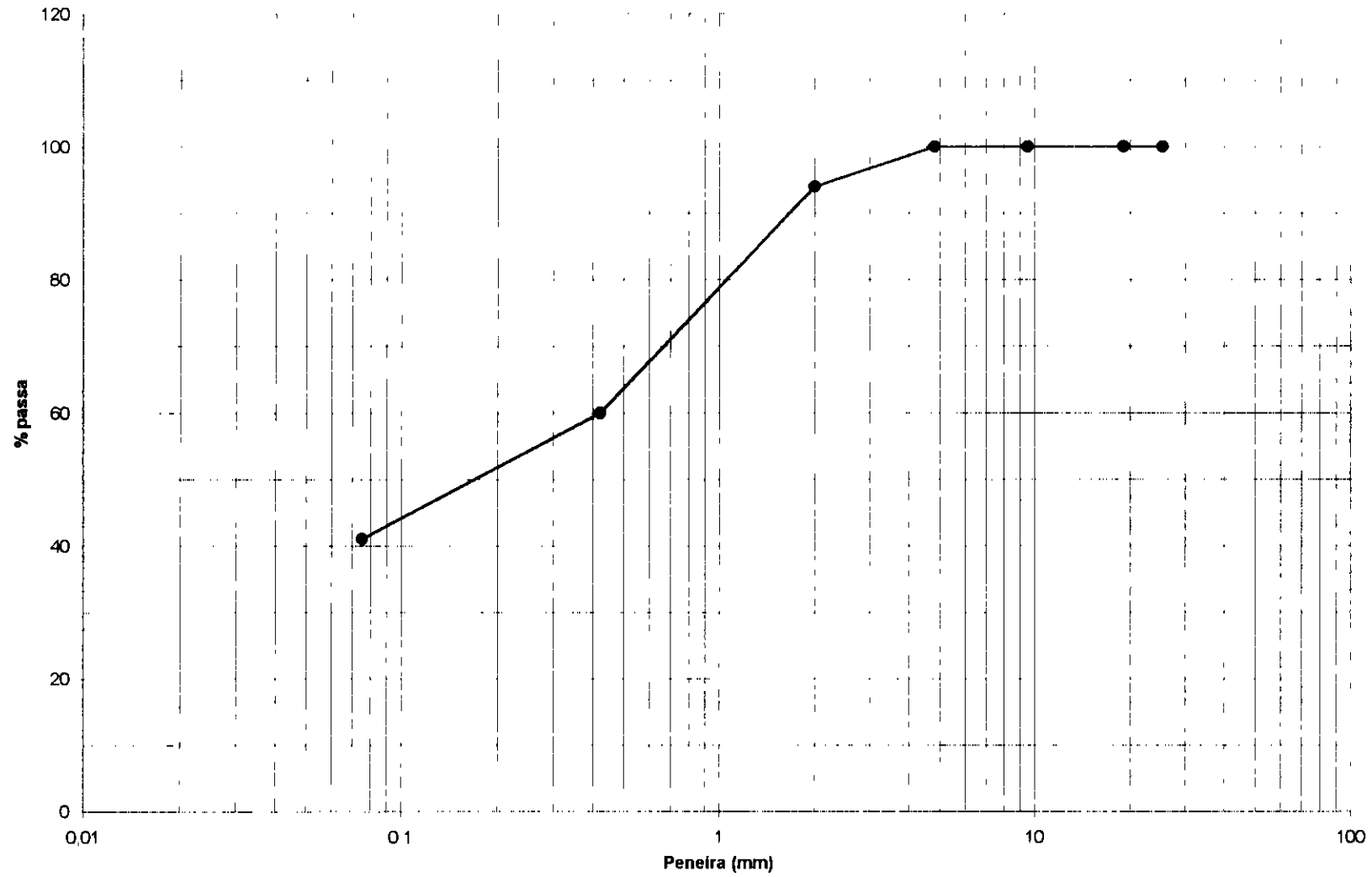
CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 10



000046



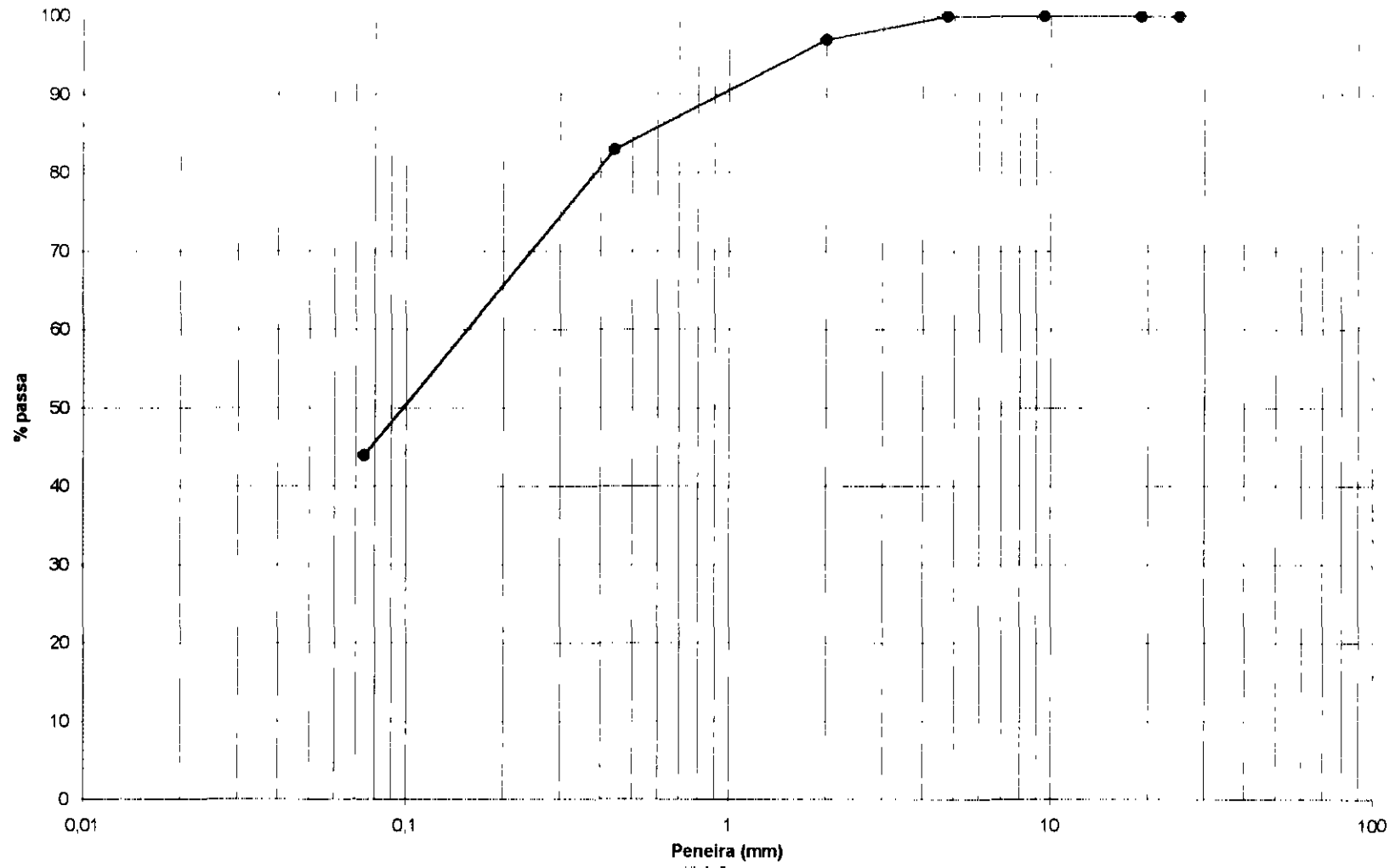
CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
Jazida 1 - Amostra 11



000047



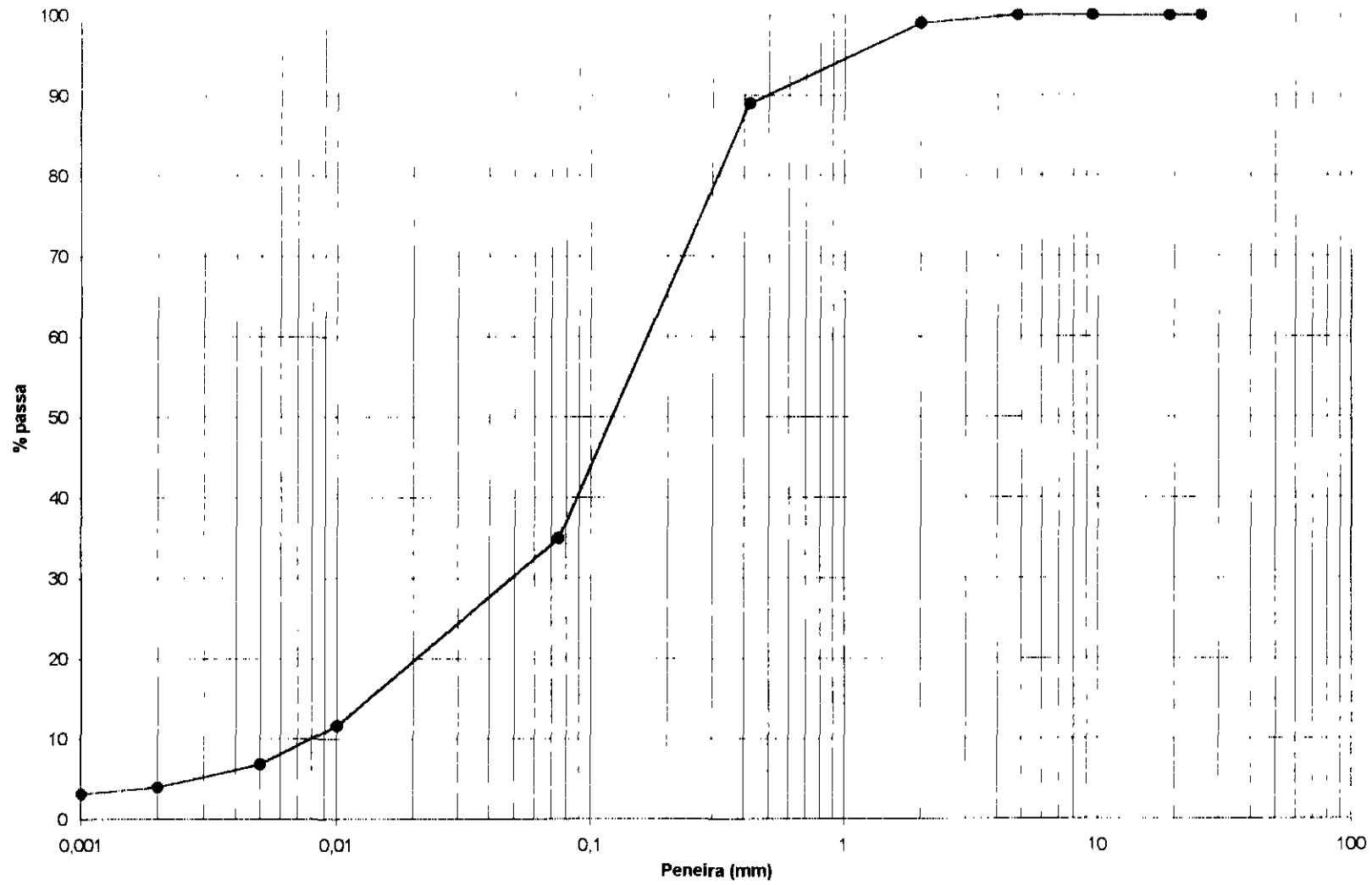
CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
Empréstimo 1 - Amostra 12



QUADRO 3.6
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - EMPRÉSTIMO 2

FURO Nº	PROF (m)	γ _{real} Partícula	K (cm/s)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)											PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USC)			
				PENEIRAMENTO								SEDIMENTAÇÃO				D60 (mm)	D30 (mm)	LL	LP		IP	γ _{seco} Maximo (g/cm ³)	hum (%)
				2	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº200	-	-	-	-								
				50.8mm	25.4mm	19.1mm	9.5mm	4.8mm	2.0mm	0.425mm	0.075mm	0.015mm	0.0075mm	0.002mm	0.001mm								
EMP Nº 02																							
1	1,80	2,651	1,01 x 10 ⁻⁴	100	100	100	100	98	88	39	22	19	17	17	0,225	0,07	31	20	11	1,820	12,4	SC	
2	1,80		1,24 x 10 ⁻⁵	100	100	100	100	100	87	36							28	19	9	1,850	12,5	SC	
3	1,70	2,651	2,60 x 10 ⁻⁷	100	100	100	100	99	95	38							29	17	12	1,930	11,4	SC	
4	1,70	2,639	2,20 x 10 ⁻⁷	100	100	100	100	99	89	35	11,72	6,88	4,06	3,24			28	18	10	1,920	11,6	SC	
5	1,70	2,641	3,90 x 10 ⁻⁷	100	100	100	100	99	87	39							29	18	11	1,895	12,6	SC	
6	1,70		7,74 x 10 ⁻⁶	100	100	100	100	100	82	31							31	19	12	1,895	13,2	SC	
7	1,70	2,639	7,66 x 10 ⁻⁵	100	100	100	100	99	90	45	19	19	17	17			31	19	12	1,840	14,7	SC	
8	1,70			100	100	100	100	96,4	84,6	44,5												SC	
9	1,70			100	100	100	100	99	83	33												SC	
MÉDIA					100,0	100,0	100,0	100,0	98,7	85,3	38,5	19,0	19,0	17,0	17,0			30,3	18,7	11,7	1,9	13,5	
Desvio Padrão					0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,2	6,4							1,2	0,6	0,6	0,0	1,1	
Valor Máximo					100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	45,0	19,0	19,0	17,0	17,0	0,0	0,0	31,0	19,0	12,0	1,9	14,7	
Valor mínimo					100,0	100,0	100,0	100,0	96,4	82,0	31,0	19,0	19,0	17,0	17,0	0,0	0,0	29,0	18,0	11,0	1,8	12,6	

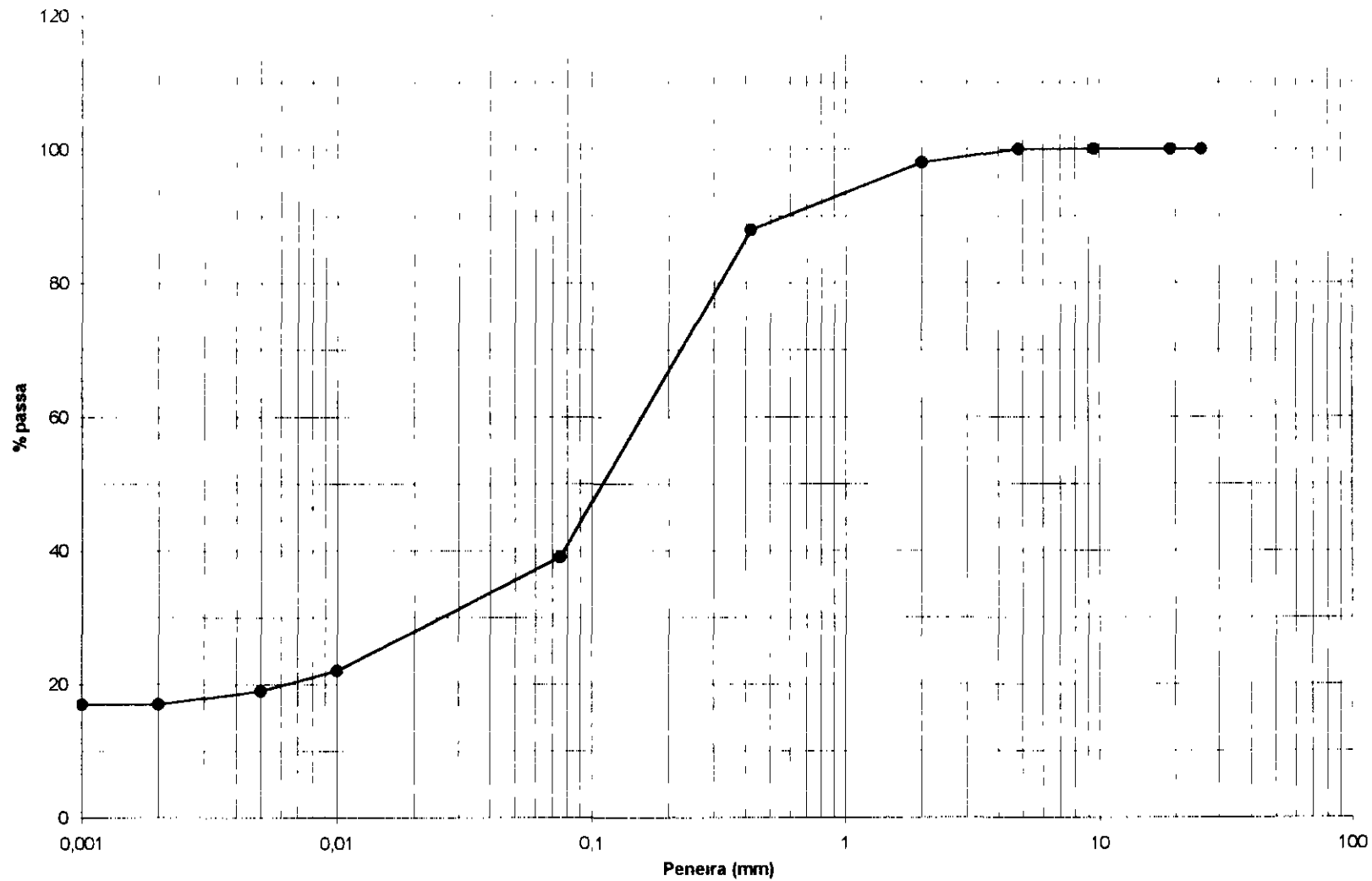
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 4



900030



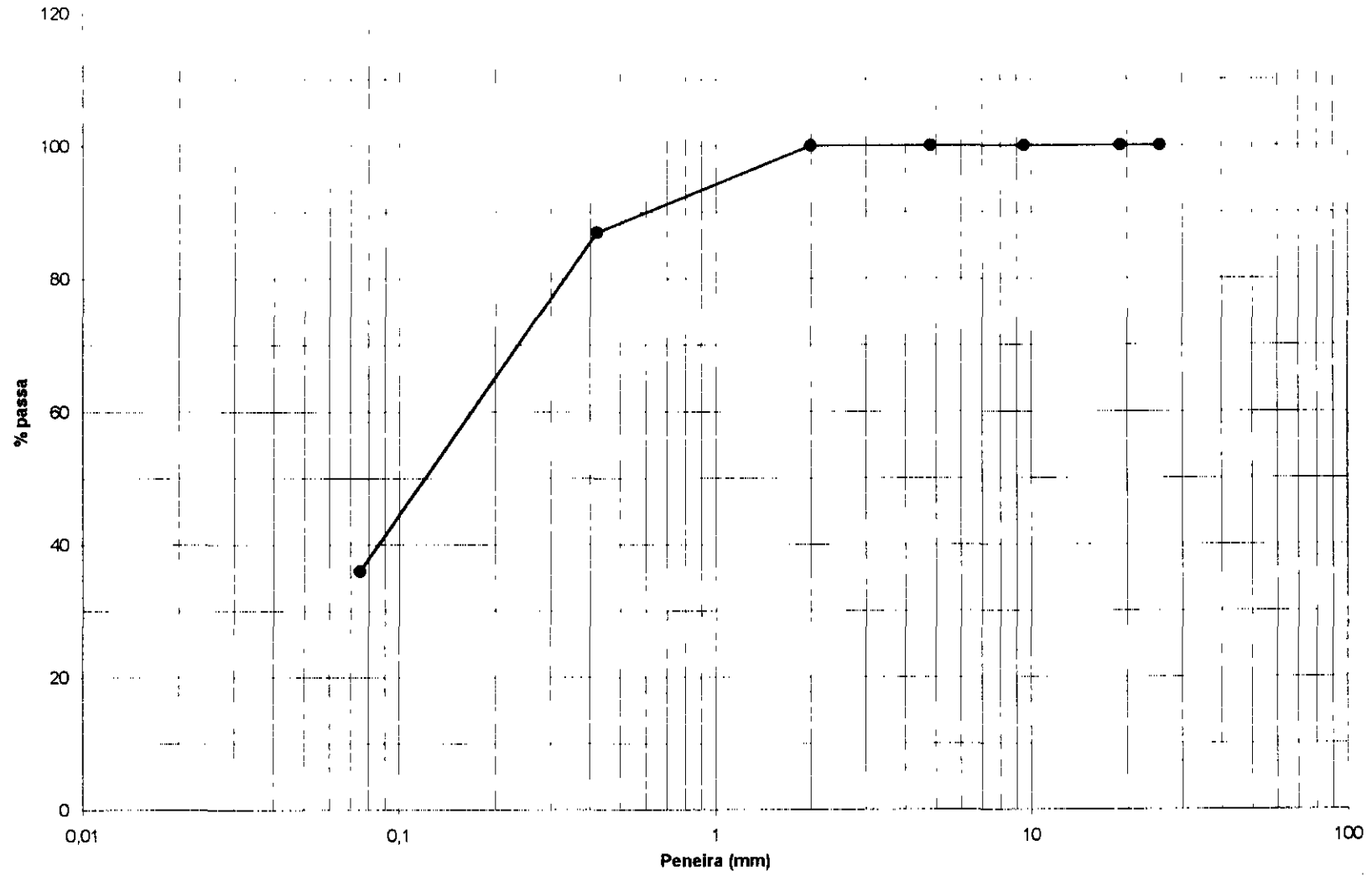
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 1



000051



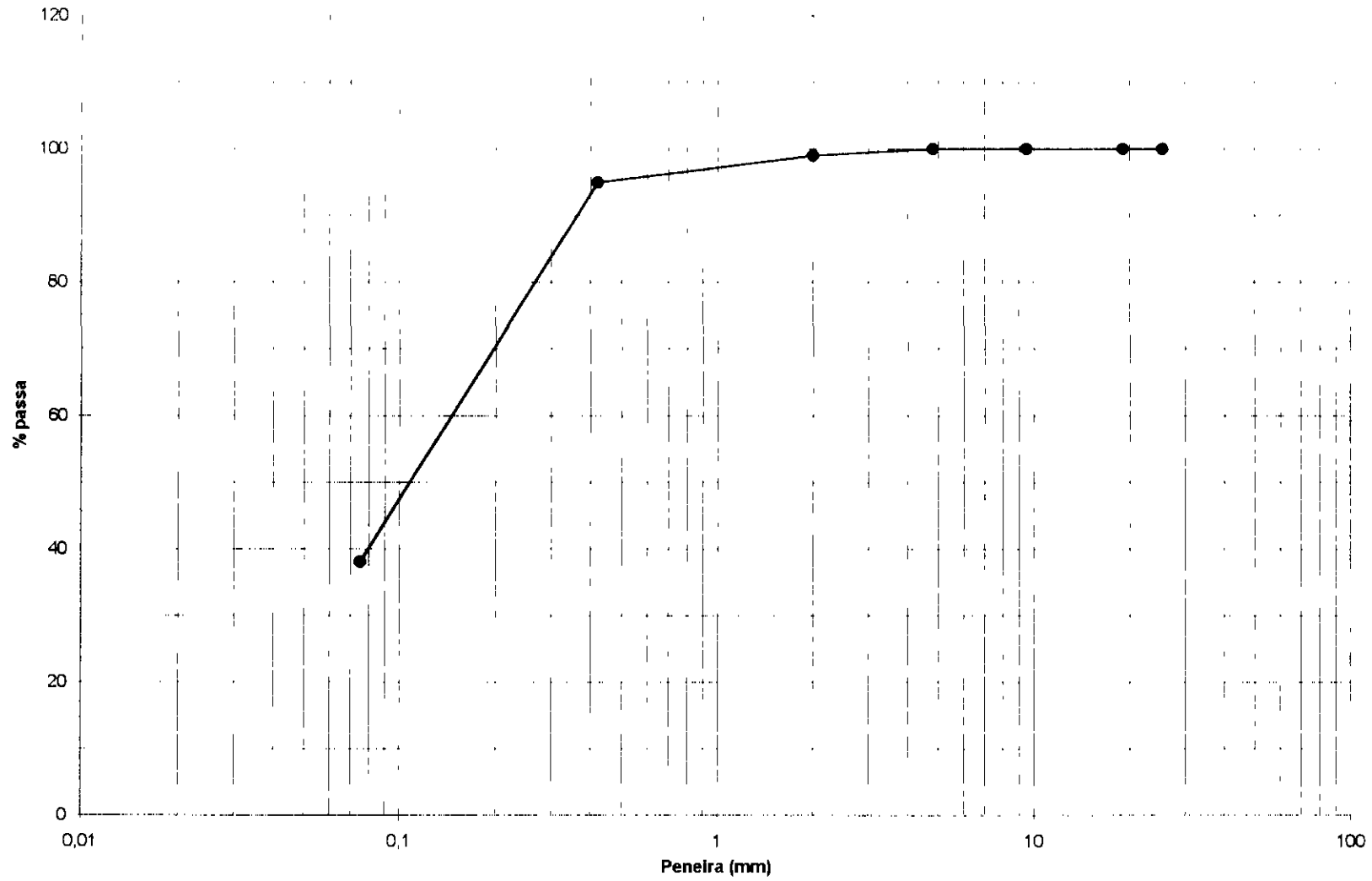
CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 2



000052



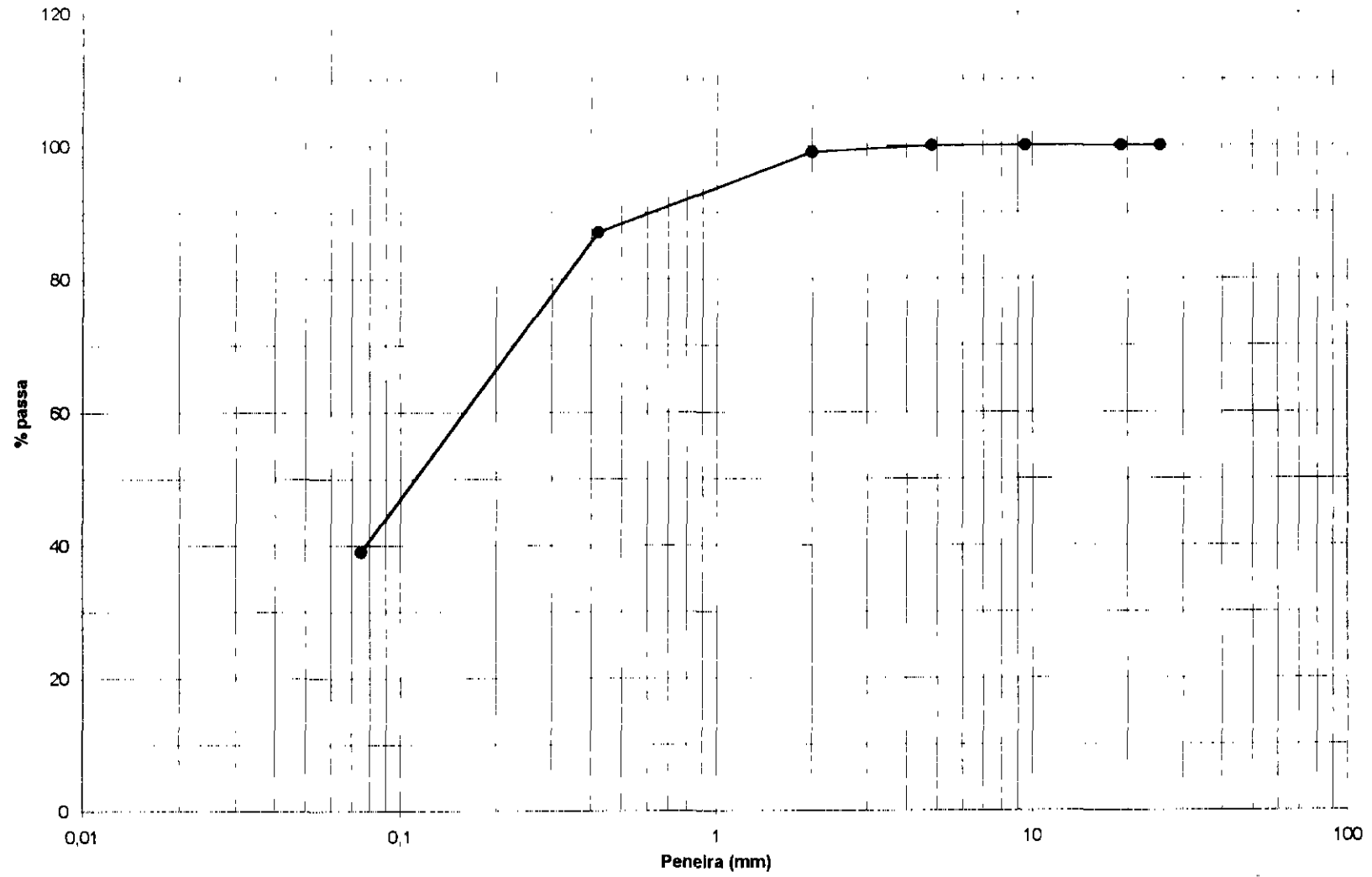
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 3



60063



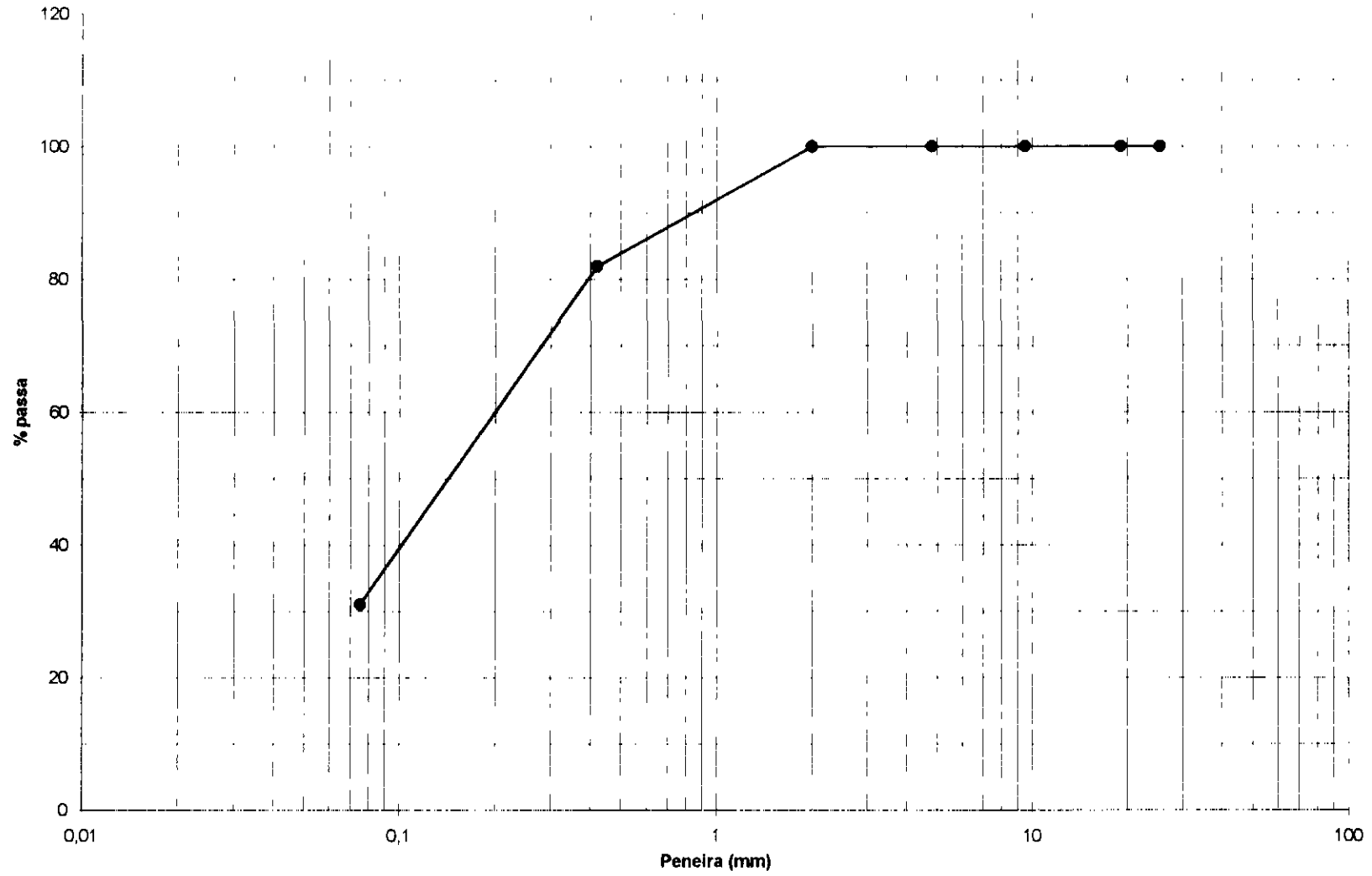
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 5



000054



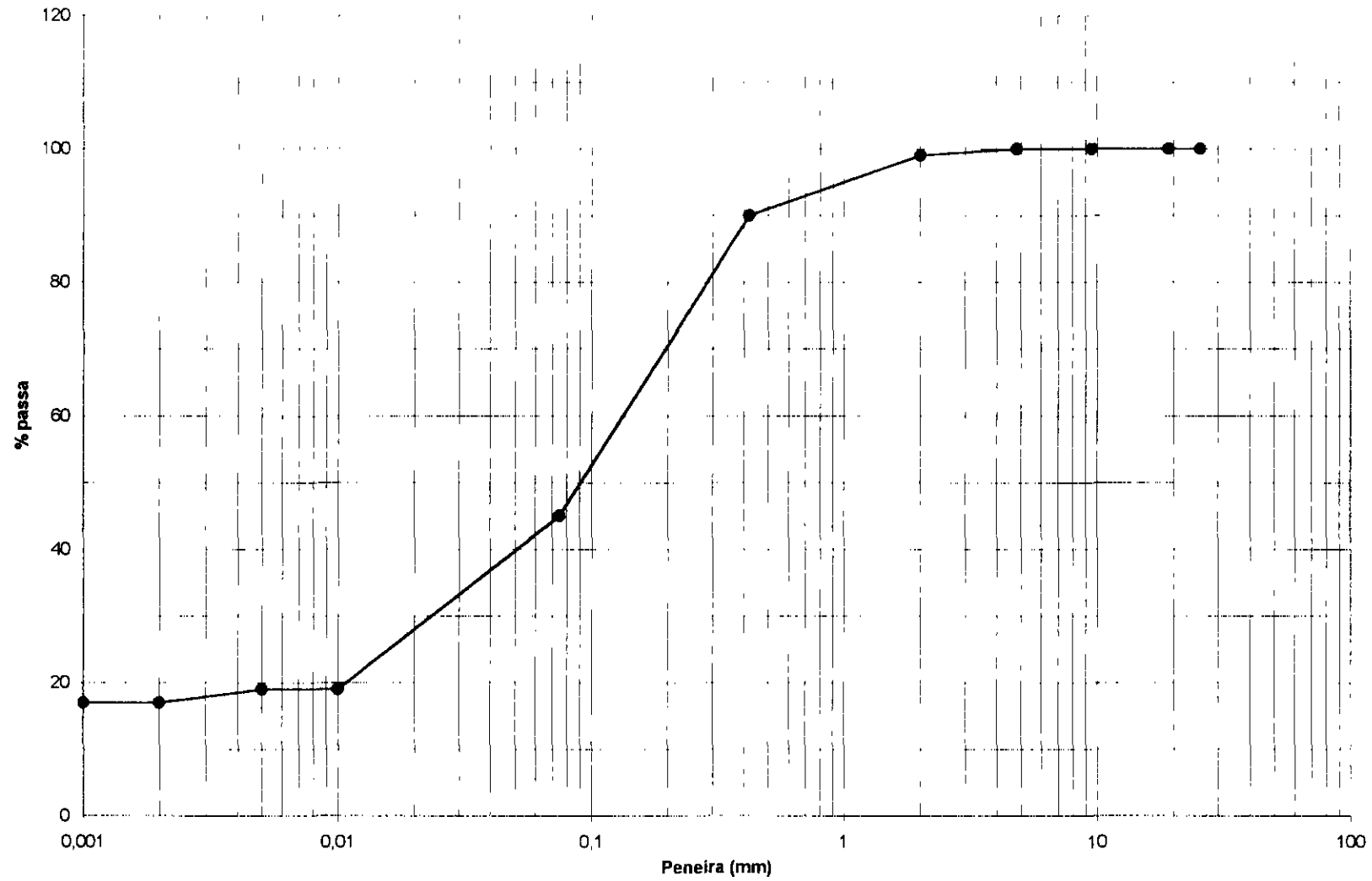
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 6



000655



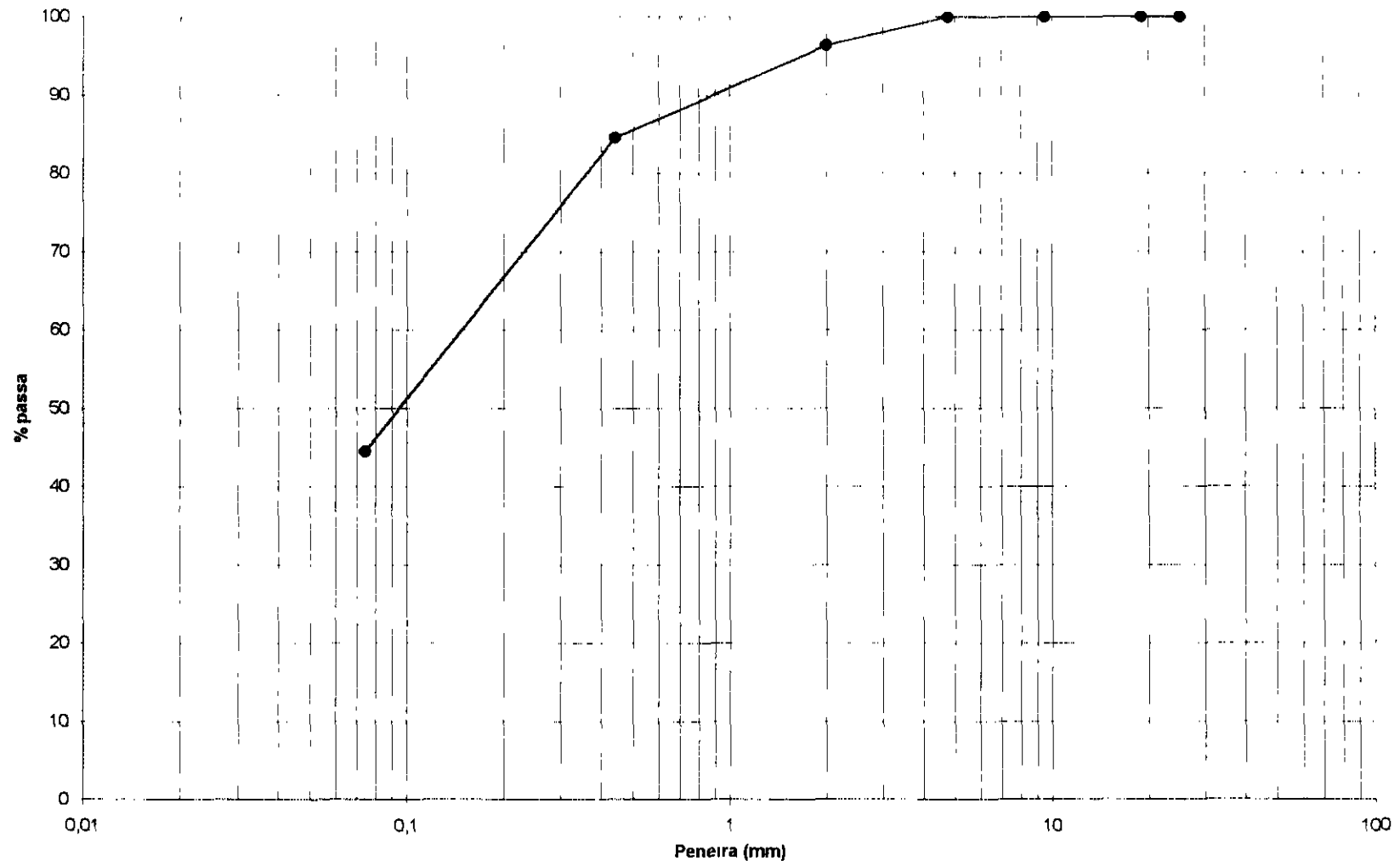
CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Jazida 2 - Amostra 7



00056

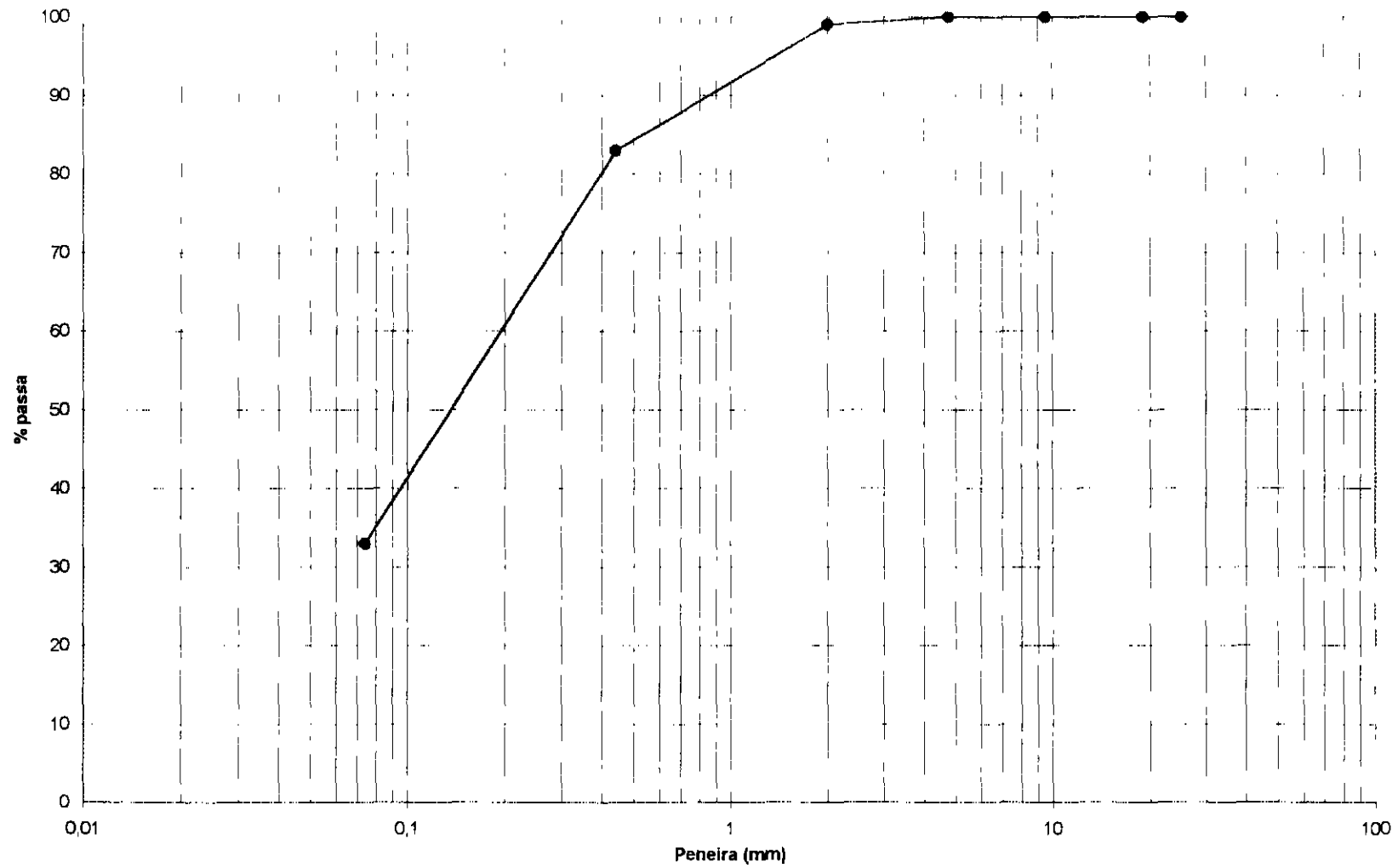


CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Empréstimo 2 - Amostra 8



000037

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Empréstimo 2 - Amostra 9



00008

QUADRO 3.7
Resultados dos Ensaios de Resistência ao Cisalhamento Direto Lento

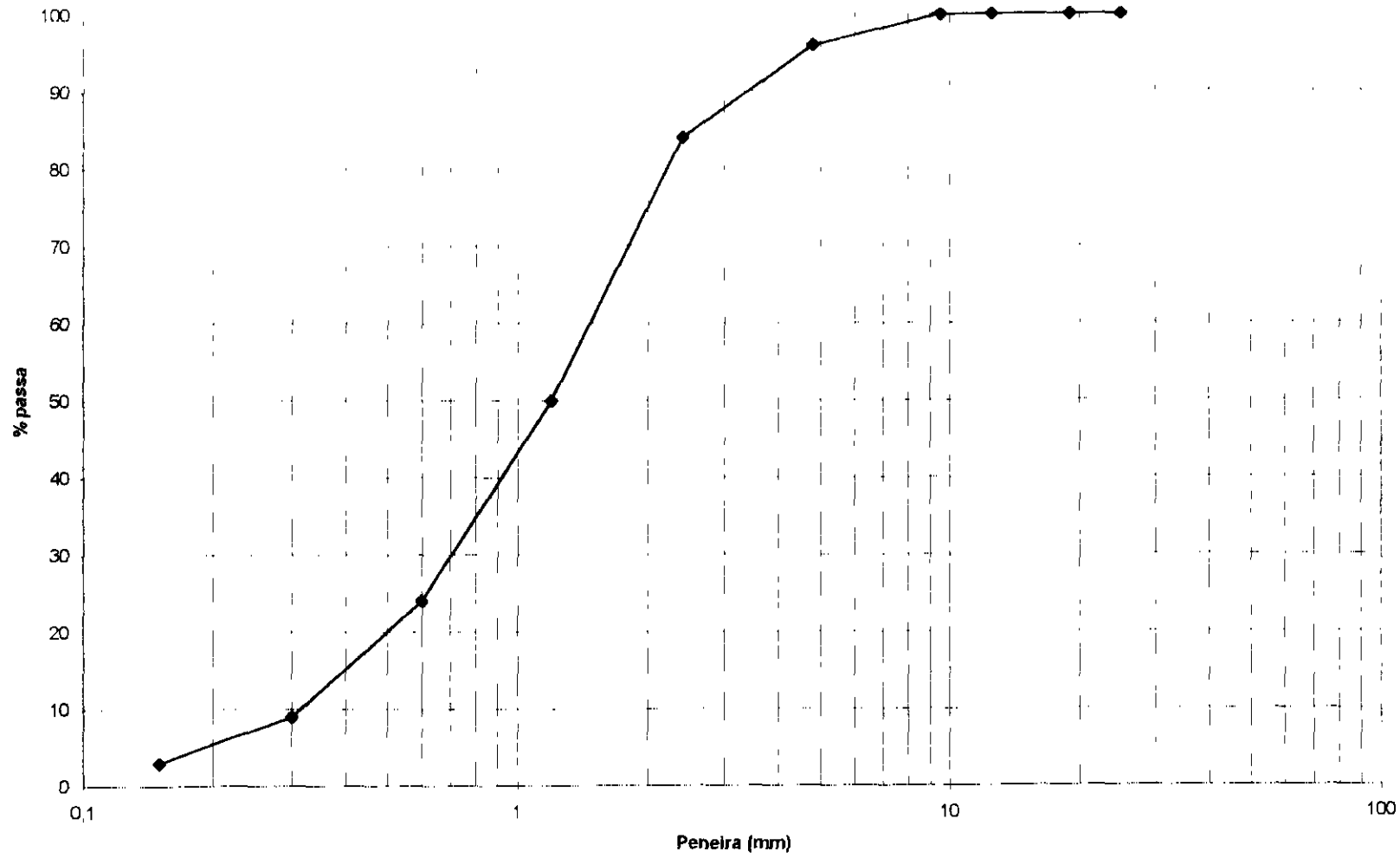
Jazida	Amostra (Furo)	Prof (m)	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (g/cm ³)	h_{ot} (%)	γ_g (g/cm ³)	h_{inic} (%)	σ_{normal} (kgf/cm ²)	$\tau_{m\acute{a}x}$ (kgf/cm ²)	Rup (mm)	C' (kgf/cm ²)	ϕ (o)
J - 01	02	1,70	1,800	15,2	2,652	14,90 15,00 15,10	1,00 2,00 4,00	1,12 1,66 2,73	1,80 4,52 3,06	0,59	28,2
J - 01	04	1,70	1,825	14,0	2,659	13,60 13,80 13,80	1,00 2,00 4,00	1,28 1,77 2,76	1,67 2,92 3,06	0,78	26,2
J - 01	06	1,70	1,770	15,5	2,656	15,20 15,10 15,20	1,00 2,00 4,00	1,05 1,62 2,65	1,84 6,12 3,51	0,54	28,0
J - 01	09	1,70	1,770	15,9	2,638	15,10 15,10	1,00 2,00 4,00	1,11 1,72 2,57	1,78 2,93 5,12	0,69	25,6
J - 01	10	1,70	1,780	15,6	2,639	15,00 14,90 15,40	1,00 2,00 3,00	1,14 1,70 2,81	1,98 4,90 4,77	0,59	29,0
J - 02	06	1,70	1,930	11,4	2,651	11,00 11,00 11,00	1,00 2,00 4,00	1,07 1,66 2,87	2,79 3,38 3,56	0,46	31,1
J - 02	07	1,70	1,920	11,6	2,639	11,00 11,10 11,30	1,00 2,00 4,00	1,16 1,67 2,83	1,96 4,52 4,77	0,58	29,3
J - 02	09	1,70	1,895	12,6	2,641	10,50 12,50 12,90	1,00 2,00 3,00	1,22 1,70 2,87	2,89 2,95 3,18	0,64	28,9

**QUADRO 3.8
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - AREAL**

FURO Nº	PROF (m)	y real Particula	K (cm/s)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)										D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	Cu	Cc	PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USC)
				PENEIRAMENTO															LL	LP	IP	y seco Maximo (g/cm3)	hot (%)	
				2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10															
				50mm	25mm	19mm	12,5mm	4,75mm	2mm	0,85mm	0,425mm	0,25mm	0,15mm											
01	1,50		1,15 x 10 ⁻²	100	100	100	100	96	86	53	26	10	3	1,500	0,675	0,300	5,000	1,010					SP	
02	1,50		1,48 x 10 ⁻²	100	100	100	100	96	84	50	24	9	3	1,500	0,700	0,325	4,620	1,010					SP	
MÉDIA					100,0	100,0	100,0	96,0	85,0	51,5	25,0	9,5	3,0	1,5	0,7	0,3	4,8	1,0					SP	
Desvio Padrão					0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,1	1,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0						
Valor Máximo					100,0	100,0	100,0	96,0	86,0	53,0	26,0	10,0	3,0	1,5	0,7	0,3	5,0	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Valor mínimo					100,0	100,0	100,0	96,0	84,0	50,0	24,0	9,0	3,0	1,5	0,7	0,3	4,6	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

000000

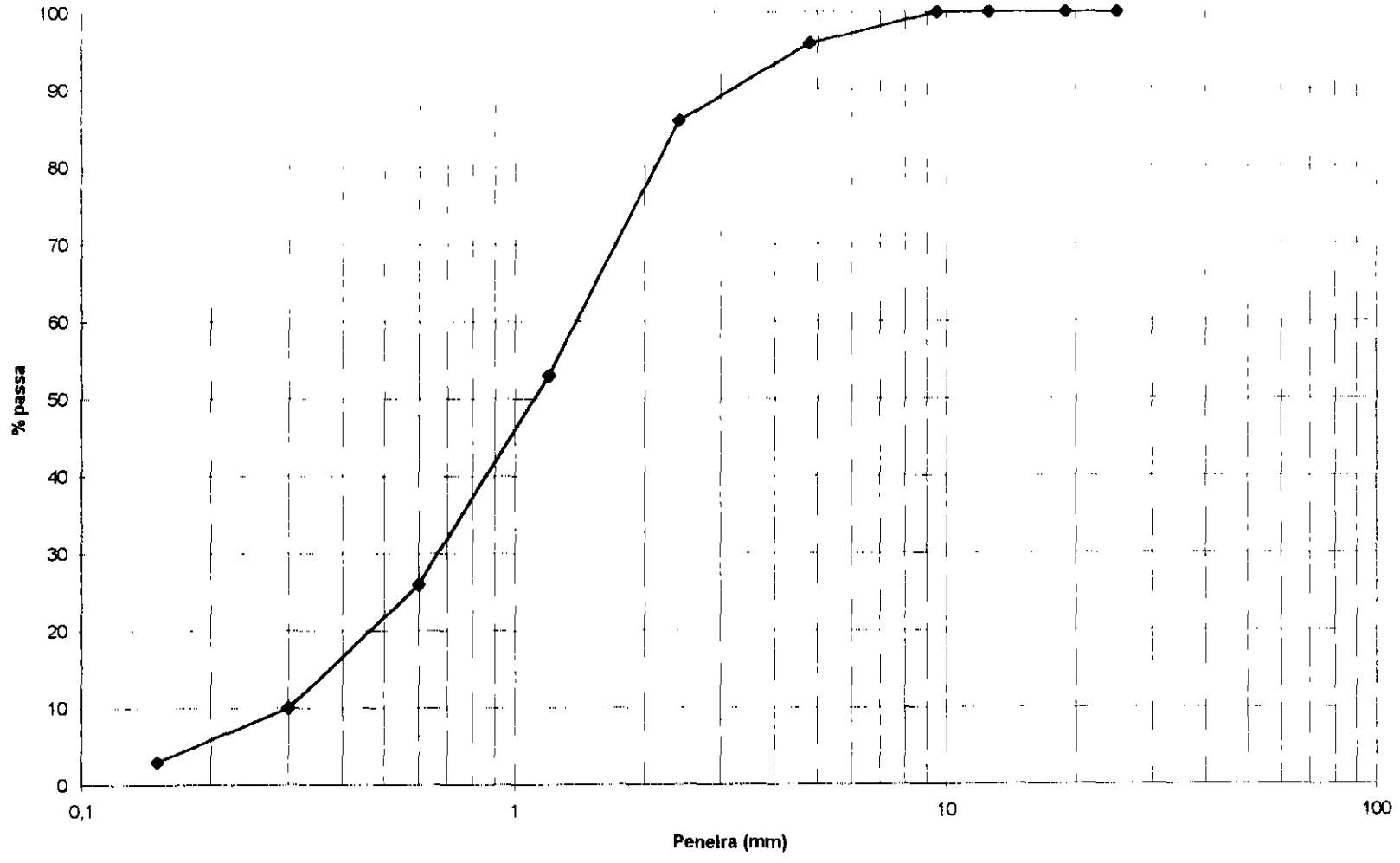
CURVA GRANULOMETRICA
Barragem Catu
- Areal - Amostra 2



190009



CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
- Areal - Amostra 1



000062



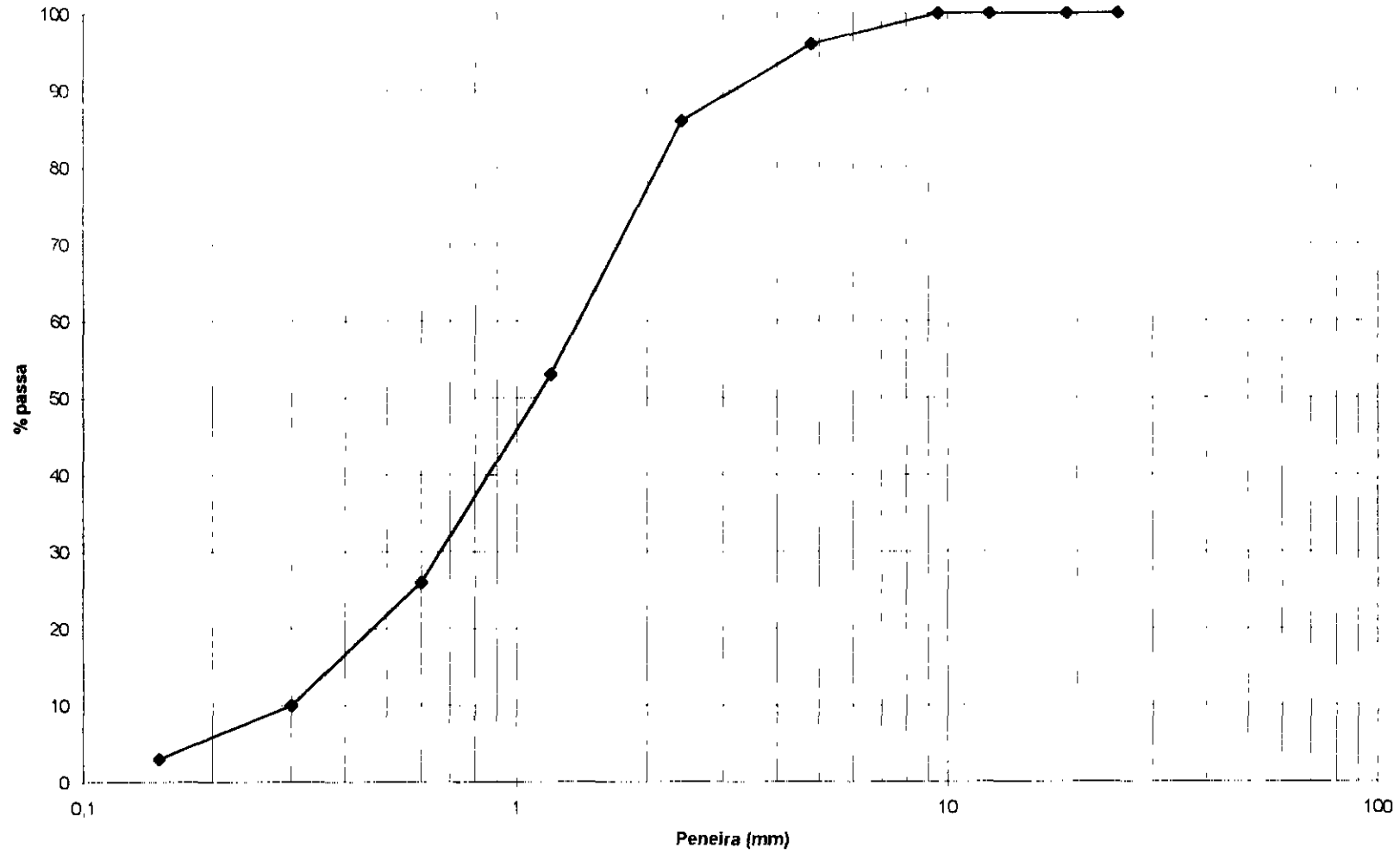
QUADRO 3.9

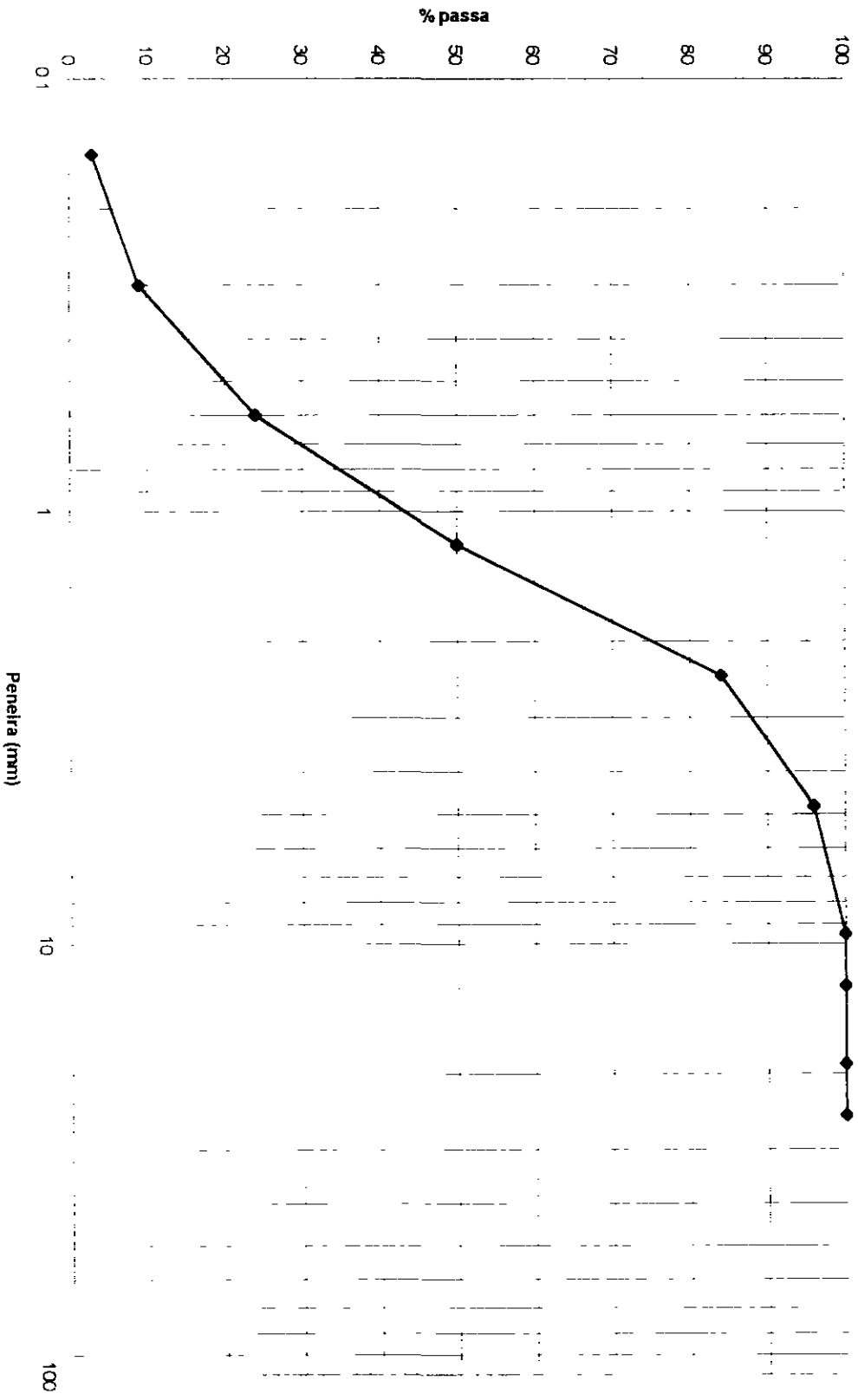
Resultados dos Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante

Jazida Arenosa JA1

Amostra	Classificação	Permeabilidade Média (cm/s)
01	SP	$1,15 \times 10^{-2}$
02	SP	$1,48 \times 10^{-2}$
03	SP	$1,71 \times 10^{-2}$
04	SP	$1,65 \times 10^{-2}$

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
- Areal - Amostra 1





CURVA GRANULOMÉTRICA
 Barragem Catu
 - Areal - Amostra 2

400066

QUADRO 3.11

Resumo dos Ensaios "Los Angeles" - Pedreira

Amostra	Gradação	Los Angeles (%)
01	"B"	28,6
02	"B"	27,0
03 (mistura)	"B"	28,8

QUADRO 3.13
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - EIXO - JUSANTE

FURO Nº	PROF (m)	y real Partícula	K (cm/s)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)												D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	Cu	Cc	PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USC)	OBSERVAÇÃO
				PENEIRAMENTO						SEDIMENTAÇÃO											II	LP	IP	y seco Máximo (g/cm3)	hot (%)		
				2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº200																
				0.8 mm	2.5 mm	19.1 mm	4.75 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm												
RESUMO DOS ENSAIOS EXECUTADOS A 50m a 100 m DO EIXO LADO DA JUSANTE L-D*																											
02	1,50					100	100	100	100	96	76	32								24	10	14			SC	50 m do Eixo	
03	1,50					100	100	100	100	96	69	21								14	3	11			SM	50 m do Eixo	
07	1,50					100	100	100	100	98	71	18								NL	NP				SM	100 m do Eixo	
08	1,50					100	100	100	100	97	61	14								NL	NP				SM	100 m do Eixo	
MEDIA						100,0	100,0	100,0	100,0	96,8	69,3	21,3								19,0	6,5	12,5					
Desvio Padrão						0,0	0,0	0,0		6,2	7,7									7,1	4,9	2,1					
Valor Máximo						100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	76,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,00	10,00	14,00	0,00	0,00			
Valor mínimo						100,0	100,0	100,0	100,0	96,0	61,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,00	3,00	11,00	0,00	0,00			

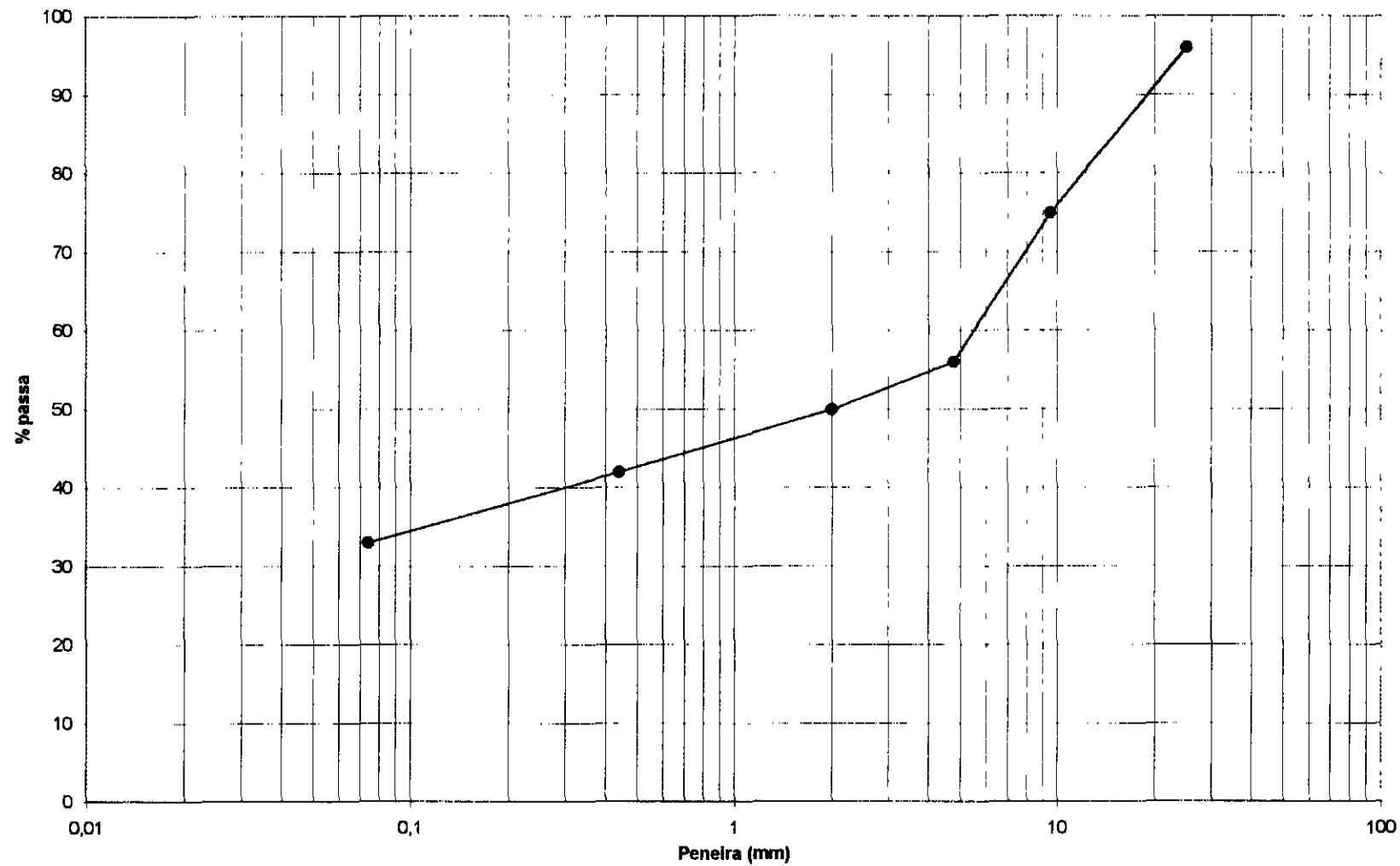
000069

**QUADRO 3 14
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - SANGRADOURO**

FURO Nº	PROF (m)	y real Particula	K (cm/s)	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)										D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	Cu	Cc	PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USC)	OBSERVAÇÃO	
				PENEIRAMENTO					SEDIMENTAÇÃO										LL	LP	IP	y seco Máximo (g/cm3)	hot (%)			
				2"	1"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº200																
				50.0mm	25.4mm	9.5mm	4.75mm	2.0mm	0.425mm	0.075mm	0.015mm	0.0075mm	0.002mm						0.001mm							
1A	1,50			100	96	75	56	50	42	33								32,5	17,9	14,6			SC			
2A	1,50			100	96	82	69	64	56	47								35	18,7	16,3			SC			
3A	2,50			100	97	81,2	70,3	64,5	56,6	45,4								32,5	18,3	14,2			SC			
4A	2,50			100	95,7	75,2	59,1	52,5	43,1	31,1								30,5	17,4	13,1			SC			
MÉDIA					96,2	78,4	63,6	57,8	49,4	39,1								32,6	18,1	14,6						
Desvio Padrão					0,6	3,8	7,1	7,6	8,0	8,2								1,8	0,6	1,3						
Valor Máximo					97,0	82,0	70,3	64,5	56,6	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,00	18,70	16,30						
Valor mínimo					95,7	75,0	56,0	50,0	42,0	31,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,50	17,40	13,10						

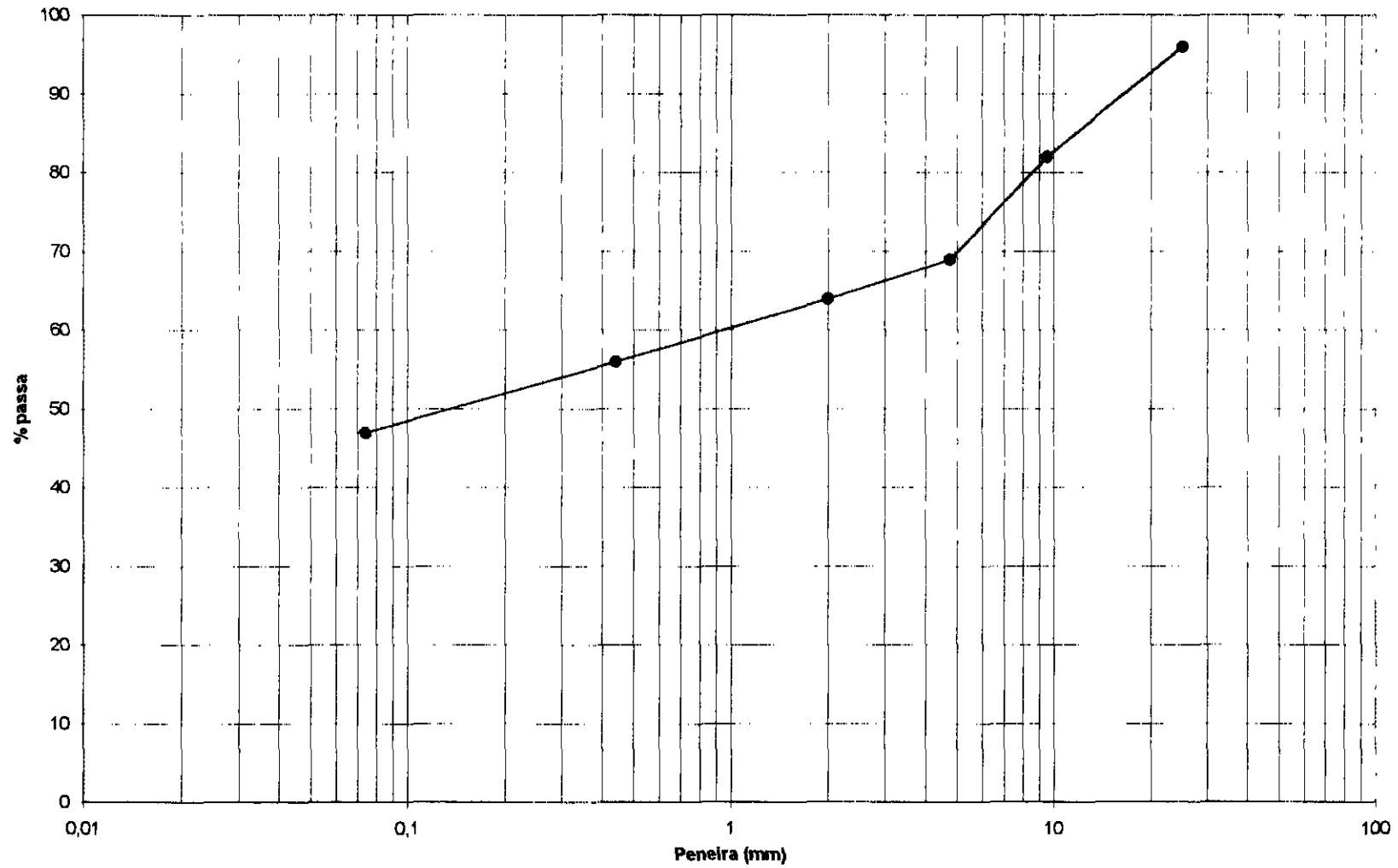
000070

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Sangradouro - Amostra 1A



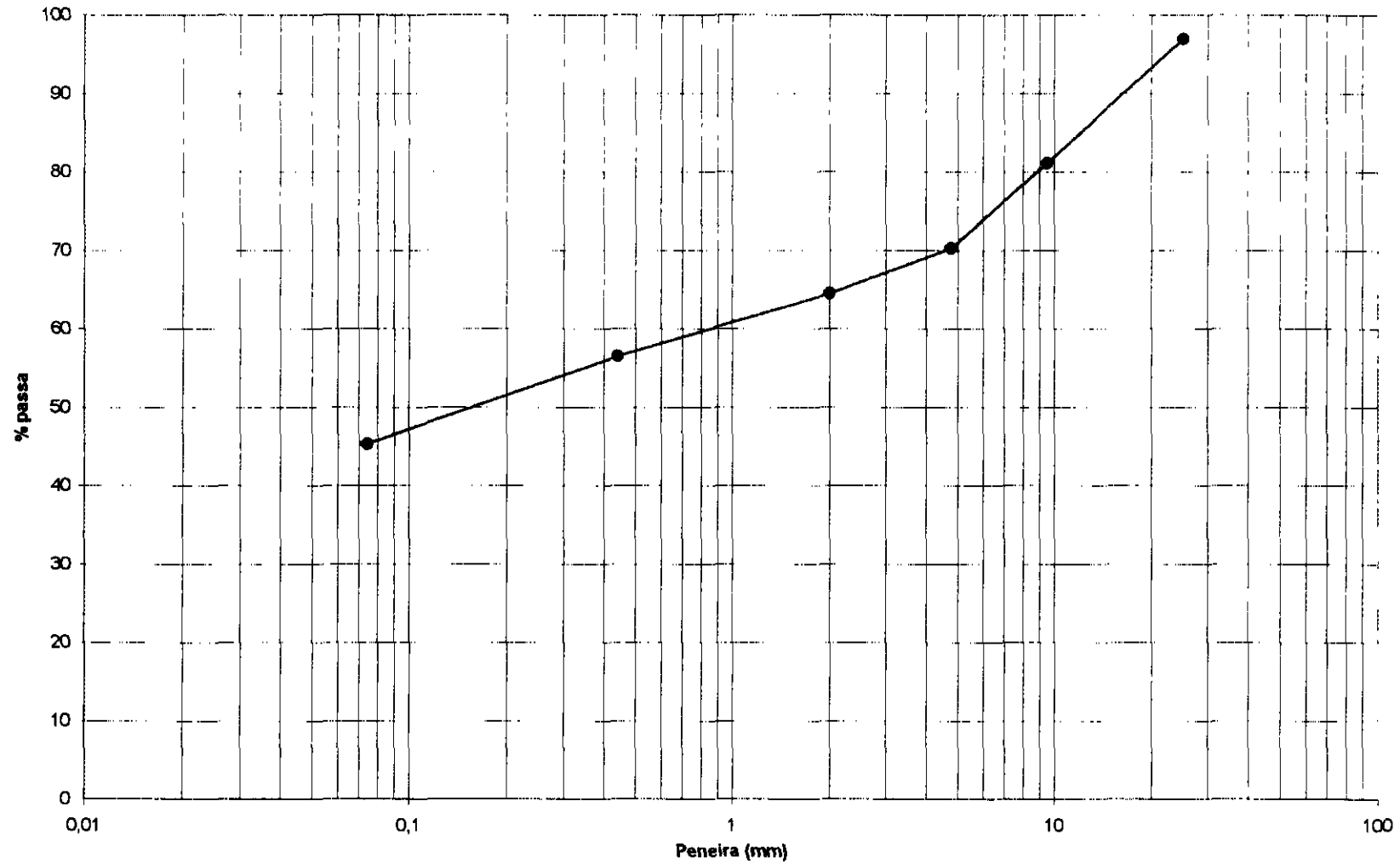
000071

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Sangradouro - Amostra 2A



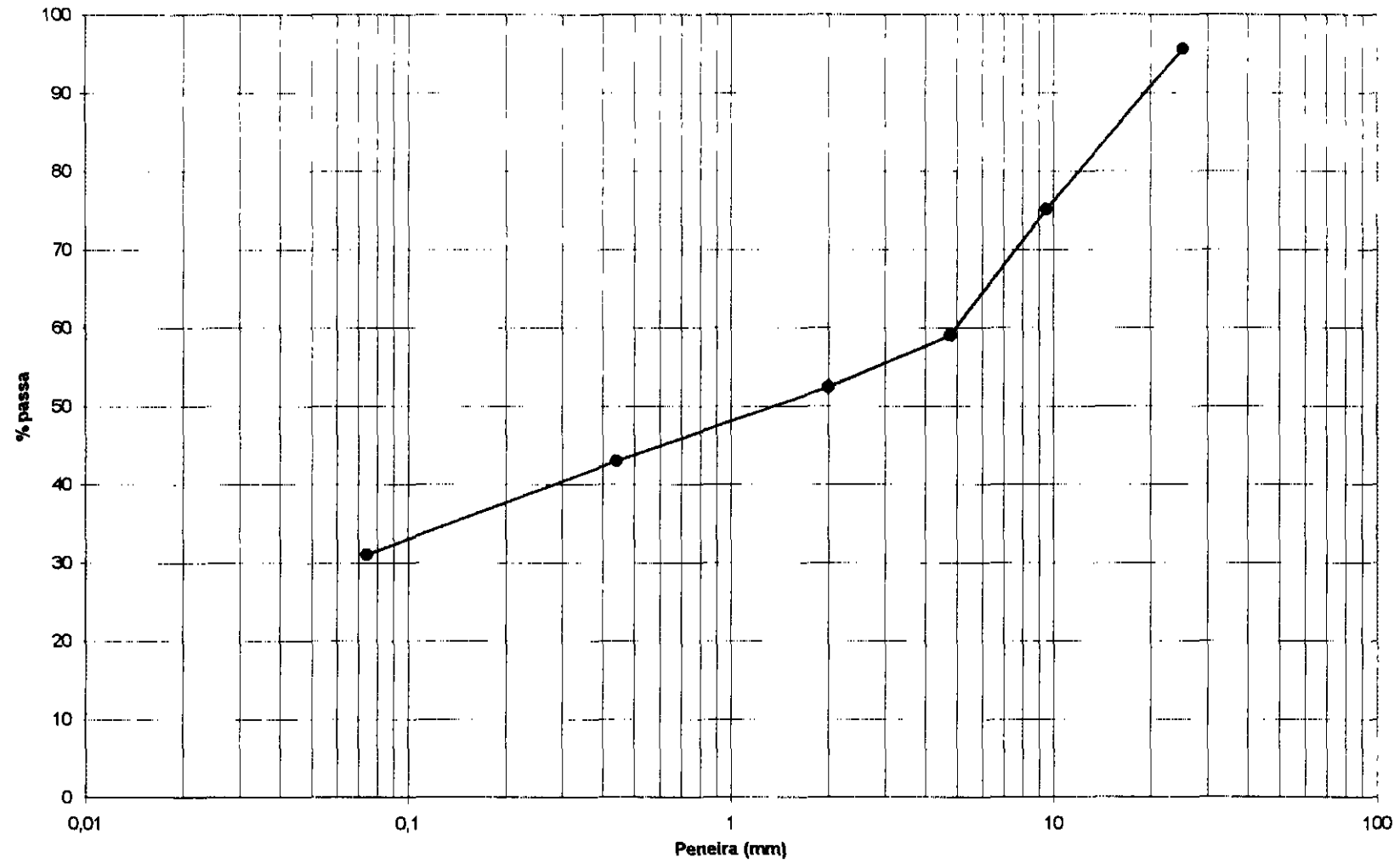
000072

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Sangradouro - Amostra 3A



000673

CURVA GRANULOMÉTRICA
Barragem Catu
Sangradouro - Amostra 4A



500074

3.6 - COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE AS INVESTIGAÇÕES

3.6.1 - Fundações

Com base nos resultados das sondagens e respectivos ensaios "in situ", pôde-se traçar um provável perfil geotécnico da área do trecho barrável. O termo provável é utilizado, uma vez que se extrapola os dados obtidos nos furos, que por sua vez são pontuais.

O material predominantemente encontrado é constituído por depósitos aluvionares restritos à calha do rio, formados basicamente por areia fina siltosa cinza variando de pouco a medianamente compacta, traduzido por valores de SPT entre 6 e 9, e profundidade máxima de 1,80m. Há, em alguns furos (vide SP-13) a ocorrência de camada de argila arenosa rija nas imediações da calha do rio, com SPT em torno de 11 a 15, com valores acima às vezes "falseados" pela presença de pedregulhos imersos nessas camadas.

Como os valores de SPT tornaram-se altos, foi iniciada a lavagem. O material apresentou-se impenetrável à lavagem e iniciou-se, quando da execução das sondagens mistas, a sondagem rotativa.

Como há uma grande quantidade de pedregulhos com diâmetros grandes imersos na massa de solo, não foi possível recuperar peças inteiras, conseguindo-se e atingindo rocha somente em alguns casos, como a SM-5A, SM - 13.

O nível d'água, foi detectado variando entre 0,50m e 3,40m. Em alguns casos, este não foi encontrado (vide SP-1 a SP-3, SM-8 e SP-9, SM-1 a SM-3, SM-5, SM-8, SM-1A, SM-5A, SM-9 a SM-13).

Os ensaios de permeabilidade "in situ" no aluvião apresentaram valores girando em torno de K (coeficiente de permeabilidade) = $1,07 \times 10^{-3}$ cm/s nos primeiros metros a $K = 6,7 \times 10^{-5}$ cm/s em média.

Os ensaios de perda d'água específica em rocha, tanto no leito, como nas ombreiras não foram executados, pois além de não se encontrar rocha, não conseguiu-se obturar os furos.

As características da fudação da barragem podem ser visualizadas nos boletins de sondagem, ensaios "in situ", bem como no desenho 03/04 (perfil geológico-geotécnico do boqueirão)

3.6.2 - Ombreiras

Na região das ombreiras encontra-se uma capa de solo residual formado por areia fina a média, pouco siltosa, pouca argilosa de pouco a medianamente compacta e espessuras variando de 1,00 a 3,00m. Abaixo destas camadas, detectou-se camadas de argila arenosa com pedregulhos de quartzo variegada, variando de rija a muito rija e SPT em torno de 21 a 90/25. Essas camadas apresentaram-se até 4,70m de profundidade.

Nos ensaios de permeabilidade "in situ" encontrou-se valores médios para k (coeficiente de permeabilidade) = $1,98 \times 10^{-5}$ cm/s em média.

Não foi detectada a presença de rocha nestas regiões. Não foi possível, portanto, executar ensaios de perda d'água específica.

3.6.3 - Sangradouro

A investigação efetuada na região do sangradouro constou de sondagens mistas (SM-14, SM-15, SM-10) e poços a pá e picareta, para caracterização do material provindo de escavação.

O solo encontrado pelas sondagens mistas, como em todo o boqueirão, caracteriza-se como argila arenosa com pedregulhos rija a muito rija vermelha (SPT variando de 10 a 28) seguida de areia argilosa muito compacta.

Nos ensaios de permeabilidade "in situ" encontrou-se valores médios para k (coeficiente de permeabilidade) = $1,20 \times 10^{-5}$ cm/s a $8,92 \times 10^{-5}$ cm/s em média.

Não foi possível executar ensaios de perda d'água específica.

3.6.4 - Materiais de Construção

O estudo dos materiais para a construção da barragem, constou inicialmente, de reconhecimento dos empréstimos existentes nas proximidades do local da obra, cujas características permitissem a utilização na construção do maciço e nas obras de concreto.

Foram estudadas duas área de empréstimos terrosos, uma jazida de areia e duas pedreiras. A locação da posição destes materiais em relação ao contexto da obra pode ser visualizada nos Desenhos 04/04

3.6.4.1 - Materiais Terrosos - Area de Empréstimo

Dentro de um afastamento econômico do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo denominadas de J1 e J2, apresentadas no desenho 04/04

Nas áreas selecionadas, foram executados poços de inspeção com escavação manual, identificando a espessura e as características tácteis-visuais da camada de material aproveitável, conforme mostram os boletins de campo apresentados no Volume 2A – Estudos Geotécnicos - ANEXOS

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado

Em tais áreas procedeu-se à coleta de amostras representativas dos materiais, as quais foram submetidas aos seguintes ensaios

- Granulometria (com e sem sedimentação)
- Limites de "Atterberg"
- Ensaio de Compactação (Proctor Normal sem reuso do material)
- Umidade Natural
- Peso Específico Real
- Permeabilidade com carga variável
- Cisalhamento direto lento

O material das áreas de empréstimo em questão é constituído essencialmente por uma camada de solo argiloso. Através da análise da curva granulométrica com sedimentação e dos dados resultantes dos ensaios dos limites de Atterberg (LL, IP e

LP) das amostras, conclui-se que há predominância de materiais classificados como CL (USC), ou seja argila silto-arenosa em baixa compressibilidade, e tipo SC, ou seja, areia fina muito argilosa-siltosa, na J1 Na J2, encontrou-se predominantemente material tipo SC

Os valores de c' (coesão) e ϕ' (ângulo de atrito) obtidos dos ensaios de cisalhamento direto lento, nos quais as amostras de solo foram compactadas na densidade ótima e umidade ótima obtidas do Ensaio do Proctor, receberam tratamento estatístico e indicaram os seguintes valores

Material tipo CL	Material tipo SC
• $c' = 0,61 \text{ kgf/cm}^2$	$c' = 0,57 \text{ kgf/cm}^2$
• $\phi = 27,3^\circ$	$\phi = 29,57^\circ$

Dos resultados obtidos dos ensaios de compactação, após receberem também tratamento estatístico, extraiu-se que o material indica razoáveis condições de compactação e apresentou os seguintes resultados

Material tipo CL	Material tipo SC
$\gamma_{s \text{ min}} = 1,770 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_{s \text{ min}} = 1,780 \text{ g/cm}^3$
$\gamma_{s \text{ max}} = 1,800 \text{ g/cm}^3$	$\gamma_{s \text{ max}} = 1,930 \text{ g/cm}^3$
$h_{ot \text{ min}} = 15,2\%$	$h_{ot \text{ min}} = 11,4\%$
$h_{ot \text{ max}} = 15,9 \%$	$h_{ot \text{ max}} = 15,6\%$

Os procedimentos para execução dos ensaios acima citados foram realizados conforme as recomendações dos métodos e instruções de ensaios da ABNT

3 6 4 2 - Materiais Arenosos

Do mesmo modo que se fez a análise da jazida de material terroso, procedeu-se à escolha da jazida de areia dentro de um afastamento econômico do local da obra, foram identificados e caracterizados os materiais da área de empréstimo denominada de JA1 Deve-se salientar que a jazida de material arenoso encontra-se ao longo do braço do rio Pacoti, nos chamados areais comerciais

Na área selecionada, foram executados poços de inspeção com escavação manual, identificando a espessura e as características tácteis-visuais da camada de material aproveitável

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte

Através da análise das curvas granulométricas resultantes dos ensaios de peneiramento, classifica-se o depósito como SP, ou seja, areia de granulação média a grossa mal graduada, representada pelos seus valores de $CNU=4,81$ e $Cc=1,01$, em média

Os ensaios de permeabilidade nas amostras apresentaram valores de k (coeficiente de permeabilidade) = $1,15 \times 10^{-2}$ a $k= 1,48 \times 10^{-2}$ cm/s, em média

Os resultados dos ensaios de laboratório são apresentados no Volume 2A – Estudos Geotécnicos - ANEXOS

A localização da jazida de areia pode ser visualizada no Desenho nº 04/04, no anexo A

3 6 4 3 - Materiais Rochosos

Os materiais rochosos a serem utilizados na construção das obras da barragem, tais como enrocamentos e agregados deverão ser provenientes da pedreira

De acordo com o resultado do ensaio “Los Angeles”, o material existente na pedreira apresentou $LA = 27\%$ a $28,8\%$, sendo considerado resistente à abrasão, podendo portanto ser utilizado para os fins que se destina

O material da pedreira foi classificado como gnaiss

Apresenta-se no Volume 2A – Estudos Geotécnicos – Anexos, os resultados dos ensaios



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

ANEXO



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

ANEXO A - DESENHOS

RELAÇÃO DAS PLANTAS

01/04 - MAPA FOTOGEOLÓGICO

02/04 - PLANTA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

03/04 - PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

04/04 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS