



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0001/01/04/B

**LOTE:**

0014

**AUTOR:**

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH; COGERH; PROURB; SOHIDRA; ASTEP

**TÍTULO:**

AÇUDE PÚBLICO UBALDINHO CEDRO - CE

**SUBTÍTULO:**

REVISÃO DO PROJETO EXECUTIVO RELATÓRIO FINAL, ANEXOS - A, B E C

FOLHA DE DADOS - GED/SRH

TIPO DE DOCUMENTO: Projeto  
 Identidade GED: 0004/01/04 fase B  
 Lote: 0004  
 N° de Registro: 98/0621  
 Autores: ASTEP/SRH/COGERH/SOHIDRA  
 Programa: PROURBICE  
 Título: Açude público Usaldinho, Cedro-ce  
 Sub-Título 1: Revisão do projeto executivo  
 Sub-Título 2: Relatório final, anexos - A, B e C  
 N° de Páginas: 167  
 Volume: I  
 Tomo: \_\_\_\_\_  
 Editor: ASTEP  
 Data de Publicação (mês/ano): 1996  
 Local de Publicação: Recife

Localização da Obra

Tipo de Empreendimento:

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

Rio - Riacho São Miguel  
 Bacia: Taquaribe  
 Sub-bacia: Salgado  
 Municípios: Cedro  
 Distrito: \_\_\_\_\_  
 Microregião: Iguatu  
 Estado: Ceará

GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

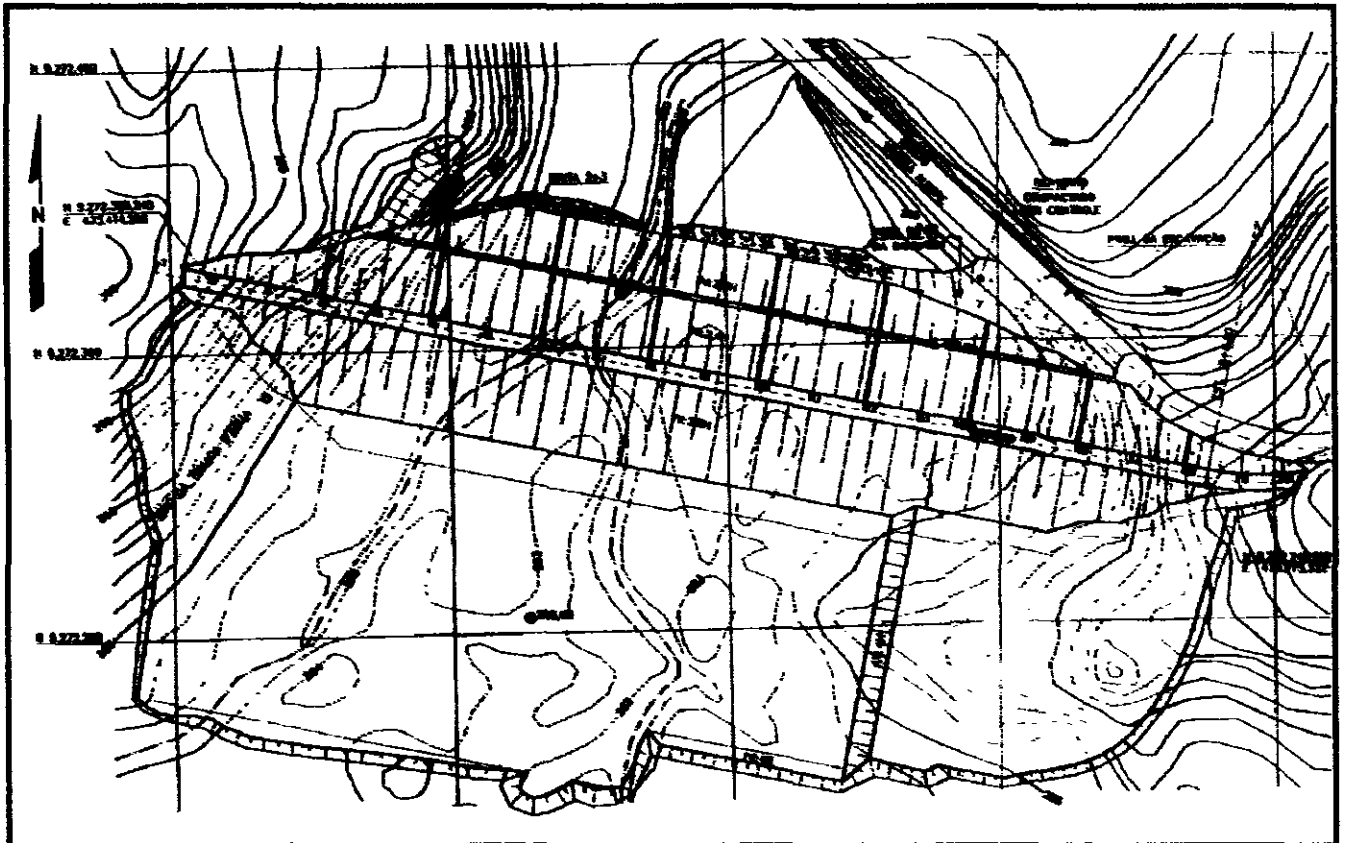


Companhia de Gestão  
dos Recursos Hídricos

**SOHIDRA**


Superintendência de Obras Hidráulicas

PROURB/CE



**AÇUDE PÚBLICO UBALDINHO  
CEDRO - CE**

**REVISÃO DO PROJETO EXECUTIVO - FASE B  
VOLUME 1/4 RELATÓRIO FINAL  
ANEXOS A, B e C**

 **astep  
engenharia ltda**

Nota 00014 - Prep (-) Scan (-) Index (-)  
Projeto Nº \_\_\_\_\_  
Volume \_\_\_\_\_  
Qtd A4 1 \_\_\_\_\_ Qtd A3 \_\_\_\_\_  
Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 1 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

COGERH

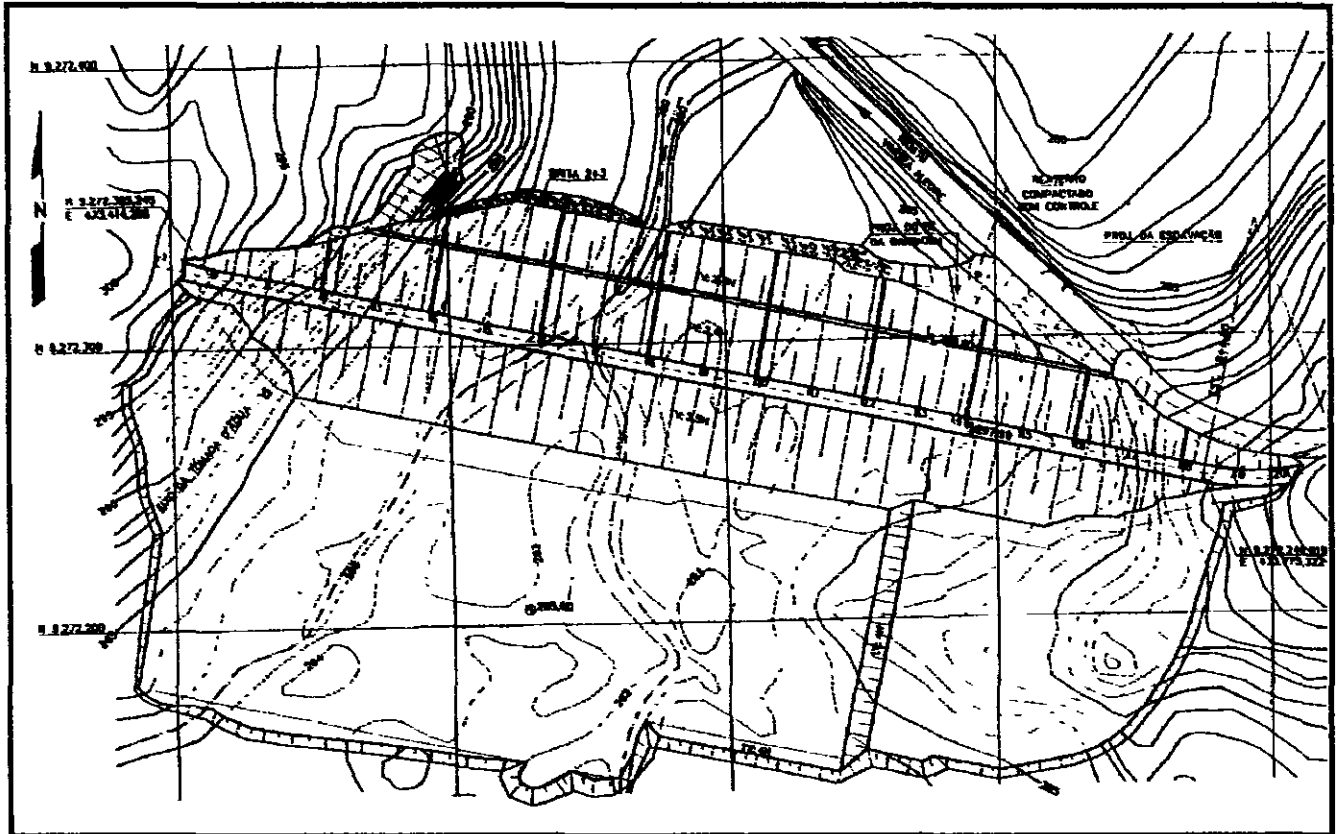


Companhia de Gestão  
dos Recursos Hídricos

**SOHIDRA**

Superintendência de Obras Hidráulicas

PROURB/CE



ÇAÚDE PÚBLICO UBALDINO  
CEDRO - CE



REVISÃO DO PROJETO EXECUTIVO - FASE B  
VOLUME 1/4 RELATÓRIO FINAL  
ANEXOS A, B e C

 **astep**  
engenharia ltda

000003

## ÍNDICE

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1          | INTRODUÇÃO   | 3  |
| 2          | CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA                                   | 4  |
| 2.1        | Geologia e Geomorfologia Regionais                         | 4  |
| 2.2        | Geologia e Geomorfologia Locais                            | 6  |
| 2.3        | Caracterização do Aluvião                                  | 7  |
| 2.3.1      | Espessuras e Distribuição Espacia                          | 7  |
| 2.3.2      | Natureza e Permeabilidade                                  | 9  |
| 3.         | CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E PARÂMETROS DE PROJETO          | 12 |
| 3.1        | Solos de Fundação  | 13 |
| 3.2        | Solos de Empréstimo  | 15 |
| 3.3        | Parâmetros de Projeto                                      | 16 |
| 4          | CONCEITUAÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROJETO                        | 17 |
| 4.1        | Documentos de Projeto                                      | 17 |
| 4.2        | Descrição da Barragem                                      | 18 |
| 4.2.1      | Conceituação e Componentes                                 | 18 |
| 4.3        | Sequência e Aspectos Construtivos                          | 20 |
| 5          | ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE        | 22 |
| 5.1        | Estudos de Percolação                                      | 22 |
| 5.2        | Estudos de Estabilidade                                    | 25 |
| 6.         | DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DA BARRAGEM                   | 28 |
| 6.1        | Sistema de Drenagem Interna                                | 29 |
| 6.2        | Proteção do Talude de Montante contra ondas                | 31 |
| 7          | CONSIDERAÇÕES FINAIS                                       | 33 |
| <br>ANEXOS |  |    |
| ANEXO A    | RELATÓRIO HIDROPOÇOS                                       |    |
| ANEXO B    | CERTIFICADOS 362/96 E 377/97 DA UNIV FEDERAL DE PERNAMBUCO |    |
| ANEXO C    | INVESTIGAÇÃO E ENSAIOS DAS ÁREAS DE EMPRÉSTIMOS            |    |
| ANEXO D    | ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO                                      |    |
| ANEXO E    | ANÁLISES DA ESTABILIDADE DOS TALUDES MONTANTE E JUSANTE    |    |
| ANEXO F    | MEMÓRIA DE CÁLCULO DA TOMADA D'ÁGUA E SANGRADOURO          |    |

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta a consolidação das investigações e estudos complementares realizados com o objetivo de revisar o Projeto Básico do Açude Ubaldinho, antes do início de sua construção. Tal revisão mostrou-se oportuna diante da apreciação das dificuldades construtivas associadas à solução inicialmente prevista, de uma trincheira de vedação na fundação da barragem.

Descreve-se o projeto atual, Projeto Básico/Executivo e apresentam-se os elementos da barragem e os dimensionamentos realizados. Na atual concepção o controle da percolação pela fundação aluvionar permeável se dá através de um extenso tapete impermeável, construído a montante, com solo argiloso e protegido de ressecamento por uma camada dupla de areia aluvionar e solo solto.

A ocorrência de um pacote aluvionar permeável é o condicionamento geológico-geotécnico mais crítico ao projeto da barragem. O conhecimento de sua extensão, espessuras, resistência ao cisalhamento, compressibilidade e permeabilidade é fundamental para a decisão técnica e econômica quanto ao tratamento da fundação. Os antigos resultados dos ensaios de infiltração que forneceram valores de baixa permeabilidade e de impermeável, não foram compatíveis com a identificação do material. Este fato foi considerado pela projetista anterior que desprezou os ensaios e propôs uma trincheira de vedação atravessando todo o pacote aluvionar, por assumi-lo permeável.

A presença do "canalão" inferido entre sondagens e com possibilidade de alcançar maior profundidade que a máxima atravessada, as expressivas espessuras de aluvião onde poços de abastecimento são escavados fornecendo água em abundância, entre outros indícios, causaram cuidados quanto ao sucesso da construção de uma trincheira de vedação e quanto à segurança das escavações. Para completá-las seria necessário o rebaixamento do lençol freático, possivelmente em até 20m de profundidade. Como a caracterização do depósito aluvionar que capeia a fundação da barragem foi insuficiente nas investigações iniciais, nova campanha complementar foi programada e cumprida, com investigações de campo e de laboratório. De posse de uma maior massa de informações foi desenvolvida a revisão do projeto.

## **2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA**

A campanha complementar de investigações de campo foi realizada no período de abril a junho de 1996, e visou principalmente, à caracterização das espessuras do pacote aluvionar, as profundidades do topo rochoso, particularmente do "canalão" e o comportamento geotécnico do aluvião. Além de sondagens mistas, foram escavados poços de inspeção e de extração de blocos indeformados. Por encontrar o lençol freático bastante elevado, por ocasião da realização das investigações, os blocos indeformados foram talhados a 1m de profundidade. Os resultados dos ensaios de laboratório são apresentados no capítulo seguinte.

O Relatório Geológico-Geotécnico Complementar de julho de 1996 apresenta e consolida todas as informações disponíveis, parte do qual é reproduzida a seguir, por consubstanciar os estudos de engenharia que lhe seguem. Posteriormente, em dezembro de 1996 foram realizados ensaios de bombeamento e recuperação nos três poços de abastecimento existentes na área da barragem. Procurou-se determinar as permeabilidades do aluvião, com maior confiabilidade, a dada por ensaios de grande dimensões e que portanto, representam melhor as condições médias da fundação.

### **2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAIS**

A geologia e geomorfologia regionais não foram aprofundadas nesta fase dos trabalhos de modo que permanecem as informações levantadas na fase anterior de projeto, pela SIRAC, transcritas abaixo. A fonte das informações é o mapa geológico do Ceará da CPRM, 1982, na escala 1 500.000.

"Os tipos fundamentais de relevo da região estão diretamente relacionados às formações geológicas existentes. Traços evidentes de pediplanação são encontrados, pois trata-se de relevo bastante comum aos terrenos cristalinos de constituição variada. A região apresenta superfície topográfica ligeiramente ondulada, com altitudes variando entre 200 e 600 metros.

Os domínios morfológicos encontrados são planaltos isolados, relevos residuais e mais raramente, planaltos sedimentares, onde a compartimentação do relevo é predominantemente superfícies de planalto, dissecadas em morros, cristas e patamares, e nos relevos sedimentares dissecados, em morros arredondados.

O embasamento cristalino predomina em toda a região, distinguindo-se os gnaisses e migmatitos diversos (PX)/PI(B), corpos intrusivos constituídos por rocha granítica grosseira (PSy), com intercalações de metacalcários e quartzitos.

Outro grupo litológico existente na região é o complexo de filitos, micaxistos com metacalcários e dolomitos, quartzitos e xistos magnesianos, que representam os principais constituintes dos complexos Novo Oriente e Lavras da Mangabeira (PI/PIf)

Ao longo dos principais rios e riachos da região, tem-se a ocorrência de depósitos aluviais recentes (QHa) que recobrem, principalmente, as rochas do embasamento cristalino. O mapa geológico regional, figura 1, mostra a distribuição das principais litologias e estruturas geológicas existentes na região "

Apesar do baixo grau de detalhe que a escala do mapa geológico oferece, são nítidas as duas famílias de estruturas segundo as quais se orientam os alinhamentos estruturais presentes na região. Na porção superior do mapa prevalecem os alinhamentos leste-oeste, paralelos à longa falha transcorrente que corta a região. Predominam, nesta porção, as litologias dos complexos de filitos

Na porção inferior prevalecem os alinhamentos paralelos a uma falha de empurrão, com caráter regional. A única indicação de mergulho, encontrada no mapa geológico, está associada à direção dos alinhamentos estruturais nesta região, com um valor de 40° para sudeste, medida na foliação e concordante com o mergulho da falha dominante.

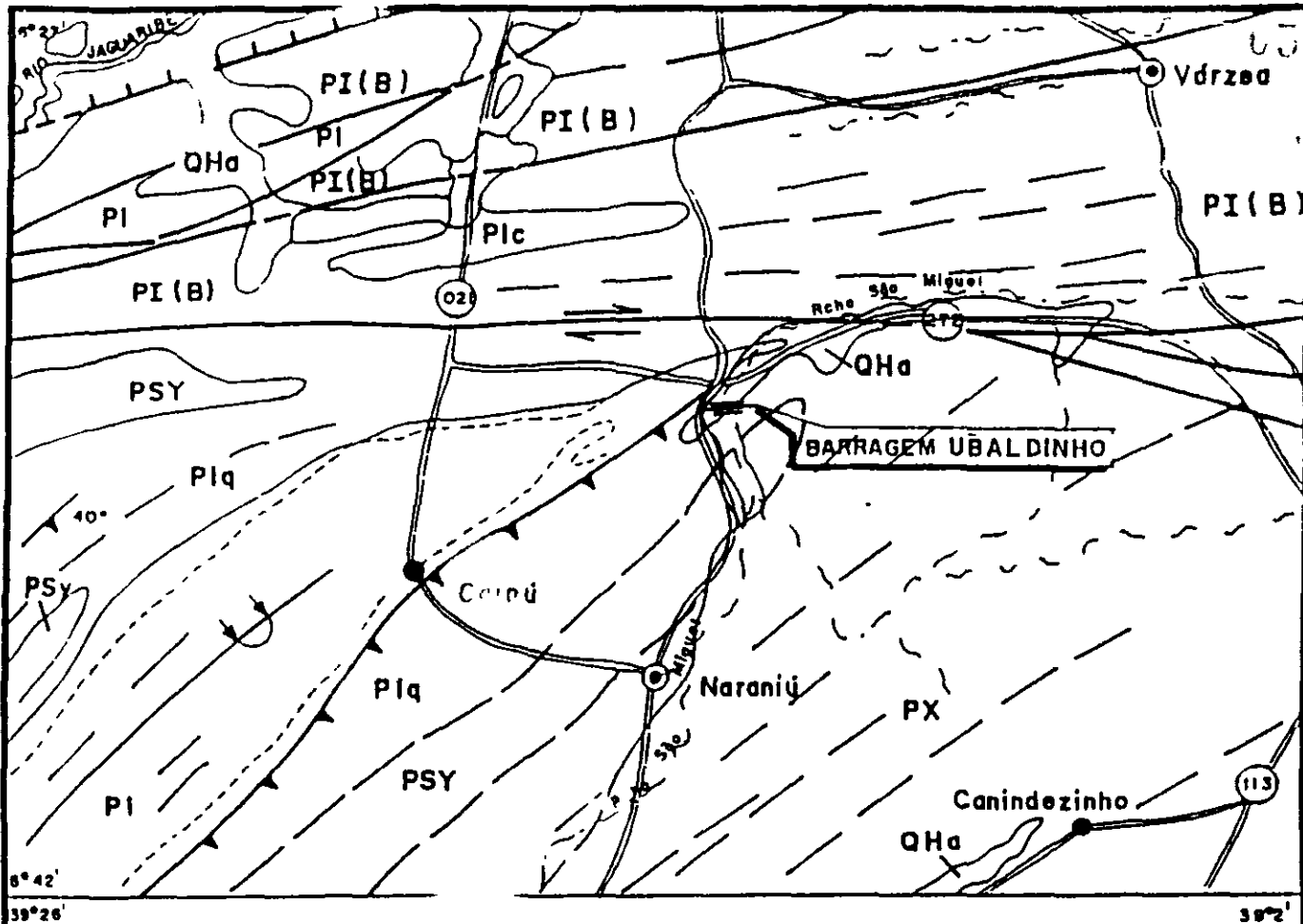
O riacho São Miguel, como usualmente ocorre, segue os alinhamentos estruturais dominantes. Deste modo, em seu trecho de montante, porção sul do mapa, seu curso segue aproximadamente a direção sudoeste-nordeste. Pouco a montante do local da barragem e por alguns quilômetros a jusante, seu curso sofre uma curvatura no sentido horário, passando a alinhar-se na direção leste-oeste, a mesma direção da falha transcorrente regional e padrão dos alinhamentos estruturais desta área

O fato do local da barragem inserir-se em área de cruzamentos de feições estruturais com distintas direções, pode ter por consequência um fraturamento mais intenso da rocha, submetida "duplamente" a esforços tectônicos. Se é eventualmente verdade, a capacidade erosiva das águas teria obtido maior sucesso aí, em aprofundar o leito do rio, durante as torrentes, pois os blocos de rocha, determinados pela interseção das duas famílias de fraturas, seriam provavelmente menores que os determinados sob domínio de cada uma sozinha

Outra observação aplicável ao modelo de erosão-deposição inferido para o curso é que a tendência de aprofundamento da erosão estaria junto à margem convexa ou externa da curva, margem esquerda, no caso, e a deposição seria mais favorável junto à margem interna da curva, margem direita

Acompanhando o trecho do curso d'água em curva, ocorre uma faixa aluvionar quaternária com largura variável entre aproximadamente 300m, como no local do barramento, e 2 500m, como poucos quilômetros a jusante. Geologicamente recente, é





- QHa** SEDIMENTOS ALUVIAIS LOCALMENTE COLUVIAIS; ARGILAS, AREIAS ARGILOSAS, ARGILAS ORGÂNICAS, AREIAS QUARTZO-FELDSPÁTICAS E CONGLOMERÁTICAS.
- PSy** GRANITÓIDES PEREIRO GRANITÓIDES DE COMPOSIÇÃO GRANÍTICA E GRANODIORÍTICA DE GRÃ MÉDIA À GROSSEIRA COM PORFIROBLASTOS OU NÃO
- PI** **PII** COMPLEXOS DE FILITOS, MICAXISTOS COM METACALCÁRIOS E DOLOMITOS QUARTZITOS E XISTOS MAGNESIANOS
- PX** UNIDADE SEM DENOMINAÇÃO GNAISSES E MAGMATITOS DIVERSOS, SECUNDARIAMENTE ENCERRANDO JAZIMENTOS DE METACALCÁRIOS, QUARTZITOS E ROCHAS CALCÁRIAS

FONTE MAPA GEOLÓGICO DO CEARÁ  
CPRM-1982 - ESC 1 500 000

### LEGENDA


- CONTATOS GEOLÓGICOS
- - - FALHAS E FRATURAS
- ▲▲▲ FALHA INVERSA OU DE EMPURRÃO
- 40° FOLIAÇÃO INCLINADA
- FALHA TRANSCORRENTE
-  ALINHAMENTO ESTRUTURAL

FIGURA - 1  
MAPA GEOLÓGICO REGIONAL  
ESCALA 1 250 000

lícito supor que a deposição aluvionar ocorreu após a modelagem erosiva na rocha do que já foi o perfil do leito do rio

O material carregado pelas águas torrenciais, ao encontrar a curva, obstáculo que tende a reduzir sua velocidade, deposita partículas que estão em suspensão, respeitando a relação entre sua capacidade de carregamento (velocidade) e o peso do fragmento em suspensão ou rolamento

A última observação que ainda pode ser lembrada, mantendo em mente o modelo deposicional fluvial, é que a segregação granulométrica típica, é função da velocidade da água, entre outros fatores, e tenderia a sedimentar frações mais grosseiras do lado esquerdo, em relação ao direito, e sobretudo no trecho montante da curva, em relação ao de jusante

Todas estas considerações são tendências que podem ser revertidas, localmente, por condicionamentos outros que os mencionados e portanto, o conhecimento mais definitivo se associa às investigações diretas

Exceto pela área de influência da curva, descrita pelo riacho São Miguel, não são registrados outros depósitos quaternários no mapa geológico apresentado. Dois a três quilômetros a montante do local do barramento, de acordo com o mapa geológico apresentado, não há mais aluvião associado à drenagem

## **2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA LOCAIS**

Os tipos geomorfológicos de relevo que predominam na área de implantação do açude, são estreitamente ligados à natureza dos materiais e permitem antecipar problemas geotécnicos de fundação que lhes podem estar associados. As ombreiras esquerda e direita são morrotes e a porção central é formada pela planície fluvial onde correm dois riachos, com leitos de pequena profundidade o São Miguel e seu afluente, pela margem esquerda, o do Saco

O contraste de declividades entre as ombreiras e a planície central é digno de nota. As ombreiras, com declividades bastante íngremes, exibem freqüentes blocos pequenos aflorando e no alto da ombreira esquerda, no acesso ao eixo, pode-se ver um afloramento rochoso com dimensão métrica, de granito pouco alterado

O embasamento rochoso que dá sustentação à área de inserção do açude e de seu reservatório é constituído por um corpo granítico gnaissificado, posicionado no pré-cambriano indiferenciado. A planície fluvial é recoberta por aluviões recentes inconsolidados, onde o lençol freático é sub-superficial. Nos poços de reconhecimento

escavados na planície fluvial, o NA foi encontrado entre um e dois metros de profundidade, aproximadamente

No local do barramento a planície aluvionar tem largura variável entre 240 e 300m, aproximadamente, e sua superfície oscila geralmente entre as cotas 282m e 284m. O contato entre a planície aluvionar e os morrotes das ombreiras se dá ao redor da cota 284m. A profundidade máxima é estimada em até 18m, no "canalão". Na realidade, a sondagem mais profunda atravessou 16,70m de aluvião, mas é pouco provável, dada a estreiteza da base do "canalão", que se acerte uma sondagem exatamente no ponto mais profundo.

O pacote aluvionar é essencialmente arenoso, podendo-se encontrar as frações de areia média, grossa e fina, e ocasionalmente e em teores reduzidos, a fração cascalho. Constata-se também a presença de finos, geralmente em baixos teores. Os 30 cm superficiais do pacote aluvionar são geralmente de solo vegetal, verificado na maioria dos poços de inspeção.

Os anexos I e II apresentam, respectivamente, o mapeamento geológico local e as seções geológico-geotécnicas representativas da planície fluvial, na área de fundação do açude, por concentrar as dúvidas em relação ao projeto existente.

Na ombreira esquerda a rocha granítica aflora em quase toda a extensão do topo, exibindo um manto raso de alteração, saprolito/ solo saprolítico, apenas na sua parte inferior, junto ao contato com o pacote sedimentar. A espessura do solo de alteração não ultrapassa 0,50m. Localmente a rocha apresenta uma coloração rosa a esbranquiçada, geralmente, granulação média a grosseira e fraturas preenchidas por veios de quartzo. Na ombreira direita a rocha encontra-se recoberta por solo saprolítico argiloso raso, exceto pela porção montante a partir da estaca 17, onde aflora.

A direção preferencial das fraturas acompanha a direção dos lineamentos regionais, NE-SW, conforme descritos anteriormente.

## **2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ALUVIÃO**

### **2.3.1 Espessuras e Distribuição Espacial**

O mapeamento em superfície do aluvião na área de implantação do empreendimento foi realizada por caminhamento geológico, com o apoio de pequenas escavações, executadas à pá e picareta até a profundidade de 1m a 2m, restrita pela presença do lençol freático. O material escavado era classificado visual e taticamente. Compreende cerca de 400m do curso do riacho e planície aluvionar, onde, aparentemente, apresenta

padrão regular de deposição e paralelismo das propriedades na direção montante-jusante, não se fazendo notar a curva observada apenas a nível regional Ver Anexo I

A descrição dos poços de reconhecimento mantém regularidade na camada superficial que foi atravessada, onde tipicamente, encontrou-se

- 0,20 a 0,30 m de solo vegetal,
- 0,30 a 1,50 m de areia média e grossa

Alguns dos poços de reconhecimento não encontraram solo vegetal, mas areia média e grossa aflorando à superfície do terreno

O comportamento do aluvião em profundidade pode ser apreciado através das seções geológico-geotécnicas do Anexo II, cuja localização está indicada no Anexo I O perfil longitudinal ao longo do eixo atual mostra um pronunciado canal escavado na rocha, sob a região da drenagem atual, mais próximo à margem esquerda, sem todavia estar sob qualquer um dos atuais riachos que correm na superfície A interpretação sugerida pelo conjunto de sondagens, é a da existência de um canal na rocha, em forma de V e profundidade de cerca de 9m, sob um canal mais largo, em forma de U e profundidade da mesma ordem, que decresce ligeiramente em direção às ombreiras, onde tem cerca de 5m, como ilustrado esquematicamente a seguir

A profundidade máxima, inferida na ordem de 18m, não foi atravessada, tendo a sondagem SM-02 alcançado a espessura máxima de 16,70m de aluvião A SM-07, localizada aproximadamente no mesmo alinhamento montante-jusante, atravessou uma espessura aluvionar de 16,45m

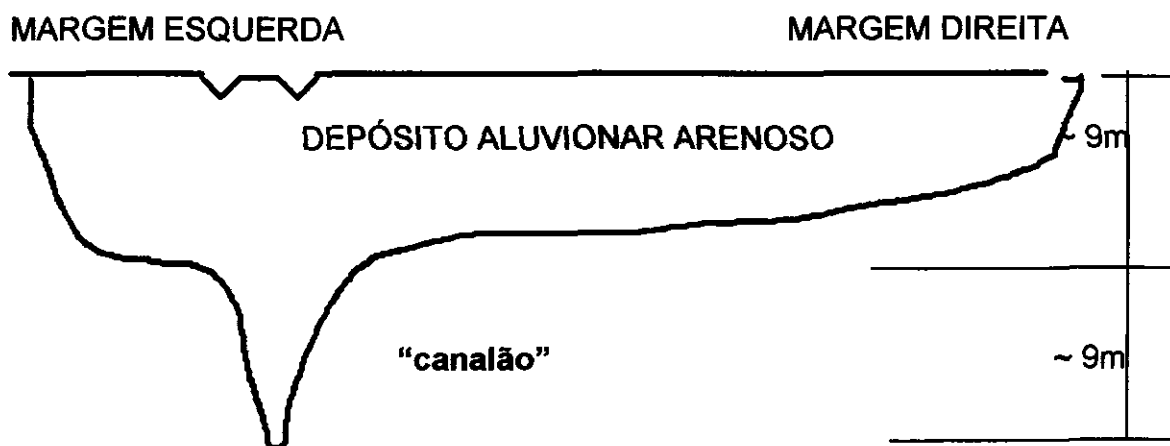


ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DO DEPÓSITO ALUVIONAR NA PLANÍCIE FLUVIAL

Mantendo os princípios interpretativos inerentes ao modelo geológico-deposicional, tentou-se esboçar um mapa de iso-espessuras do aluvião na área, para melhor permitir a comparação entre eixos, uma vez que havia um sentimento que as espessuras aluvionares no eixo antigo seriam menores e portanto, este ofereceria uma situação mais favorável para a implantação da barragem. Este pressuposto não se verificou ao se somar às informações das sondagens as espessuras de aluvião verificadas nos poços de abastecimento, por ocasião dos ensaios de bombeamento, mostradas no quadro adiante. As espessuras verificadas confirmaram proximamente os valores obtidos em entrevista a um conhecedor local e poceiros.

A hipótese de que as sondagens antigas foram paralisadas antes de atingir efetivamente a rocha, suposta como atingida, pela eventual dificuldade associada à presença de cascalho, parece estar confirmada.

### QUADRO I - POÇOS DE ABASTECIMENTO

| POÇO | LOCAL              | NÍVEL DO TERRENO | COTA DO FUNDO | N.A.     | ALUVIÃO <sup>1</sup> |
|------|--------------------|------------------|---------------|----------|----------------------|
| P-01 | E-15+4,5m, 17,5m J | 283,18 m         | 278,15 m      | 280,59 m | 5,5m                 |
| P-02 | E-11+18m, 11,0m J  | 282,73 m         | 276,81 m      | 280,21 m | >5,3m                |
| P-03 | E- 6+1,5 m, 21m J  | 282,39 m         | 275,45 m      |          | 6,9 m                |

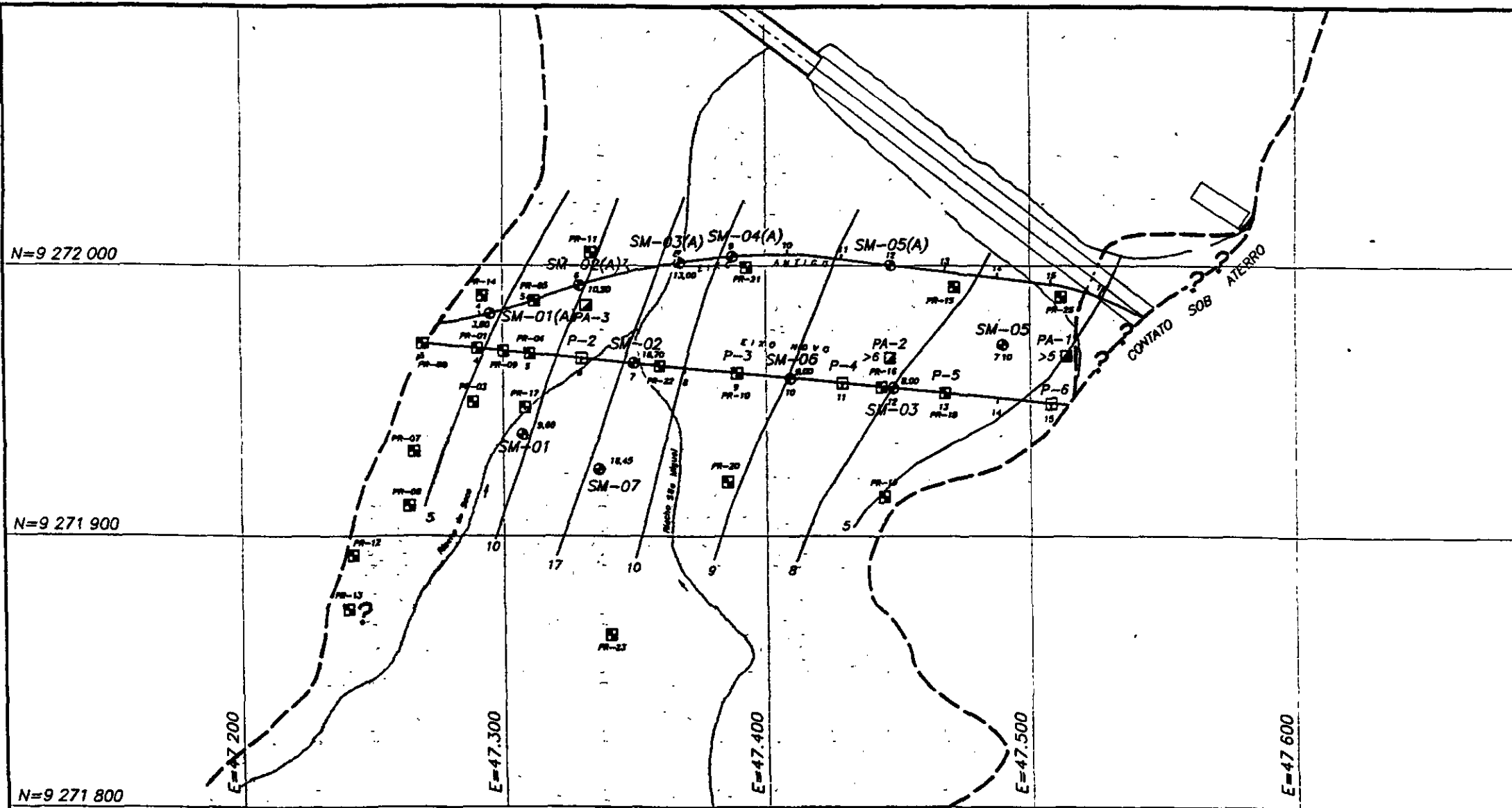
Elaborou-se o mapa de iso-espessuras apresentado na figura 2. Ao que tudo indica, o padrão de espessuras descrito para o eixo deve ser válido, grosso modo, para toda a área de estudos. Com esta visão da área concluiu-se pelo eixo reto, na nova posição, mais favorável.

#### 2.3.2 Natureza e Permeabilidade

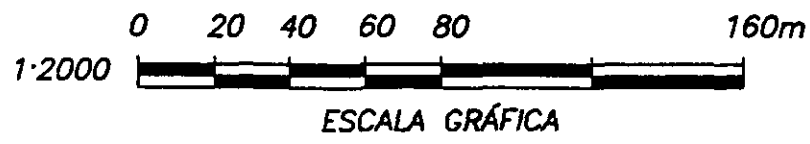
A importância da melhor determinação das permeabilidades dos materiais de fundação esbarra com a precariedade do instrumento que foi disponível nas investigações: o ensaio de infiltração. Entretanto, por ser o único ensaio simples de executar durante as sondagens, acaba por ser empregado sistematicamente. A interpretação dos resultados e utilização merece todo o discernimento e confronto com outras fontes. No caso, previram-se ensaios de granulometria e ensaios de permeabilidade sobre corpos de prova moldados de blocos indeformados, que infelizmente, não foram satisfatórios.

Já a presença dos três poços de abastecimento na área de fundação, permitiu ensaios de rebaixamento/ recuperação, para a obtenção de parâmetros de maior confiabilidade.

<sup>1</sup> Espessuras medidas nos poços



**ISO-ESPESSURAS DO ALUVIÃO**



**FIGURA 2**

000013

Dos 25 pequenos poços de reconhecimento, 20 atravessaram o depósito aluvionar e identificaram, na maioria dos casos, areia média e grossa, indistintamente de sua localização montante ou jusante dos dois eixos, margens esquerda ou direita do riacho. Os poços de reconhecimento apontam para uma homogeneidade da camada superficial.

Pontualmente, todavia, foi verificada uma mancha argilosa e segundo consta, da informação de moradores, há uma fonte de argila de olaria nas proximidades da área.

O perfil longitudinal pelo eixo, seção A-A, Anexo II, indica uma certa variação da graduação na camada superficial, com uma tendência da fração mais grosseira ocorrer na margem esquerda e as ocorrências de finos se localizando na margem direita.

Aparentemente, o canalão é preenchido essencialmente por areia fina e apenas nos 10m superiores ocorrem as deposições mais grosseiras, de areia média e grossa e algum teor de cascalho.

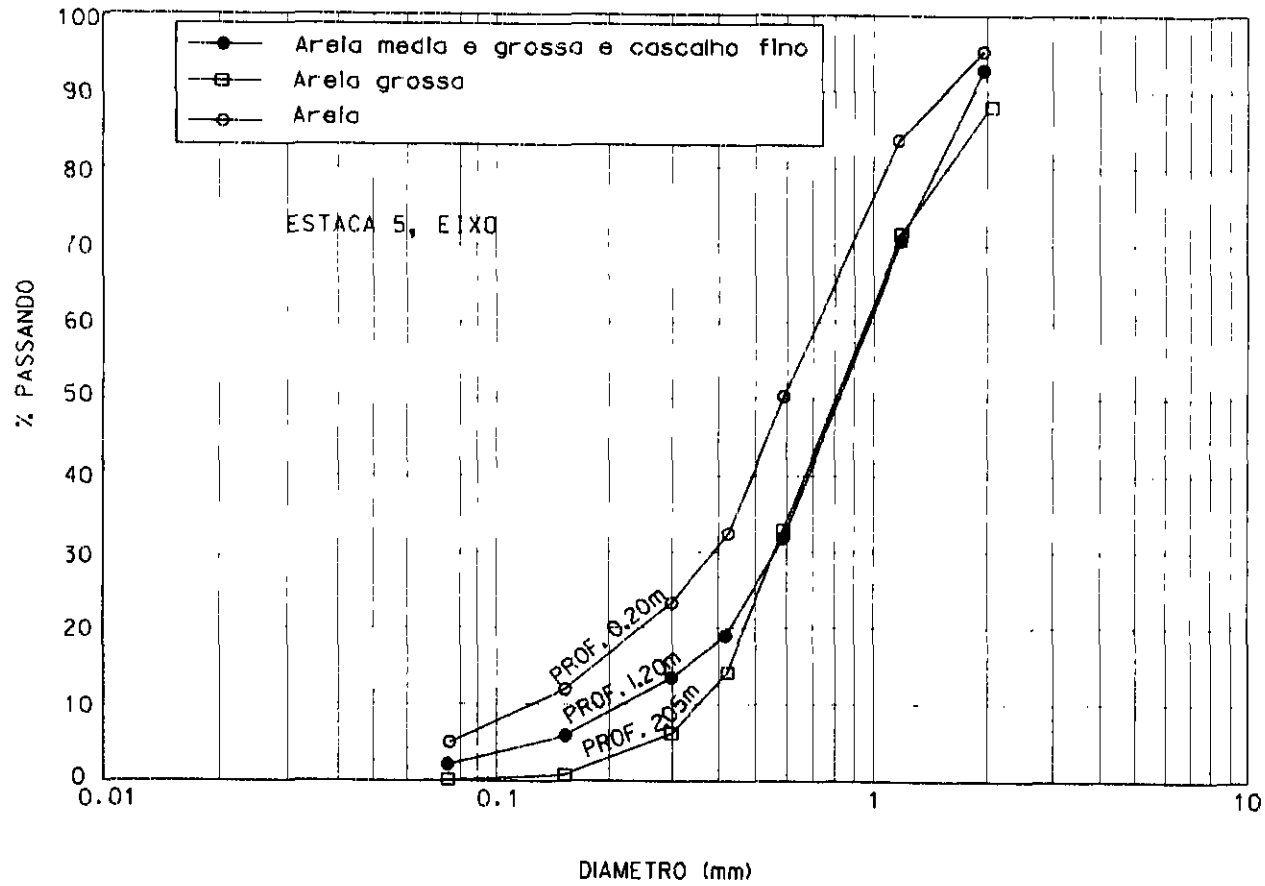
Apesar do padrão deposicional conduzir a camadas horizontais homogêneas, nem sempre foi possível delinear-las claramente, segundo sua granulometria, como se pode observar nas seções geológicas do Anexo II. É possível que se o agrupamento fosse baseado em ensaios de granulometria de laboratório, a correlação fosse melhor, pois a classificação na boca da sonda é mais precária.

Por ocasião da visita ao local foram coletadas amostras de três profundidades: 0,20 m, 1,20 m e 2,05 m, em um poço de reconhecimento escavado na estaca 5. As amostras foram ensaiadas no laboratório de solos da Escola Politécnica da USP e a figura 3 mostra as curvas granulométricas obtidas para as três amostras. São de areia média e grossa e o teor de finos, já reduzido, decresceu com a profundidade de ~5% para zero. Este material seria adequado para construir um filtro. Sua permeabilidade, estimada pela relação de HAZEN,  $k = 100 D_{10}^2$ , estaria entre  $10^{-1}$  cm/s e  $10^{-2}$  cm/s, respectivamente para a amostra a 2,05 m e 1,20 m de profundidade.

Esta região corresponde, pelas interpretações realizadas, aos depósitos mais grosseiros e conseqüentemente, às permeabilidades mais elevadas. A sondagem SM-01, pertencente à mesma região de deposição, forneceu no trecho de 1,0 a 1,45 m uma permeabilidade máxima de  $5 \times 10^{-3}$  cm/s, medida no ensaio de infiltração. No trecho seguinte, de 2,0 a 2,45 m, obteve-se uma permeabilidade máxima de  $5 \times 10^{-4}$  cm/s e nos ensaios correspondentes às profundidades entre 4m e 7m, valores de  $10^{-3}$  cm/s. Os resultados dos ensaios de infiltração, muito provavelmente, subestimam os valores do coeficiente de permeabilidade.

Os resultados dos ensaios de infiltração realizados nos furos de sondagem foram reinterpretados segundo duas hipóteses.

FIGURA 3





- O furo no trecho de ensaio manteve-se íntegro tendo havido fluxo de água pelas paredes e pelo fundo, é o valor  $k$  apresentado no relatório já citado
- O furo no trecho de ensaio não se manteve íntegro, a areia demorou, fechando o trecho livre. O fluxo de água se deu apenas pelo fundo, é o valor  $k_{\text{só fundo}}$  apresentado

Nas sondagens SM-06 e SM-07, houve dificuldades de realização dos ensaios, provavelmente ligadas à falta de vedação. A água de circulação era perdida totalmente. Tal informação reforça a ideia do aluvião ser permeável, ainda que ensaios de infiltração foram realizados em apenas 4 das 6 sondagens executadas na planície aluvionar.

As análises de sensibilidade efetuadas com a permeabilidade indicada pelos ensaios de infiltração, mostrou que

A interpretação, bem provável, da areia fechar o furo e o fluxo de infiltração se dar apenas pelo fundo, conduziu a estimativas da permeabilidade em até 10 vezes superiores à interpretação convencional. Os valores de permeabilidade obtidos nos ensaios de infiltração, considerando a hipótese de fluxo apenas pelo fundo do furo, são de até  $4 \times 10^{-3}$  cm/s, para as fácies mais permeáveis, valores mais frequentes, apesar de não haver um número suficiente de ensaios para uma avaliação estatística, entre  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/s, e inferiores a  $10^{-4}$  cm/s, nas camadas menos permeáveis. As maiores permeabilidades registradas na SM-05 correspondem ao ponto médio entre os dois poços de abastecimento PA-01 e PA-02, localizados no Anexo I.

Não se constatou uma tendência de variação da permeabilidade com a profundidade.

Posteriormente, os ensaios de bombeamento e recuperação realizados nos três poços de abastecimento, situados na área da barragem, forneceram os resultados apresentados no quadro a seguir. No Anexo A encontra-se o respectivo relatório, elaborado pela Hidropoços.

**QUADRO II - RESULTADOS DOS ENSAIOS DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO**

| POÇO <sup>2</sup> | LOCAL              | PROF. N.A.<br>m | ALUVIÃO<br>m | VAZÃO<br>m <sup>3</sup> /h/m | T m <sup>2</sup> /s     | k m/s<br>(cm/s)                                     |
|-------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------------------------|-------------------------|---|
| P-01              | E-15+4,5m, 17,5m J | 4,45            | 5,5          | 3,1                          | $3,1365 \times 10^{-3}$ | $2,987 \times 10^{-3}$<br>( $3 \times 10^{-1}$ )    |
| P-02              | E-11+18m, 11,0m J  | 3,91            | >5,3         | 7,3                          | $3,6309 \times 10^{-3}$ | $2,6215 \times 10^{-3}$<br>( $2,6 \times 10^{-1}$ ) |
| P-03              | E- 6+1,5 m, 21m J  | 3,56            | 6,9          | 0,9                          | $2,2680 \times 10^{-3}$ | $6,8108 \times 10^{-4}$<br>( $6,8 \times 10^{-2}$ ) |

<sup>2</sup> A numeração dos poços no relatório da Hidropoços é respectivamente 02, 03 e 01

Os resultados obtidos nos ensaios de grandes dimensões tendem a ser mais representativos do meio onde são realizados, quanto mais heterogêneo é o meio, como se dá com materiais naturais. As permeabilidades obtidas nos poços de abastecimento são bastante elevadas e reforçam ainda mais a preocupação em relação à percolação e perdas d'água pela fundação. O confronto entre as permeabilidades do mesmo material, estimadas de modos distintos, leva a crer que os ensaios de infiltração subestimaram os valores de permeabilidade. A precariedade destes ensaios já foi comentada.

### **3. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E PARÂMETROS DE PROJETO**

Para a caracterização geotécnica dos solos de fundação conta-se com os resultados dos ensaios realizados sobre blocos indeformados extraídos da fundação, no laboratório da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife. Por diversas conjunturas desfavoráveis o programa previsto não foi completado, não sendo possível fazê-lo. Deste modo, procurou-se obter o máximo de informações geotécnicas com o material disponível, a partir das quais, foram adotados os parâmetros de projeto.

Em relação aos solos de empréstimo, uma recente campanha definiu e ampliou a área a ser utilizada como fonte para a construção do maciço compactado, com dois solos típicos, ambos de alteração do cristalino granítico: o superficial, maduro, um silte argiloso e o subjacente, um perfil de alteração com solo saprolítico, essencialmente, uma areia siltosa. Foram realizados apenas ensaios de caracterização e compactação, uma vez que os trabalhos de construção já se iniciaram. A caracterização mecânica dos solos compactados será realizada sobre blocos indeformados extraídos do próprio aterro, representando, portanto, a condição real de compactação.

Os materiais granulares para construção de filtros e transições são abundantes, como se depreende da caracterização geológica do capítulo anterior, carecendo todavia, de delimitação em campo, cubagem, amostragem e caracterização em laboratório. Quanto à brita e material de enrocamento, serão obtidos da pedra de granito selecionada, de aspecto qualitativo excelente. Não há cubagem da pedra.

### 3.1 SOLOS DE FUNDAÇÃO

As amostras indeformadas foram extraídas dos poços de inspeção escavados na fundação da barragem, de uma profundidade da ordem de 1m. Enviadas ao laboratório foram submetidas a ensaios triaxiais e de adensamento em corpos de prova moldados como indeformados, além dos ensaios de caracterização do material. Sabe-se que houve perda da umidade natural em alguns blocos, e destacam-se as condições precárias para seu transporte do local de escavação ao laboratório, prejudicando sua condição de "indeformada".

Procurou-se identificar alguns eventuais comportamentos deletérios, típicos de clima semi-árido, como colapsividade e dispersividade. Para verificar o colapso foram realizados ensaios de adensamento, com e sem inundação. A inundação foi aplicada à pressão de 100 kPa (1,0 kg/cm<sup>2</sup>). Ensaios de granulometria, com e sem defloculante, foram realizados para verificar a dispersividade do material.

O critério com que foram selecionadas as amostras para ensaios especiais foi o da representatividade de solos típicos da fundação. Entretanto, o mapeamento dos solos típicos da fundação não foi completado, de modo que não se conhece a extensão de ocorrência de cada um dos solos amostrados e ensaiados. Comum em depósitos aluvionares recentes, ocorrem lentes ou manchas argilosas, entremeadas, crê-se que principalmente em superfície, com o restante do depósito, essencialmente arenoso.

O quadro a seguir sintetiza as informações disponíveis, a partir dos ensaios realizados no laboratório da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife.

**QUADRO III - SÍNTESE DAS AMOSTRAS ENSAIADAS**

| ESTACA | AMOSTRA (POÇO) | PROF., m | % AREIA | % < 5 $\mu$ | LL, % | IP, % | DISPERSÃO |
|--------|----------------|----------|---------|-------------|-------|-------|-----------|
| 4      | 1              | ?        | 57      | 26          | -     | -     | sim       |
| 4      | 11             | ?        | 65      | 22          | -     | -     | sim       |
| 6      | 2*             | ~1       | 55      | 28          | 23    | 8     | sim       |
| 9      | 3              | ?        | 28      | 46          | -     | -     | sim       |
| 13     | 5*             | ~1       | 20      | 50          | 28    | 14    | não       |
| 15     | 6*             | ~1       | 71      | 16          | ?     | 5     | sim       |

#### Observações

\* As amostras assinaladas foram submetidas à série completa de ensaios.

O número da amostra corresponde ao número do poço de onde foi extraída.

Lembra-se que na estaca 5 haviam sido coletadas 3 amostras, de 0,2m a 2,0m de profundidade, ensaiadas na USP, todas de areia com menos de 5% passando na #200.

Analisando a tabela nota-se a pequena plasticidade das amostras argilosas, aparentemente da mesma natureza que a das amostras arenosas. Chamam a atenção os resultados dos ensaios de comparação granulométrica. Amostras essencialmente arenosas resultando com sua fração fina ( $< 5\mu$ ) como dispersivas e das duas amostras argilosas, uma resultou dispersiva e a outra, não. Estes resultados não podem ser considerados conclusivos e o aspecto de dispersividade deverá ser melhor interpretado.

O solo argiloso identificado nas estacas 9 e 13 poderá ser de auxílio como tapete natural e recomenda-se preservá-lo na área prevista para construção do tapete impermeável de montante. A amostra ensaiada, na estaca 13, não exibiu comportamento colapsível como as amostras arenosas.

O Quadro IV apresenta os ensaios especiais realizados sobre as amostras selecionadas para tal.

#### QUADRO IV - ENSAIOS ESPECIAIS REALIZADOS

| EST. | AMOST (POÇO) | PROF. m | % AREIA | ENSAIO CD | ENSAIO CU | ADENS. C/ E S/ INUND. | COLAP-SO 100kPa % | ENVOLTÓRIA GERAL, kPa                     |
|------|--------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------|-------------------|---|
| 6    | 2            | ~1      | 55      | 4         | 3         | 1                     | 8,7               | $\tau = 10 + \sigma' \text{tg}28,7^\circ$ |
| 13   | 5            | ~1      | 20      | 4         | 4         | 1                     | 0                 | $\tau = 10 + \sigma' \text{tg}28^\circ$   |
| 15   | 6            | ~1      | 71      | 3         | -         | 1                     | 10,5              | $\tau = 10 + \sigma' \text{tg}28^\circ$   |

A envoltória geral foi obtida plotando-se todos os ensaios sobre cada amostra, em termos de trajetórias de tensões efetivas, sobre o diagrama  $p \times q$ , figuras 4 e 5, e mediante os círculos de Mohr, para a amostra 6, figura 6.

Surpreendentemente, as três amostras ensaiadas resultaram nos mesmos parâmetros de resistência. Quanto à colapsividade perante à inundação sob a carga de 100 kPa, as amostras arenosas sofreram colapso da ordem de 10% e a amostra argilosa nada recalçou nas mesmas condições. Deve-se lembrar que o colapso máximo pode ser maior que o verificado à pressão de inundação de 100kPa empregada. Para determiná-lo seriam necessários vários ensaios em várias pressões de inundação, plotando a curva de colapso versus a pressão de inundação. Entretanto, pela experiência que se tem com solos similares do semi-árido, é de se esperar que o colapso máximo não seja muito maior que o determinado.

FIGURA 4

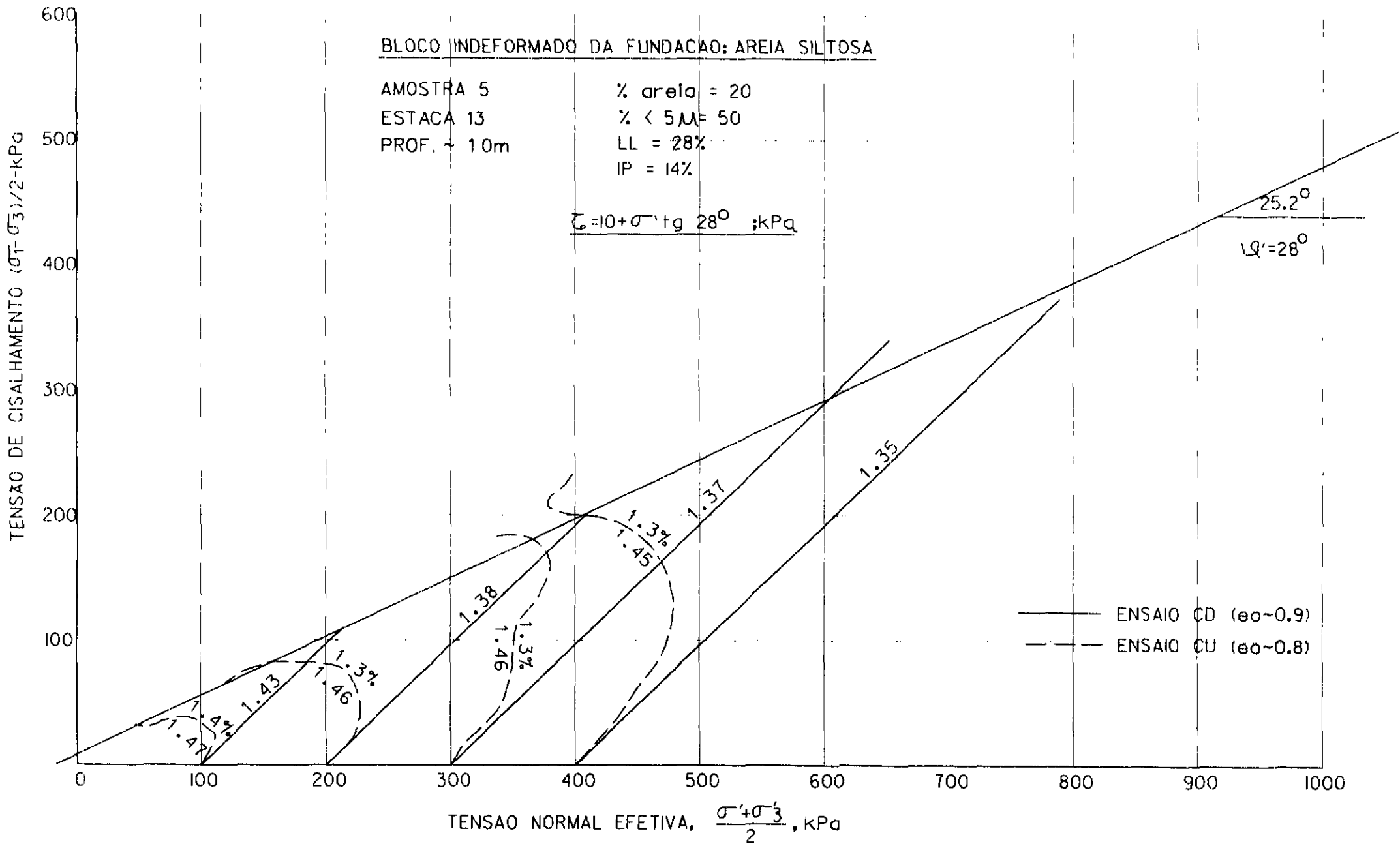
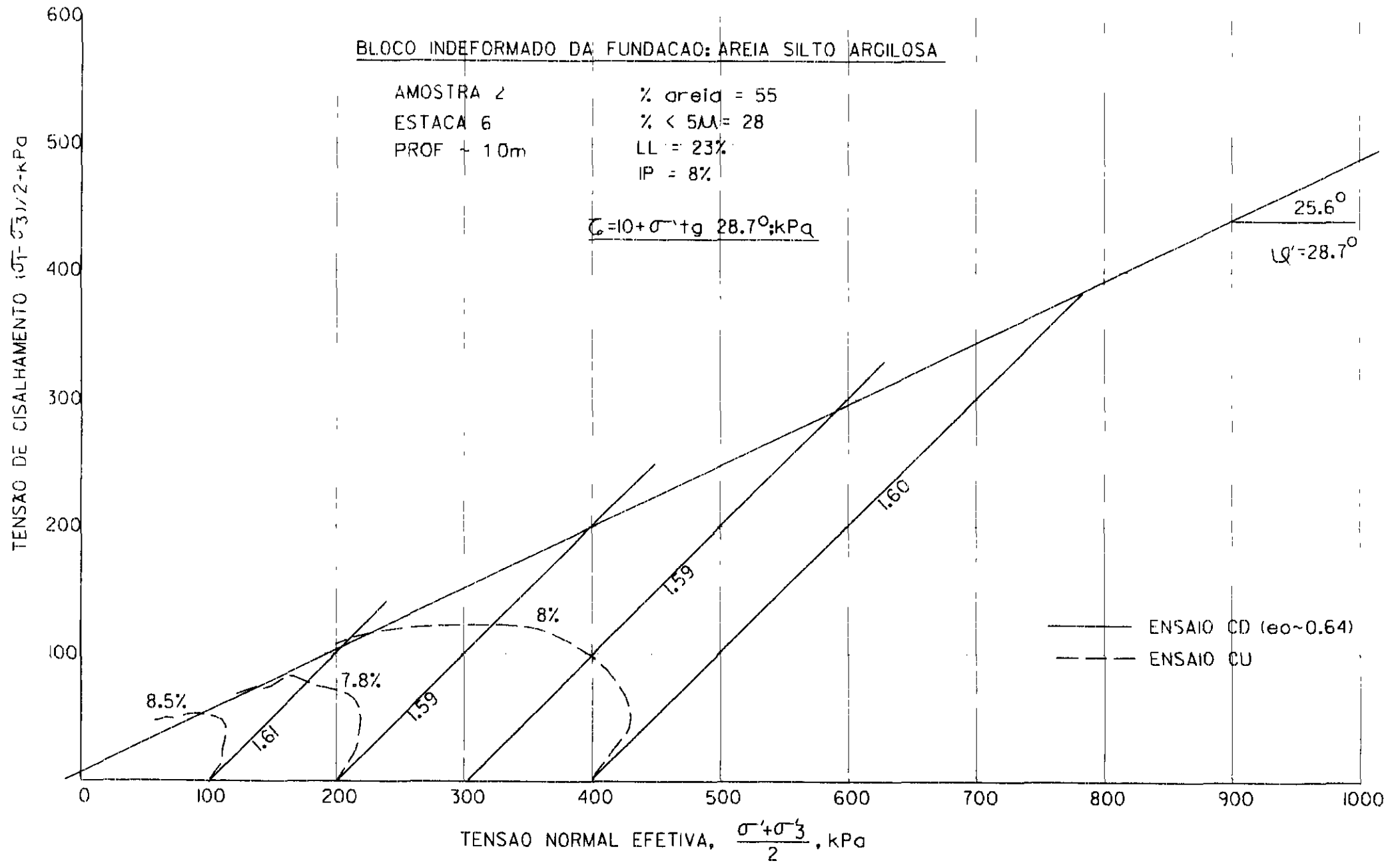


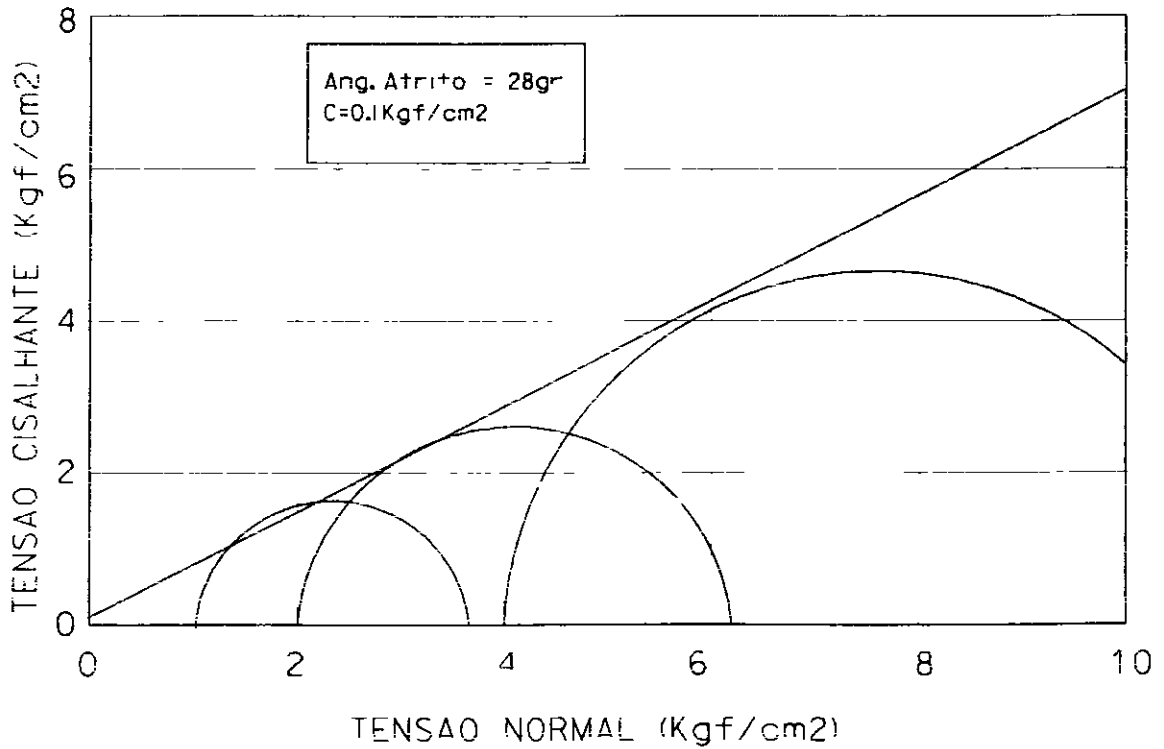
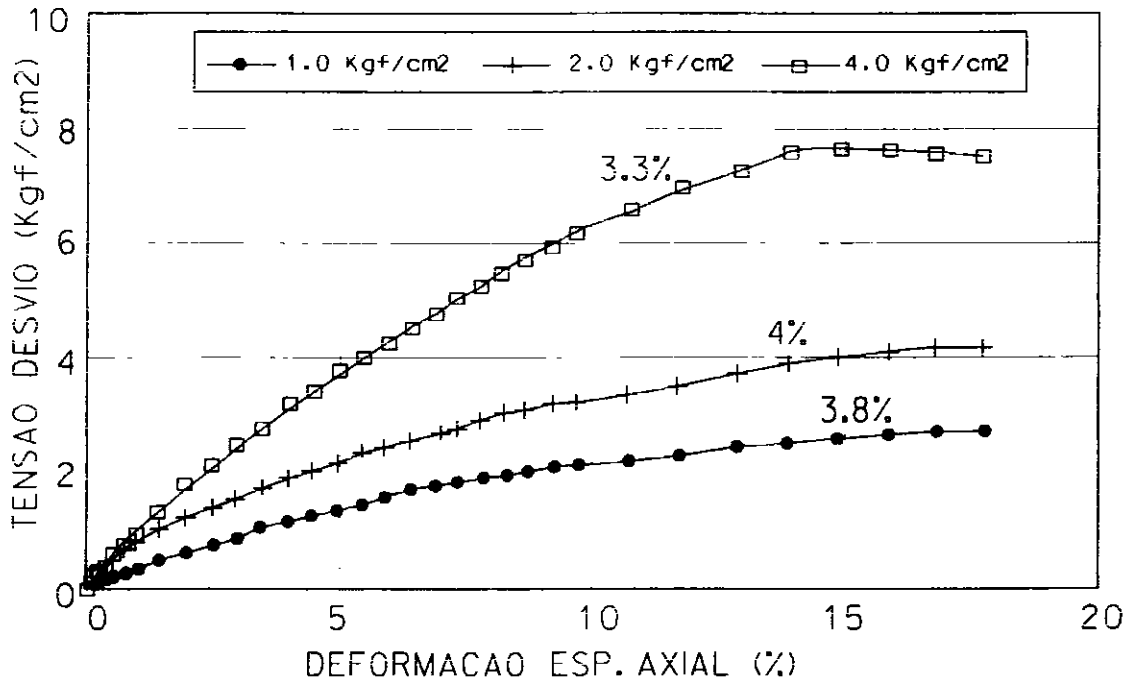
FIGURA 5



000021

14  
CO

FIGURA 6 - ENSAIO TRIAXIAL CD  
 AMOSTRA 6 - LABORATÓRIO DE SOLOS/UFPE



O comportamento geotécnico dos aluviões arenosos ensaiados, fofos e colapsíveis, recomenda que sejam escavados da fundação da barragem Poderão, todavia, permanecer sob o tapete impermeável de montante

No Anexo B são reproduzidos os certificados de nº 362/96 e 377/97 do Laboratório de Solos e Instrumentação da Universidade Federal de Pernambuco sobre os ensaios realizados e que serviram para a caracterização dos solos de fundação e ao estabelecimento de parâmetros de projeto

Quanto às areias, sejam constituídas por frações finas, médias e/ou grossas, possivelmente predominantes em ocorrência na fundação, por terem um comportamento conhecido e clássico, é possível adotar seus parâmetros de projeto em base da experiência existente

### **3.2 SOLOS DE EMPRÉSTIMO**

A área de empréstimo prevista inicialmente foi ampliada e qualificada geotecnicamente, para cubar os solos a serem empregados na construção do maciço Poços e sondagens a trado permitiram também a coleta dos materiais disponíveis, para sua caracterização em laboratório

O reconhecimento visual-táctil e em laboratório, dos solos, permitiu identificar dois horizontes, geotecnicamente distintos, perfazendo uma profundidade de até 3,5m O metro superior, com solo residual maduro, de um silte argiloso de tom avermelhado, característico do processo de laterização Sua espessura é reduzida, entre 1 e 1,5m Subjacente descreve-se o perfil de alteração, com solo mais arenoso e de coloração amarelada, sugerindo menor intensidade do processo pedológico

Dada a escassez de solo profundo e a necessidade de preservar toda a área agricultável, o projeto prevê a utilização de todo o solo disponível, desde que alocado de maneira adequada na seção transversal O solo mais argiloso deve ser reservado para a construção do tapete de montante e a porção montante da barragem, enquanto o solo saprolítico arenoso deve construir o espaldar de jusante, definido como imediatamente a jusante do filtro vertical

As amostras coletadas foram ensaiadas no laboratório da Geonorte em Fortaleza e os resultados, apresentados no anexo C e comentados brevemente a seguir

O solo superficial é um silte argiloso de baixa plasticidade, bastante homogêneo na jazida Apresenta LL, Limite de Liquidez, predominante entre 25 e 30% e IP, Índice de Plasticidade, entre 5 e 10% Na jazida J-2, de ampliação da área original, denominada J-



1, algumas amostras se mostraram mais argilosas, além das amostras semelhantes, como ilustrado na figura 7

A areia siltosa saprolítica subjacente encontra-se no limiar da plasticidade e frequentemente comporta-se como “não plástica” nos ensaios. As poucas amostras que exibiram plasticidade apresentam um IP em torno de 4%, valor reconhecidamente limitrofe

Todos os solos mostraram-se passíveis de compactação no Ensaio Normal, confirmando sua aptidão para serem empregados na construção da barragem.

### 3.3 PARÂMETROS DE PROJETO

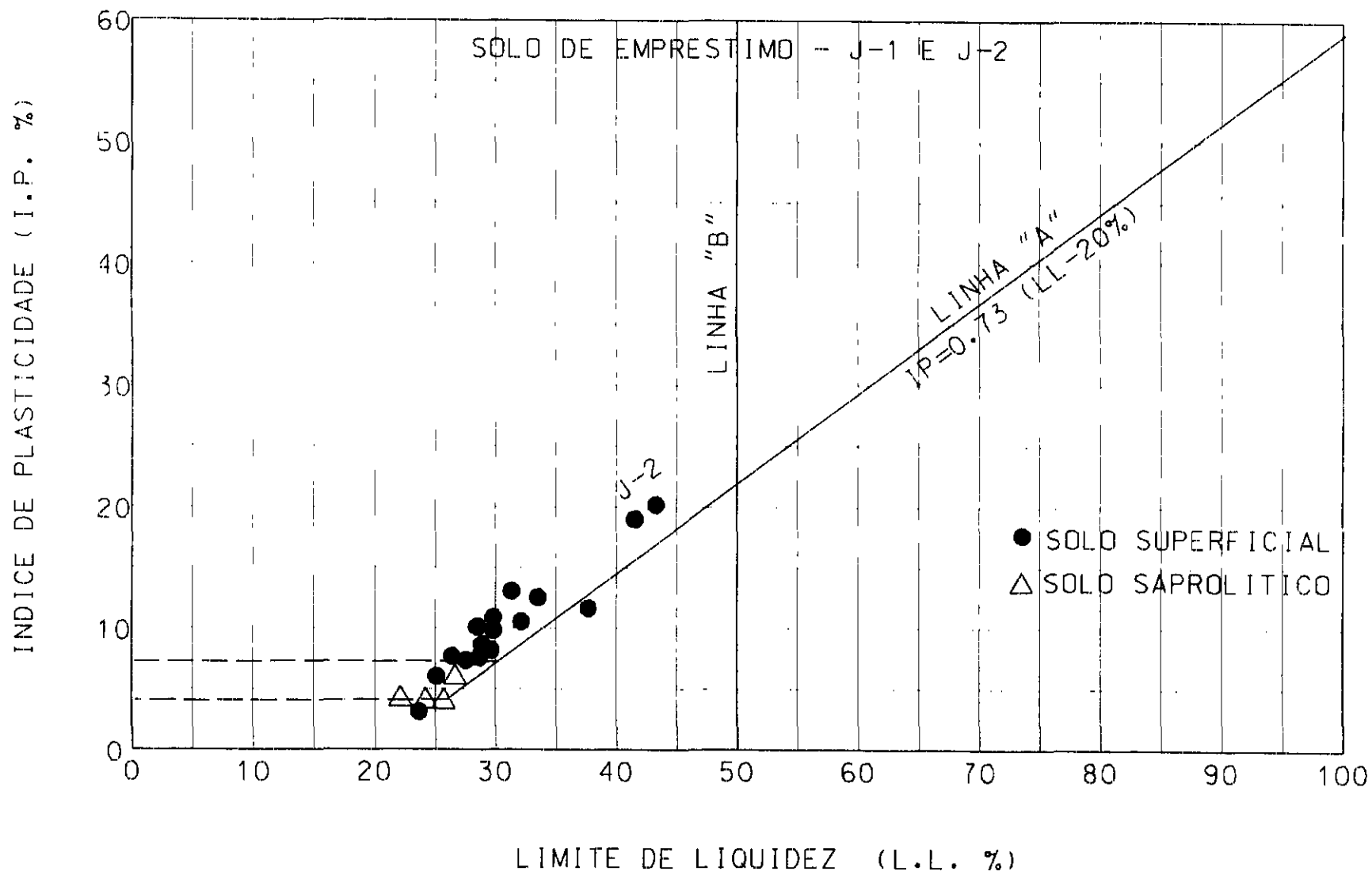
Em base dos resultados disponíveis a partir dos ensaios e da experiência com obras e solos similares, adotaram-se os parâmetros de projeto necessários aos estudos de percolação e estabilidade dos taludes e demais elementos a serem dimensionados. As permeabilidades dos materiais de fundação, por serem controvertidas, pelas dificuldades inerentes a sua determinação e poucas investigações disponíveis, mereceram apreciação com diversos valores, tendo sido analisados mais de 20 casos de percolação, variando o cenário de permeabilidades. Os estudos de percolação são objeto do relatório “Estudos da Percolação d’água pelas Fundações da Barragem”, resumidos no capítulo 5

Para os estudos de estabilidade da barragem foram adotados os resultados dos ensaios, já comentados, para o aluvião de fundação e parâmetros adotados em base da experiência, para os solos compactados do aterro, conforme Quadro V. Os parâmetros reais do aterro deverão ser determinados o mais breve possível, mediante ensaios triaxiais realizados sobre corpos de prova talhados de blocos indeformados extraídos do aterro, diferenciando-se os solos empregados a montante e a jusante, silte argiloso e solo saprolítico, respectivamente

**QUADRO V - PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS**

| <b>MATERIAL</b>                                    | <b>PESO ESPECÍFICO<br/><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>COESÃO<br/>c (kPa)</b> | <b>ÂNGULO DE ATRITO<br/>(°)</b> |
|--|---|---------------------------|---------------------------------|
| Barragem de Terra e Tapete impermeável de montante | 19  | 30                        | 26                              |
| Aluvião Arenoso                                    | 19  | 10                        | 28                              |

FIGURA 7 -- GRAFICO DE PLASTICIDADE



Para o dimensionamento do sistema de drenagem interna da barragem adotaram-se os valores

Filtro de areia,  $k=10^{-2}$  cm/s

Filtro de brita,  $k=1,0$  cm/s

## 4. CONCEITUAÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROJETO

### 4.1 DOCUMENTOS DE PROJETO

O seguinte conjunto de desenhos e especificações compõem a revisão do projeto do Açude Ubaldinho. Deverão ser cuidadosamente seguidos pela Construtora e Fiscalização da obra. Integram ainda este conjunto, a título de referência, todos os relatórios de investigações e estudos realizados, que poderão ser consultados sempre que necessário. Qualquer adaptação, alteração ou evento não previstos e que vierem a acontecer durante os trabalhos, deverão ser comunicados à Projetista para avaliação e providências de revisão.

**QUADRO VI - DOCUMENTOS DE PROJETO DA BARRAGEM**

| SETOR          | NÚMERO | TÍTULO   |
|----------------|--------|--|
| ESCAVAÇÃO      | 001    | Projeto de escavação - Planta                                      |
|                | 002    | Projeto de escavação - Seções                                      |
|                | 003    | Projeto de escavação - Seções                                      |
|                | 004    | Projeto de escavação - Seções e Detalhes                           |
| BARRAGEM       | 005    | Barragem de Terra - 1ª Fase - Planta                               |
|                | 006    | Barragem de Terra - Fase Final - Planta                            |
|                | 007    | Barragem de Terra - Seções   |
|                | 008    | Barragem de Terra - Seções e Detalhes                              |
|                | 009    | Barragem de Terra - Detalhes                                       |
| ESPECIFICAÇÕES | -      | Escavação e Preparo da Fundação e Lançamento das Primeiras Camadas |
|                | -      | Construção da Barragem   |
| VERTEDOR       | 010    | Escavação do Vertedouro - Planta                                   |
|                | 011    | Escavação do Vertedouro - Cortes                                   |

Os desenhos 010 e 011 foram revisados, apesar de alheios à barragem, pelos seus aspectos geotécnicos.

## **4.2 DESCRIÇÃO DA BARRAGEM**

### **4.2.1 Conceituação e Componentes**

O Açude Ubaldinho foi concebido para regularizar, tanto quanto possível, as águas do riacho São Miguel, mediante a formação de um reservatório de acumulação. Por constituir um recurso natural precioso e não abundante, as perdas d'água através do barramento devem ser minimizadas. O açude a ser construído sobre uma planície aluvionar, leito maior do riacho cheio quando no período chuvoso, tem por fundação areias permeáveis. O controle das perdas d'água por percolação pela fundação permeável constitui o maior desafio geotécnico do projeto.

O maciço é constituído por solo argiloso compactado. De acordo com a natureza dos solos disponíveis na área do barramento previu-se seu melhor aproveitamento na seção transversal. A montante o solo mais argiloso e impermeável e a jusante do filtro vertical, o solo saprolítico mais arenoso e mais permeável.

O controle da percolação pela fundação aluvionar de maneira a manter os gradientes baixos, garantir a estabilidade hidráulica e reduzir as vazões, será exercido por um tapete impermeável a montante, construído com o solo mais argiloso disponível, e compactado em níveis controlados, conforme detalhado nas especificações construtivas. A compactação deve ser suficiente para garantir uma estrutura densa e impermeável mas não pode ser excessiva para não criar um aterro rígido e passível a trincamento.

Evitar o trincamento do tapete deve merecer toda a atenção e cuidados da Construtora e da Fiscalização. Um tapete trincado perde sua eficiência dramaticamente e compromete sua função como elemento de controle da percolação. Construído em área de clima quente e semi-árido, todo o cuidado é pouco para evitar seu ressecamento e trincamento. As medidas de proteção previstas incluem umedecimento e cobertura por solo solto, durante a construção, com a função de coíção térmica. Uma vez completados os dois metros de espessura do tapete compactado, deve-se providenciar sua cobertura imediata com uma camada de areia aluvionar, proveniente das escavações obrigatórias da fundação, sobre a qual será lançada outra camada de solo solto. Outro cuidado que deve ser tomado é o de construir o tapete o quanto mais tarde, pouco antes do início do enchimento do reservatório, minimizando assim seu tempo de exposição ao sol e ao ressecamento, mesmo com as proteções previstas.

O controle da percolação pelo aterro propriamente dito é previsto por um sistema de drenagem interna constituído por um filtro vertical de areia, construído com a espessura construtiva de 1m, desaguando em um filtro horizontal, construído diretamente sobre a fundação aluvionar. Captando vazões de percolação expressivas da fundação permeável, o filtro horizontal tem sua capacidade de drenagem aumentada em seu trecho final de 20m, mediante a inclusão de uma camada de brita, formando um filtro sanduíche. Optou-se por deixar a porção mais a montante do filtro horizontal em certa carga, para não atrair excessiva água da fundação e elevar a vazão captada, reforçando-se a

drenagem a jusante, onde o acesso da água ao sistema de drenagem é franco, de forma a garantir um nível baixo de subpressões sob o espaldar de jusante e pé da barragem, região mais crítica à estabilidade do mesmo talude

Completa o controle de percolação pela fundação, constituindo ainda o elemento de condução das águas de percolação captadas, para jusante, a trincheira de drenagem, localizada no pé de jusante da barragem e aprofundada em 2m na fundação aluvionar. A base da trincheira drenante deverá se localizar sempre em horizonte mais permeável, garantindo sua eficiência. O preenchimento da trincheira drenante é com a mesma brita 2 e 3, devidamente envelopada por uma camada de areia de transição, a mesma do filtro horizontal. A água captada e conduzida pelo sistema de drenagem será devolvida ao meio ambiente na própria planície. As águas das ombreiras caminharão, provavelmente, em sentido longitudinal, para a mesma planície, onde devem aflorar.

A areia média e grossa para a construção dos filtros horizontal e vertical deverá ser obtida em jazida aluvionar selecionada na região e a brita 2 e 3, produto padronizado a ser obtido com material da perdeira. Além da granulometria, a areia dos filtros assim como a transição do enrocamento do talude de montante, deverão exibir um teor de finos passando na # 200 inferior a 5%.

Por razões de estabilidade foi prevista a remoção da camada superficial de areia pouco argilosa porosa e colapsível, com cerca de 2m de espessura. Previne-se assim, a ocorrência de recalques diferenciais por ocasião do enchimento e saturação dos solos colapsíveis, capazes de provocar trincamento, segundo sugerido por avaliações expeditas realizadas em base dos ensaios de adensamento com inundação à pressão de 100kPa, disponíveis sobre o aluvião considerado.

Já sob o tapete impermeável de montante, pela pequena carga que representa para a fundação, não induz a tais recalques e portanto, pode ser construído sobre a fundação, removido cerca de 0,5m de espessura do solo superficial.

Sujeito ao sabor dos ciclos hidrológicos, o N.A. no reservatório pode oscilar ao longo de toda a altura da barragem, exigindo a proteção de todo o talude de montante contra a ação de ondas de vento e oscilações. Esta proteção será construída com enrocamento proveniente da pedreira, na graduação especificada no projeto. Entre o enrocamento de proteção contra as ondas e o aterro compactado é necessária uma camada dupla de transição. As transições obedecem aos critérios de filtro de Terzaghi e previnem o carreamento da argila, com a camada de areia média e grossa, e o carreamento desta, com a camada de brita. A areia e brita de transição previstas no talude de montante deverão obedecer às mesmas exigências previstas para a areia e brita do filtro horizontal.

O talude de jusante, exposto às intempéries, também será protegido com material de brita, prevenindo a ação erosiva das águas pluviais sobre o aterro compactado. Como transição entre a brita e o aterro previu-se uma camada de areia aluvionar, selecionada

das escavações obrigatórias Esta areia de transição será menos solicitada que outras, razão pela qual poderá admitir um teor mais elevado de finos passando na # 200, inferior a 10%

As águas pluviais incidentes sobre o talude de jusante serão conduzidas para fora através de um sistema de canaletas superficiais e escadas de dissipação de energia A proteção com brita no pé da barragem conduz as águas de percolação de volta ao meio ambiente e previne a erosão do aluvião superficial que à frente das escadas hidráulicas, deverá ser argamassada por medida de reforço

O aterro da estrada que passa junto ao açude é construído como um reaterro totalmente independente, em nada afetando o maciço da barragem Apesar de ser alteado sobre a trincheira de drenagem do pé de jusante da barragem, no trecho considerado, a saída das águas de percolação se dará em direção longitudinal e seu sentido, para a planície aluvionar, para cotas mais baixas

#### **4.3 SEQÜÊNCIA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS**

Prevê-se a passagem de uma estação chuvosa durante o período construtivo. Para que as eventuais águas do riacho possam escoar na ocasião, sem que se preveja uma estrutura de desvio que iria onerar a Obra, dividiu-se a construção em duas fases.

Na primeira fase, correspondente ao período do início da construção até o término das chuvas, quando há riacho corrente, será construída a porção da barragem na margem direita, conforme mostrado no desenho número 005 O riacho escoar neste período pela margem esquerda Entre as estacas 12 e 20, onde se dá o fechamento contra a ombreira direita, a barragem pode ser completada até o coroamento Entretanto, se o ritmo construtivo não permitir que se alcance o coroamento da crista, o aterro deverá ser alteado no mínimo até a cota 288,0m Esta é a cota de proteção para o aterro não ser gaigado para uma vazão com 25 anos de tempo de recorrência, estimada em 100m<sup>3</sup>/s

É recomendável iniciar os trabalhos na área pela construção da trincheira drenante no pé de jusante pois funcionará como um dreno da área Auxiliando no rebaixamento do lençol freático, eventualmente nesta cota, permitirá melhores condições ao tráfego dos equipamentos e compactação da superfície de fundação e das primeiras camadas do aterro

Permitindo uma futura ligação com o aterro de 2ª fase, com a qualidade necessária a uma junta do tipo montante-jusante, previu-se um talude de espera com inclinação branda, 4(H) 1(V). À medida que o talude de espera for sendo alteado, deverá ser protegido por uma camada de solo solto, para prevenir ressecamento e trincamento Na retomada dos trabalhos de compactação, para o alteamento de 2ª fase, o solo solto e ressecado deverá ser totalmente removido e feita a ligação entre o aterro novo e antigo,

em escada denteada, conforme indicado nos desenhos de projeto e especificações construtivas. Todo o cuidado deverá ser tomado para garantir uma boa ligação entre os aterros de 1ª e 2ª fases

Protegendo o talude de espera da ação erosiva das águas do riacho previu-se um pequeno espigão, protegido por enrocamento com  $D_{50}=0,30\text{m}$  que deverá desviar o fluxo d'água, não permitindo o colamento da lâmina d'água ao aterro compactado

Como já enfatizado anteriormente, o tapete impermeável deverá ser construído o mais tarde possível, minimizando sua exposição ao sol e possibilidade de danificação e trincamento. Na 1ª fase será construído apenas o arranque do tapete do aterro da margem direita, a ser completado posteriormente, seguindo-se todos os detalhes e procedimentos recomendados para a boa ligação e garantia da vedação

Algumas recomendações construtivas devem ser destacadas com relação às escavações da fundação

Pela natureza do solo aluvionar da fundação, sua escavação só deverá ser efetivada imediatamente antes de sua cobertura com o aterro compactado. Assim, na 1ª fase a escavação deverá se restringir à área prevista de ser alteada, não se fazendo o tratamento da fundação sob o tapete impermeável, em sua porção montante

Durante os trabalhos de escavação, a fiscalização deverá estar atenta aos materiais escavados, selecionando para pilhas de estoque pré-determinadas, aqueles a serem reaproveitados na construção da barragem e paisagismo da área. As investigações disponíveis não permitem definir os volumes de materiais aproveitáveis, entretanto, quanto à natureza, pode-se citar, com base nas descrições visuais e resultados de permeabilidades: areia fina e média e fina com finos - para a camada de proteção do tapete, areia média e grossa suja - para a transição do talude de jusante; areia média e grossa - para filtros e transições internas, solo vegetal superficial - para recomposição da paisagem e áreas de empréstimo exauridas. Excetuando-se a argila aluvionar que eventualmente não terá aproveitamento, indo para bota-fora, todas as outras fácies aluvionares podem ser aproveitadas, desde que com discernimento

Uma vez passada a estação chuvosa iniciar-se-á a 2ª fase com a completa remoção do espigão de proteção. Serão completados os trabalhos de escavação e tratamento da fundação e iniciados os trabalhos de lançamento e compactação. As juntas com o aterro prévio devem ser limpas de material solto e ressecado e escavado em degraus para dar uma boa ligação com as novas camadas construídas. Na construção do tapete impermeável todos os cuidados são poucos no sentido de mantê-lo na umidade de compactação e protegê-lo do sol e trincamento

Podendo ser construída seja na 1ª fase seja na 2ª, merece certos cuidados a Tomada d'Água, prevista na ombreira esquerda. Em se tratando de um tubo na direção montante-

justante, sempre inspira cuidados que este contato liso e por vezes, de difícil compactação, venha a constituir um caminho de percolação preferencial com possibilidades de intensificação do fluxo e risco de carreamento do solo que pode conduzir a um desastre. Para evitar tal fenômeno, previu-se a escavação de uma vala na rocha, a fogo, de modo a encaixar totalmente o tubo e preencher os vazios em torno com concreto dental. Recomposta a superfície do topo rochoso, a barragem poderá assentada.

Precedendo os trabalhos de escavação da vala, deverá ser ajustada sua localização exata, de modo que o eixo do tubo seja assentado na cota 285,00m. Após os trabalhos de limpeza da ombreira na região de interesse, deixando exposta a rocha de fundação, deverá ser feito cuidadoso levantamento topográfico para apenas então, locar com precisão a vala a ser escavada, de tal modo a que a Tomada d'Água seja construída na cota prevista.

## **5. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE**

Constituindo a base da atual concepção do projeto, os estudos da percolação pela espessa camada aluvionar permeável, fundação do barramento, são da maior relevância. Objeto de um relatório à parte, são resumidos aqui para completar o quadro do projeto.

De acordo com os procedimentos recomendados de projeto, a estabilidade dos taludes da barragem foi verificada para as condições usuais de solicitação: final de construção, operação do reservatório e a que veio a ser a mais crítica, rebaixamento rápido das águas do reservatório, até a cota do eixo da Tomada d'Água.

Tanto os estudos de percolação como os de estabilidade foram realizados automaticamente, empregando os programas para micro-computador (padrão IBM-PC) PERCPPLAN e ESTAVEL, respectivamente. Maiores detalhes constam dos relatórios específicos, referenciados como Anexo D e Anexo E, respectivamente.

### **5.1 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO**

Representando as condições de fundação ao longo da planície aluvionar foram estudadas 2 seções típicas quanto às condições de fundação: a condição média e a condição crítica em termos de espessura do aluvião. A última corresponde à região do "canalão", atingindo 19m. Os resultados obtidos nas análises planas da seção transversal foram integradas para o respectivo trecho representado, obtendo-se as vazões totais pela fundação da barragem. Dada a enorme diferença de permeabilidades entre o aterro

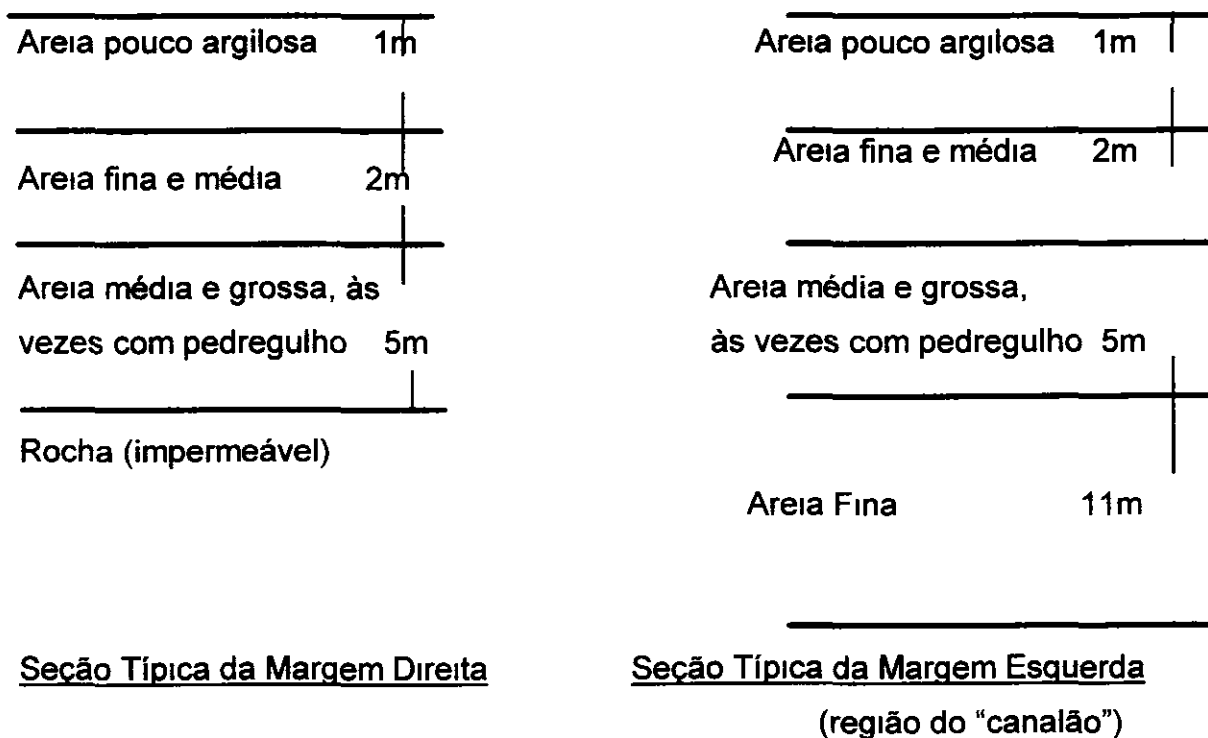


compactado e a fundação, os estudos de percolação consideraram o primeiro, como impermeável, concentrando-se o fluxo pelo aluvião da fundação

Em virtude das dúvidas nos valores de permeabilidades, de resto associadas à própria caracterização granulométrica precária, sem o subsídio de ensaios de laboratório, optou-se por análises paramétricas em que se testou o comportamento do tapete perante vários conjuntos de permeabilidade das camadas aluvionares da fundação. O próprio dimensionamento do tapete foi adotado como o da configuração mais adequada. Posteriormente, avaliou-se as conseqüências nas perdas d'água, considerando os cenários otimista e pessimista. No total foram realizados 23 processamentos distintos.

A figura 8 ilustra esquematicamente os perfis da fundação adotados para as análises e o Quadro VII, os intervalos de valores de permeabilidades

Figura 8 - Seções típicas do subsolo



**QUADRO VII - COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE DOS MATERIAIS DA FUNDAÇÃO**

| Material                                      | Coefficiente de Permeabilidade (cm/s) - Margem Direita | Coefficiente de Permeabilidade (cm/s) - Margem Esquerda |
|---|--|---|
| Aterro compactado do açude e do tapete        | $1 \times 10^{-6}$                                     | $1 \times 10^{-6}$                                      |
| Areia (pouco argilosa)***                     | $1 \times 10^{-5}$ a $1 \times 10^{-3}$                | $5 \times 10^{-2}$ a $1 \times 10^{-3}$                 |
| Areia fina e média                            | $1 \times 10^{-3}$                                     | $5 \times 10^{-2}$                                      |
| Areia média e grossa, às vezes com pedregulho | $5 \times 10^{-2}$                                     | $1 \times 10^{-2}$                                      |
| Areia fina                                    | -----  | $1 \times 10^{-3}$                                      |
| Trincheira Drenante                           | $1 \times 10^{-1}$                                     | $1 \times 10^{-1}$                                      |

\*\*\*fração argilosa existente ou não

Para avaliar a eficiência do tapete impermeabilizante e definir suas características geométricas, fizeram-se análises de percolação com e sem tapete. Para verificar a sensibilidade da eficiência do tapete às suas dimensões foi variada sua espessura em 2 e 3 m, e seu comprimento em 80 e 100 m. A eficiência do tapete foi definida como

$$E = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100 (\%)$$

com

$Q_1$  = Vazão que passa pela fundação sem tapete,

$Q_2$  = Vazão que passa pela fundação com tapete

Na seção típica da margem direita, além das dimensões do tapete, foi testada outra variável: a permeabilidade da camada superficial de aluvião. Ora foi visualizada como arenosa, ora como argilosa. Os demais parâmetros permaneceram constantes. No primeiro cenário, com a camada superficial mais permeável, a eficiência do tapete é da ordem de 50%. Onde, entretanto, a camada superficial é mais argilosa, atua por si só como tapete, reduzindo a eficiência do tapete construído, mas representando uma condição mais confortável pois é como se houvesse um tapete reforçado. Nesta seção típica, da margem direita, uma espessura superior a 2m ou uma extensão acima de 80m do tapete impermeável, não elevam sua eficiência.

Os estudos de percolação na margem esquerda, seção típica do "canalão", com uma permeabilidade média mais elevada e uma maior espessura do pacote aluvionar que o caso anterior, mostraram uma elevada eficiência do tapete, da ordem de 70%. A apreciação dos estudos indicou para este trecho a mesma espessura de 2,0m para o tapete e um comprimento de 100m.

A solução adotada para o controle da percolação pela fundação aluvionar, tapete impermeável a montante aliado a uma trincheira drenante a jusante, é adequada no controle dos gradientes e ordenamento do fluxo mas tem uma eficiência menor na redução das vazões que uma interceptação física total da fundação, como uma trincheira escavada ou uma parede diafragma. Entretanto, o comportamento sugerido pelos inúmeros estudos é muito favorável. Qual seja, quanto mais permeável e profunda a fundação aluvionar, maior é a eficiência do tapete, tendência esta bem vinda perante às incertezas remanescentes em relação às mesmas variáveis destacadas.

As estimativas das perdas d'água em base dos estudos realizados são bastante elevadas perante à vazão regularizada pelo reservatório. Do elenco dos cenários analisados, os casos extremos, denominados caso mais favorável e caso mais desfavorável fornecem perdas d'água máximas, quando o reservatório está em seu  $N.A_{máx}$ , respectivamente 21,8l/s e 44,8l/s. Em relação à vazão regularizada de 350l/s, as mesmas perdas representam 6,2% e 12,8%, valores considerados excessivos.

Estimou-se, então, as perdas d'água mais realistas, a partir da simulação da operação do reservatório, considerando-se os tempos de permanência do N.A. em cada cota. Como a vazão é diretamente proporcional à carga hidráulica, a perda d'água realista, ao longo de um ciclo hidrológico, para o cenário favorável caiu para 13,8l/s, ou seja, 3,9% da vazão regularizada.

É importante ressaltar, à guisa de encerramento deste tópico, que a solução em tapete impermeável traz facilidades construtivas e economia à obra mas que exige todos os cuidados para preservar sua integridade e prevenir ressecamento e trincamento. Em mais de uma barragem o tapete foi ineficiente devido ao trincamento. Em Ubaldinho os cuidados devem se prolongar e também prever os períodos em que o reservatório estiver completamente deplecionado, descobrindo o tapete em boa extensão.

## **5.2 ESTUDOS DE ESTABILIDADE**

As análises de estabilidade realizadas foram feitas através do processo de equilíbrio limite proposto por Spencer e que encontra-se implantado em microcomputador, tendo sido empregado o programa ESTAVEL.

Neste programa é possível considerar, com as simplificações que se façam necessárias, a presença de vários materiais e diversas condições de pressão neutra. O círculo crítico, isto é, aquele que apresenta o menor coeficiente de segurança é determinado através de pesquisa automática.

Foram realizadas análises de estabilidade para 3 situações: final de construção, operação ou regime permanente e rebaixamento rápido do nível d'água. Os critérios de

projeto adotados usualmente no âmbito de grandes barragens estipulam valores mínimos dos coeficientes de segurança, a serem atendidos nas análises de estabilidade dos taludes. Foram os adotados como de referência nos estudos presentes, conforme Quadro VIII.

**QUADRO VIII - COEFICIENTES DE SEGURANÇA MÍNIMOS A SEREM ATENDIDOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE**

| <b>CONDIÇÃO DE ANÁLISE</b> | <b>COEFICIENTE DE SEGURANÇA</b> | <b>DESCRIÇÃO</b>   |
|----------------------------|---------------------------------|--|
| Final de Construção        | 1,3                             | Corresponde à solicitação durante o período construtivo, temporária, com o maciço completo e antes do início do enchimento do reservatório. Pressões neutras construtivas. |
| Regime Permanente          | 1,5                             | Corresponde à solicitação permanente na vida da barragem, ao longo da operação do reservatório.  |
| Rebaixamento Rápido        | 1,1 (em geral)<br>1,3 (no caso) | Corresponde a uma solicitação excepcional, geralmente, mas que no caso, poderá ocorrer com frequência maior, razão pela qual foi elevado o FS exigido.                     |

Os parâmetros de resistência utilizados nas análises de estabilidade foram

QUADRO IX - PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

| MATERIAL   | PESO ESPECÍFICO<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | COESÃO<br>$c$ (kPa) | ÂNGULO DE ATRITO<br>$\phi$ | PRESSÃO NEUTRA                               |
|--|--|---------------------|----------------------------|--|
| Barragem de Terra e Tapete impermeável de montante | 19   | 30                  | 26                         | $r_u$ OU piezométrica, dependendo da análise |
| Aluvião Arenoso                                    | 19   | 10                  | 28                         | piezométrica                                 |

As pressões neutras construtivas em solos residuais compactados, na maioria das obras construídas, do lado seco, têm se mostrado bastante reduzidas, em geral abaixo de 10% de  $r_u$  e até tendendo para valores discretamente negativos. O atestam farta documentação bibliográfica relatando da instrumentação já instalada e interpretada em inúmeros casos. Inequivocamente a favor da segurança foi adotado o valor de 20% para todos solos compactados do aterro, a saber: tapete e espaldar de montante argilosos e espaldar de jusante saprolítico. Na fundação foram adotadas as pressões piezométricas.

A análise de estabilidade na fase de operação foi realizada também com hipóteses conservadoras, a favor da segurança, admitindo-se que a linha freática fosse horizontal até atingir o filtro vertical e a partir daí tivesse uma altura correspondente à subpressão existente na fundação, considerando-se a ação do tapete impermeável de montante.

Analogamente, a análise de estabilidade para rebaixamento rápido foi realizada considerando-se a possibilidade do nível d'água rebaixar rapidamente da cota 295,97 até a cota 285,00 e que a linha freática dentro do maciço permanecesse como estava durante a fase de operação. Entenda-se o *rapidamente* como uma condição que não permite a dissipação das pressões neutras à medida que as águas do reservatório abaixam.

Os processamentos e os resultados das análises de estabilidade realizadas constam do Anexo E. A seguir apresenta-se uma síntese e as conclusões dos estudos.

## QUADRO X - RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

| CONDIÇÃO DE ANÁLISE | TALUDE   | FS OBTIDO | F <sub>S</sub> MÍNIMO           | COMENTÁRIO   |
|---------------------|----------|-----------|---------------------------------|--|
| Final de Construção | Montante | 2,2       | 1,3                             | Mesma condição ocorre no talude de jusante. Círculo crítico próximo à base do aterro                         |
| Regime Permanente   | Jusante  | 1,7       | 1,5                             | Talude jusante mais crítico. Círculo crítico passa na fundação aluvionar                                     |
| Rebaixamento Rápido | Montante | 1,5       | 1,1 (em geral)<br>1,3 (no caso) | Admitido, a favor da segurança, sem dissipação alguma das pressões neutras. Círculo crítico raso na fundação |

Verifica-se que os taludes da barragem apresentam-se estáveis, com coeficientes de segurança adequados, atendendo aos critérios de projeto em todos os casos previstos

Tão logo tenham início os trabalhos de compactação, blocos indeformados deverão ser extraídos do aterro e submetidos a ensaios triaxiais para a determinação dos parâmetros de resistência efetivamente verificados. Estes poderão ensejar uma nova apreciação de novos coeficientes de segurança, os mais realistas possíveis

## 6. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DA BARRAGEM

Dentre os elementos que compõem a seção da barragem que tradicionalmente são obtidos por dimensionamento, destacam-se o tapete impermeável, o sistema de drenagem interna e a proteção do talude contra a ação das ondas no reservatório. A estabilidade dos taludes foi verificada, mantendo-se as inclinações previstas desde a fase anterior do projeto, pois resultou em coeficientes de segurança satisfatórios

O dimensionamento do tapete impermeável resultou das análises de percolação paramétricas, mediante o julgamento do acréscimo de sua eficiência em reduzir as vazões de percolação com o aumento da largura e espessura. As diversas análises possibilitaram verificar que espessuras superiores a 2m de solo compactado, pouco beneficiam o desempenho do tapete. As mesmas análises permitiram fixar a largura do tapete em 80m na margem direita e 100m, na área do "canalão", margem esquerda

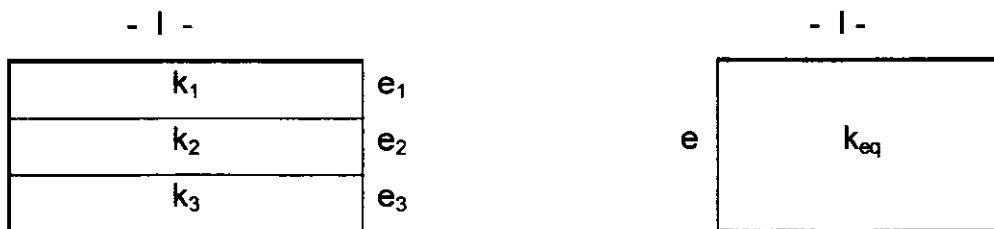
## 6.1 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

A drenagem interna do maciço é promovida pelo sistema composto pelo filtro vertical e filtro horizontal que por sua vez, conduz as águas captadas para fora através da trincheira drenante no pé de jusante

O filtro vertical capta uma vazão muito pequena, resultante da percolação pelo maciço compactado, relativamente impermeável. Neste caso, como em inúmeros outros similares, sua espessura de 1m é devido a razões construtivas

Por outro lado, cabe ao filtro horizontal captar as grandes vazões que passam pela fundação aluvionar permeável. Para atender às elevadas vazões de percolação optou-se por reforçar a capacidade drenante do tapete horizontal com a inclusão de uma camada de 0,60m de brita. A brita só é inserida nos últimos 20m de tapete pois a vazão total prevista é cumulativa ao longo da seção, como se pode observar nas redes de percolação do anexo D, e sobretudo, para não atrair a água com a elevada permeabilidade da brita, acarretando um aumento na vazão e conseqüentemente, na perda d'água. A porção a montante deste trecho, construída apenas com areia, trabalhará ocasionalmente em carga, sem entretanto comprometer a segurança do maciço, como já verificado nas análises de estabilidade

Segue a verificação do desempenho do tapete drenante horizontal. Como é composto de 3 camadas distintas, inicialmente é necessário calcular sua permeabilidade equivalente. Genericamente, a vazão  $Q$ , que passa pelas camadas de espessura  $e$ , e permeabilidade  $k$ , se relaciona pela vazão igual a constante na camada de iguais dimensões e permeabilidade equivalente



$$e = e_1 + e_2 + e_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$k_{eq} A = k_1 l_1 A_1 + k_2 l_2 A_2 + k_3 l_3 A_3$$

Simplificando,

$$k_{eq} = \frac{\sum k_i e_i}{\sum e_i}$$

ou seja, adotando permeabilidade da areia em  $5 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$  e da brita,  $1 \text{ cm/s}$ ,

$$k_{\text{eq}} = (5 \times 10^{-2} \times 100 + 1 \times 60) / (100 + 60)$$

$$k_{\text{eq}} = 4,1 \times 10^{-1} \text{ cm/s} = 4,1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Considerando as investigações de campo disponíveis, principalmente os ensaios nos poços de abastecimento, de grandes dimensões e portanto mais confiáveis, é recomendável adotar como vazão de dimensionamento do filtro, a obtida no chamado cenário desfavorável, com as permeabilidades mais elevadas, conforme elencadas anteriormente no quadro VII. Tais vazões são

$$2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s m} - \text{seção da margem direita,}$$

$$1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s m} - \text{seção da margem esquerda.}$$

A capacidade de escoamento do tapete horizontal sem carga, conforme preconizam os critérios usuais de dimensionamento, será.

$$Q = k_i A = 4,1 \times 10^{-3} \times (1,60/20) \times 1,60 \times 1,0$$

$$Q = 5,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s m}$$

A capacidade de escoamento é cerca de 3 (2,6 e 3,5 respectivamente na margem direita e esquerda) vezes a vazão prevista que constitui um coeficiente de segurança relativamente baixo perante o valor 10, usualmente adotado, em virtude das eternas dúvidas associadas às permeabilidades de materiais, especialmente os naturais. Também não está considerada uma eventual sobrecarga do tapete horizontal na região da planície pelo afluxo da água de percolação das ombreiras, em direção longitudinal.

Apesar do coeficiente de segurança ser relativamente baixo, pode-se considerá-lo aceitável no contexto deste projeto. Em diversos pontos ao longo do desenvolvimento dos estudos de projeto tomaram-se as decisões a favor da segurança, propiciando uma situação confortável de segurança. A situação menos convencional, com coeficiente de segurança 3, corresponde ao reservatório cheio, cujo tempo de permanência é limitado. Por exemplo, cerca de 40% do tempo a carga hidráulica no reservatório é reduzida para a metade da carga máxima, ocasião em que o mesmo coeficiente de segurança dobraria.

O fato do sistema de drenagem ser coletado pela trincheira do pé de jusante oferece uma segurança adicional no controle dos gradientes e mesmo que o filtro esteja em carga, sua saída terá gradiente reduzido e a estabilidade, já verificada nesta condição (condição de operação, talude de jusante), está garantida.



## 6.2 PROTEÇÃO DO TALUDE DE MONTANTE CONTRA ONDAS

A ação do vento na superfície d'água do reservatório gera ondas que quebram sobre o talude de montante da barragem com efeito erosivo. Para proteger o talude em solo compactado da ação das ondas previu-se uma camada de enrocamento, também denominada de *rip rap*. Seu dimensionamento é objeto de diversos métodos, trazidos pela bibliografia internacional.

Basicamente, os métodos de dimensionamento correlacionam a altura de onda significativa,  $H_s$ , com o diâmetro ou peso dos blocos de proteção. Por sua vez,  $H_s$  depende do *fetch* do reservatório e da intensidade do vento.

No caso de Ubaldinho, por inexistirem medidas meteorológicas para subsidiar a determinação dos fatores necessários ao dimensionamento, de correlação em correlação, segundo recomendações da CODEVASF para casos similares, chegou-se a uma altura máxima de onda,  $H_{m\acute{a}x}$ , de 1,36m julgada um tanto excessiva, mas sem informações para uma estimativa mais realista.

Decidiu-se então apreciar mais de uma recomendação e adotar um valor compatível com a experiência em outros locais, já que todos os métodos também são empíricos.

### Recomendações de SHERARD

Segundo SHERARD, com base na observação de 100 reservatórios, para

|  |
|--|
| $1,2m < H_{m\acute{a}x} < 1,8m \longrightarrow D_{50} > 38 \text{ cm} \longrightarrow e = 61 \text{ cm}$ |
|--|

Onde  $D_{50}$  se refere à dimensão dos blocos e  $e$ , à espessura da camada de proteção.

## BUREAU OF RECLAMATION

Para pequenas barragens o USBR (*Design of Small Dams*), recomenda a seguinte proteção, para *fetch* de até 2,5 milhas

espessura,  $e = 30'' = 76 \text{ cm}$  e a seguinte gradação dos blocos, em peso -  $W$ , em  $\text{kg}^{(3)}$

|                           |                |                     |              |        |
|---------------------------|----------------|---------------------|--------------|--------|
| $W_{\text{máx}} = 1\ 135$ | 40 - 50% > 570 | 34 < 50 - 60% < 570 | até 10% < 34 |        |
| (83cm)                    | (65cm)         | (25cm)              | (65cm)       | (25cm) |

Os valores entre parêntesis correspondem ao diâmetro do bloco com o peso especificado e peso específico adotado para a rocha de  $2\ 700 \text{ kg/m}^3$ . O diâmetro foi determinado assumindo que os blocos de rocha têm volume entre o de uma esfera e o de um cubo, ou

$$\frac{3}{4}D^3 = \frac{W}{\gamma}$$

<sup>3</sup> Valores transformados a partir de originais em libras

Como a solicitação em Ubaldinho tende a se reduzir com a diminuição das águas no reservatório, adotaram-se os valores mínimos para a proteção de enrocamento

$$D_{50} \geq 38 \text{ cm}$$

$$D_{\text{máx}} = 60 \text{ cm}$$

$$D_{10} = 20 \text{ cm}$$

A espessura da camada deverá ser de 60 cm de modo a acomodar o maior bloco previsto. Esta também deverá ser a altura da camada lançada durante a construção e que permitirá o nivelamento da praça para compactação.

Quanto ao talude de jusante, as águas pluviais representam uma ação erosiva que será controlada com a proteção superficial de brita e a canalização das águas captadas para canaletas e saídas para jusante através de escadas hidráulicas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto do açude Ubaldinho foi desenvolvido com as melhores técnicas disponíveis para estudos e dimensionamentos geotécnicos, com as informações de campo e laboratório disponíveis, nem sempre tão completas quanto se desejaria. Portanto, durante a construção a Fiscalização deve estar atenta e alerta às condições efetivamente presentes para, ao identificar situações distintas das concebidas, efetuar adaptações e/ou alertar a Projetista para fazê-las, segundo a gravidade de cada caso. O maior desafio consiste em reconhecer os limites do problema e respeitar as competências e atribuições de cada esfera: projeto, construção e fiscalização.

É importante destacar os pontos vulneráveis do projeto atual para que mereçam atenção e cuidados redobrados por parte de todos os envolvidos.

O cerne do controle de percolação, de longe a questão geotécnica mais complexa neste projeto, reside no tapete impermeável de montante. O receio que se tem é sua integridade, constantemente ameaçada pelo risco de ressecamento e trincamento, principalmente sob a ação do sol. Ora, um tapete trincado é um tapete ineficiente e é o que passa a ser o controle da percolação. Todos os esforços devem ser empenhados em evitar que tal venha a ocorrer. As especificações construtivas fornecem todas as diretrizes para altear um tapete adequado e como protegê-lo em qualquer fase e momento. Que não se hesite, todavia, em remover totalmente qualquer parte que por alguma razão venha se deteriorar. É muito pior, senão impossível, a não ser pela ação do



**LEGENDA**

- SM - SONDAGEM MISTA
- P - POÇO DE INSPEÇÃO E COLETA DE AMOSTRAS
- PR - POÇO DE RECONHECIMENTO
- PA - POÇO DE ABASTECIMENTO (CÁCIMBA)
- (A) - ACRESCENTADO À NUMERAÇÃO DAS SONDAGENS ANTIGAS

**NOTAS**

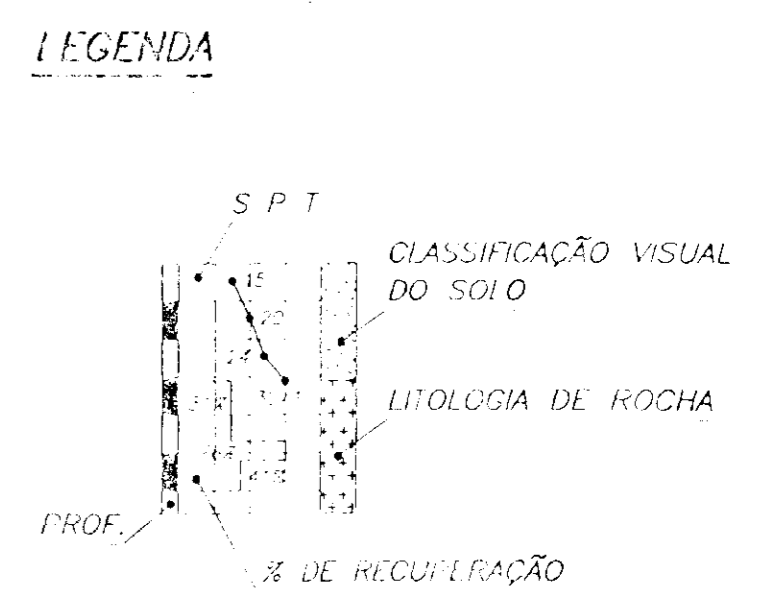
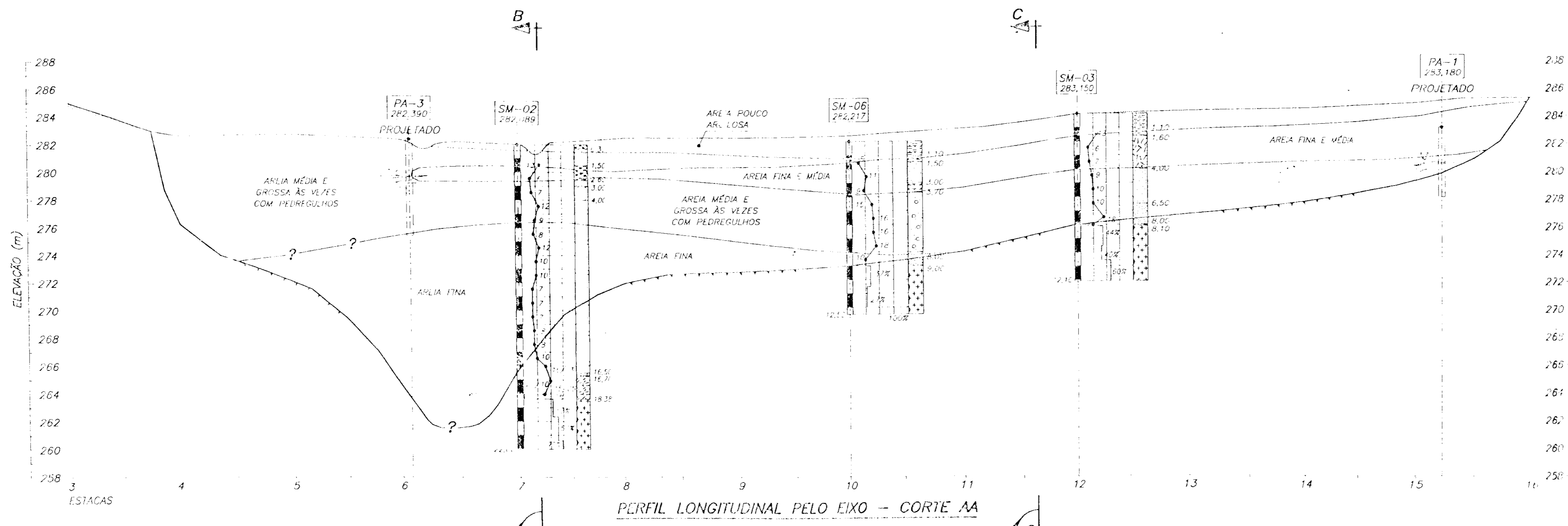
- 1 - COTAS E DIMENSÕES EM METRO.
- 2 - OS EIXOS E INVESTIGAÇÕES INDICADOS NÃO ESTÃO DETERMINADOS TOPOGRAFICAMENTE EM RELAÇÃO À BASE DE COORDENADAS E RESTITUIÇÃO APRESENTADAS, PODENDO-SE CONSTATAR DISCREPÂNCIAS. TÃO LOGO POSSÍVEL, DEVE-SE REALIZAR A AMARRAÇÃO TOPOGRÁFICA, E OS AJUSTES DE LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO DEVEM SER INCORPORADOS.

MAPEAMENTO DO ALUVIÃO E LOCALIZAÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES

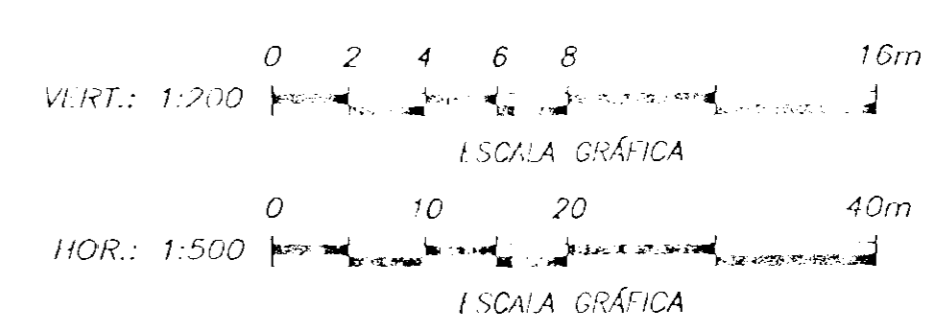
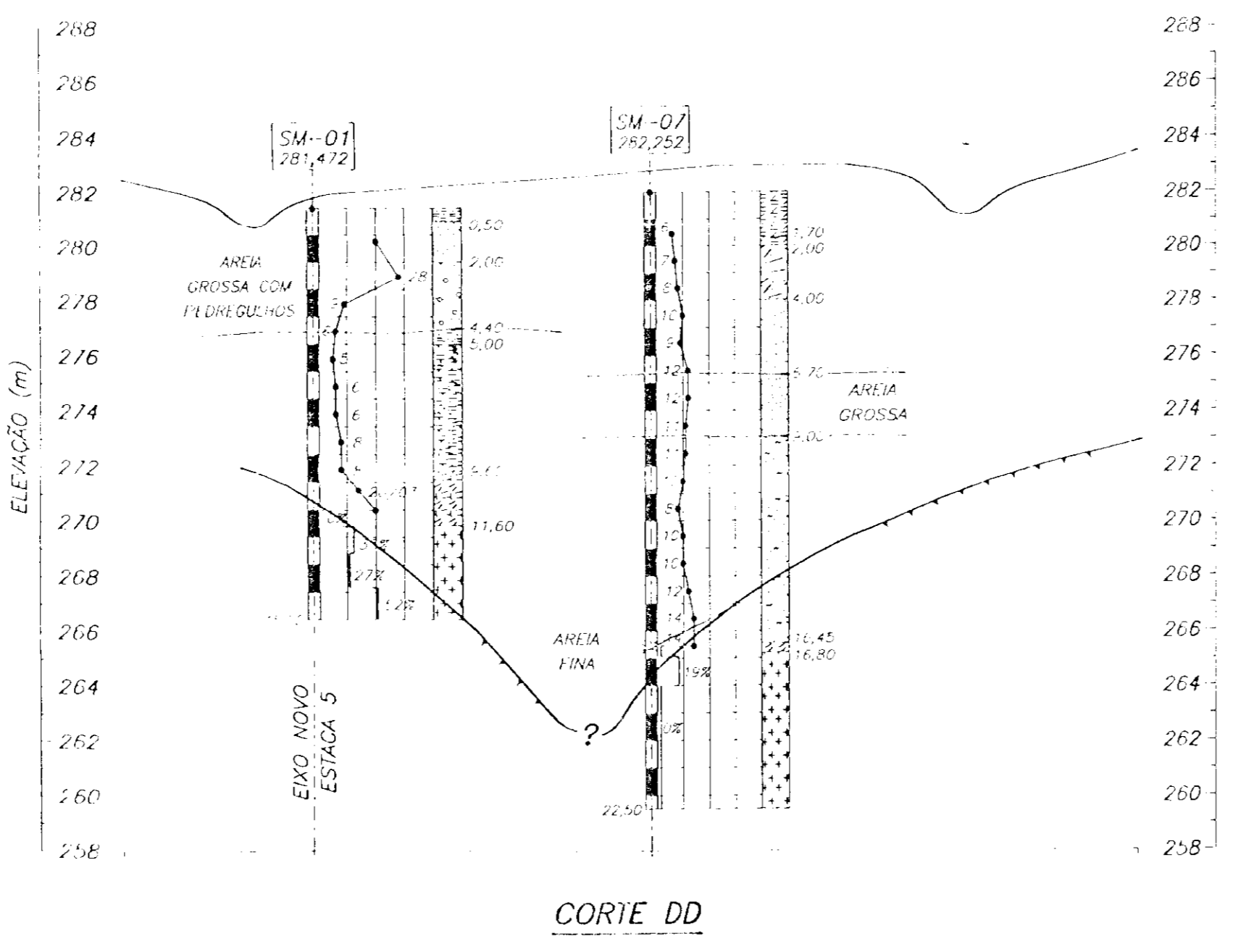
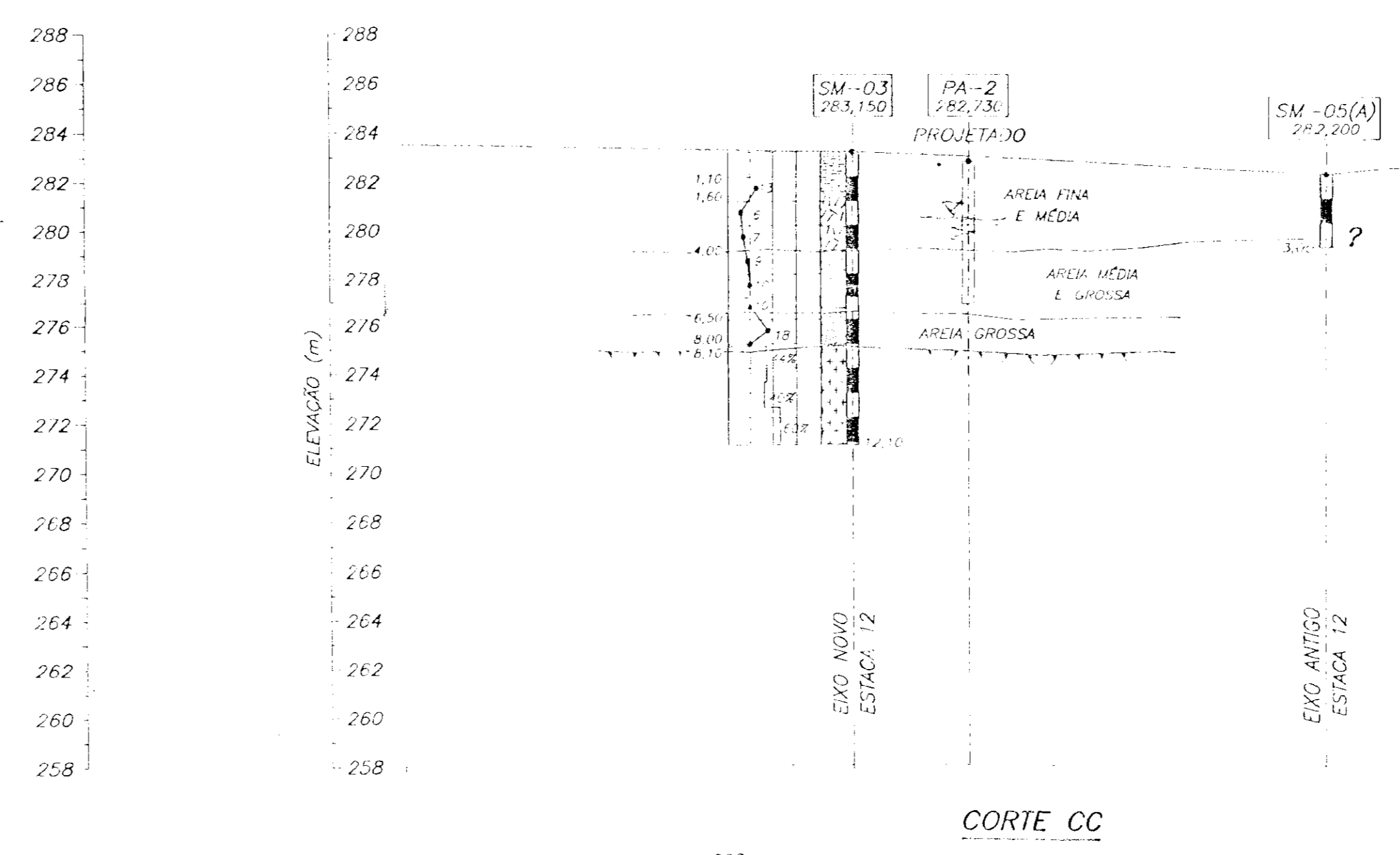
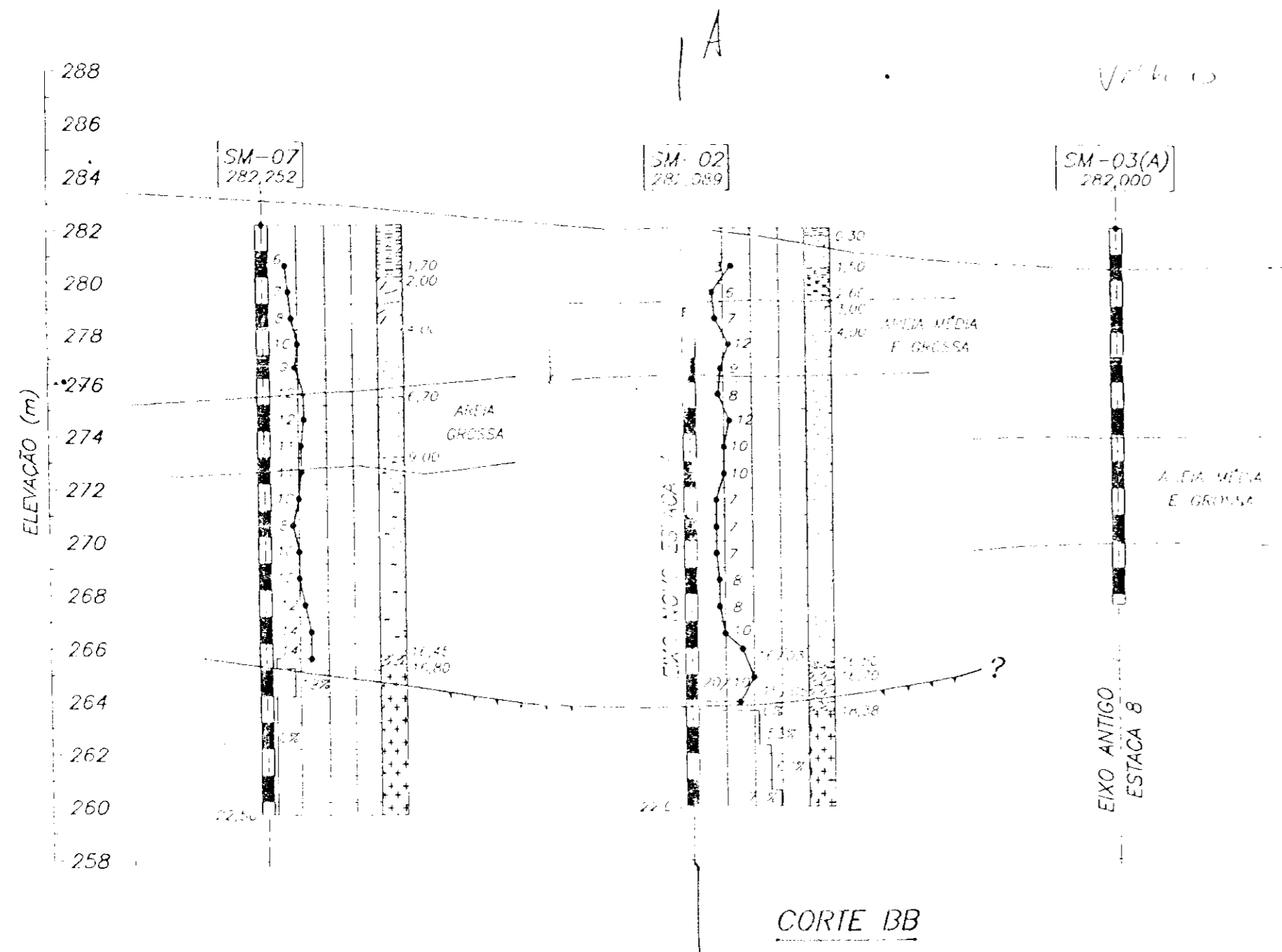


000041

MUNICÍPIO DE CEDRO-CEARÁ  
 AÇUDE UBALDINHO  
 ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS  
 ANEXO I



- NOTAS**
- 1 - VER ANEXO I PARA LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES.
  - 2 - COTAS E DIMENSÕES EM METRO.
  - 3 - DISCREPÂNCIAS ENTRE A BOCA DOS FUROS E O TERRENO NATURAL, QUANDO NÃO DEVIDO À PROJEÇÃO, PODEM SER PELA FALTA DE AMARRAÇÃO TOPOGRÁFICA.
  - 4 - A CLASSIFICAÇÃO DAS CAMADAS ALUVIONÁRIS FOI REALIZADA VISUALMENTE NO CAMPO. PODERÁ SER REVISTA EM FUNÇÃO DOS ENSAIOS DE GRANULOMETRIA DE LABORATÓRIO.



000045

MUNICÍPIO DE CEDRO—CEARÁ  
AÇUDE UBALDINHO  
ESTUDOS GEOLÓGICO—GEOTÉCNICOS  
ANEXO II

# **HIDROPOÇOS**

**PERFURAÇÃO-LIMPEZA-INSTALAÇÃO E TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇOS TUBULARES**  
TEL: (084) 217-8171 983-3480

## **TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇOS DO TIPO AMAZONAS.**

### **Metodologia e Equipamentos utilizados.**

Os testes de bombeamento realizados na área do açude Ubalzinho-Cedro-Ce podem ser classificados como teste de aquifero, que tem a finalidade de determinar os parâmetros hidrodinâmicos: transmissividade (T), coeficiente de armazenamento (S), condutividade hidráulica (K). A sua execução consiste no bombeamento de um poço com uma vazão constante (Q) e no acompanhamento da evolução dos rebaixamentos produzidos. O equipamento utilizado para bombear foi uma motobomba centrífuga de 10 cv.

O método utilizado para medição e controle de vazão foi o volumétrico (recipiente aferido), que consiste na medição do tempo para encher um recipiente de volume conhecido (tonel de 208 litros).

O equipamento utilizado para o acompanhamento da evolução dos níveis dinâmicos foi um medidor manual elétrico, que é constituído basicamente por um cabo elétrico ligado a uma fonte, tendo na outra extremidade um eletrodo que, ao tocar na superfície da água, fecha o circuito e aciona um dispositivo de alarme, baseado na emissão de um sinal sonoro ou luminoso.

Os dados dos testes de bombeamento foram registrados em fichas específicas, as quais relacionam o tempo de bombeamento e o rebaixamento.

000046

**A seguir serão feitas considerações sobre o preenchimento desta ficha.**

- **Crivo** - profundidade de instalação do crivo da bomba.
- **Duração** - tempo total da duração do teste, em horas.
- **Q** - vazão de bombeamento, em  $m^3/h$ .
- **NE** - profundidade do nível estático, em metros.
- **ND** - profundidade do nível dinâmico, em metros.
- **TB** - tempo total da duração do bombeamento em horas.
- **t** - registro do tempo em minutos de cada medida do nível dinâmico, contado a partir do início do bombeamento.
- **SW** - registro do rebatimento ( $SW=ND-NE$ ) para cada medida de ND.
- **q** - registro da vazão específica. ( $Q+SW$ ).
- **t'** - registro do tempo em minutos de cada medida da recuperação do nível dinâmico a partir do final do bombeamento.
- **TB/t' + 1** - tempo total de bombeamento em minutos, dividido pelo tempo da medida correspondente ( $t'$ ) acrescida de uma unidade.

#### **Equipamentos utilizados:**

- motobomba centrífuga.
- medidor de nível elétrico.
- tonel de 208 litros.
- cronômetro.
- escala milimetrada.
- ficha de teste.

000047

# HIDROPOÇOS

## PERFURAÇÃO-LIMPEZA-INSTALAÇÃO E TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇOS TUBULARES

TEL: (084) 217-5171 983-3480

| TESTE DE BOMBEAMENTO                             |                       |                                 |        |                                 |                         | POÇO 01               |        |        |           |
|--|-----------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------|--------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> TESTE NORMAL |                       | <input type="checkbox"/> 1 ESC. |        | <input type="checkbox"/> 2 ESC. |                         | EQUIPAMENTO UTILIZADO |        |        |           |
| <input type="checkbox"/> TESTE ESCALONADO        |                       | <input type="checkbox"/> 3 ESC. |        | <input type="checkbox"/> 4 ESC. |                         | Bomba Centrífuga      |        |        |           |
| MUNICÍPIO: CEDRO-CE                              |                       |                                 |        |                                 |                         |                       |        |        |           |
| LOCAL: UBALDINHO                                 |                       |                                 |        |                                 | POÇO No 01              |                       |        |        |           |
| INÍCIO   |                       | TÉRMINO                         |        | CRIVO (m)                       |                         | DURAÇÃO (h)           |        |        |           |
| 09/12/96   |                       | 10/12/96                        |        | 6,890                           |                         | 9                     |        |        |           |
| PROF (m)   | Q (m <sup>3</sup> /h) | NE (m)                          | ND (m) | SW (m)                          | q (m <sup>3</sup> /h/m) |                       |        |        |           |
| 6,89   | 2,9                   | 3,564                           | 6,810  | 3,246                           | 0,90                    |                       |        |        |           |
| BOMBEAMENTO                                      |                       |                                 |        |                                 | RECUPERAÇÃO             |                       |        |        |           |
| TB (h)   | t (min)               | ND (m)                          | SW (m) | Q (m <sup>3</sup> /h)           | q (m <sup>3</sup> /h/m) | t' (min)              | ND (m) | SW (m) | TB/t' + 1 |
|  | 1                     | 3,970                           | 0,406  |                                 |                         | 1                     | 6,780  | 3,212  | 501       |
|  | 2                     | 4,030                           | 0,466  |                                 |                         | 2                     | 6,775  | 3,211  | 256       |
|  | 3                     | 4,070                           | 0,506  |                                 |                         | 3                     | 6,768  | 3,204  | 171       |
|  | 5                     | 4,148                           | 0,584  |                                 |                         | 5                     | 6,760  | 3,196  | 103       |
|  | 7                     | 4,225                           | 0,661  |                                 |                         | 7                     | 6,745  | 3,181  | 73,8      |
|  | 10                    | 4,257                           | 0,693  | 2,9                             |                         | 10                    | 6,724  | 3,160  | 52        |
|  | 15                    | 4,337                           | 0,773  |                                 |                         | 15                    | 6,717  | 3,153  | 35        |
|  | 20                    | 4,880                           | 1,316  |                                 |                         | 20                    | 6,710  | 3,146  | 26,5      |
|  | 25                    | 4,912                           | 1,348  |                                 |                         | 25                    | 6,703  | 3,134  | 21,4      |
|  | 30                    | 4,941                           | 1,377  |                                 |                         | 30                    | 6,695  | 3,131  | 18        |
|  | 40                    | 4,989                           | 1,425  |                                 |                         | 40                    | 6,651  | 3,087  | 13,75     |
|  | 50                    | 5,030                           | 1,466  |                                 |                         | 50                    | 6,609  | 3,045  | 11,2      |
|  | 60                    | 5,065                           | 1,501  |                                 |                         | 60                    | 6,583  | 3,019  | 9,5       |
|  | 80                    | 5,133                           | 1,569  |                                 |                         | 70                    | 6,555  | 2,991  | 8,3       |
|  | 100                   | 5,187                           | 1,623  |                                 |                         | 80                    | 6,512  | 2,948  | 7,4       |
|  | 120                   | 5,246                           | 1,682  |                                 |                         | 90                    | 6,480  | 2,916  | 6,7       |
|  | 140                   | 5,317                           | 1,753  | 2,9                             |                         | 100                   | 6,440  | 2,876  | 6,1       |
|  | 160                   | 5,379                           | 1,815  |                                 |                         | 120                   | 6,395  | 2,831  | 5,25      |
|  | 180                   | 5,431                           | 1,867  |                                 |                         | 140                   | 6,275  | 2,711  | 4,6       |
|  | 210                   | 5,533                           | 1,969  |                                 |                         | 160                   | 6,225  | 2,661  | 4,2       |
|  | 240                   | 5,681                           | 2,117  | 2,9                             |                         | 180                   | 6,174  | 2,610  | 3,8       |
|  | 270                   | 5,823                           | 2,259  |                                 |                         | 210                   | 6,095  | 2,531  | 3,4       |
|  | 300                   | 5,953                           | 2,389  |                                 |                         | 240                   | 5,992  | 2,428  | 3,12      |
|  | 330                   | 6,076                           | 2,512  |                                 |                         | 270                   | 5,916  | 2,352  | 2,9       |
|  | 360                   | 6,207                           | 2,643  |                                 |                         | 300                   | 5,844  | 2,280  | 2,7       |
|  | 390                   | 6,323                           | 2,759  |                                 |                         | 330                   | 5,775  | 2,211  | 2,5       |
|  | 420                   | 6,468                           | 2,904  |                                 |                         | 360                   | 5,695  | 2,131  | 2,4       |
|  | 450                   | 6,624                           | 3,060  |                                 |                         | 390                   | 5,644  | 2,080  | 2,3       |
|  | 480                   | 6,742                           | 3,178  |                                 |                         | 420                   | 5,593  | 2,029  | 2,2       |
|  | 510                   | 6,810                           | 3,246  | 2,9                             | 0,90                    | 450                   | 5,512  | 1,948  | 2,1       |
|  |                       |                                 |        |                                 |                         | 480                   | 5,445  | 1,881  | 2,0       |



# HIDROPOÇOS

**PERFURAÇÃO-LIMPEZA-INSTALAÇÃO E TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇOS TUBULARES**

**TEL: (084) 217-5171 983-3480**

| TESTE DE BOMBEAMENTO                             |                 |                                 |                 |                                 |                 | Continuação do poço 01                    |                  |                    |           |
|--|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---|------------------|--------------------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> TESTE NORMAL |                 | <input type="checkbox"/> 1 ESC. |                 | <input type="checkbox"/> 2 ESC. |                 | EQUIPAMENTO UTILIZADO<br>Bomba Centrifuga |                  |                    |           |
| <input type="checkbox"/> TESTE ESCALONADO        |                 | <input type="checkbox"/> 3 ESC. |                 | <input type="checkbox"/> 4 ESC. |                 |   |                  |                    |           |
| MUNICÍPIO: CEDRO - CE                            |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
| LOCAL: UBALDINHO                                 |                 |                                 |                 |                                 | POÇO NO 01      |   |                  |                    |           |
| INÍCIO<br>09/12/96                               |                 | TÉRMINO<br>10/12/96             |                 |                                 | CRIVO (m)       |   | DURAÇÃO (h)<br>9 |                    |           |
| PROF. (m)<br>6,890                               | Q (m³/h)<br>2,9 |                                 | NE (m)<br>3,564 |                                 | ND (m)<br>6,810 | SW (m)<br>3,246                           |                  | q (m³/h/m)<br>0,90 |           |
| BOMBEAMENTO                                      |                 |                                 |                 |                                 | RECUPERAÇÃO     |   |                  |                    |           |
| TB (h)   | t (min)         | ND (m)                          | SW (m)          | Q (m³/h)                        | q (m³/h/m)      | t' (min)                                  | ND (m)           | SW (m)             | TB/t' + 1 |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 | 510                                       | 5,400            | 1,836              | 2,0       |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 | 540                                       | 5,365            | 1,801              | 1,9       |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 | 570                                       | 5,320            | 1,756              | 1,8       |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 | 600                                       | 5,268            | 1,704              | 1,8       |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |
|  |                 |                                 |                 |                                 |                 |   |                  |                    |           |



# HIDROPOÇOS

## PERFURAÇÃO-LIMPEZA-INSTALAÇÃO E TESTE DE BOMBEAMENTO EM POÇOS TUBULARES

TEL: (084) 217-5171 983-3480

| TESTE DE BOMBEAMENTO                             |                             |                                 |        |                                 |                         | POÇO No 03            |                  |                                |           |
|--|-----------------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> TESTE NORMAL |                             | <input type="checkbox"/> 1 ESC. |        | <input type="checkbox"/> 2 ESC. |                         | EQUIPAMENTO UTILIZADO |                  |                                |           |
| <input type="checkbox"/> TESTE ESCALONADO        |                             | <input type="checkbox"/> 3 ESC. |        | <input type="checkbox"/> 4 ESC. |                         | Bomba Centrífuga      |                  |                                |           |
| MUNICÍPIO: CEDRO - CE                            |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
| LOCAL: UBALDINHO                                 |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
| INÍCIO<br>11/12/96                               |                             | TÉRMINO<br>11/12/96             |        |                                 | CRIVO (m)               |                       | DURAÇÃO (h)<br>6 |                                |           |
| PROF. (m)<br>5,300                               | Q (m <sup>3</sup> /h)<br>10 | NE (m)<br>3,915                 |        | ND (m)<br>5,275                 |                         | SW (m)<br>1,360       |                  | q (m <sup>3</sup> /h/m)<br>7,3 |           |
| BOMBEAMENTO                                      |                             |                                 |        |                                 | RECUPERAÇÃO             |                       |                  |                                |           |
| TB (h)   | t (min)                     | ND (m)                          | SW (m) | Q (m <sup>3</sup> /h)           | q (m <sup>3</sup> /h/m) | t' (min)              | ND (m)           | SW (m)                         | TB/t' + 1 |
|  | 1                           | 4,100                           | 0,185  |                                 |                         | 1                     | 4,905            | 0,990                          | 331       |
|  | 2                           | 4,153                           | 0,238  |                                 |                         | 2                     | 4,745            | 0,830                          | 166       |
|  | 3                           | 4,192                           | 0,277  |                                 |                         | 3                     | 4,605            | 0,690                          | 111       |
|  | 5                           | 4,253                           | 0,338  |                                 |                         | 5                     | 4,365            | 0,440                          | 67        |
|  | 10                          | 4,295                           | 0,380  | 10                              |                         | 7                     | 4,220            | 0,305                          | 48,1      |
|  | 15                          | 4,327                           | 0,412  |                                 |                         | 10                    | 4,080            | 0,165                          | 34        |
|  | 20                          | 4,366                           | 0,451  |                                 |                         | 15                    | 4,015            | 0,100                          | 23        |
|  | 30                          | 4,408                           | 0,493  |                                 |                         | 20                    | 3,990            | 0,075                          | 17,5      |
|  | 40                          | 4,446                           | 0,531  | 10                              |                         | 25                    | 3,955            | 0,040                          | 14,2      |
|  | 50                          | 4,487                           | 0,572  |                                 |                         | 30                    | 3,940            | 0,025                          | 12        |
|  | 60                          | 4,525                           | 0,610  |                                 |                         | 40                    | 3,933            | 0,018                          | 9,25      |
|  | 80                          | 4,586                           | 0,671  |                                 |                         | 45                    | 3,929            | 0,014                          | 8,33      |
|  | 100                         | 4,638                           | 0,723  | 10                              |                         | 50                    | 3,926            | 0,011                          | 7,6       |
|  | 120                         | 4,690                           | 0,775  |                                 |                         | 55                    | 3,922            | 0,007                          | 7         |
|  | 150                         | 4,770                           | 0,855  |                                 |                         | 60                    | 3,919            | 0,004                          | 6,5       |
|  | 180                         | 4,849                           | 0,934  |                                 |                         | 65                    | 3,917            | 0,002                          | 6,07      |
|  | 210                         | 4,930                           | 1,015  |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  | 240                         | 5,017                           | 1,102  |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  | 270                         | 5,100                           | 1,185  |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  | 300                         | 5,176                           | 1,261  |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  | 330                         | 5,275                           | 1,360  | 10                              | 7,3                     |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |
|  |                             |                                 |        |                                 |                         |                       |                  |                                |           |

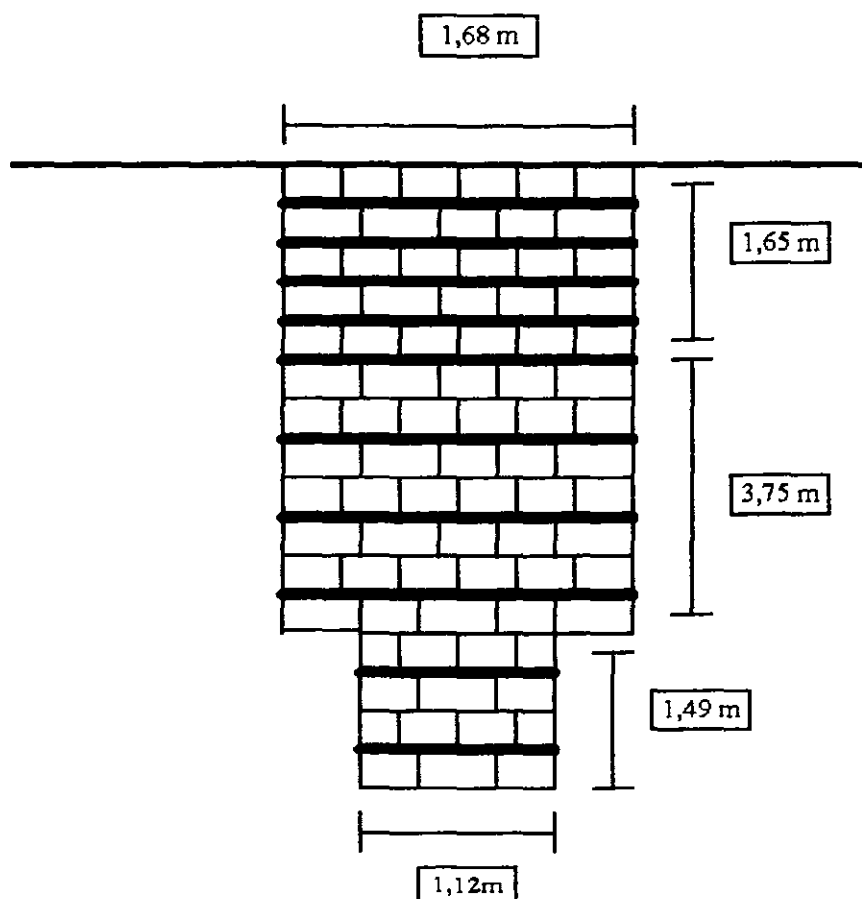
000051

# HIDROPOÇOS

PERFURAÇÃO-LIMPEZA-INSTALAÇÃO E TESTE DE  
BOMBAMENTO EM POÇOS TUBULARES

TEL:(084) 217-5171 983-3480

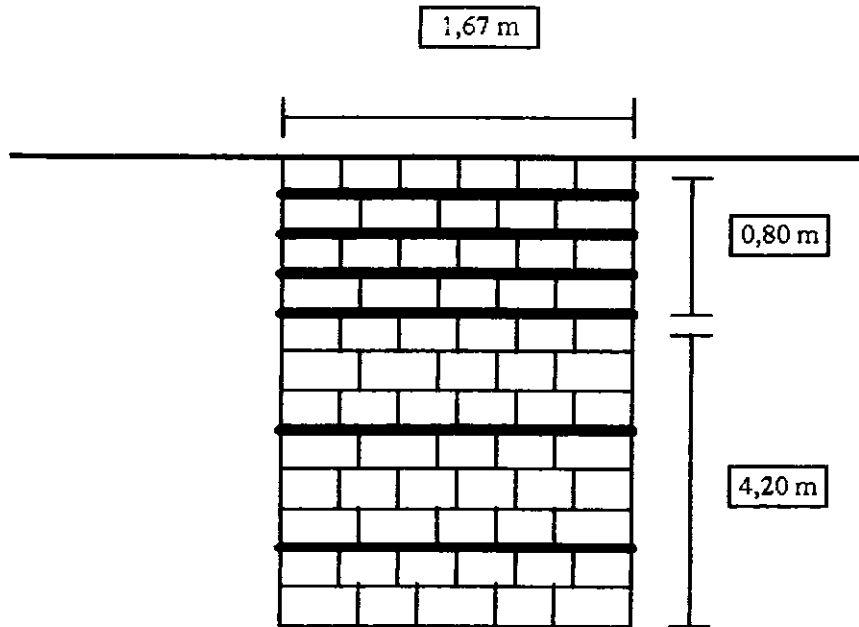
PERFIL DO POÇO Nº 1



- De 0,00 até 1,65 m, parede totalmente impermeabilizada.
- Apartir de 1,65, a cada 0,30 cm uma camada de tijolo rejuntada com argamassa. Poço perfurado no limite entre aluvião e cristalino, tendo atingido a rocha cristalina

**Profundidade total: 6,89 m**

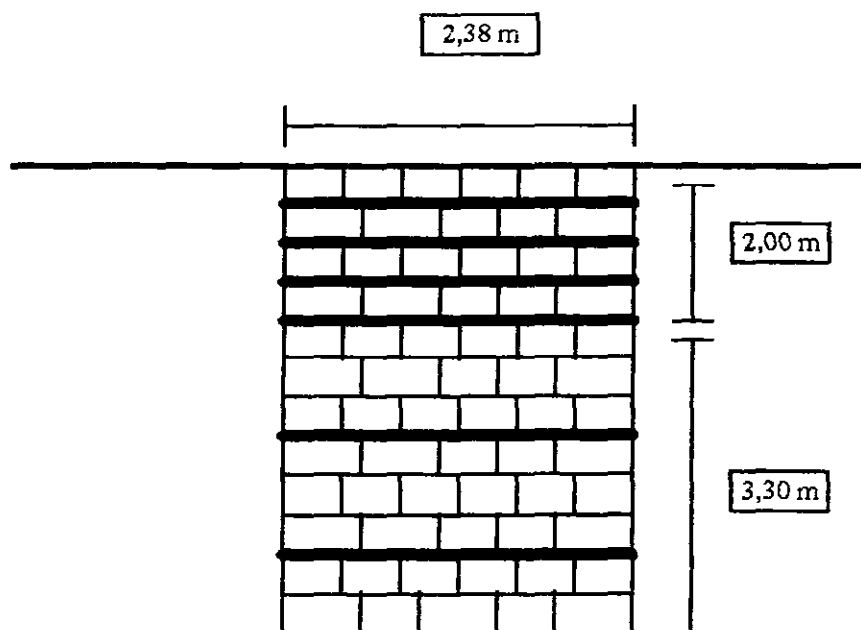
## PERFIL DO POÇO Nº 2



- De 0,00 até 0,80 m, parede totalmente impermeabilizada.
- Apartir de 0,80 m, a cada 0,80 m uma camada de tijolo rejuntada com argamassa Poço perfurado fora da área de aluvião, tendo atingido a rocha cristalina.

**Profundidade total: 5,00 m**

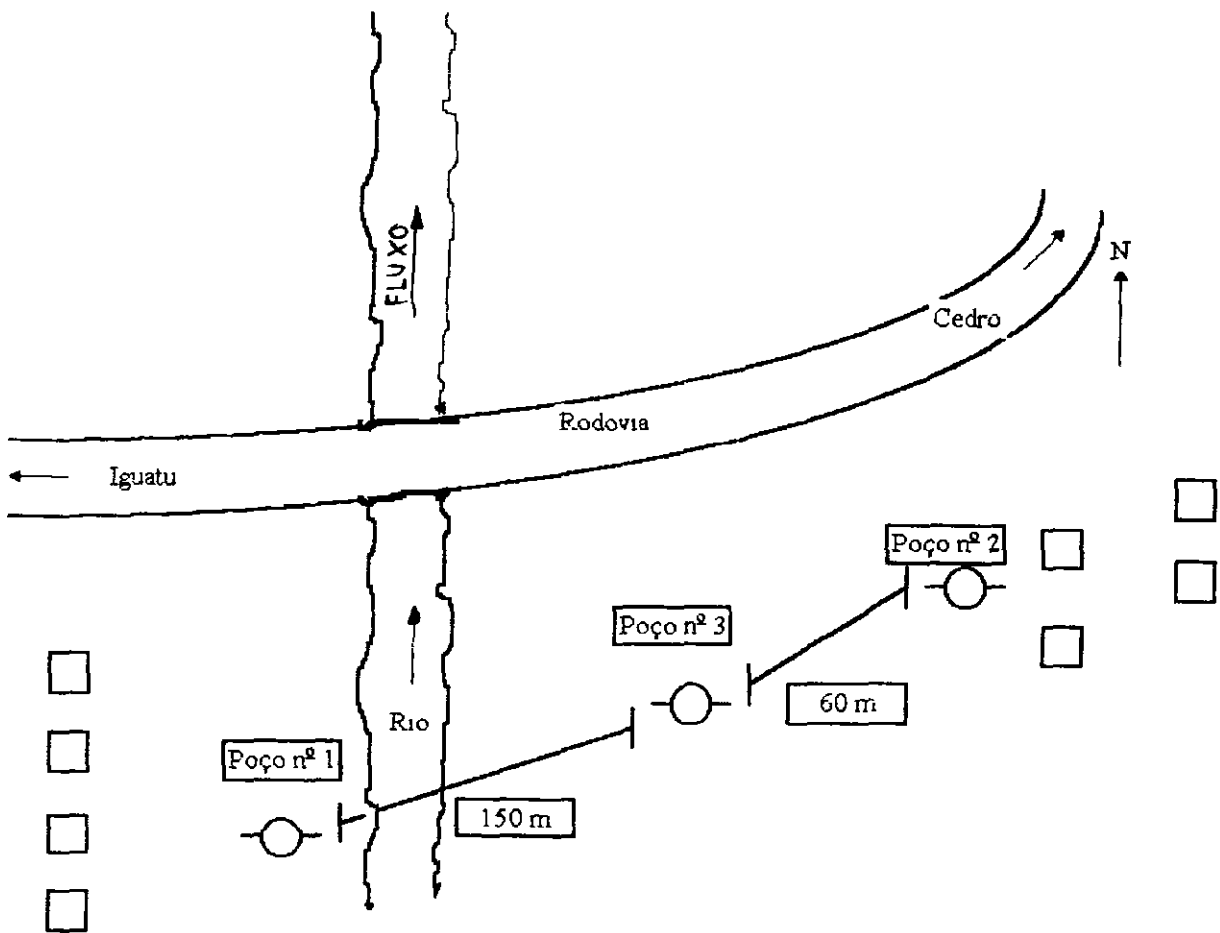
## PERFIL DO POÇO Nº 3



- De 0,00 até 2,00 m, parede totalmente impermeabilizada.
- Apartir de 2,00 m, a cada 0,40 m, uma camada de tijolo rejuntada com argamassa Poço perfurado no centro do aluvião, não atingindo a rocha cristalina

**Profundidade total: 5,30 m**

### MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS



---

**ANEXO B**

**CERTIFICADOS 362/96 E 377/97 DA UNIV.  
FEDERAL DE PERNAMBUCO**

000056



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

CERTIFICADO No 362/96

LOCAL AÇUDE UBALDINHO  
CLIENTE · ASTEP

000057

## CERTIFICADO No. 362/96

ASSUNTO: Ensaio de Granulometria, Adensamento, Triaxial CU e CD  
 REFERÊNCIA: Solicitação de Serviço No 353/96  
 INTERESSADO: ASTEP  
 LOCAL: Açude Ubaldinho - CE

## 1. Generalidades

São apresentados neste Certificado a metodologia e os resultados dos ensaios de Granulometria, Adensamento, Triaxial CU e CD, realizados em amostras indeformadas do tipo Bloco, coletadas pelo interessado no Açude Ubaldinho - CE

## 2 Metodologia

## 2.1 Ensaio de Granulometria

Os ensaios de Caracterização foram realizados de acordo com a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR - 6467/86 - Preparação de amostras

NBR - 7181 - Análise granulométrica

NBR - 6508 - Massa específica dos grãos dos solos

Foi realizado também um ensaio de sedimentação sem o uso de defloculante, solicitado pelo interessado.

## 2.2 Ensaio de adensamento

Os ensaios de adensamento com drenagem vertical foram realizados em corpos de prova com diâmetro de 7,13 cm, área de 40 cm<sup>2</sup> e altura de 2,0 cm, com relação diâmetro/altura superior a 2,5 conforme recomendação de Bowles (1978).

Foram utilizadas prensas do tipo Bishop, de fabricação nacional, com relação de braço de alavanca 10:1. O sistema empregado é o deanel fixo.

Nas medidas de variação de altura dos corpos de prova, foram utilizados extensômetros mecânicos com sensibilidade de 0,01 mm.

A drenagem vertical foi realizada no topo e na base dos corpos de prova, utilizando-se papel filtro saturado entre o corpo de prova e as pedras porosas, sendo estas previamente fervidas até a saturação e, em seguida, esfriadas com jato d'água.

Foram aplicados estágios de carregamento vertical com uma razão de incremento de pressão  $dP/P = 1$ . As pressões aplicadas durante os ensaios foram: 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1,0 - 2,0 - 4,0 e 8,0 kgf/cm<sup>2</sup>, para os ensaios realizados sem inundação. Por outro lado para os ensaios com inundação se carregou o corpo de prova até a pressão de 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>, então se inundava o corpo de prova.

O tempo de atuação de cada estágio de carregamento foi o necessário para ocorrer o adensamento primário.

## 2.3 Ensaio triaxial CU

## 2.3.1 Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram preparados no torno de moldagem, com diâmetro igual a 1,4" (3,56 cm) a partir de amostras indeformadas do tipo bloco.

## 2.3.2 Saturação

A saturação dos corpos de prova foi alcançada por contra-pressão de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>, aplicada em estágios de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>, em períodos de 4 horas, cada estágio.

000058

51

Ao atingir-se o valor de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>, mantinha-se a contra-pressão constante até obter-se um valor do parâmetro B igual ou superior a 0,98.

### 2 3 3 Confinamento/adensamento

Os corpos de prova foram submetidos a pressões confinantes iguais a 1,0 - 2,0 e 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para o adensamento isotrópico foram utilizados papel filtro lateral e pedra porosa na base, conforme recomendação de Bishop & Henkel (1962).

### 2 3 4 Ruptura

O cálculo do tempo de ruptura, para uma equalização de poro-pressão mínima de 95%, foi feita de acordo com Blight (1964).

A força vertical aplicada e a deformação dos corpos de prova, foram medidas através de anéis dinamométricos com capacidade de 200 kgf e extensômetros mecânicos com sensibilidade de 0,01 mm, respectivamente.

Os ensaios foram realizados e calculados de acordo com o procedimento adotado por Bishop & Henkel (1962)

### 2 4 Ensaio triaxial CD

#### 2 4 1 Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram preparados no torno de moldagem, com diâmetro igual a 1,4" (3,56 cm) a partir de amostras indeformadas do tipo bloco

#### 2 4 2. Saturação

A saturação dos corpos de prova foi alcançada por contra-pressão de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>, aplicada em estágios de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>, em períodos de 4 horas, cada estágio

Ao atingir-se o valor de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>, mantinha-se a contra-pressão constante até obter-se um valor do parâmetro B igual ou superior a 0,98

#### 2 4 3 Confinamento/adensamento

Os corpos de prova foram submetidos a pressões confinantes iguais a 1,0 - 2,0 e 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para o adensamento isotrópico foram utilizados papel filtro lateral e pedra porosa na base, conforme recomendação de Bishop & Henkel (1962)

#### 2 4 4 Ruptura

A força vertical aplicada e a deformação dos corpos de prova, foram medidas através de anéis dinamométricos com capacidade de 200 kgf e extensômetros mecânicos com sensibilidade de 0,01 mm, respectivamente

Os ensaios foram realizados e calculados de acordo com o procedimento adotado por Bishop & Henkel (1962)

### 3 Resultados

Os resultados dos ensaios de granulometria estão apresentados no quadro I e na figura 1

Os resultados dos ensaios de adensamento estão apresentados no quadro II e nas figuras 2 a 4.

Os resultados dos ensaios triaxiais CU estão apresentados no quadro III e na figura 5.


Os resultados dos ensaios triaxiais CD estão apresentados no quadro IV e na figura 6

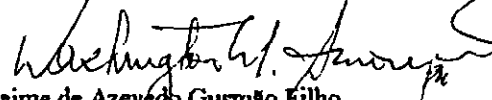
*Handwritten signature*

## 4 Bibliografia

- ABNT - Métodos e Normas conforme o item 2.1,  
Bishop e Henkel (1962) - The measurement of soil properties in the triaxial test - 2a. edição - Edward  
Arnold;  
Bowles, J E (1978) - Engineering properties of soil and their measurement - Mc Graw-Hill,

Recife, 02 de outubro de 1996

  
Joaquim Teodoro Romão de Oliveira  
Eng. Responsável do Laboratório de Solos e Instrumentação

  
Jaime de Azevedo Gusmão Filho  
Coordenador da Área de Mecânica dos Solos e Fundações

2718222  
2718224

000060

Quadro I  
Resultados dos Ensaio de Caracterização

| AMOSTRA    | 6            |                  |                  |
|------------|--------------|------------------|------------------|
| ESTACA     | 15           | Com defloculante | Sem defloculante |
| COMPOSIÇÃO | PEDREGULHO   | 0                | 0                |
| GRANULO-   | AREIA GROSSA | 01               | 01               |
|            | AREIA MÉDIA  | 18               | 18               |
| METRICA    | AREIA FINA   | 52               | 65               |
|            | SILTE        | 13               | 12               |
|            | ARGILA       | 16               | 04               |

000061

Quadro II  
Resultados dos Ensaios de Adensamento

| IDENTIFICAÇÃO |        | CONDIÇÕES DOS CORPOS DE PROVA |                    |                |                |                                     | %       |
|---------------|--------|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|---------|
| Amostra       | Estaca | Tipo                          | W <sub>i</sub> (%) | e <sub>o</sub> | e <sub>f</sub> | γ <sub>t</sub> (tf/m <sup>3</sup> ) | Colapso |
| 2             | 6      | Natural                       | 8,9                | 0,682          | 0,584          | 1,7                                 | -       |
|               |        | Inundado                      | 7,2                | 0,657          | 0,472          | 1,7                                 | 8,8     |
| 5             | 13     | Natural                       | 14,9               | 0,593          | 0,559          | 1,87                                | -       |
|               |        | Inundado                      | 15,4               | 0,662          | 0,607          | 1,8                                 | 0,05    |
| 6             | 15     | Natural                       | 4,9                | 0,699          | 0,502          | 1,64                                | -       |
|               |        | Inundado                      | 2,6                | 0,813          | 0,584          | 1,50                                | 10,07   |

W<sub>i</sub>(%) - Umidade inicial  
e<sub>o</sub> - Índice de vazios inicial  
e<sub>f</sub> - Índice de vazios final  
γ<sub>t</sub> - Peso específico úmido

000062

Quadro III  
Resultados dos ensaios triaxiais CU

| Amostra | Estaca | $\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | W <sub>i</sub> (%) | c(kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$ (graus) |
|---------|--------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|
|         |        | 1,0                               | 8,5                |                         |                |
| 2       | 6      | 2,0                               | 7,8                | 0,3                     | 18             |
|         |        | 4,0                               | 8,0                |                         |                |

$\sigma_c$  - Pressão confinante

W<sub>i</sub> - Umidade inicial

c - coesão

$\phi$  - ângulo de atrito interno

Quadro IV  
Resultados dos ensaios triaxiais CD

| Amostra | Estaca | $\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | W <sub>i</sub> (%) | c(kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$ (graus) |
|---------|--------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|
|         |        | 1,0                               | 3,8                |                         |                |
| 6       | 15     | 2,0                               | 4,0                | 0,1                     | 28             |
|         |        | 4,0                               | 3,3                |                         |                |

$\sigma_c$  - Pressão confinante

W<sub>i</sub> - Umidade inicial

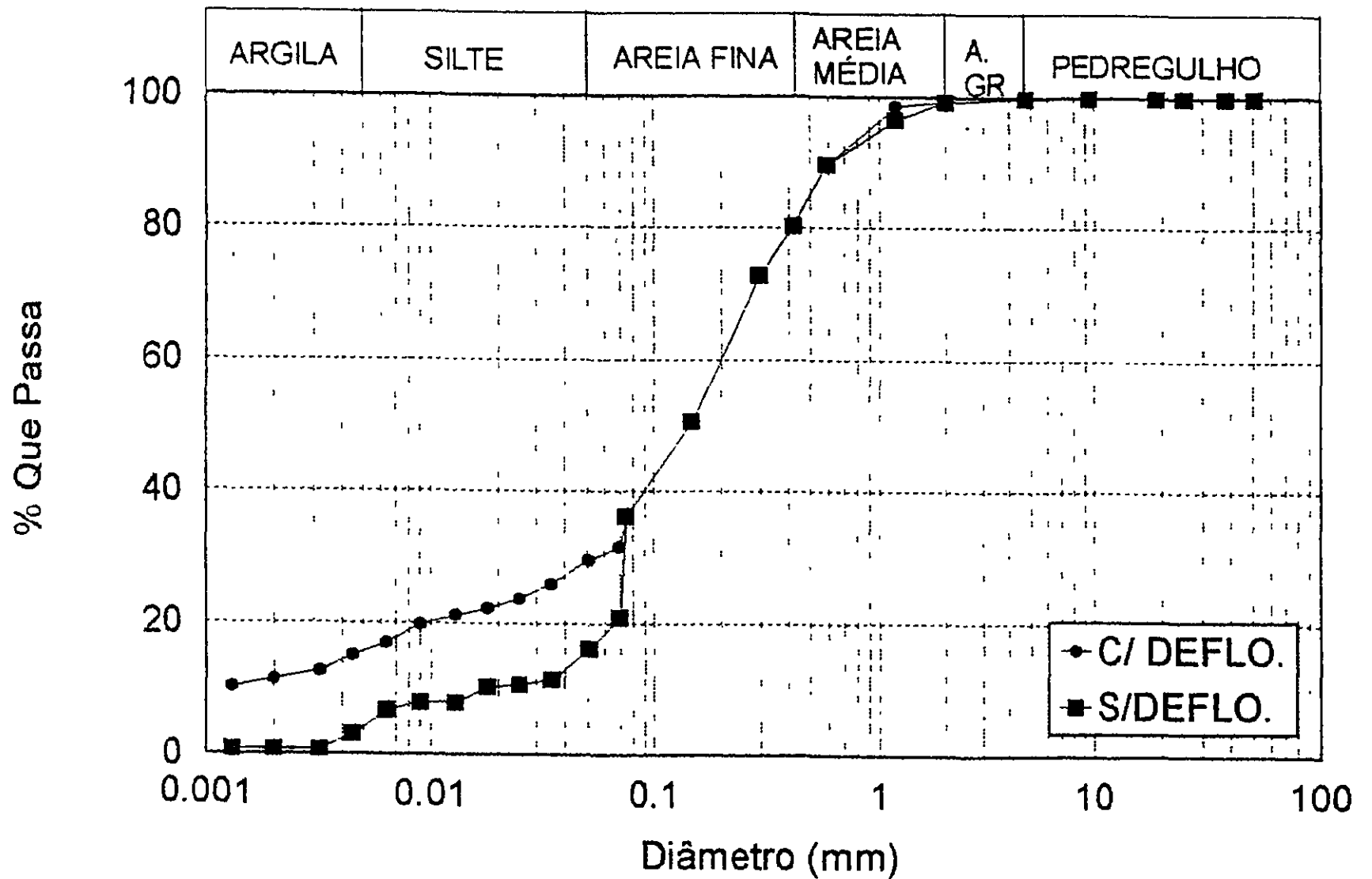
c - coesão

$\phi$  - ângulo de atrito interno

000064



Fig. 1-Ensaio de Granulometria  
Açude Ubaldinho - CE/Amostra 6

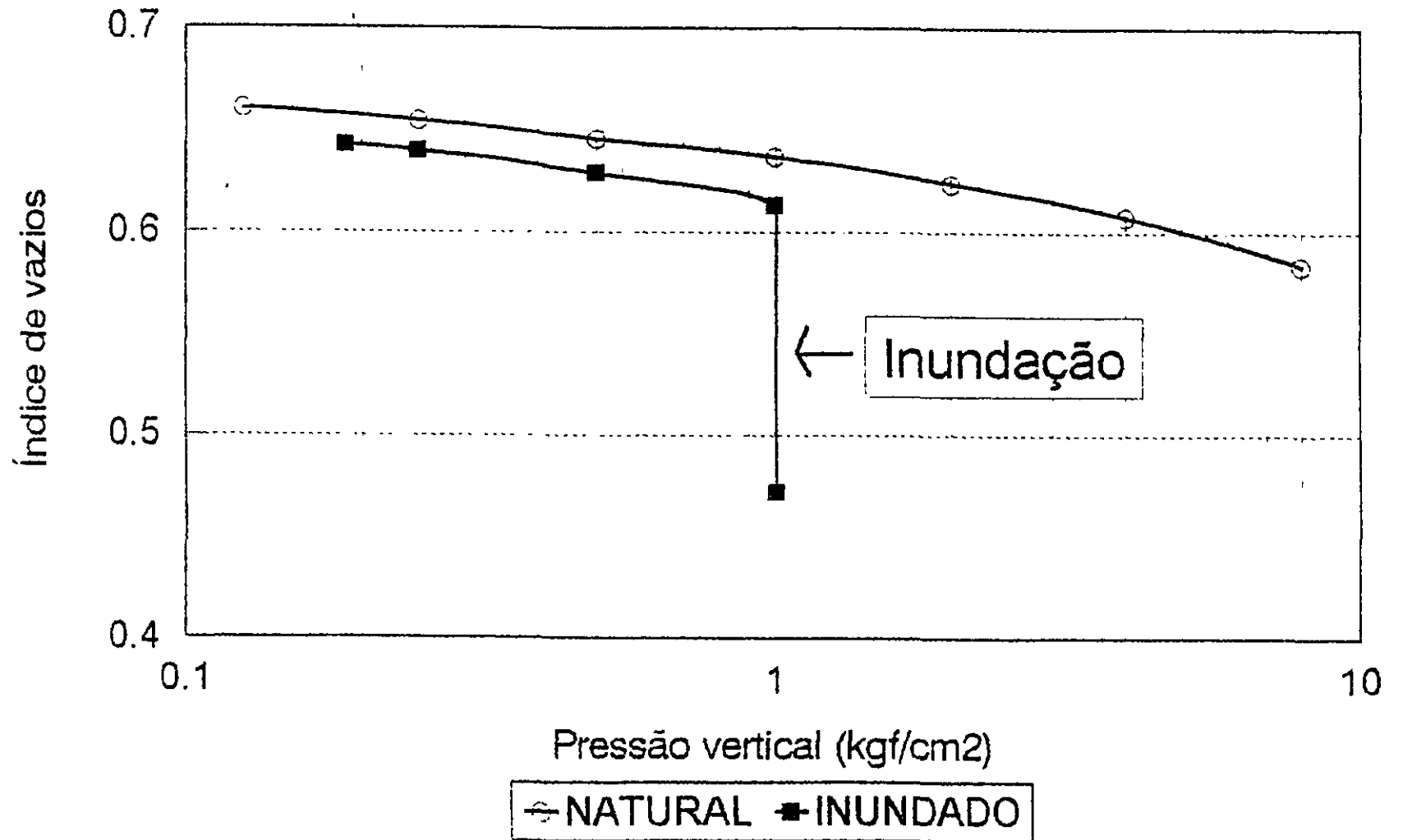


LABORATÓRIO DE SOLOS/UFPE

000065

Fig. 2 - Ensaio de adensamento

Açude Ubaldinho - CE

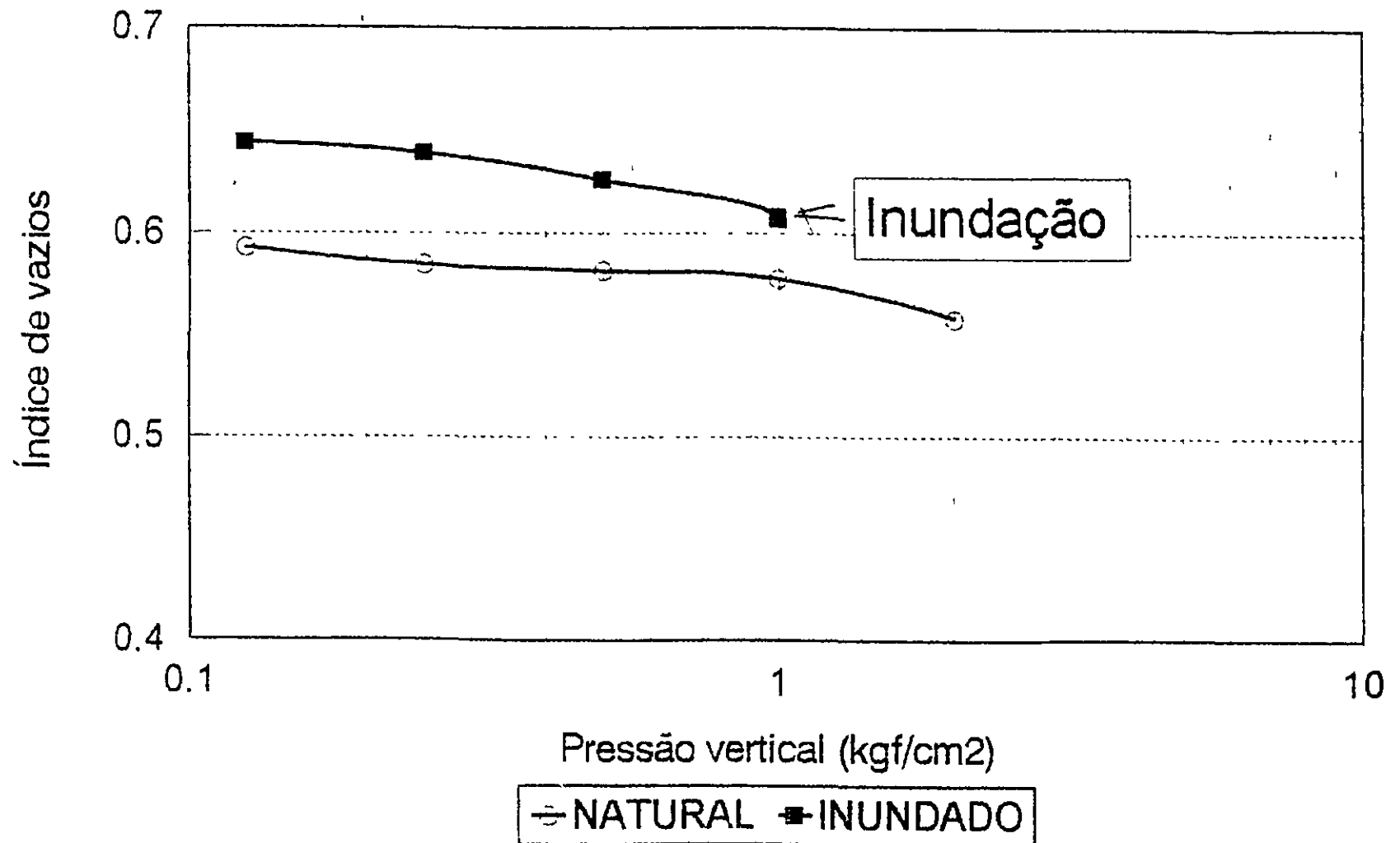


Poço 2 - estaca 6

000066

Fig. 3 - Ensaio de adensamento

Açude Ubaldinho - CE

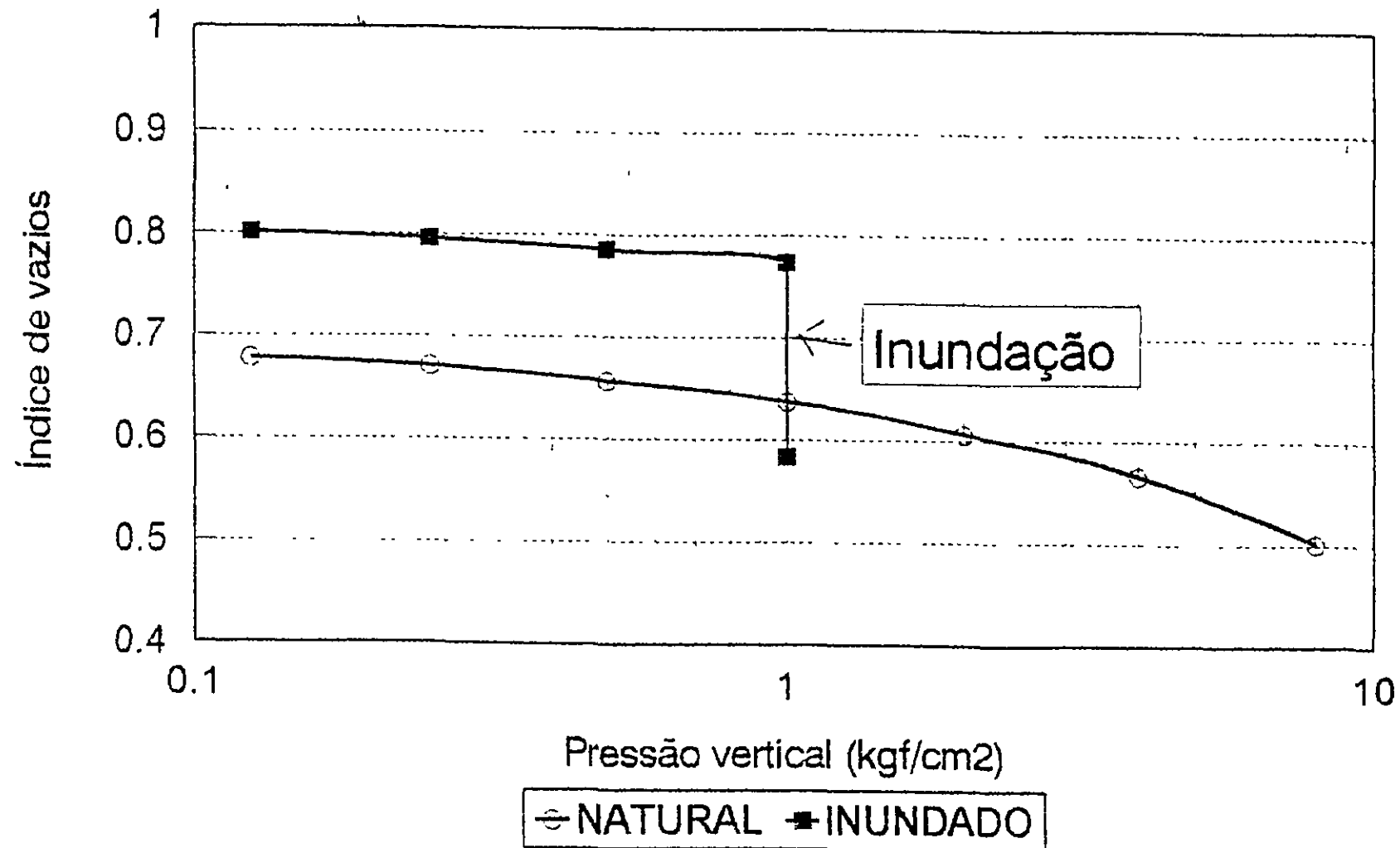


Poço 5 - estaca 13

000067

Fig. 4 - Ensaio de adensamento

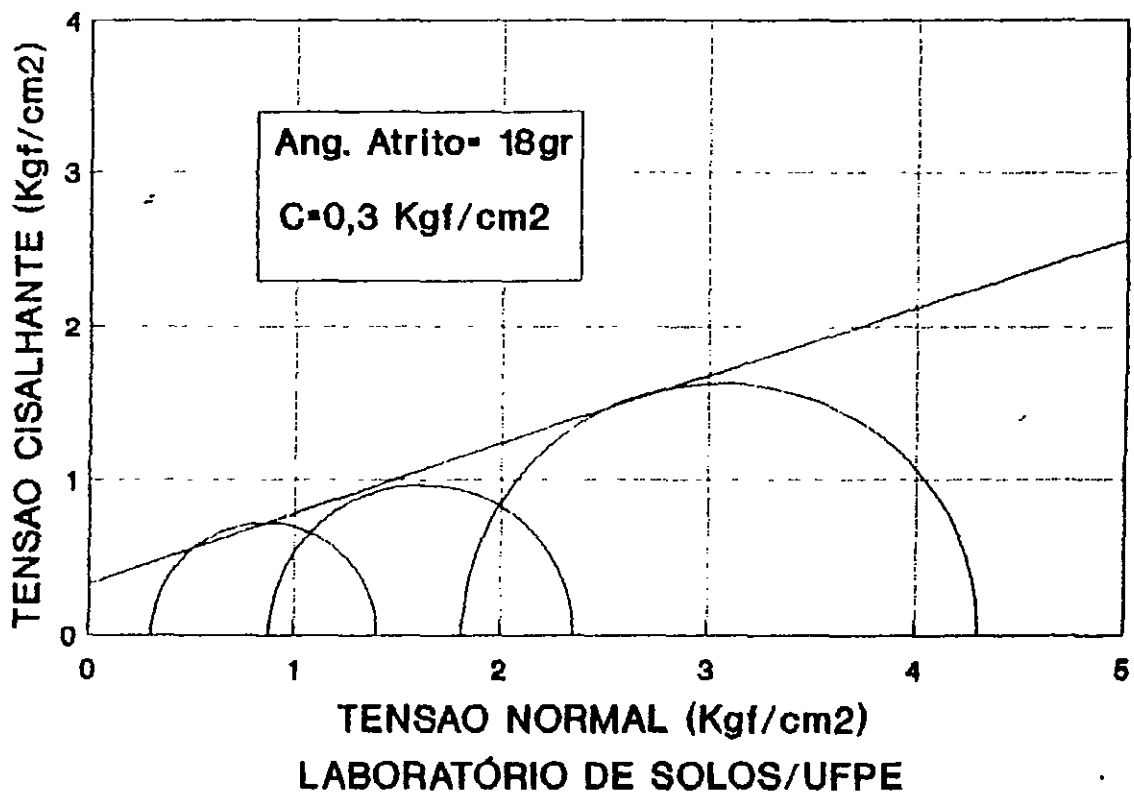
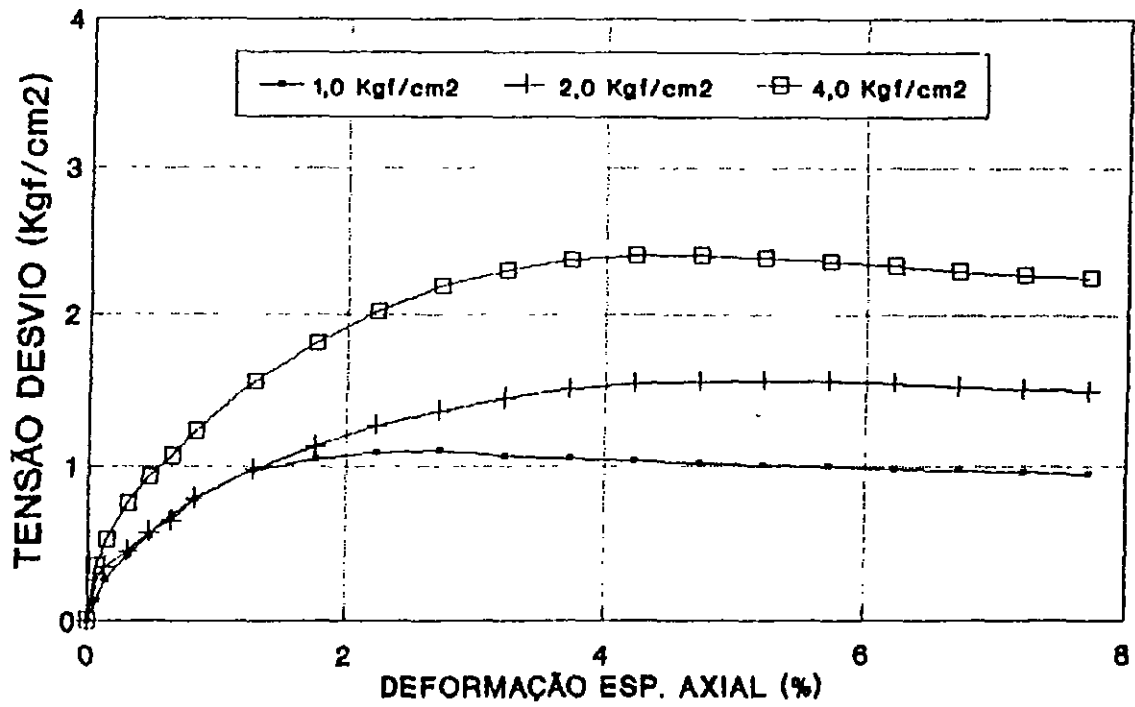
Açude Ubaldinho - CE



Poço 6 - estaca 15

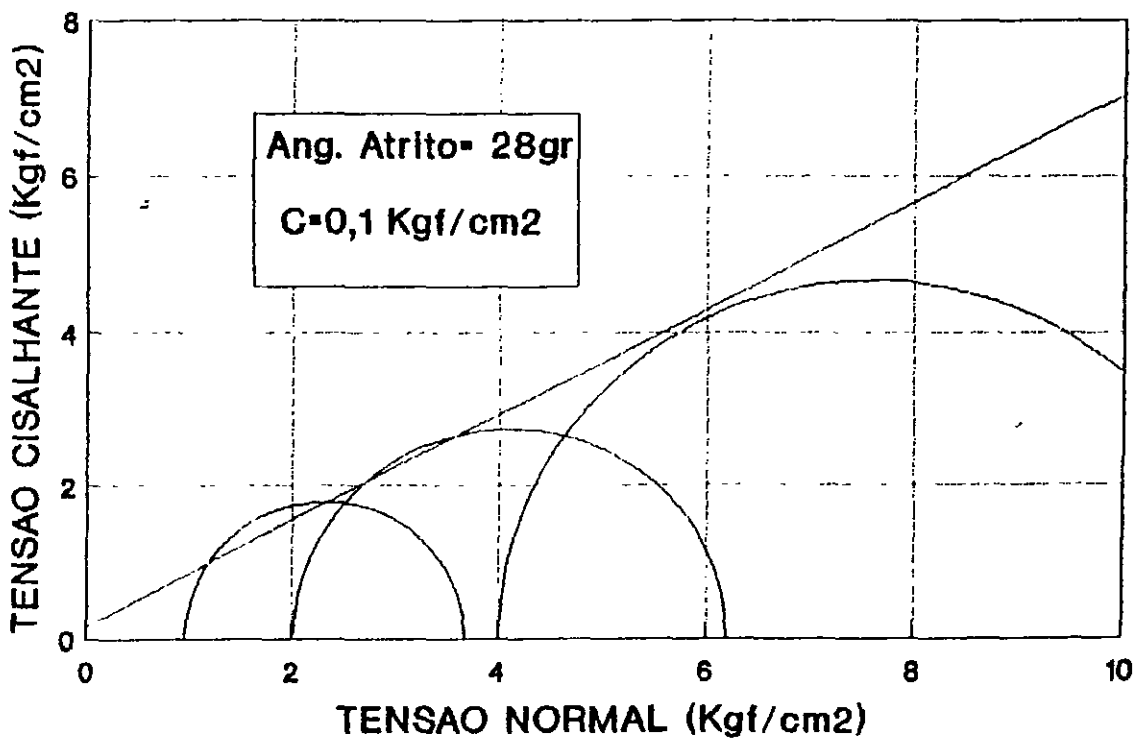
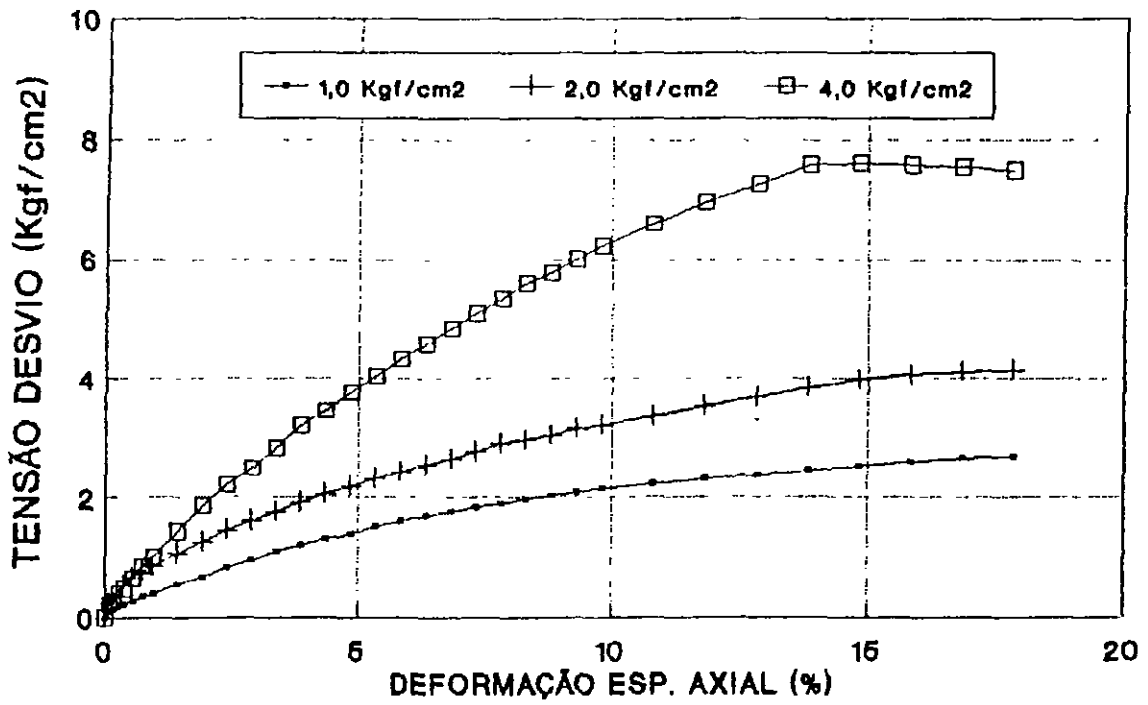
000068

Fig. 5- ENSAIO TRIAXIAL CU  
AÇUDE UBALDINHO-CE/AMOSTRA 2



LABORATÓRIO DE SOLOS/UFPE

**Fig. 6- ENSAIO TRIAXIAL CD  
AÇUDE UBALDINHO-CE/AMOSTRA 6**



LABORATÓRIO DE SOLOS/UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

CERTIFICADO No. 377/97

LOCAL: AÇUDE UBALDINHO  
CLIENTE : ASTEP

000071

**CERTIFICADO No. 377/97**

**ASSUNTO:** Ensaios de Granulometria, Triaxial CU e CD

**REFERÊNCIA:** Solicitação de Serviço No. 368/97

**INTERESSADO:** ASTEP

**LOCAL:** Açude Ubaldinho - CE

**1. Generalidades**

São apresentados neste Certificado a metodologia e os resultados dos ensaios de Granulometria, Limites de Consistência, Triaxial CU e CD, realizados em amostras indeformadas do tipo Bloco, coletadas pelo interessado no Açude Ubaldinho - CE

**2. Metodologia**

**2.1. Ensaios de Caracterização.**

Os ensaios de Caracterização foram realizados de acordo com a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas:

NBR - 6467/86 - Preparação de amostras

NBR - 7181 - Análise granulométrica

NBR - 6508 - Massa específica dos grãos dos solos

NBR - 6459 - Limite de Liquidez.

NBR - 7180 - Limite de Plasticidade

Foram realizados também três ensaios de sedimentação sem o uso de defloculante, conforme solicitado pelo interessado.

**2.3. Ensaio triaxial CU**

**2.3.1. Moldagem dos corpos de prova**

Os corpos de prova foram preparados no torno de moldagem, com diâmetro igual a 1,4" (3,56 cm) a partir de amostras indeformadas do tipo bloco

Deve-se observar que as amostras foram recebidas no laboratório sem parafina ou outra proteção para manter a umidade natural, daí as baixas umidades iniciais observadas nos quadros I e II.

**2.3.2. Saturação**

A saturação dos corpos de prova foi alcançada por contra-pressão de 2,0 kgf/cm<sup>2</sup>, aplicada em estágios de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>, em períodos de 4 horas, cada estágio.

Ao atingir-se o valor de 2,0 kgf/cm<sup>2</sup>, mantinha-se a contra-pressão constante até obter-se um valor do parâmetro B igual ou superior a 0,98.

**2.3.3. Confinamento/adensamento**

Os corpos de prova foram submetidos a pressões confinantes iguais a 1,0 - 2,0 - 3,0 e 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>

Para o adensamento isotrópico foram utilizados papel filtro lateral e pedra porosa na base, conforme recomendação de Bishop & Henkel (1962).

**2.3.4. Ruptura**

O cálculo do tempo de ruptura, para uma equalização de poro-pressão mínima de 95%, foi feita de acordo com Blight (1964).

A força vertical aplicada e a deformação dos corpos de prova, foram medidas através de anéis dinamométricos com capacidade de 100 kgf e extensômetros mecânicos com sensibilidade de 0,01 mm, respectivamente.



Os ensaios foram realizados e calculados de acordo com o procedimento adotado por Bishop & Henkel (1962).

2.4. Ensaio triaxial CD

2.4.1. Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram preparados no torno de moldagem, com diâmetro igual a 1,4" (3,56 cm) a partir de amostras indeformadas do tipo bloco.

Válida também a observação quanto à umidade feita em 2.3.1.

2.4.2. Saturação

A saturação dos corpos de prova foi alcançada por contra-pressão de 2,0 kgf/cm<sup>2</sup>, aplicada em estágios de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>, em períodos de 4 horas, cada estágio.

Ao atingir-se o valor de 2,0 kgf/cm<sup>2</sup>, mantinha-se a contra-pressão constante até obter-se um valor do parâmetro B igual ou superior a 0,98.

2.4.3. Confinamento/adensamento

Os corpos de prova foram submetidos a pressões confinantes iguais a 1,0 - 2,0 - 3,0 e 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para o adensamento isotrópico foram utilizados papel filtro lateral e pedra porosa na base, conforme recomendação de Bishop & Henkel (1962).

2.4.4. Ruptura

A força vertical aplicada e a deformação dos corpos de prova, foram medidas através de anéis dinamométricos com capacidade de 100 kgf e extensômetros mecânicos com sensibilidade de 0,01 mm, respectivamente.

Os ensaios foram realizados e calculados de acordo com o procedimento adotado por Bishop & Henkel (1962).

3. Resultados

Os resultados dos ensaios de granulometria estão apresentados no quadro III e nas figuras 4, 5 e 6

Os resultados dos ensaios triaxiais CU estão apresentados no quadro I e na figura 3

Os resultados dos ensaios triaxiais CD estão apresentados no quadro II e na figura 1 e 2.

Os valores de c e φ indicados nos quadros e figuras foram obtidos em papel milimetrado, devendo-se recordar que as mudanças de escala e as distorções nas cópias podem levar a valores distintos se obtidos diretamente das figuras 1, 2 e 3 das envoltórias

4. Bibliografia

ABNT - Métodos e Normas conforme o item 2.1;

Bishop e Henkel (1962) - The measurement of soil properties in the triaxial test - 2a. edição - Edward Arnold;

Bowles, J.E (1978) - Engineering properties of soil and their measurement - Mc Graw-Hill;

Recife, 29 de Janeiro de 1997

*Antônio Rodrigues de Brito*  
Antônio Rodrigues de Brito

Eng. Responsável em Exercício do Laboratório de Solos e Instrumentação

*Washington Moura de Amorim Jr*  
Washington Moura de Amorim Jr

Vice - Coordenador da Área de Mecânica dos Solos e Fundações

Quadro 1  
Resultados dos Ensaios Triaxiais CU

| IDENTIFICAÇÃO |                                   | ÍNDICES FÍSICOS INICIAIS |       |                                 |       | $\epsilon_{a,r}$ (%) | $\sigma_{d,r}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | c<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$ (o) |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------|--|-----------------------------|------------|
| AMOSTRA       | $\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $W_i$ (%)                | $e_o$ | $\gamma_t$ (tf/m <sup>3</sup> ) |       |                      |  |                             |            |
| 5<br>EST.. 13 | 1,0                               | 1,4                      | 0,789 | 1,47                            | 3,62  | 0,73                 | 0,1                                      | 26                          |            |
|               | 2,0                               | 1,3                      | 0,801 | 1,46                            | 5,02  | 1,65                 |  |                             |            |
|               | 3,0                               | 1,3                      | 0,801 | 1,46                            | 10,04 | 3,51                 |  |                             |            |
|               | 4,0                               | 1,3                      | 0,813 | 1,45                            | 8,83  | 4,14                 |  |                             |            |

$W_i$ (%) - Umidade inicial

$e_o$  - Índice de vazios inicial

$\gamma_t$  - Peso específico úmido

$\epsilon_{a,r}$  - def. específica axial na ruptura

$\sigma_{d,r}$  - tensão desvio na ruptura

c - coesão efetiva

$\phi$  - âng. atrito interno efetivo

Quadro II  
Resultados dos Ensaos Triaxiais CD

| IDENTIFICAÇÃO |                     | ÍNDICES FÍSICOS INICIAIS |       |                                 |       | $\epsilon_{a,r}$ (%) | $\sigma_{d,r}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | c<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$ (o) |
|---------------|---------------------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------|--|-----------------------------|------------|
| AMOSTRA       | kgf/cm <sup>2</sup> | Wi (%)                   | eo    | $\gamma_t$ (tf/m <sup>3</sup> ) |       |                      |  |                             |            |
| 2<br>EST.6    | 1,0                 | 3,2                      | 0,621 | 1,61                            | 12,41 | 2,42                 | 0,1                                      | 28                          |            |
|               | 2,0                 | 3,3                      | 0,641 | 1,59                            | 19,66 | 4,72                 |  |                             |            |
|               | 3,0                 | 3,1                      | 0,641 | 1,59                            | 18,16 | 6,51                 |  |                             |            |
|               | 4,0                 | 3,2                      | 0,631 | 1,60                            | 12,66 | 7,42                 |  |                             |            |
| 5<br>EST.13   | 1,0                 | 1,2                      | 0,839 | 1,43                            | 07,77 | 2,22                 | 0,0                                      | 32                          |            |
|               | 2,0                 | 1,3                      | 0,905 | 1,38                            | 18,94 | 4,10                 |  |                             |            |
|               | 3,0                 | 1,4                      | 0,905 | 1,37                            | 18,25 | 6,77                 |  |                             |            |
|               | 4,0                 | 1,2                      | 0,948 | 1,35                            | 13,83 | 7,44                 |  |                             |            |

Wi(%) - Umidade inicial  
 eo - Índice de vazios inicial  
 $\gamma_t$  - Peso específico úmido  
 $\epsilon_{a,r}$  - def. específica axial na ruptura  
 $\sigma_{d,r}$  - tensão desvio na ruptura  
 c - coesão efetiva  
 $\phi$  - âng. de atrito

000075

Quadro III

Resultados dos Ensaos de Caracterização  
C/ defloculante                      S/ defloculante

|                  |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| AMOSTRA          | 01 | 03 | 11 | 01 | 03 | 11 |
| ESTACA           | 04 | 09 | 04 | 04 | 09 | 04 |
| PEDREGULHO (%)   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |
| AREIA GROSSA (%) | 04 | 00 | 01 | 04 | 00 | 01 |
| AREIA MÉDIA (%)  | 16 | 06 | 15 | 16 | 06 | 15 |
| AREIA FINA (%)   | 38 | 20 | 48 | 38 | 20 | 48 |
| SILTE (%)        | 18 | 26 | 14 | 11 | 34 | 11 |
| ARGILA (%)       | 24 | 48 | 22 | 01 | 08 | 01 |
| LL (%)           | 21 | 36 | 24 |    |    |    |
| LP (%)           | 15 | 21 | 16 |    |    |    |
| IP (%)           | 06 | 15 | 08 |    |    |    |

Fig. 1- ENSAIO TRIAXIAL CD  
ACUDE UBALDINHO-CE/AMOSTRA 2

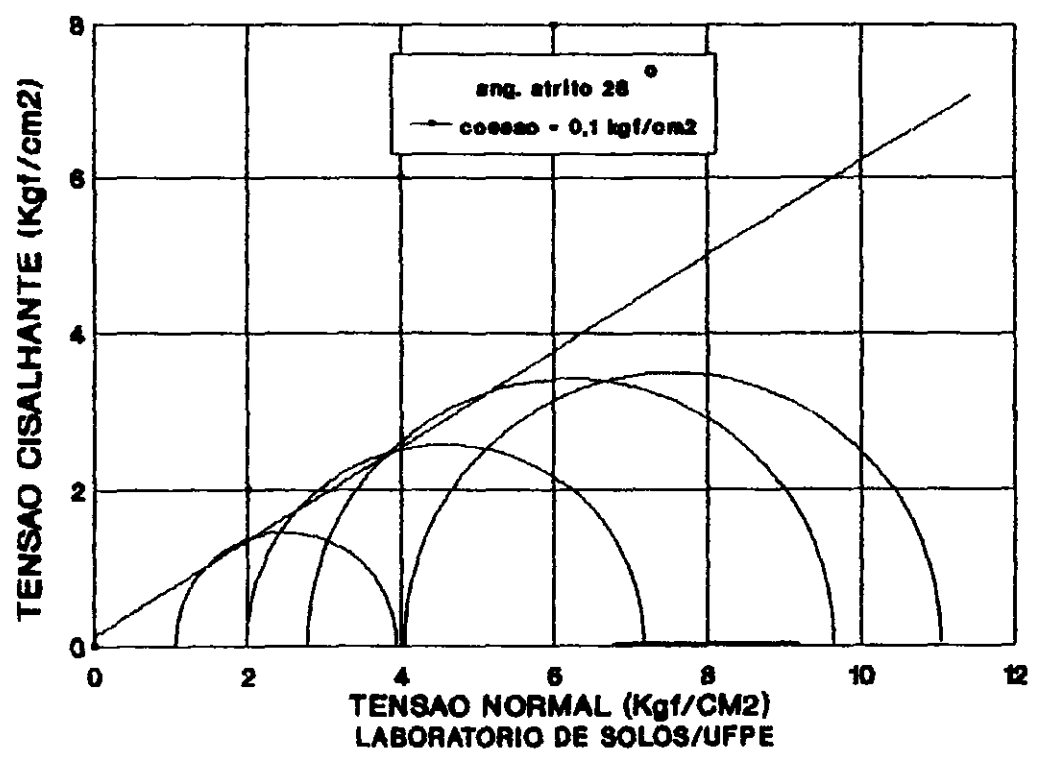
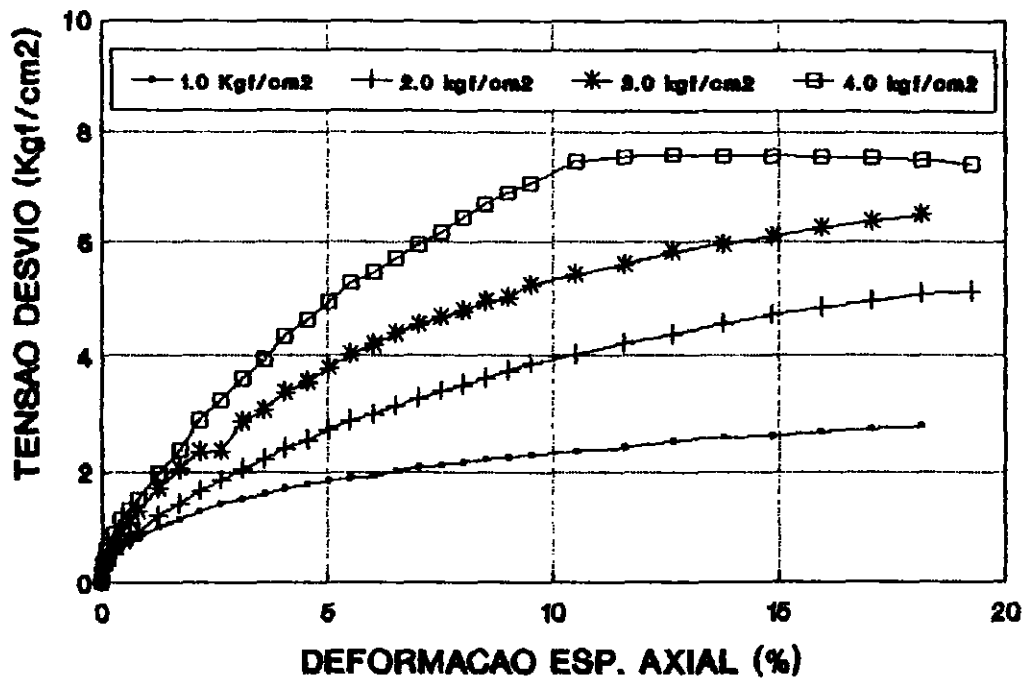


Fig. 2- ENSAIO TRIAXIAL CD  
ACUDE UBALDINHO-CE/AMOSTRA 5

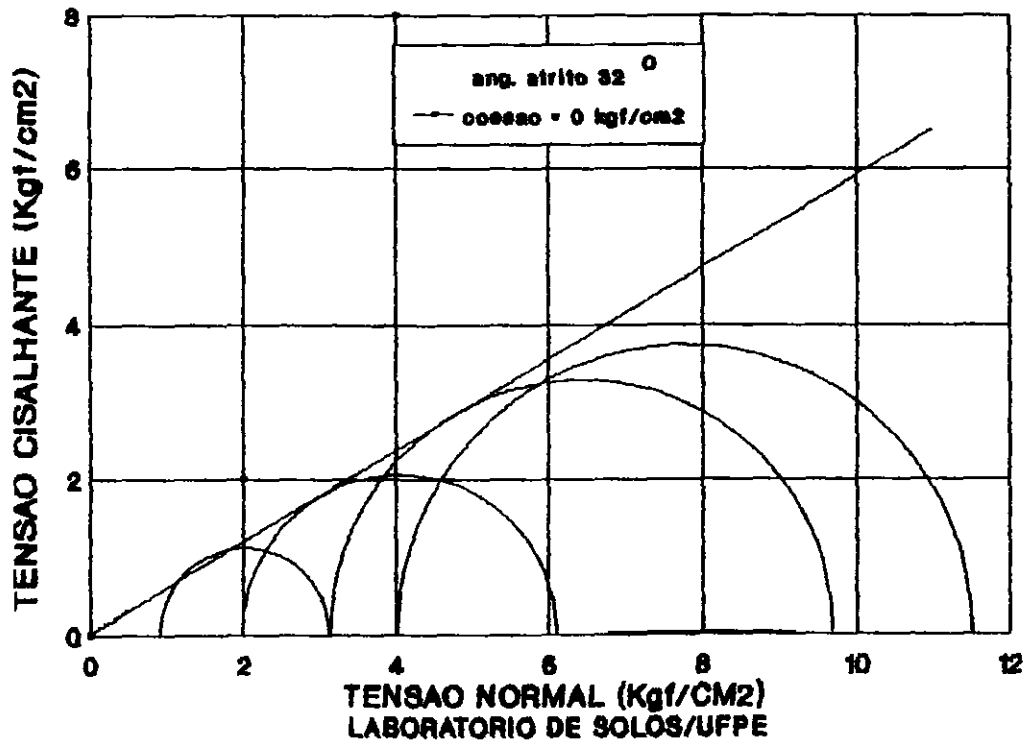
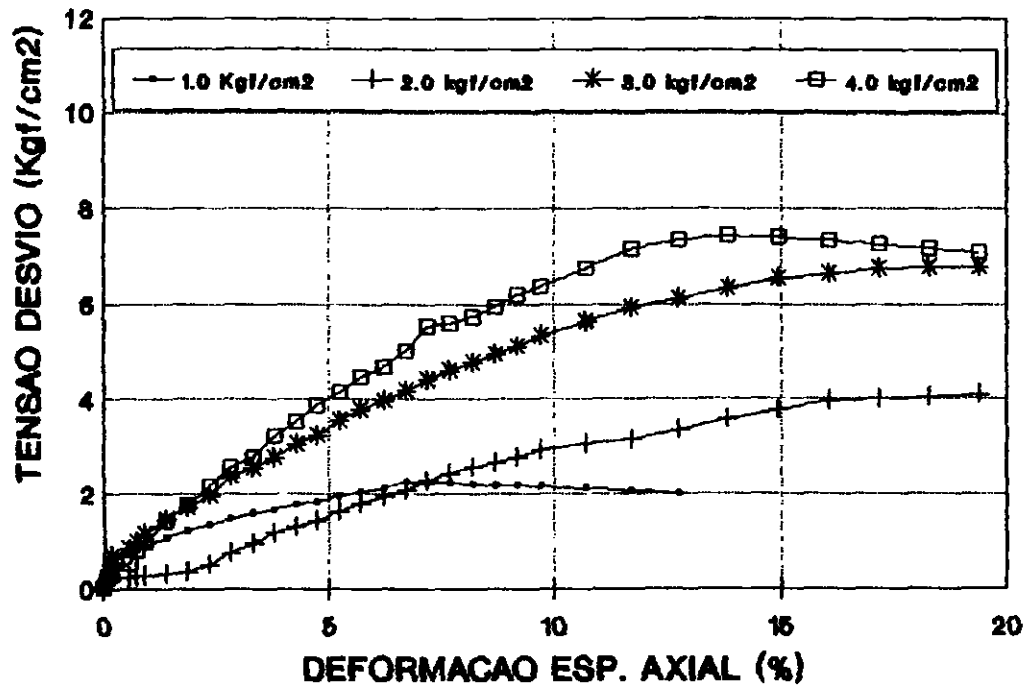
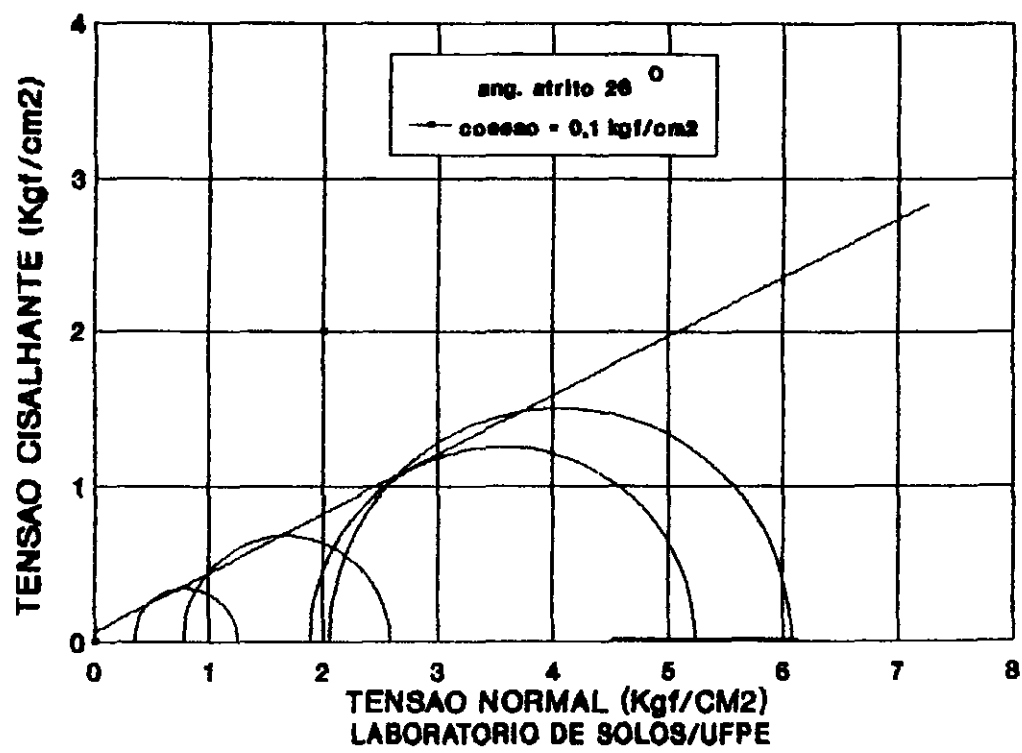
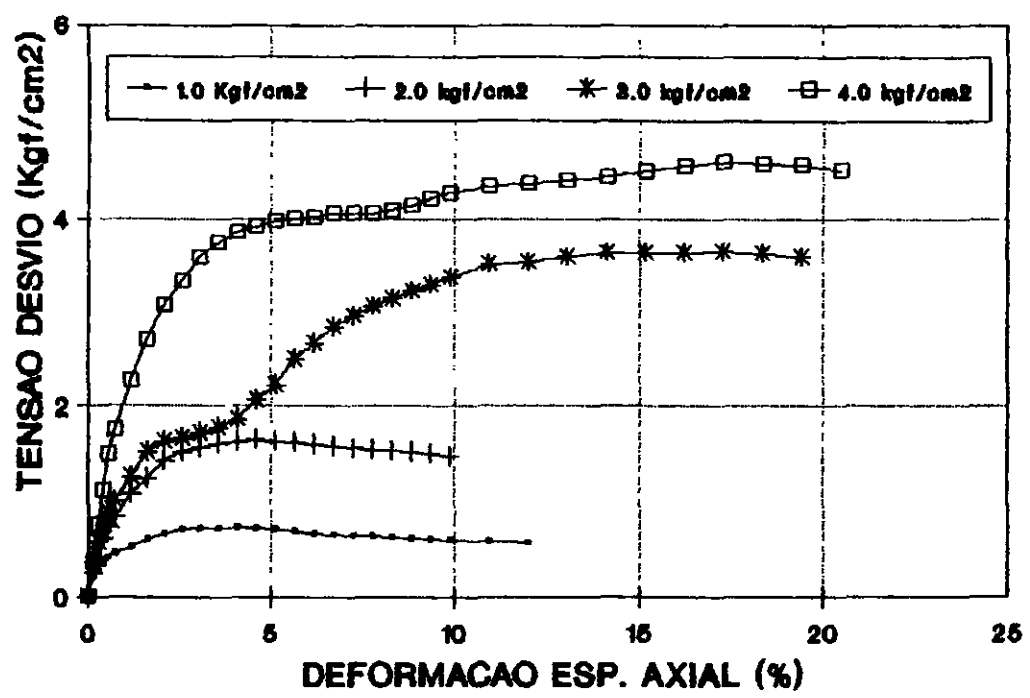
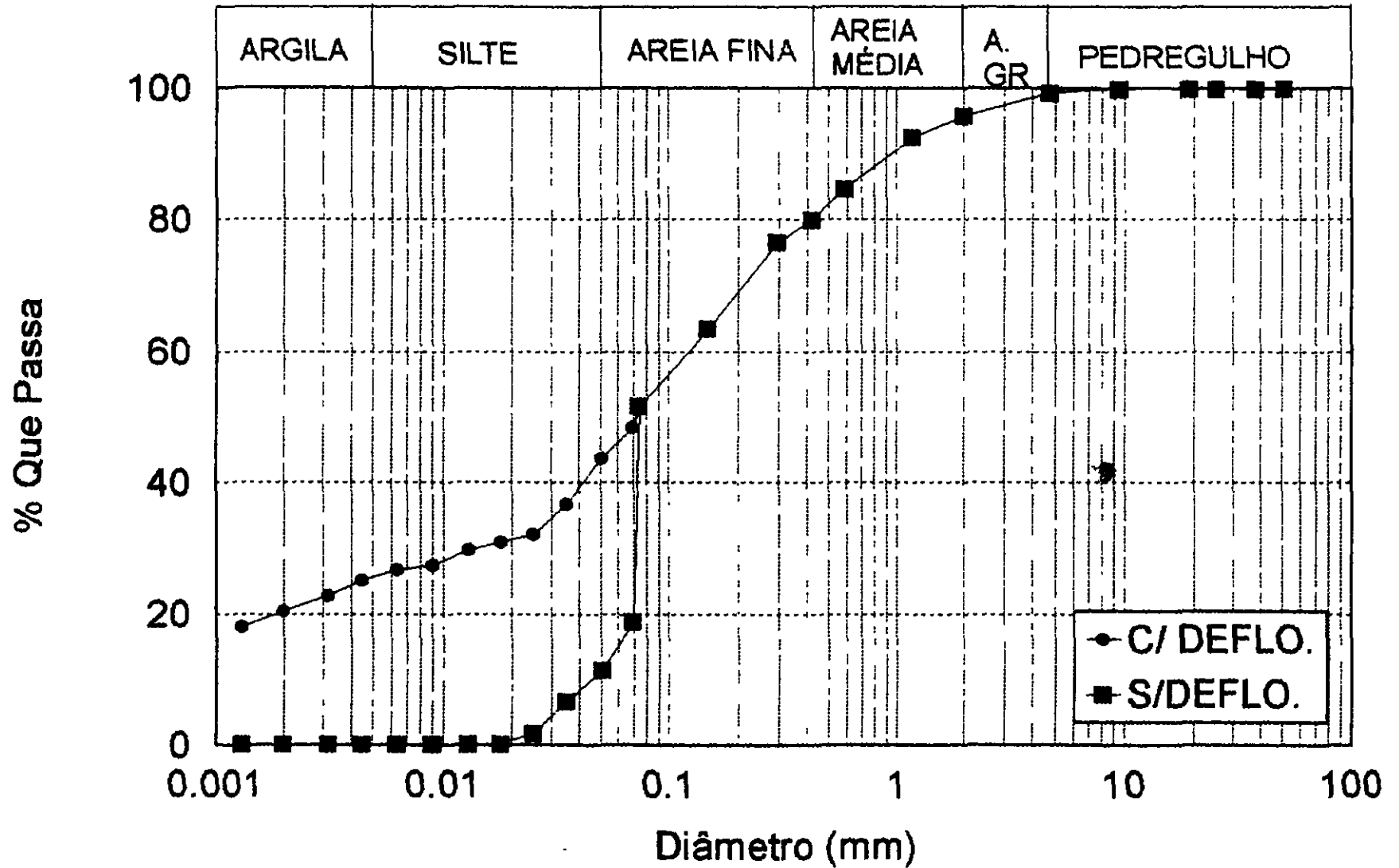


Fig. 3- ENSAIO TRIAXIAL CU  
ACUDE UBALDINHO-CE/AMOSTRA 5



**Fig. 4-Ensaio de Granulometria**  
**Açude Ubaldinho - CE/Amostra 1- Est.04**





**Fig. 5-Ensaio de Granulometria**  
**Açude Ubaldinho - CE/Amostra 3- Est.09**

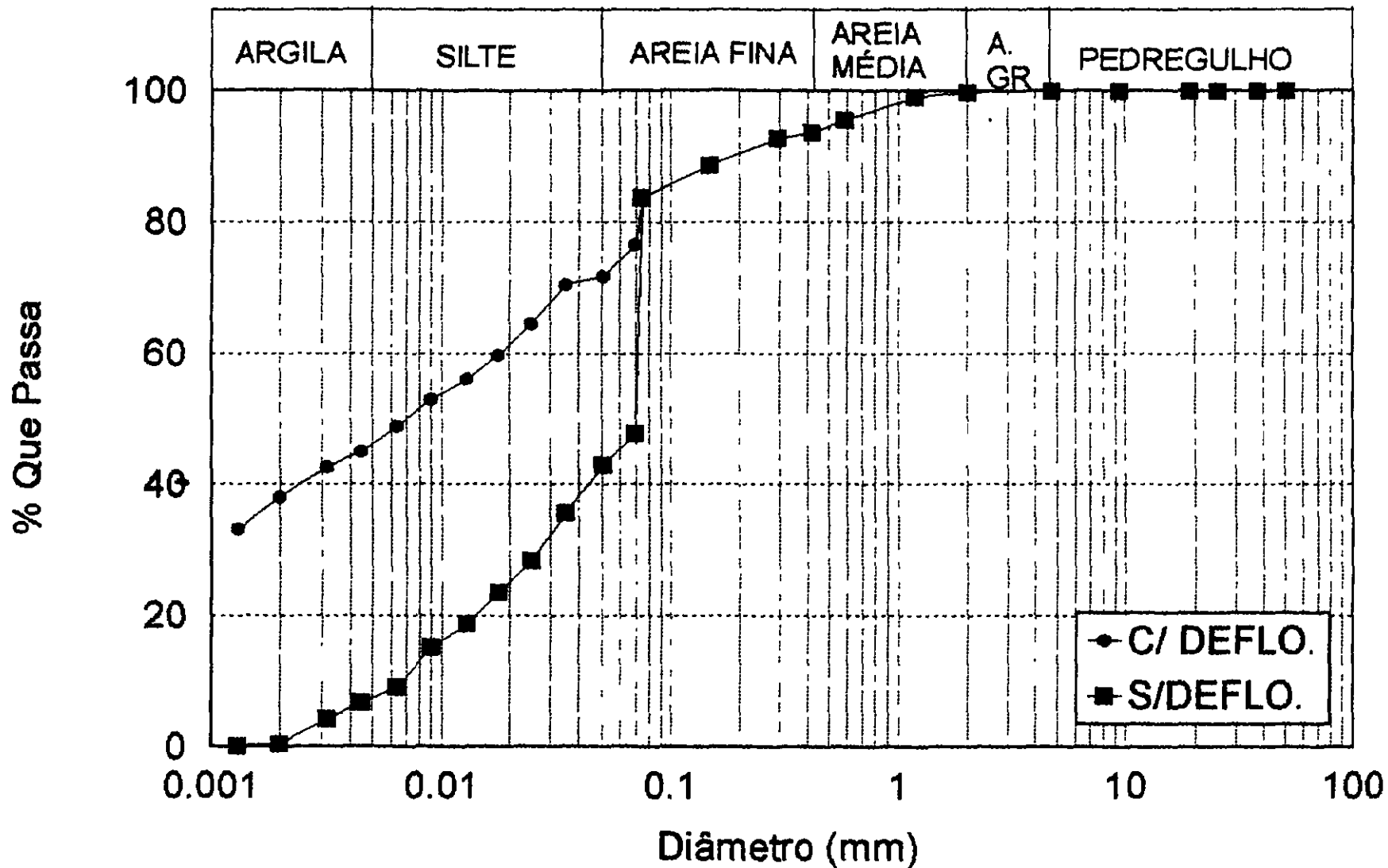
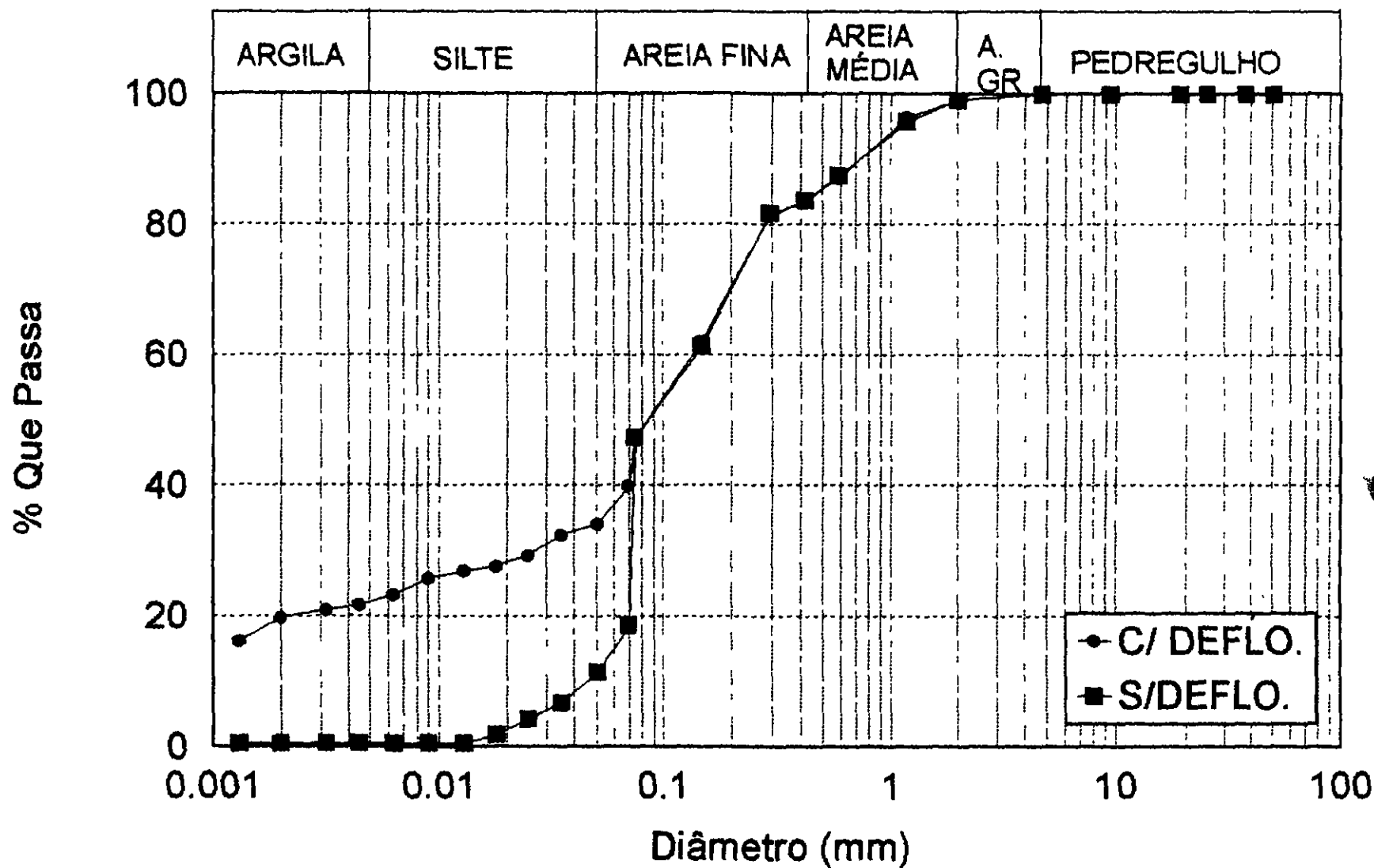


Fig. 6-Ensaio de Granulometria  
 Açude Ubaldinho - CE/Amostra 11- Est.04



---

**ANEXO C**

**INVESTIGAÇÃO E ENSAIOS DAS ÁREAS  
DE EMPRÉSTIMOS**

**JAZIDA J-1**

**SONDAGENS**

**PÁ E PICARETA E**

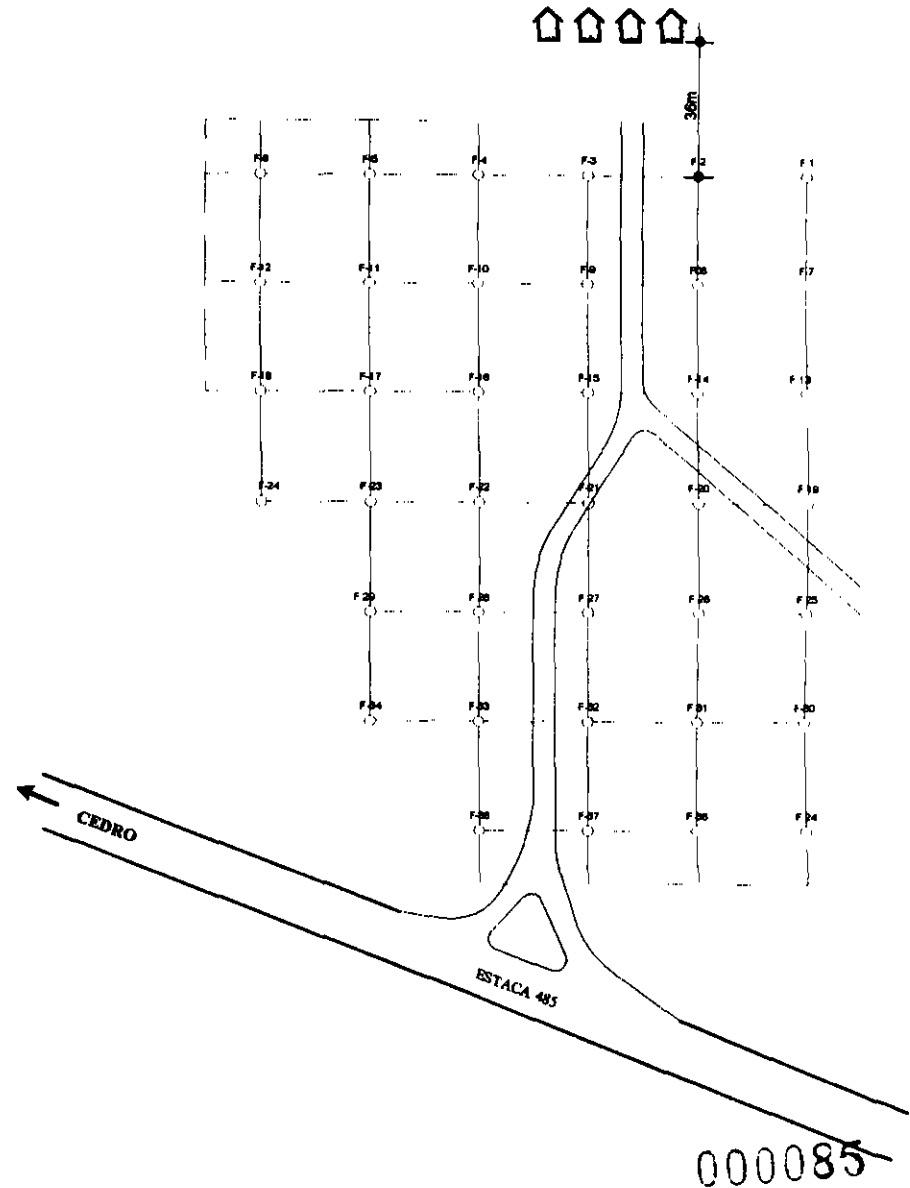
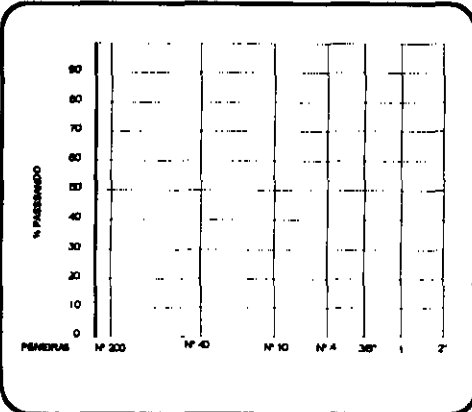
**PERCUSSÃO**

# INDICAÇÕES GERAIS

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| LOCALIZAÇÃO                | EST 485                |
| UTILIZAÇÃO                 | AÇUDE                  |
| ÁREA UTILIZÁVEL            | 122 400 m <sup>2</sup> |
| EXPURGO MÉDIO              |                        |
| ESPESSURA MÉDIA UTILIZÁVEL | 1 29 m                 |
| VOLUME TEÓRICO             | 157 898 m <sup>3</sup> |
| VOLUME UTILIZÁVEL 90%      | 157 898 m <sup>3</sup> |
| PROPRIETÁRIO DO TERRENO    |                        |
| ENDEREÇO DO PROPRIETÁRIO   |                        |
| BENFEITORIAS EXISTENTES    |                        |
| TIPO DE VEGETAÇÃO          |                        |

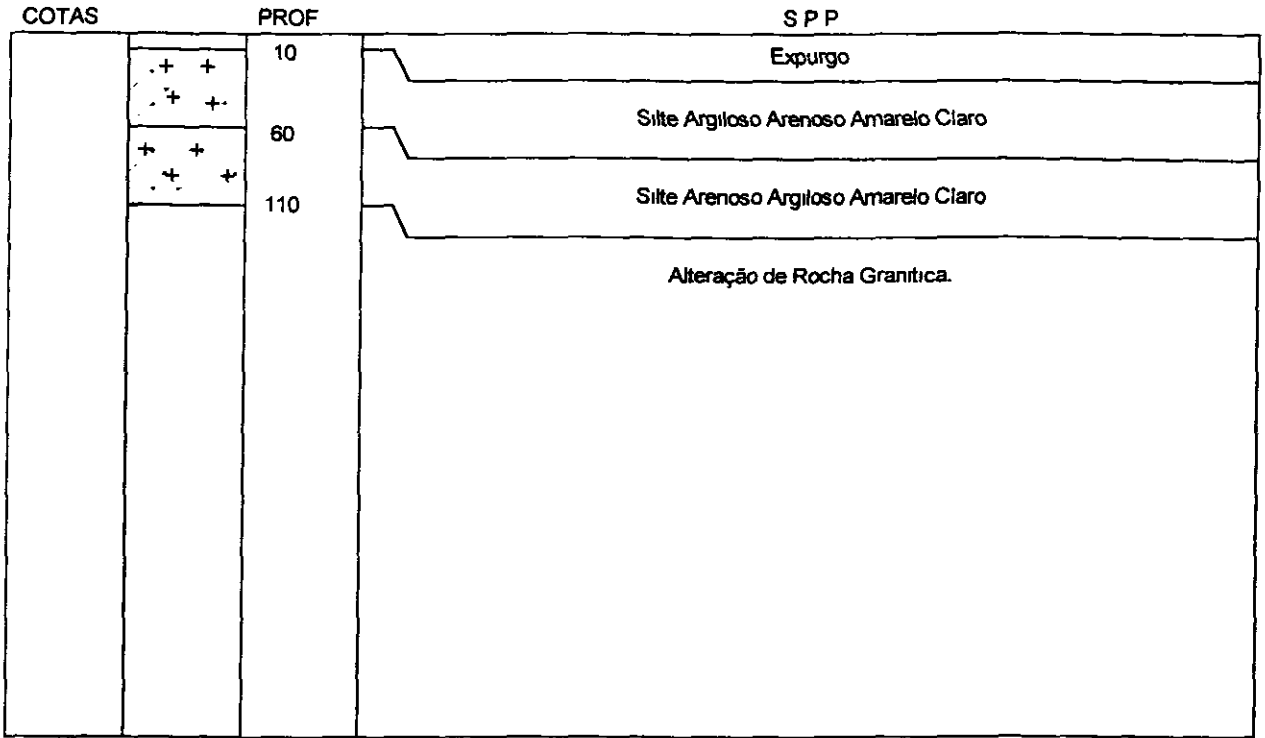
## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

| ENSAIOS                             |        | SOLO NATURAL | ENSAIOS         |                      | SOLO NATURAL |
|-------------------------------------|--------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|
| GRANULOMETRIA<br>PENETR. N° ASSAISO | 2"     |              | AASHC<br>GOLPES | DENSIDADE MÁXIMA     |              |
|                                     | 1"     |              |                 | UMIDADE ÓTIMA        |              |
|                                     | 3/8"   |              |                 | C B R                |              |
|                                     | N° 4   |              | AASHC<br>GOLPES | EXPANSÃO             |              |
|                                     | N° 10  |              |                 | SENSIBILIDADE MÁXIMA |              |
|                                     | N° 40  |              |                 | UMIDADE ÓTIMA        |              |
|                                     | N° 200 |              |                 | C B R                |              |
| FAIXA AASHO                         |        |              | EXPANSÃO        |                      |              |
| LL                                  |        |              |                 |                      |              |
| IP                                  |        |              |                 |                      |              |
| LOS ANGELES                         |        |              |                 |                      |              |
| EA                                  |        |              |                 |                      |              |
| EXPANSIBILIDADE                     |        |              |                 |                      |              |
| CLASSIFICAÇÃO HRB                   |        |              |                 |                      |              |
| ÍNDICE DE GRUPO                     |        |              |                 |                      |              |
| DENS. IN SITU                       |        |              |                 |                      |              |
| UMID. NATURAL                       |        |              |                 |                      |              |

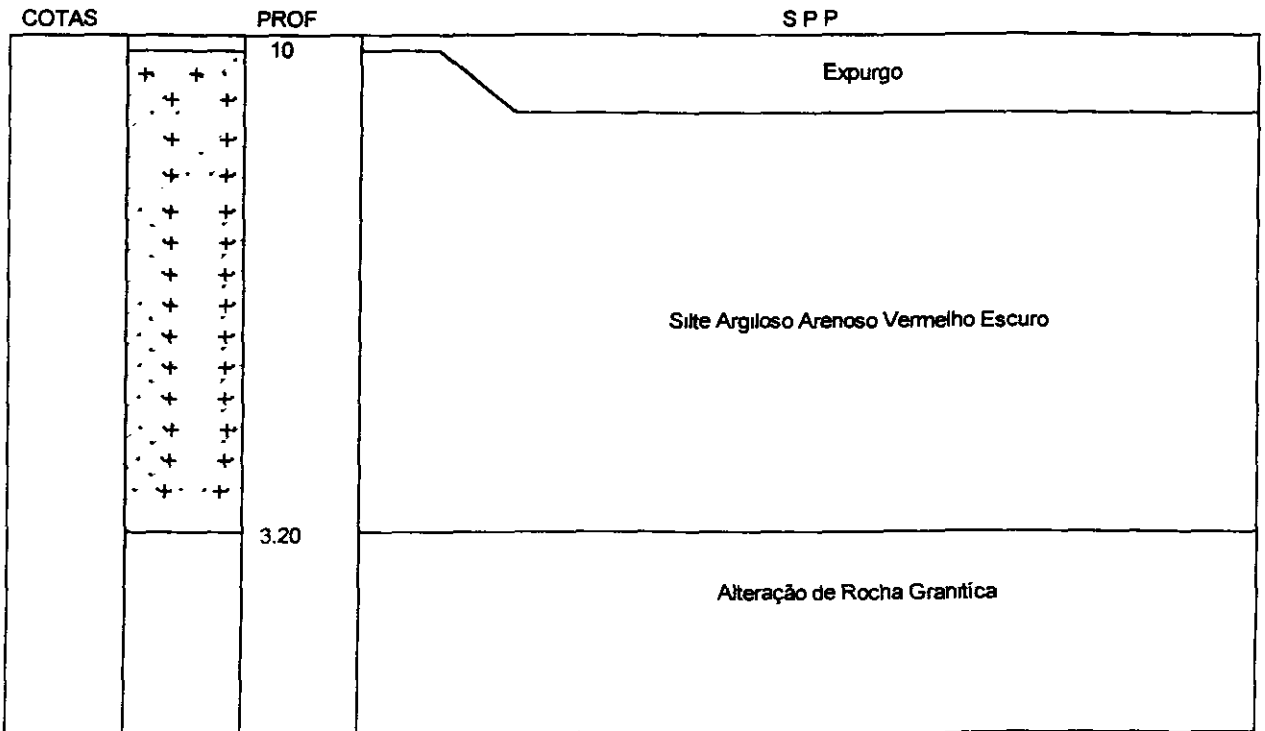


|           |    |     |                        |  |                                 |  |         |
|-----------|----|-----|------------------------|--|---------------------------------|--|---------|
| DERT - CE |    |     | ELABORADO POR<br>ASTEP |  | AÇUDE PÚBLICO<br>DE<br>UBALDINI |  | CÓDIGO  |
| Reg       | N° | Loc |                        |  |                                 |  | DATA    |
|           |    |     |                        |  |                                 |  | CS<br>W |

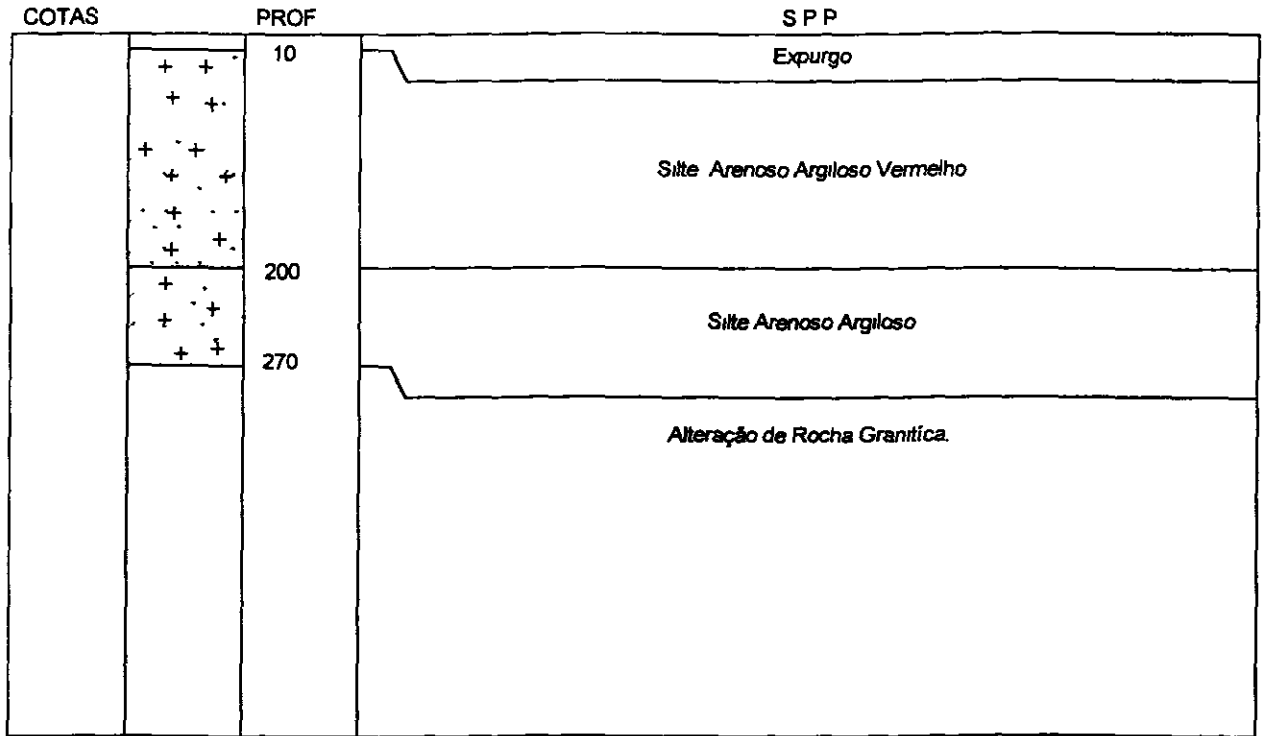
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 01 | J - 01          |



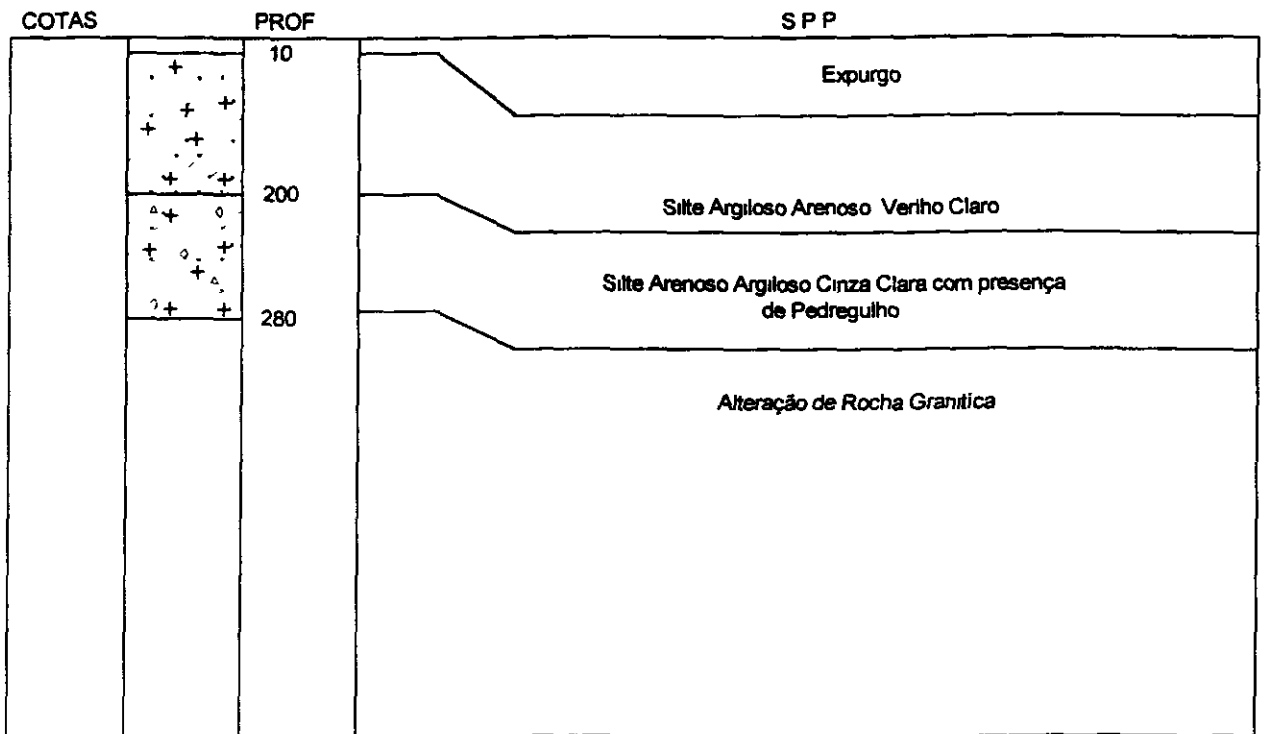
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 03 | J - 01          |



|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 05 | J - 01          |

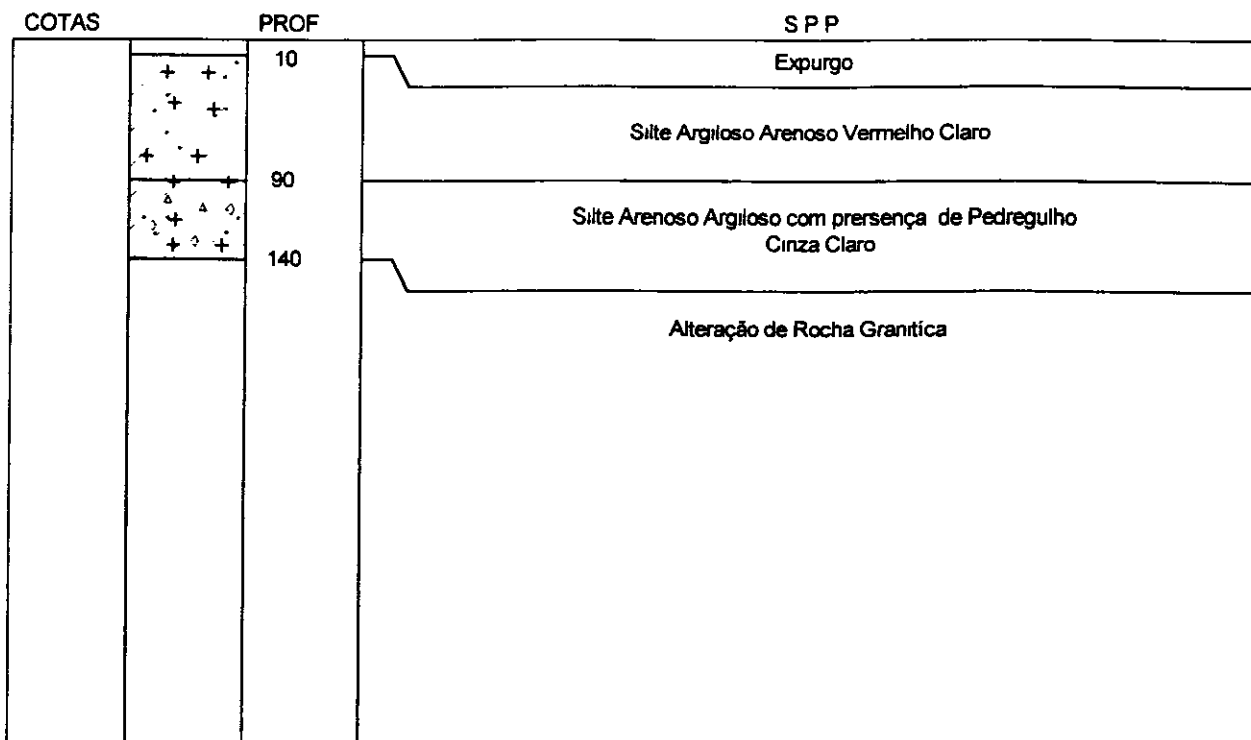


|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 08 | J - 01          |

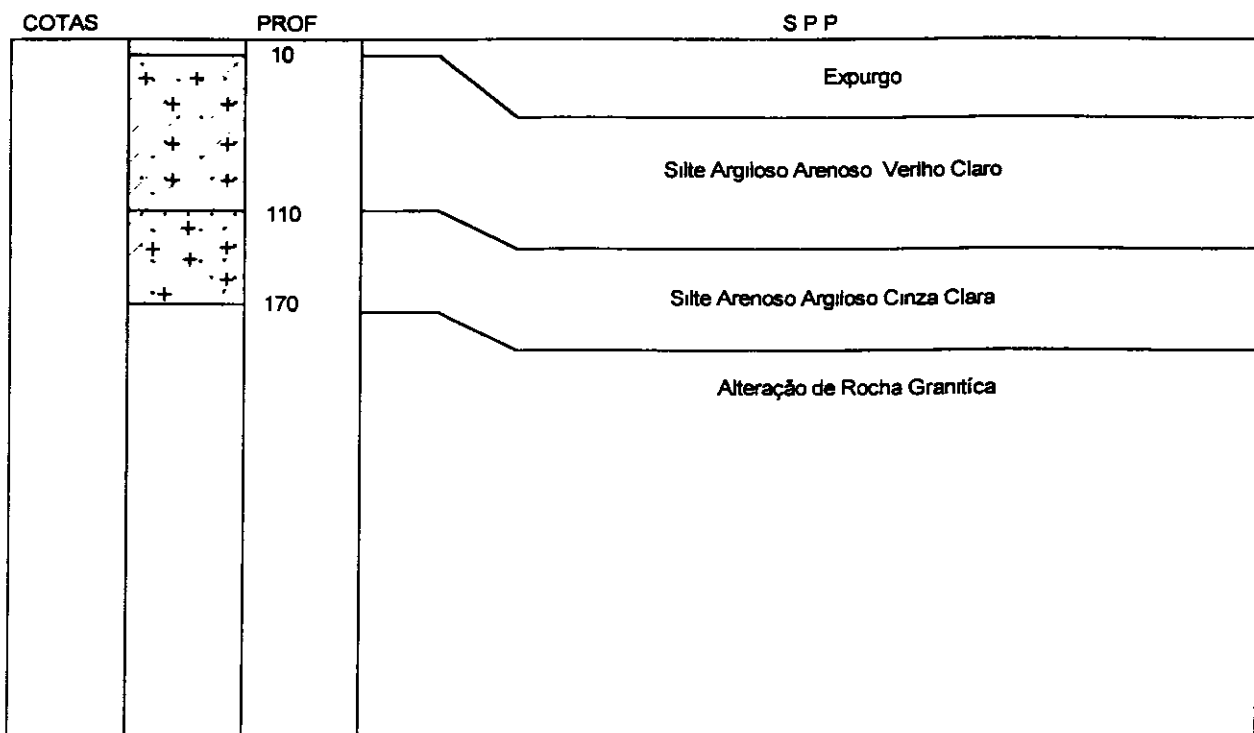


000087

|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 10 | J - 01          |

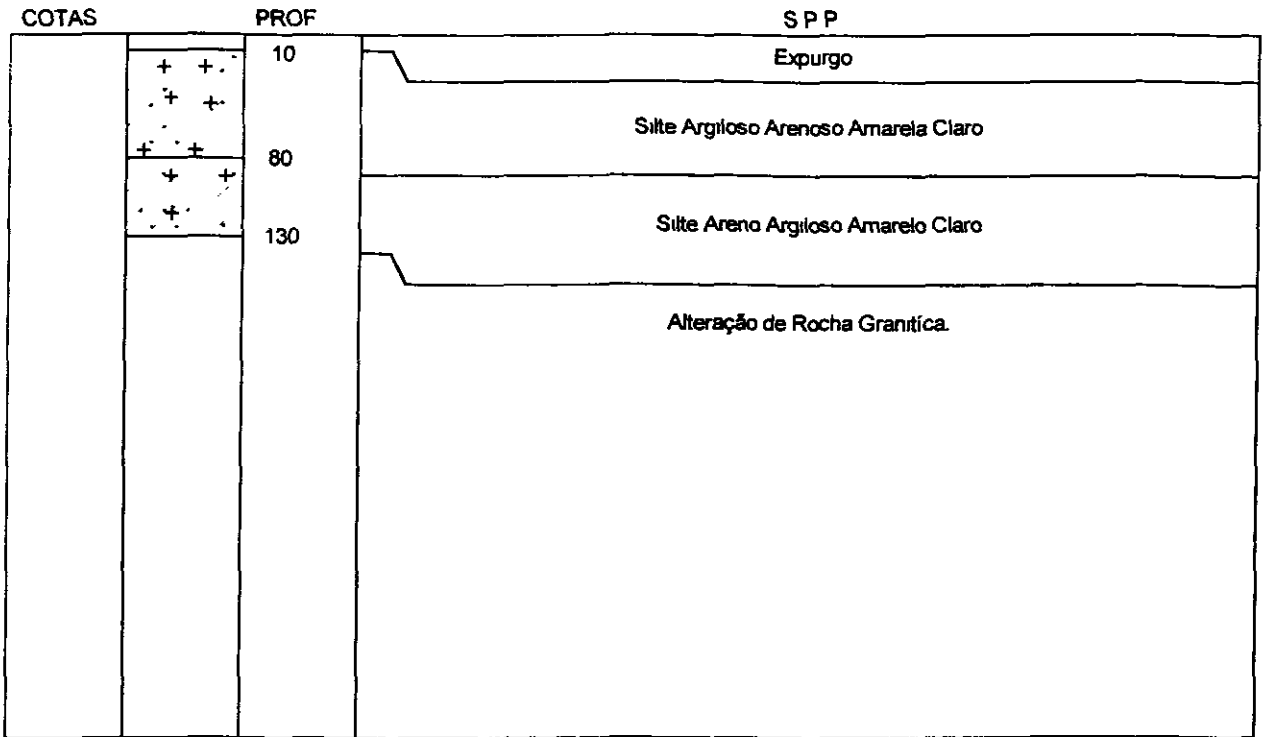


|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 12 | J - 01          |

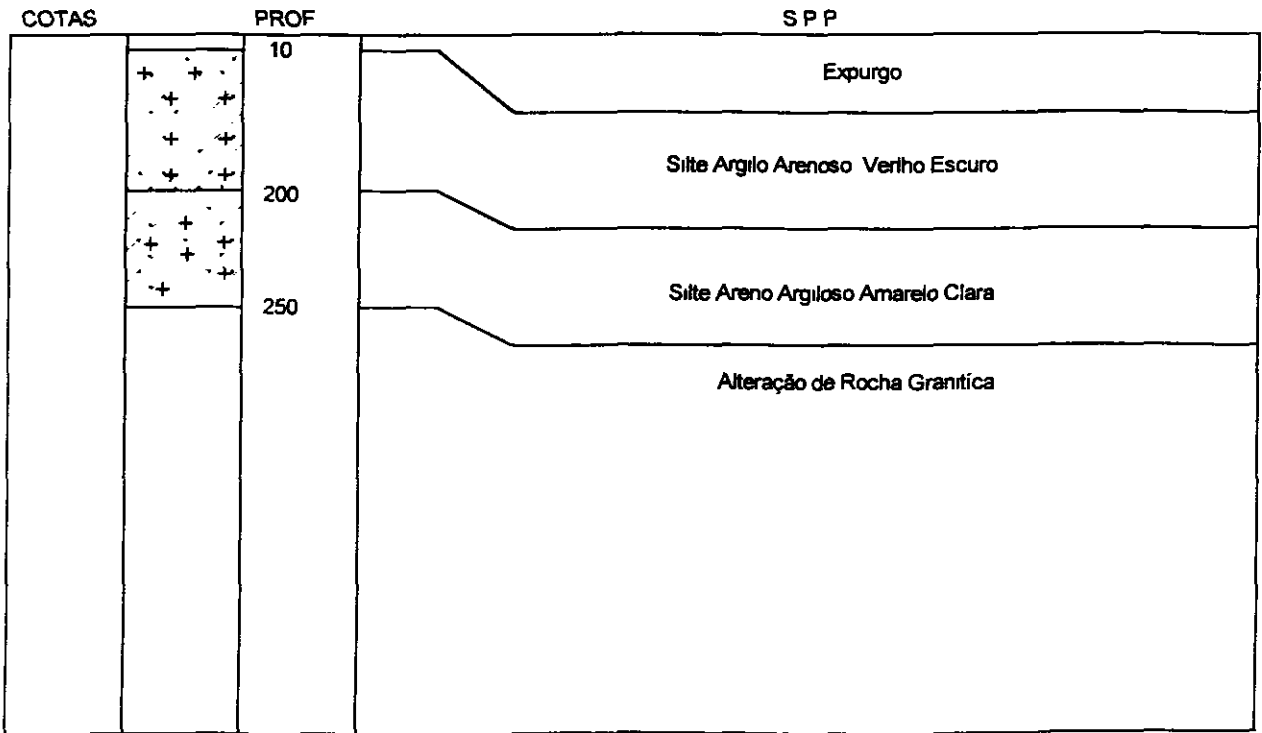




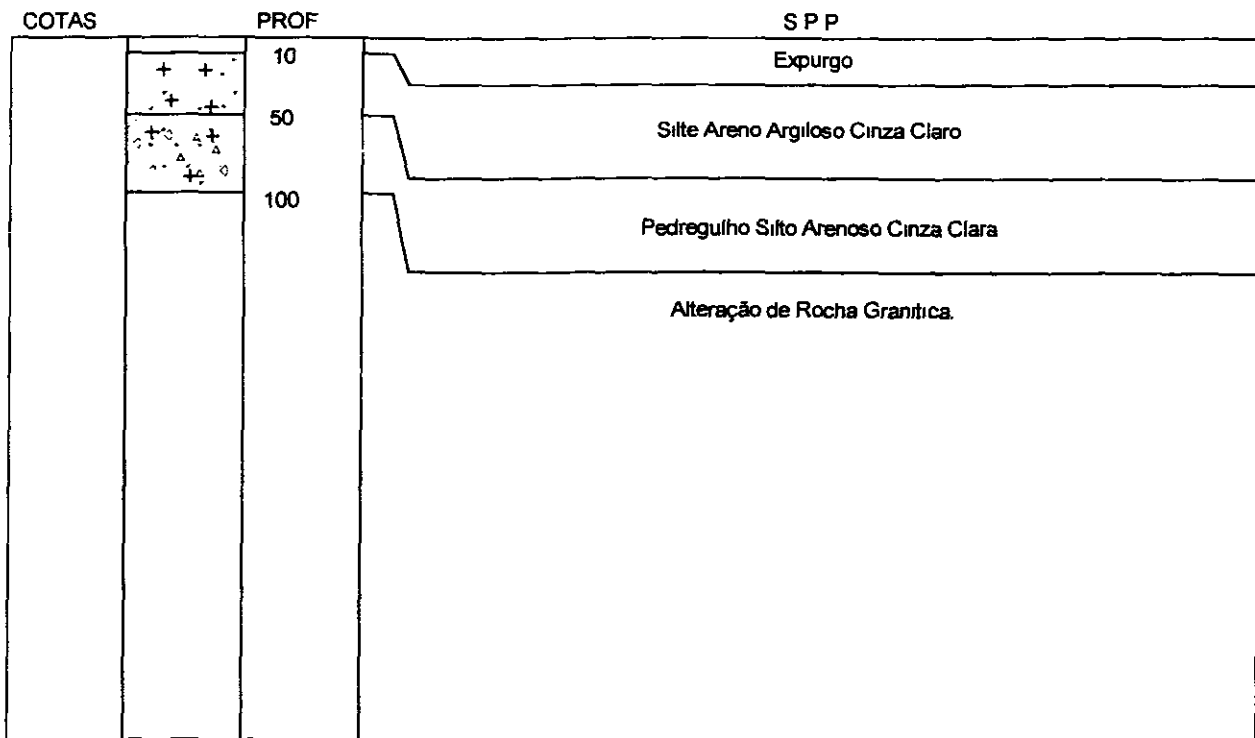
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 13 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



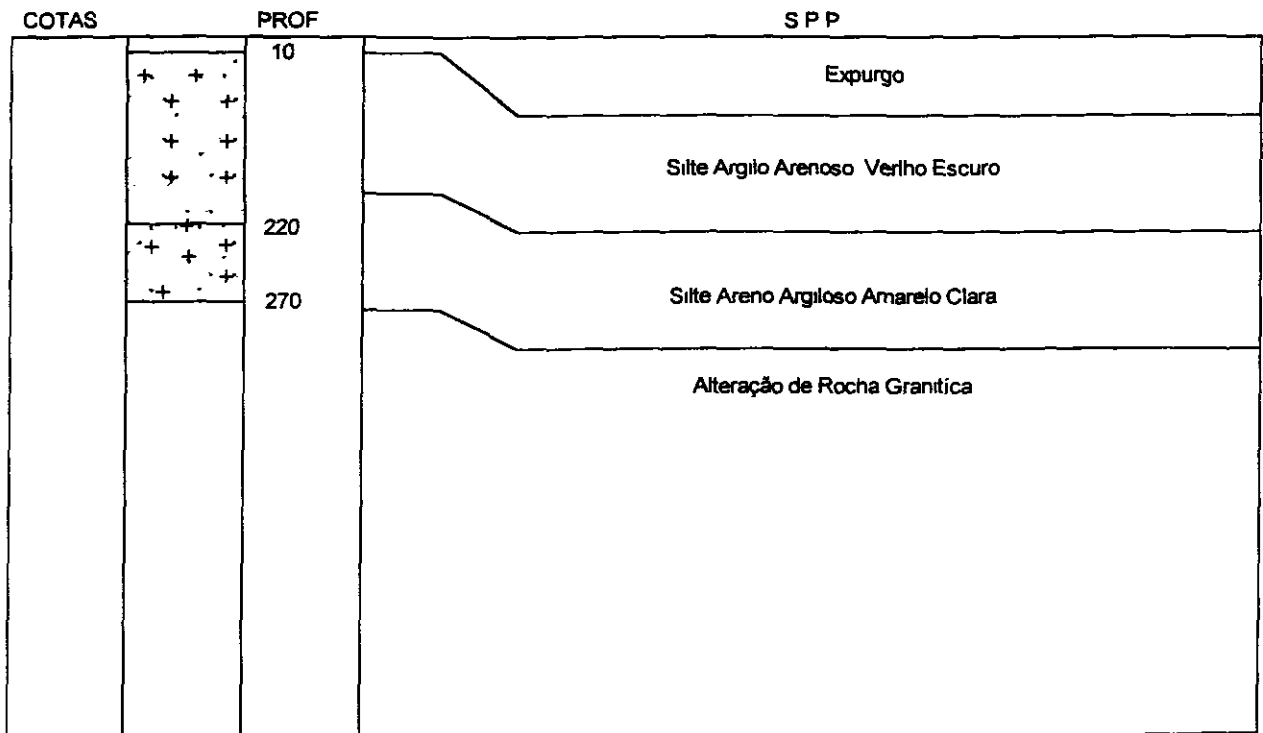
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 15 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



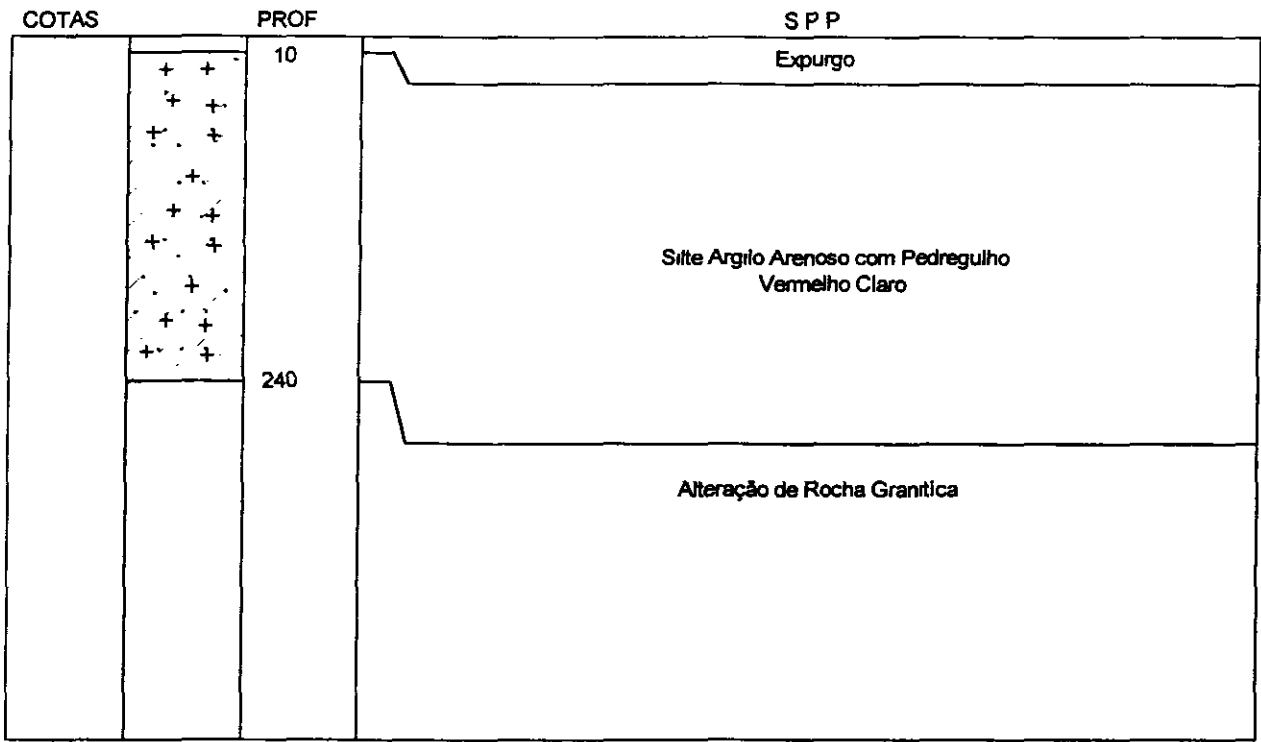
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 17 | J - 01          |



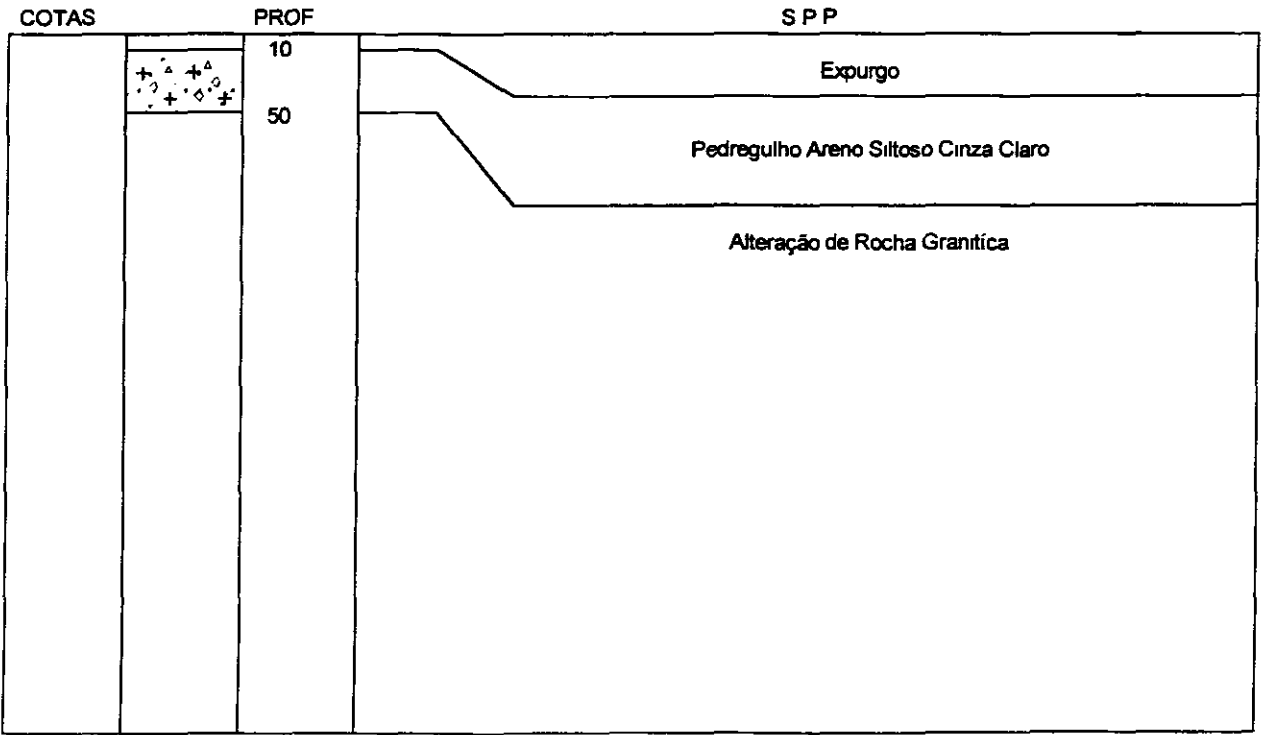
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 20 | J - 01          |



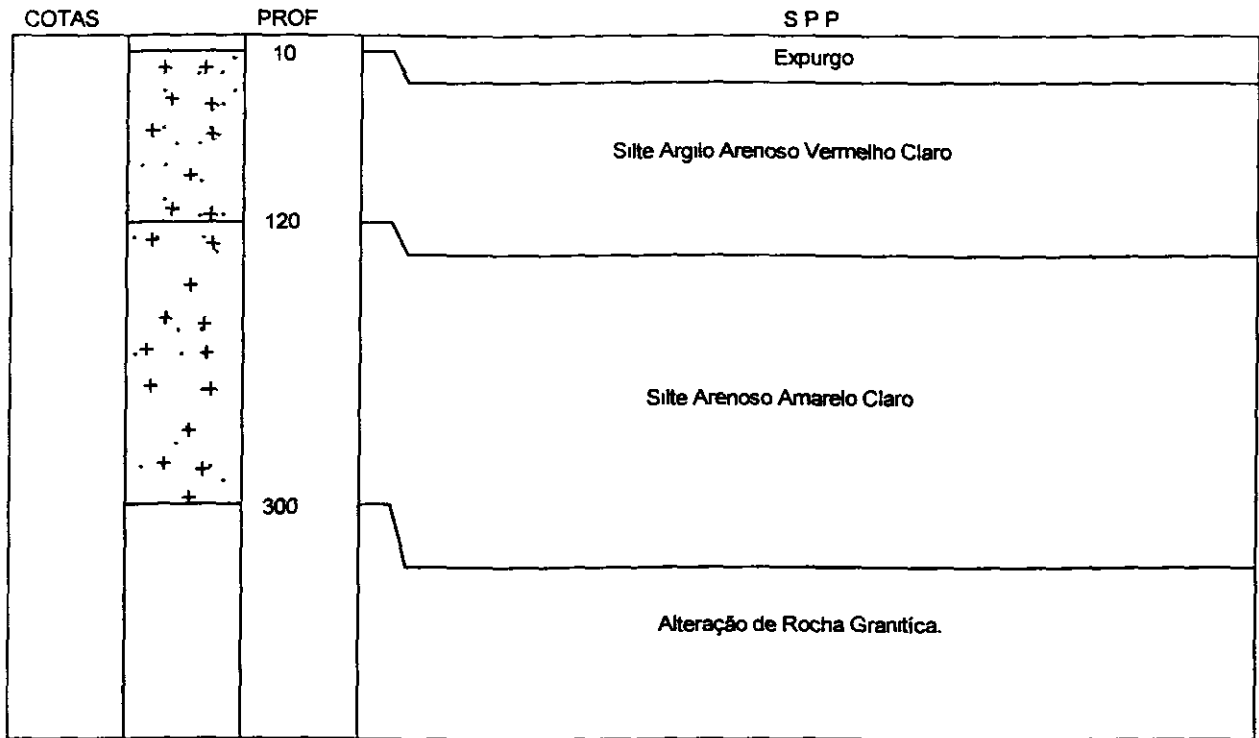
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 22 | J - 01          |



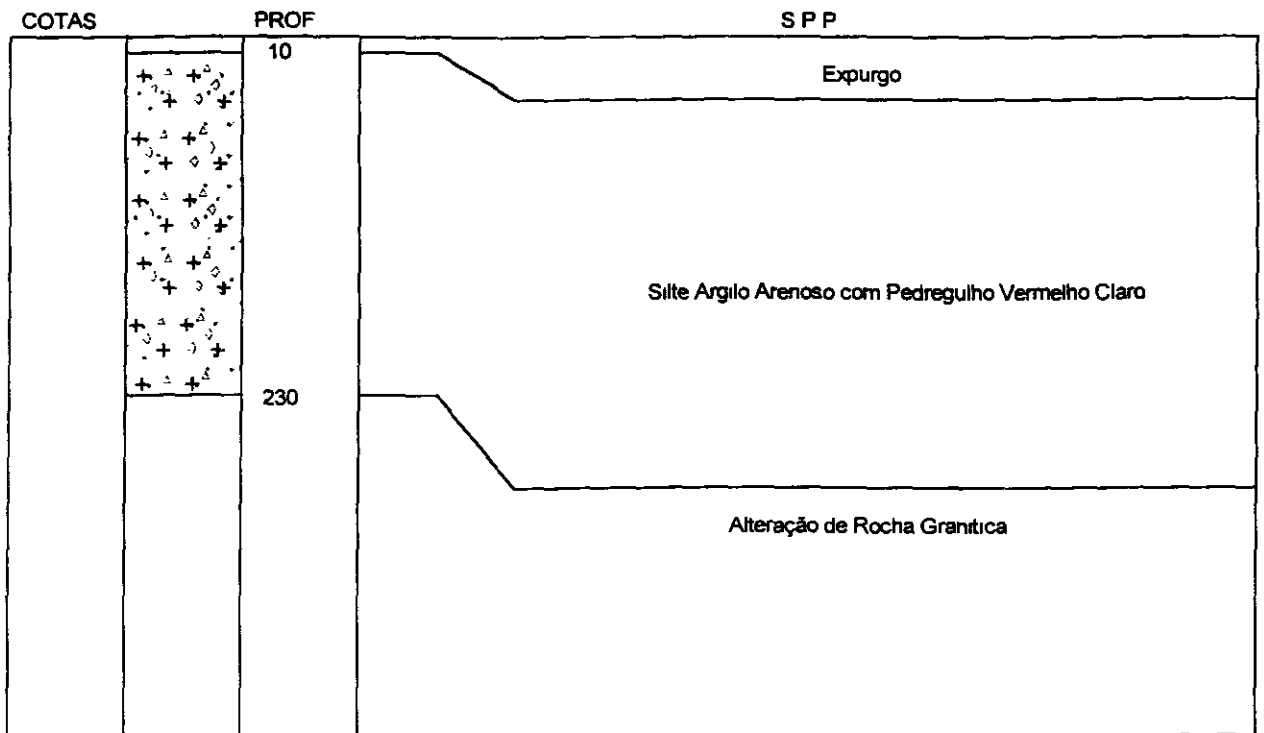
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 24 | J - 01          |



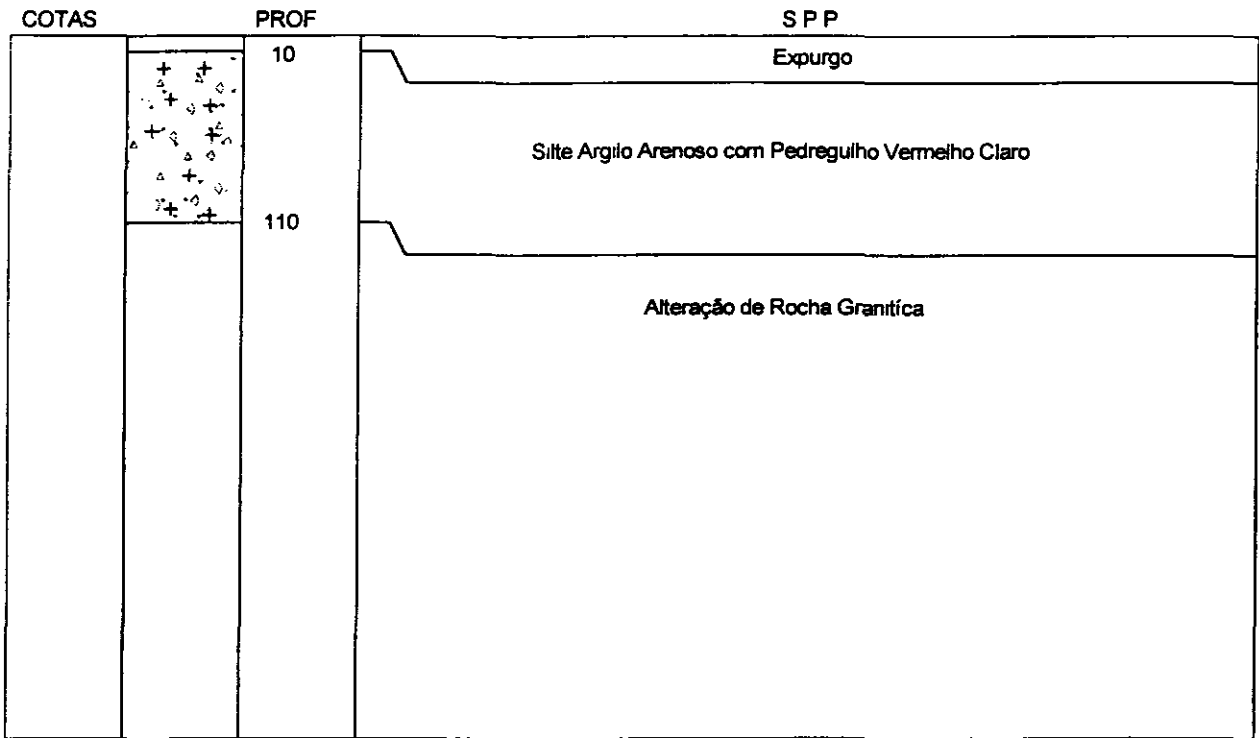
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 25 | J - 01          |



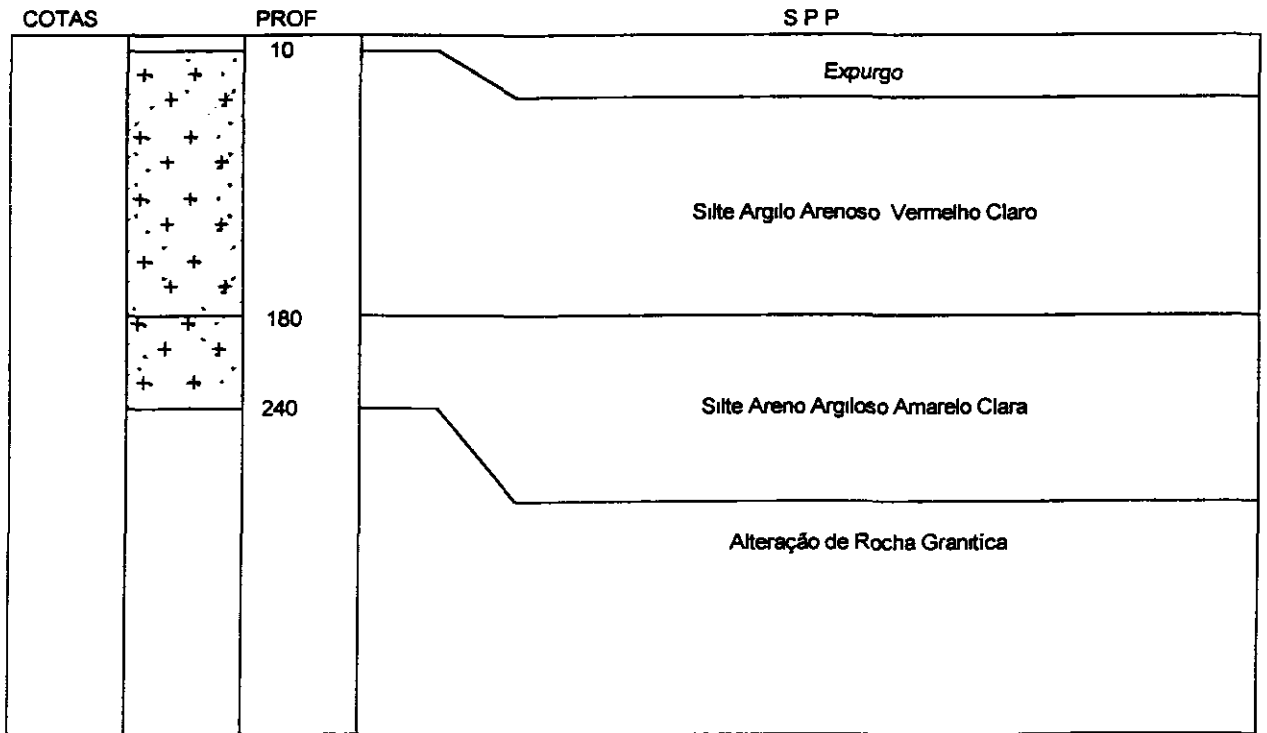
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 27 | J - 01          |



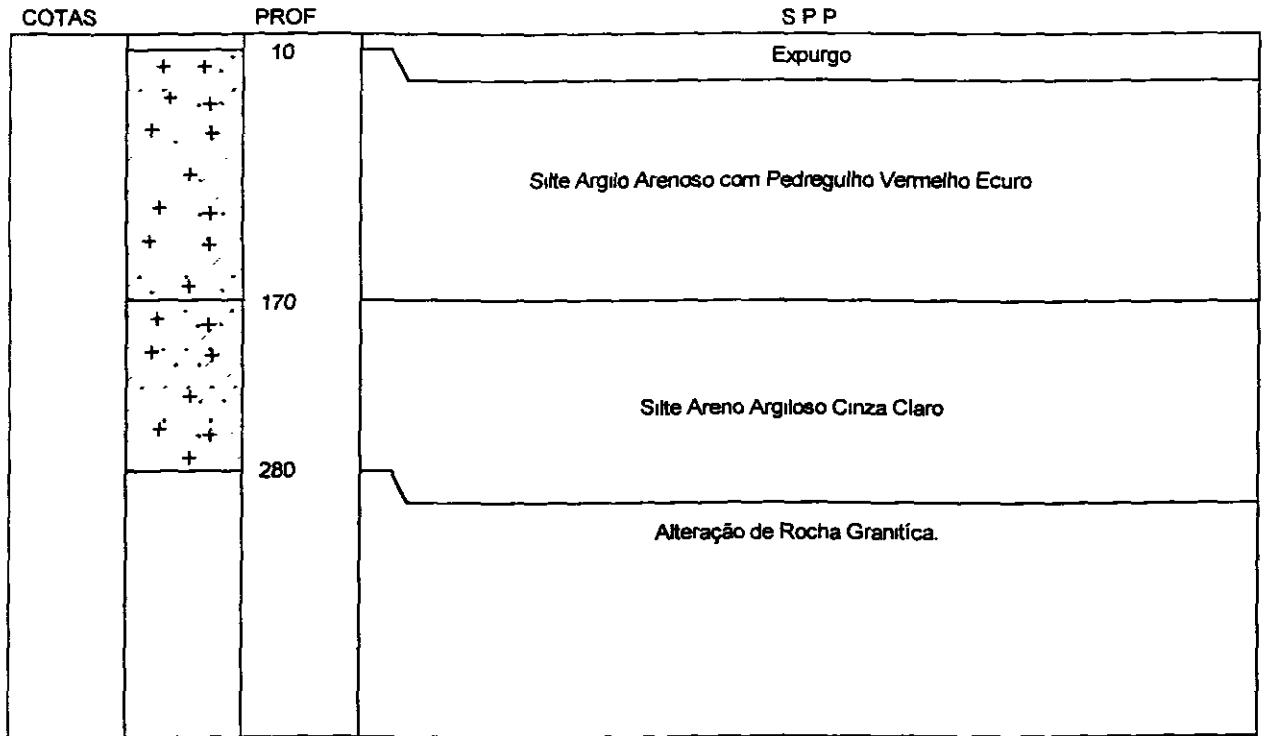
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 29 | J - 01          |



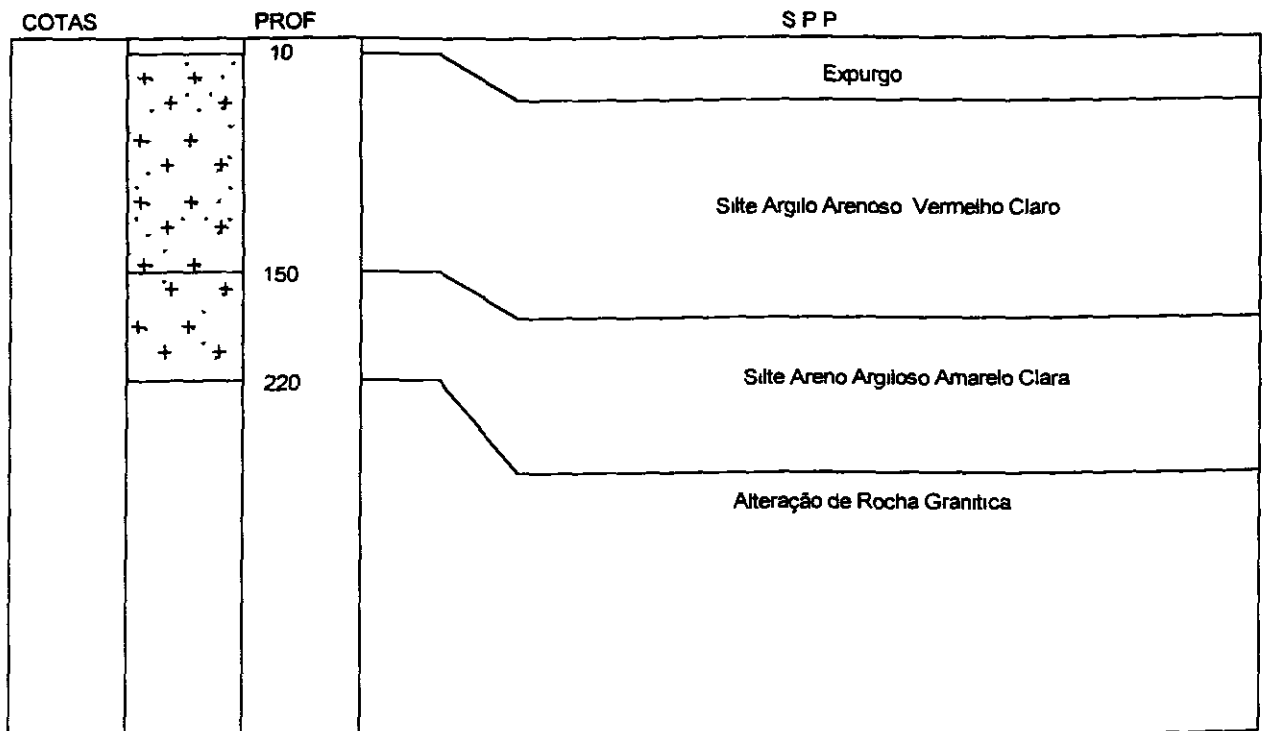
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 31 | J - 01          |



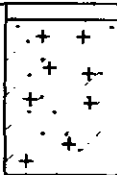
|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 33 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 35 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 37 | J - 01          |

| COTAS   | PROF | S P P                                  |
|---|------|--|
|  | 10   | Expurgo                                |
|   | 110  | Argila Siltó Pedregulhosa Cinza Escura |
|   |      | Alteração de Rocha Granítica           |

|      |        |                 |
|------|--------|-----------------|
| OBRA | ESTACA | COTA DO TERRENO |
|      |        |                 |

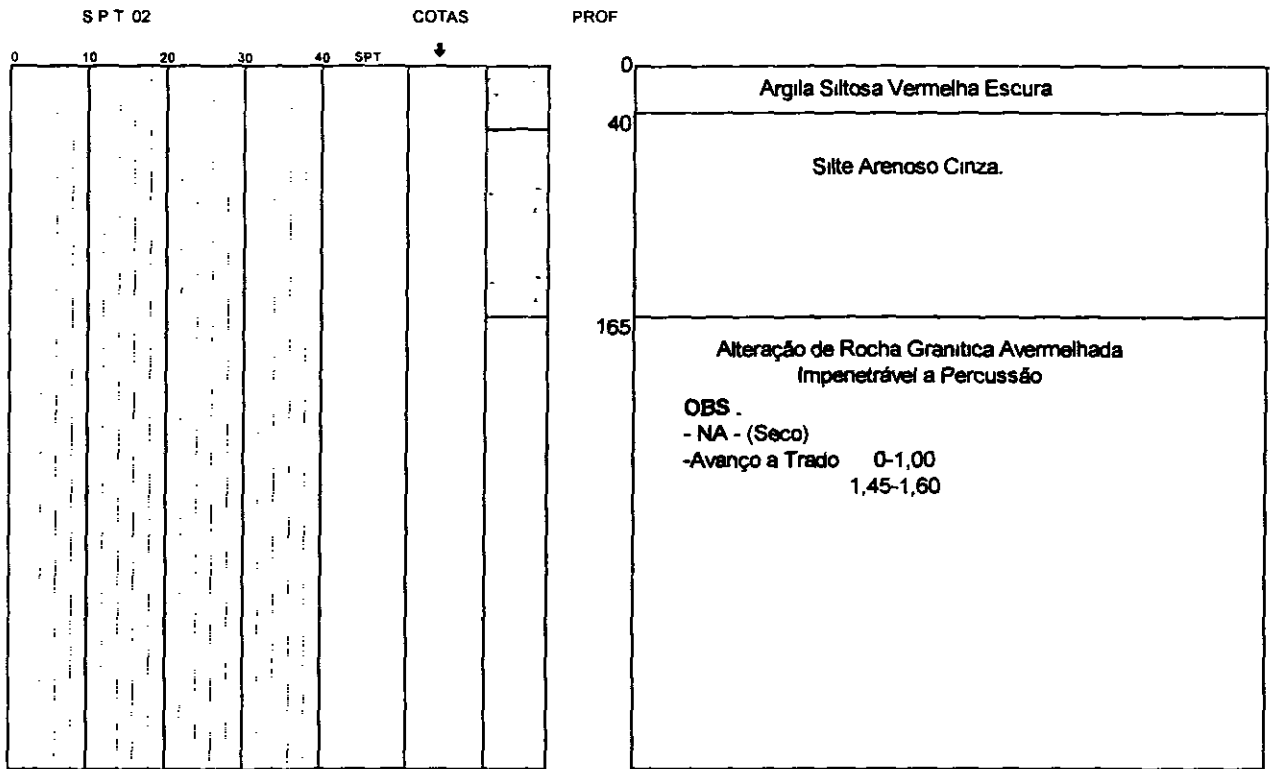
| COTAS | PROF | S P P |
|-------|------|-------|
|       |      |       |

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

04

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

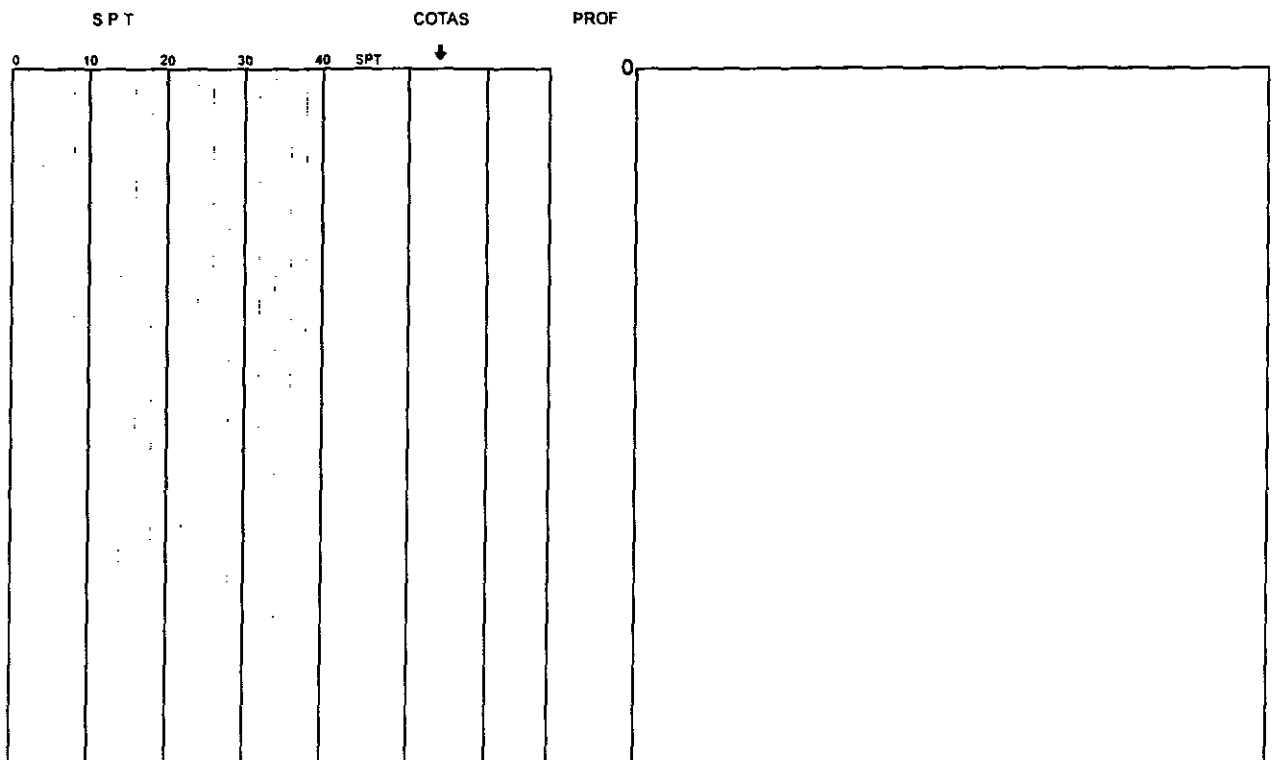
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 38</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|      |        |                 |
|------|--------|-----------------|
| OBRA | ESTACA | COTA DO TERRENO |
|------|--------|-----------------|



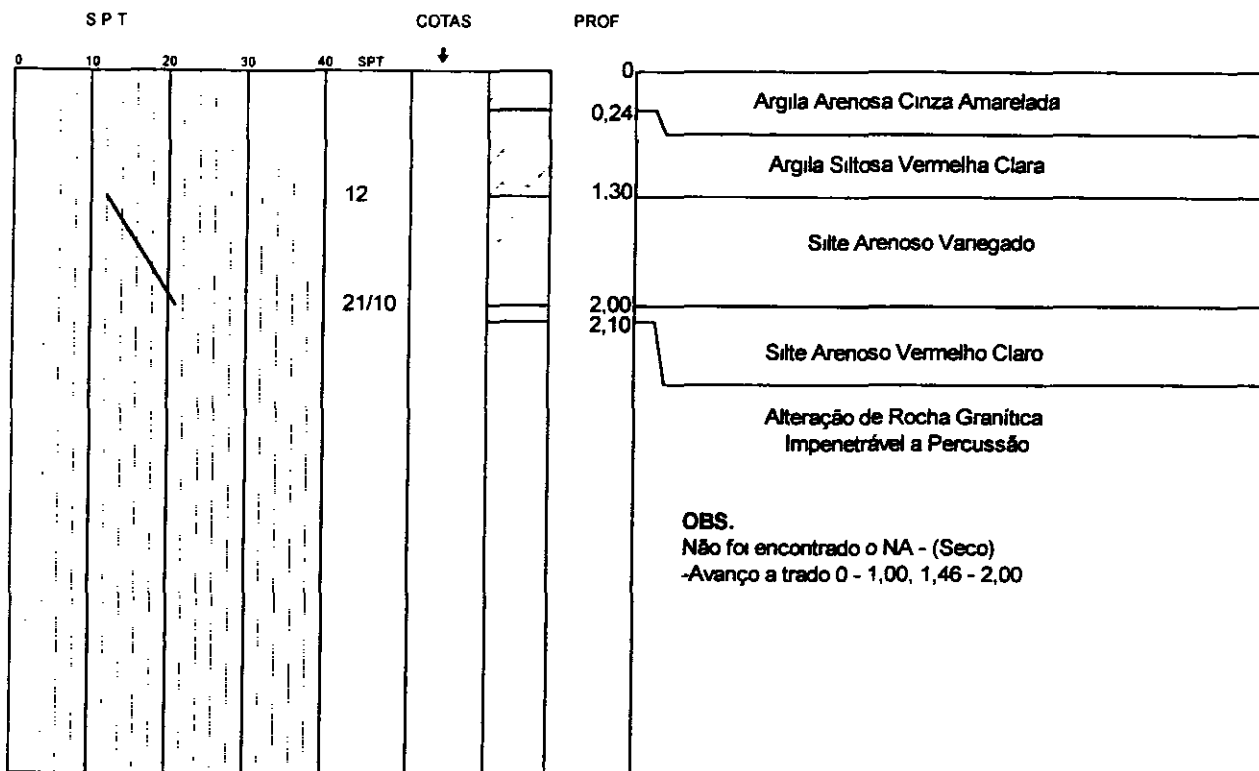
000096



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

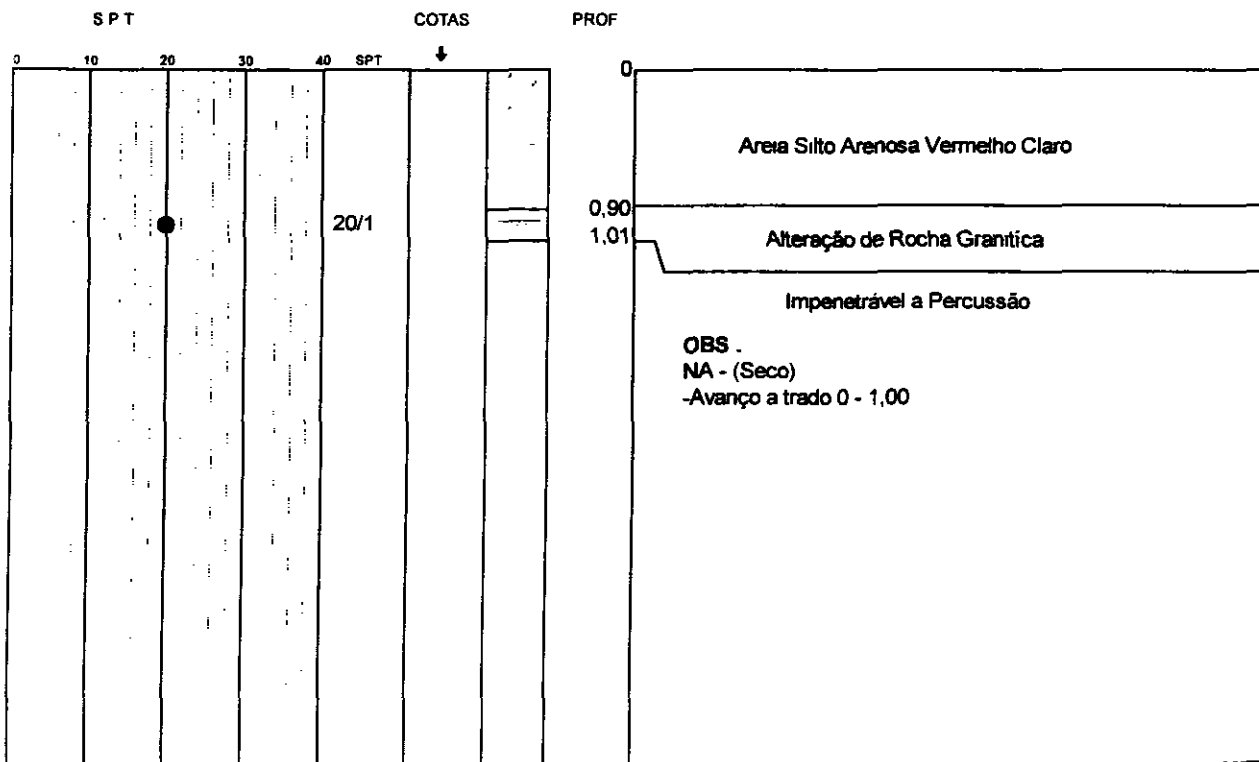
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 02</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 04</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|

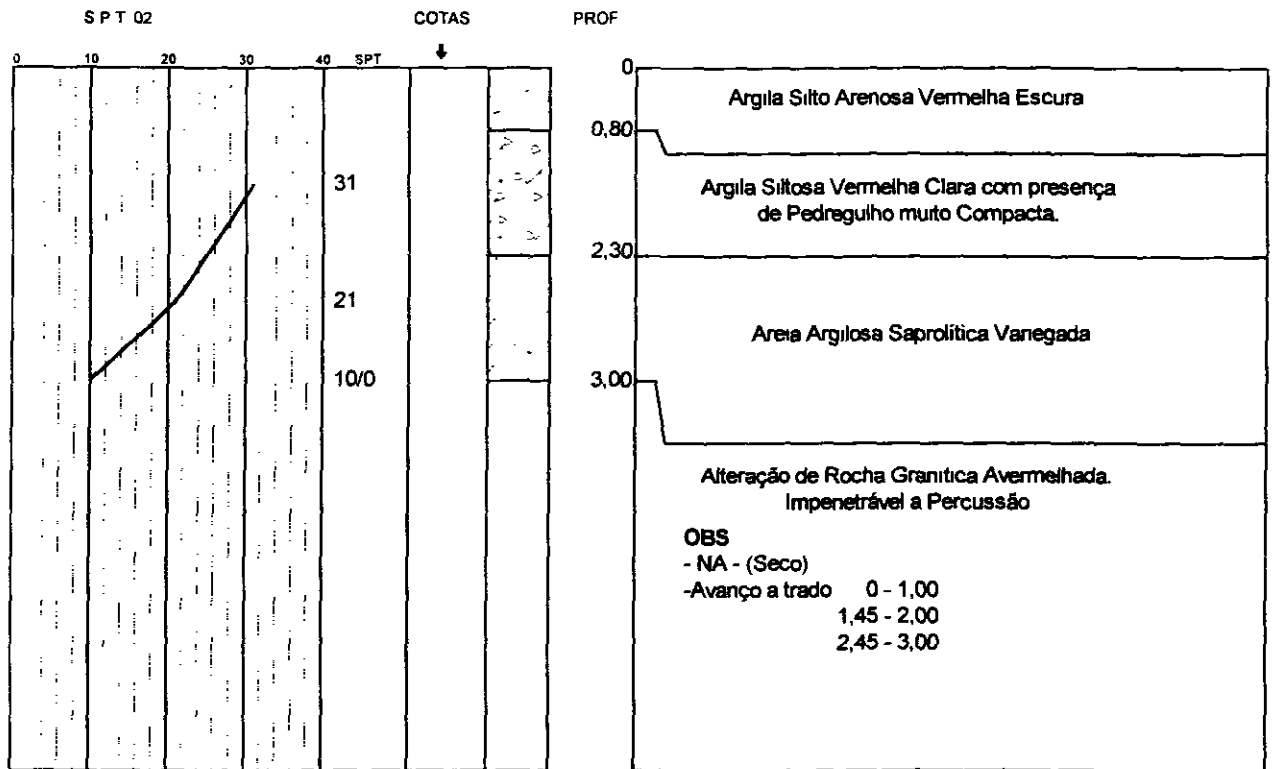


# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

08

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

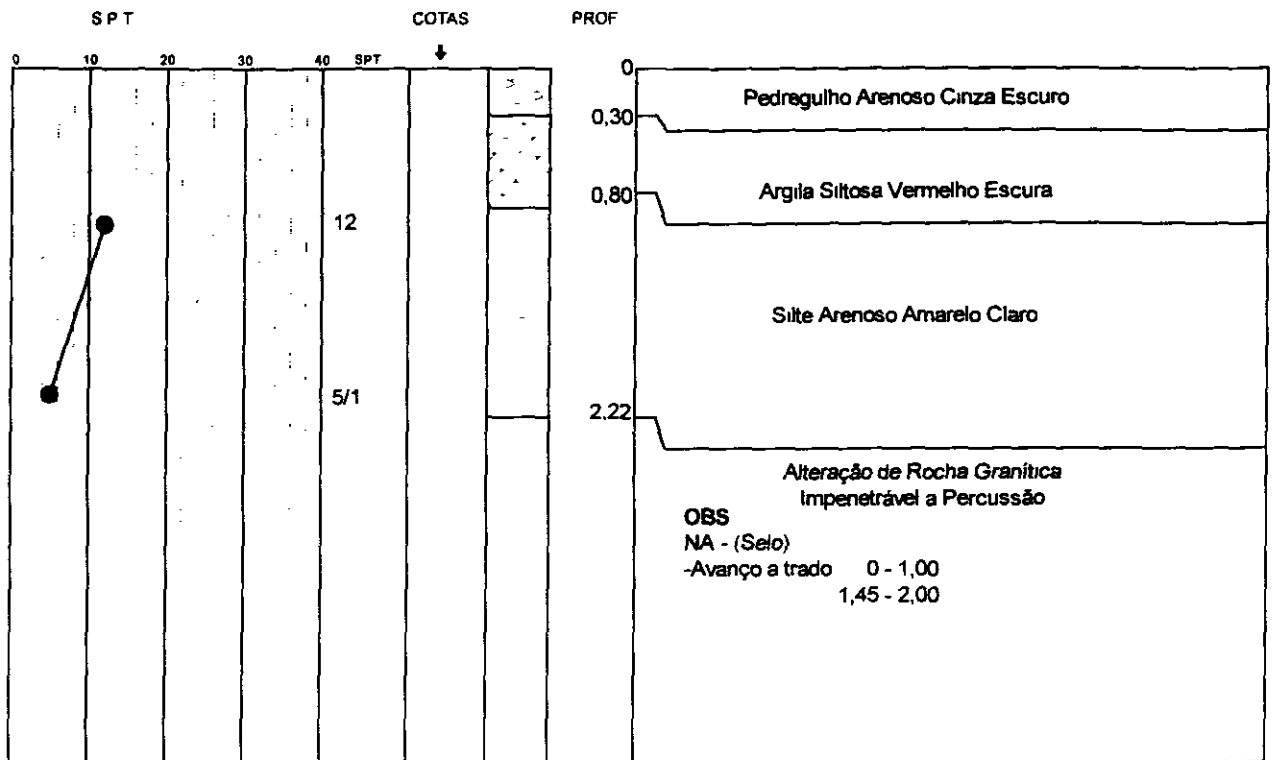
|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 06 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 07 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



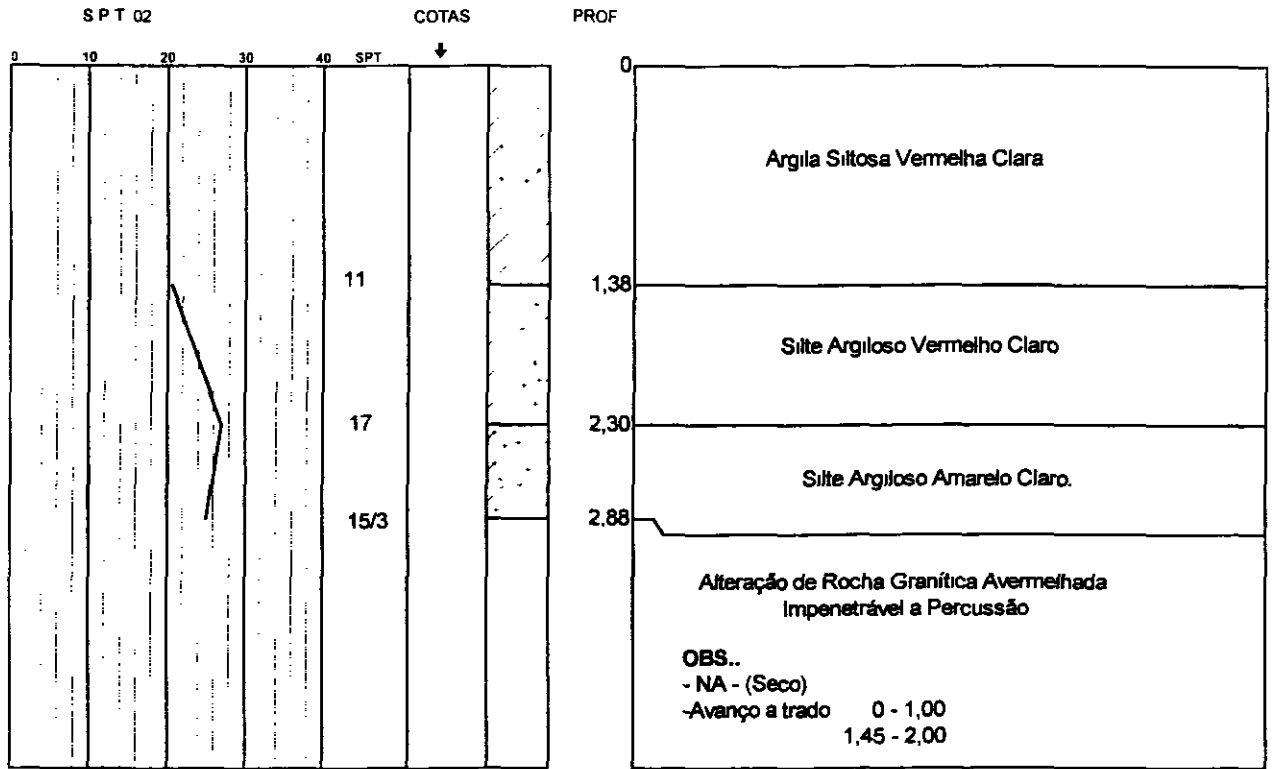
000098

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

07

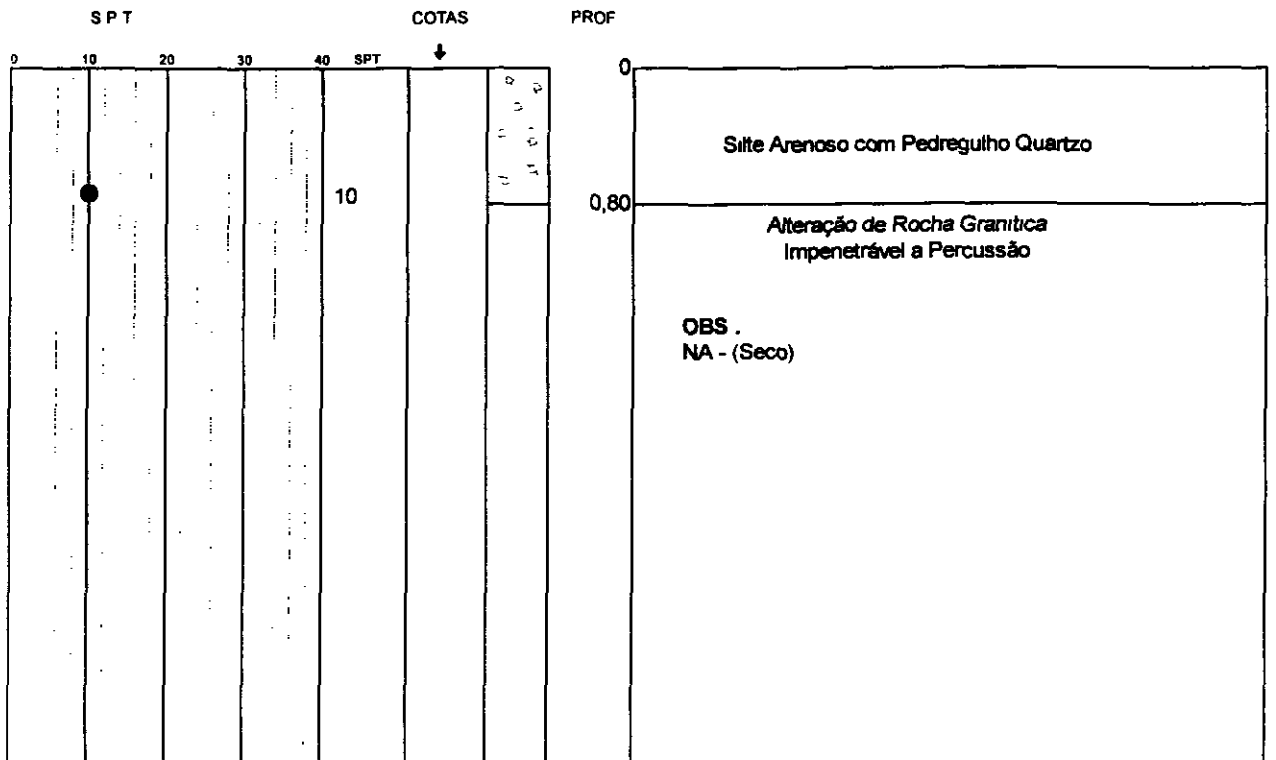
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 09</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 11</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



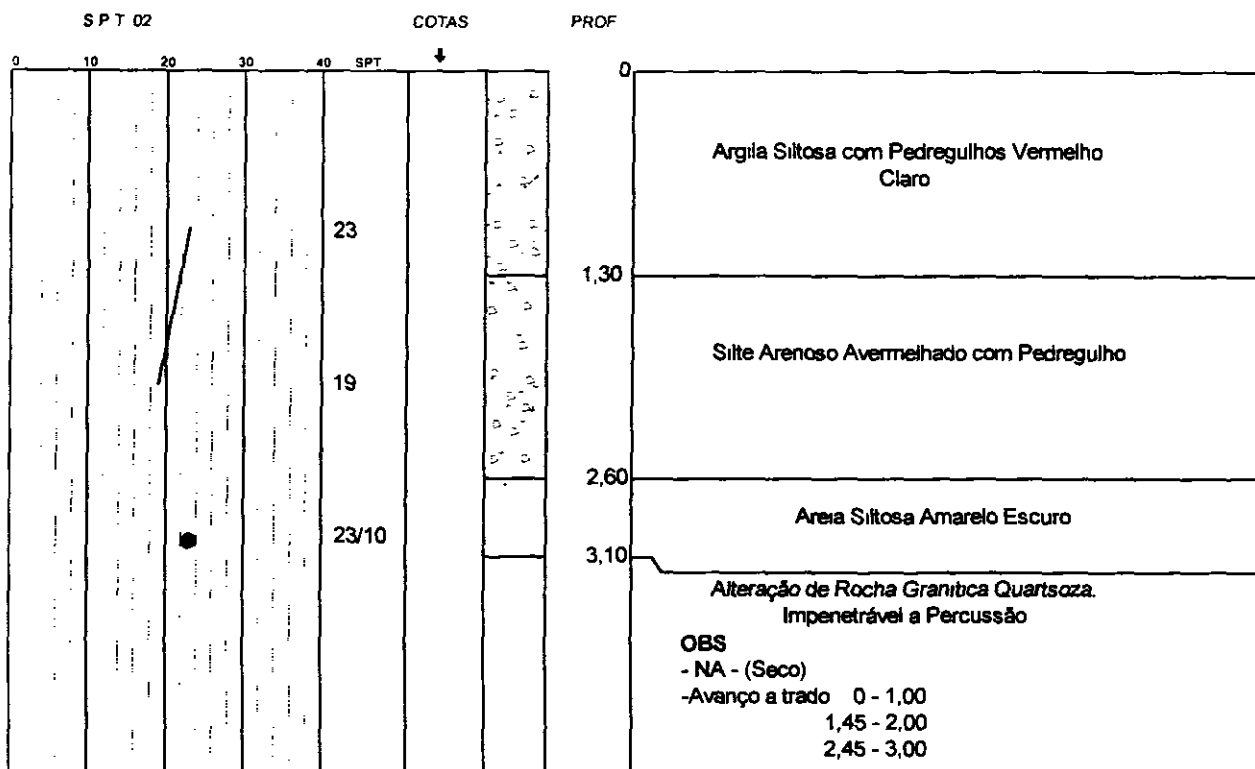
000099

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

00

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øt = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

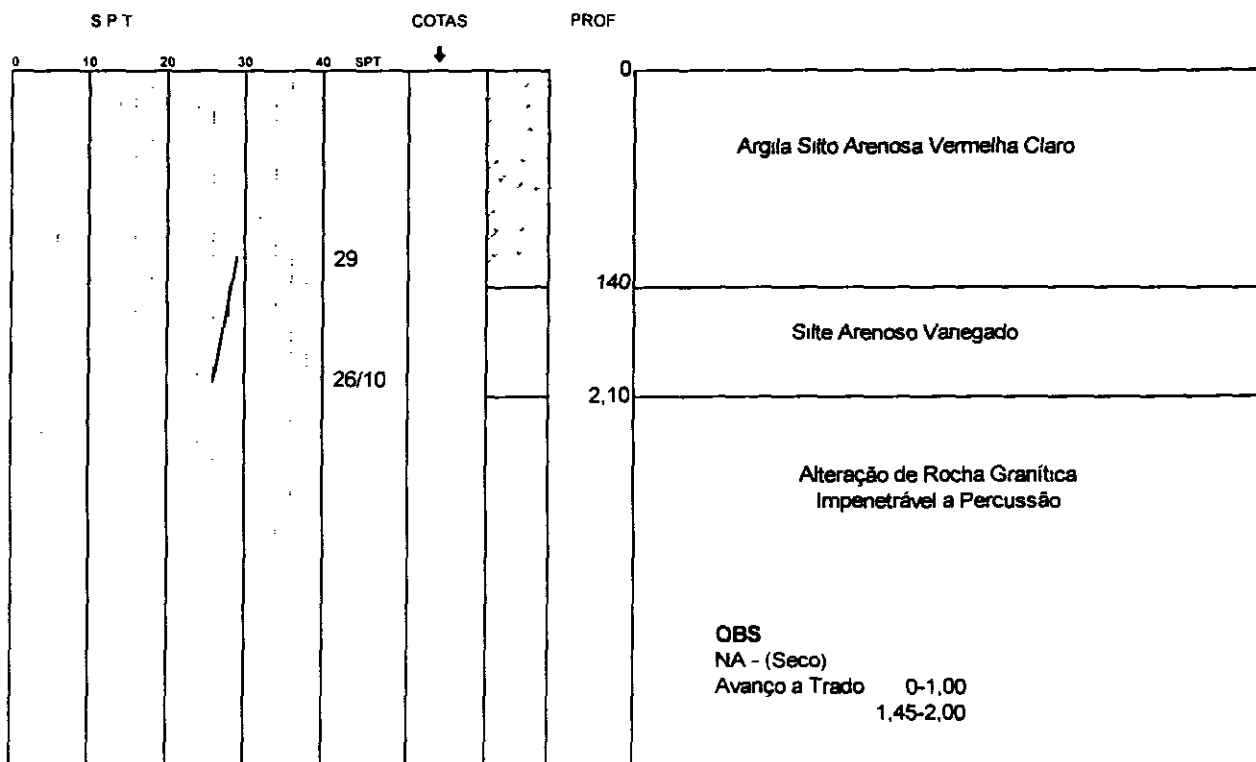
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 14</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øt = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 16</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



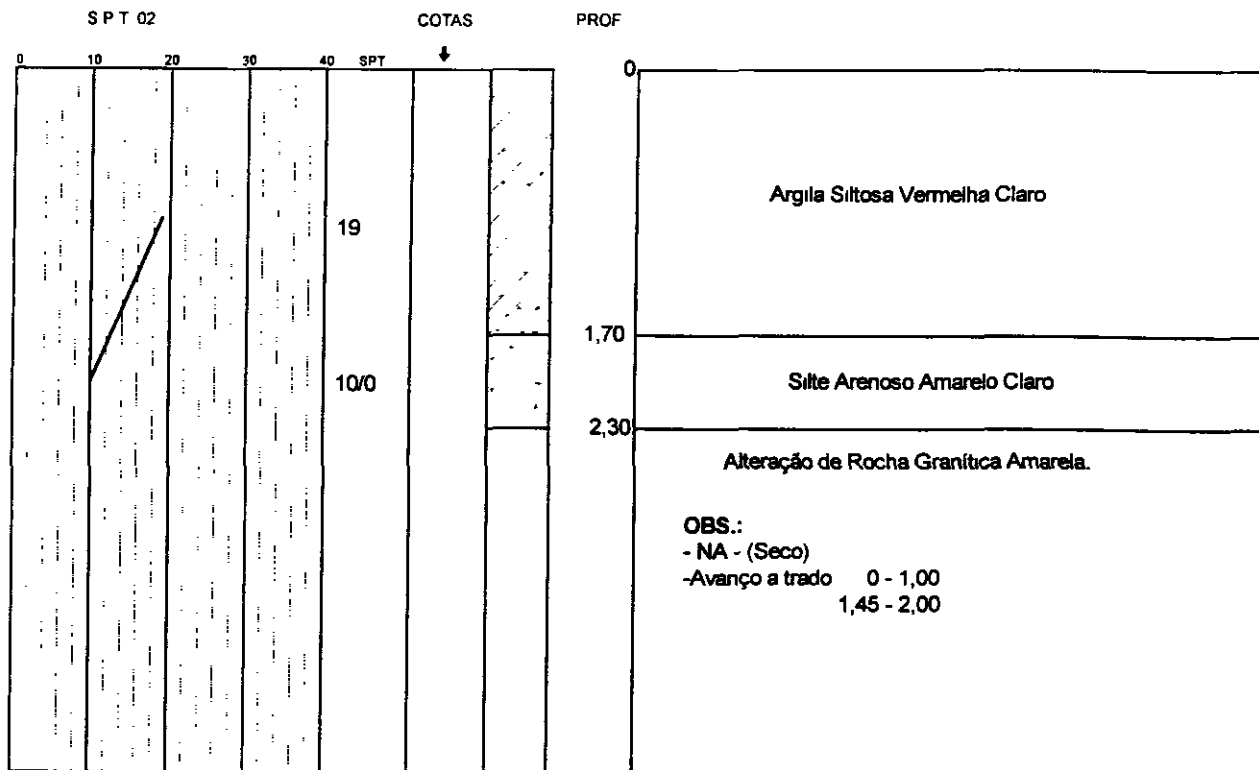
000100

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

09

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

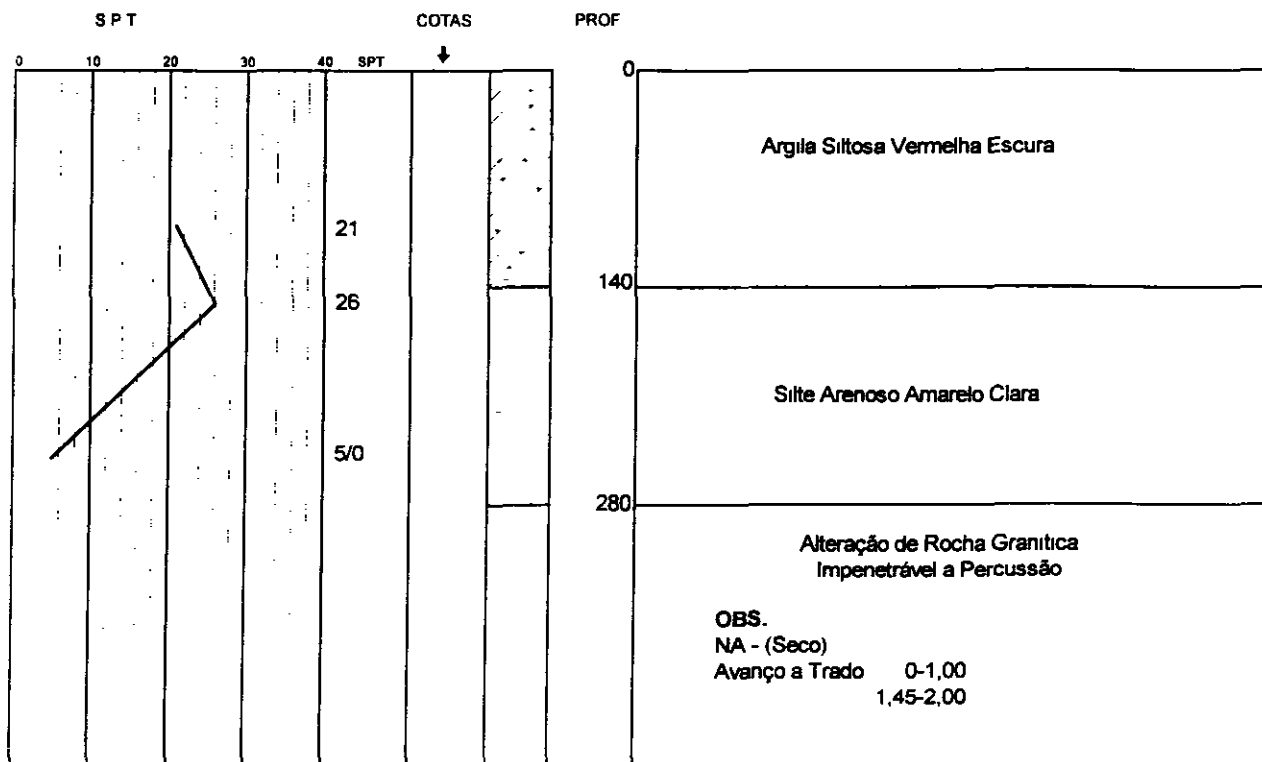
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 18</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 19</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



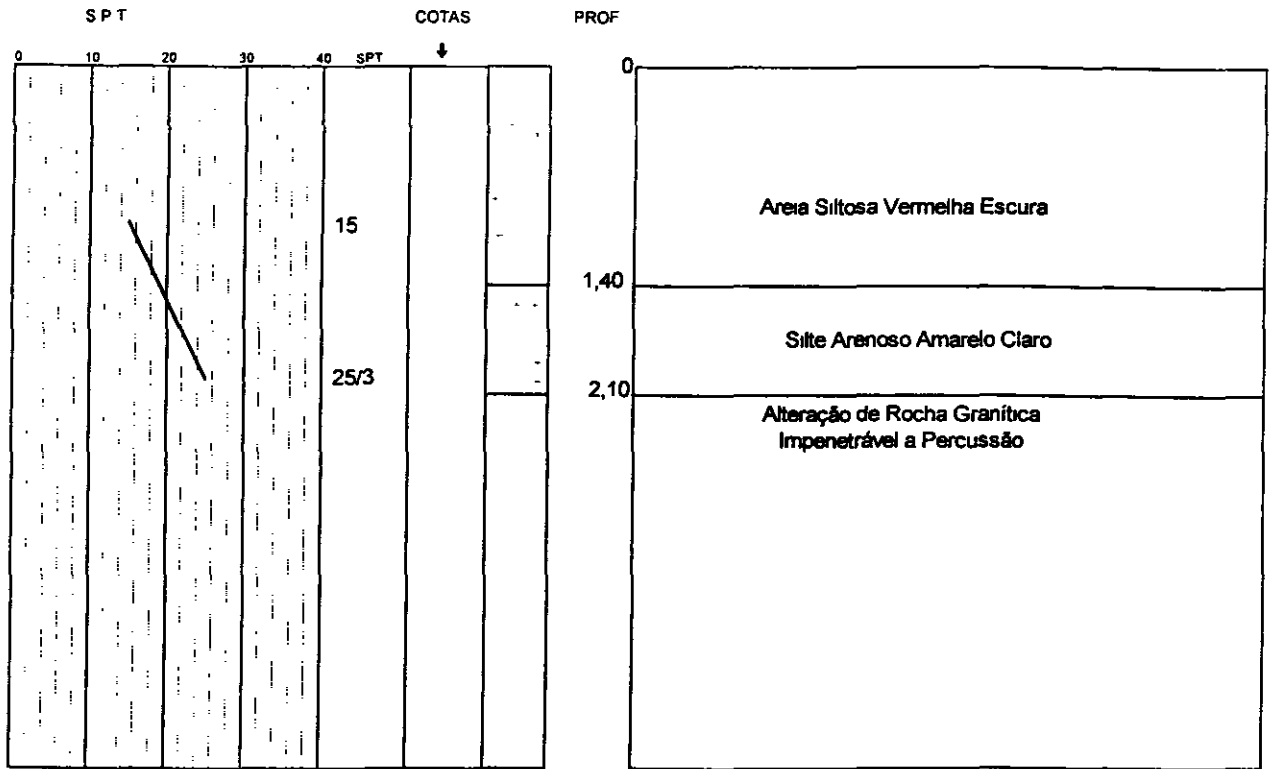
000101

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

100

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

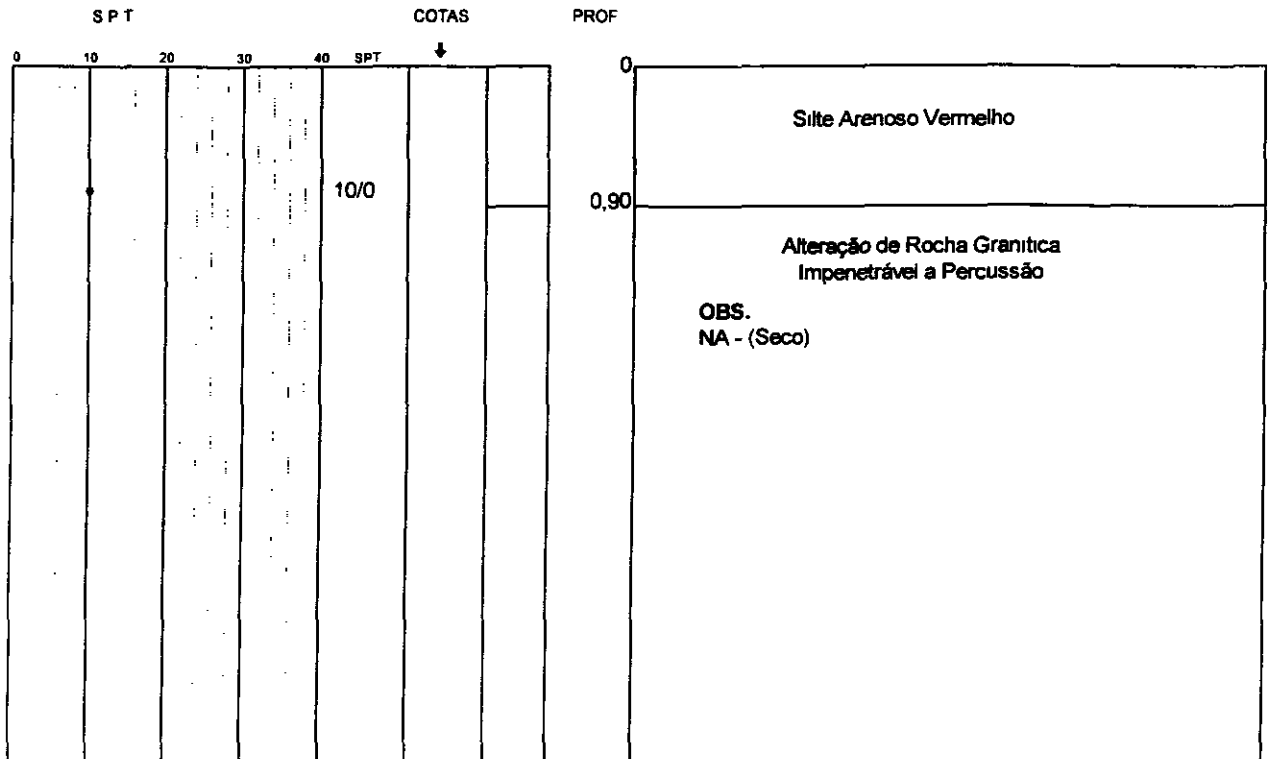
|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 21 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                  |                           |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br>F - 23 | COTA DO TERRENO<br>J - 01 |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|



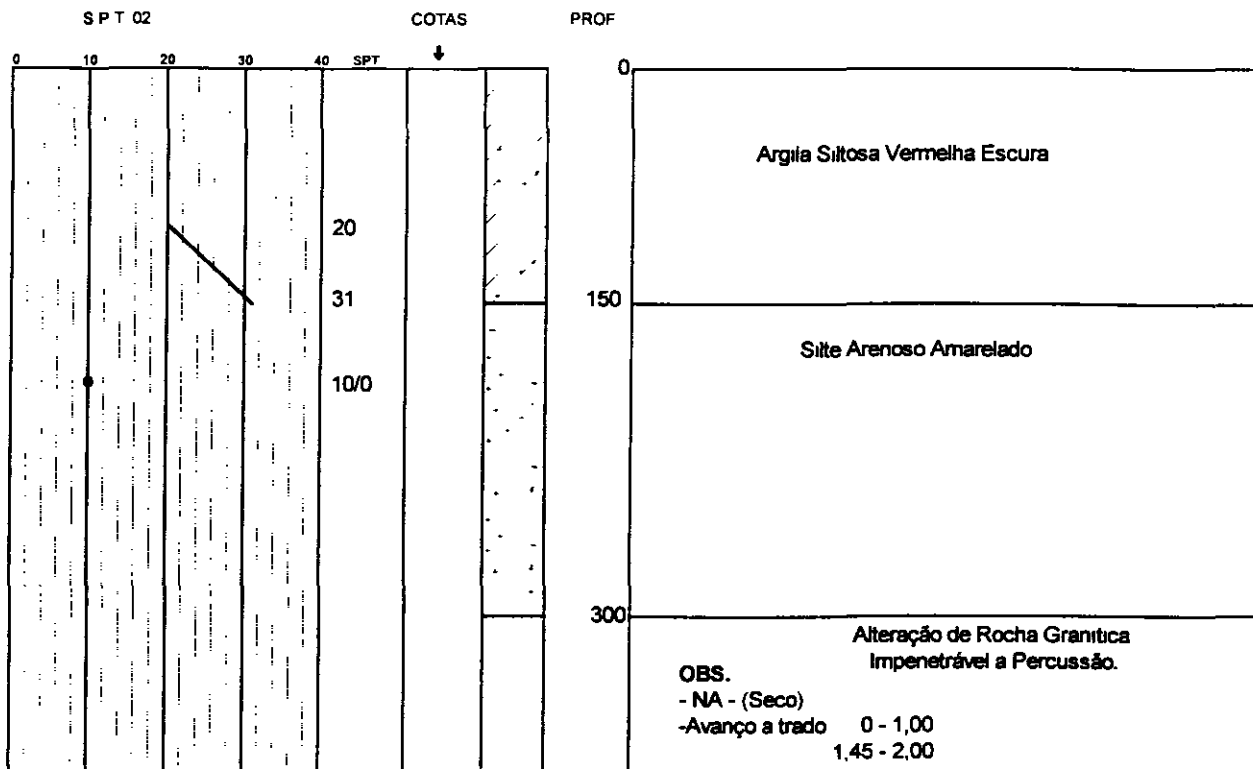
000102

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

101

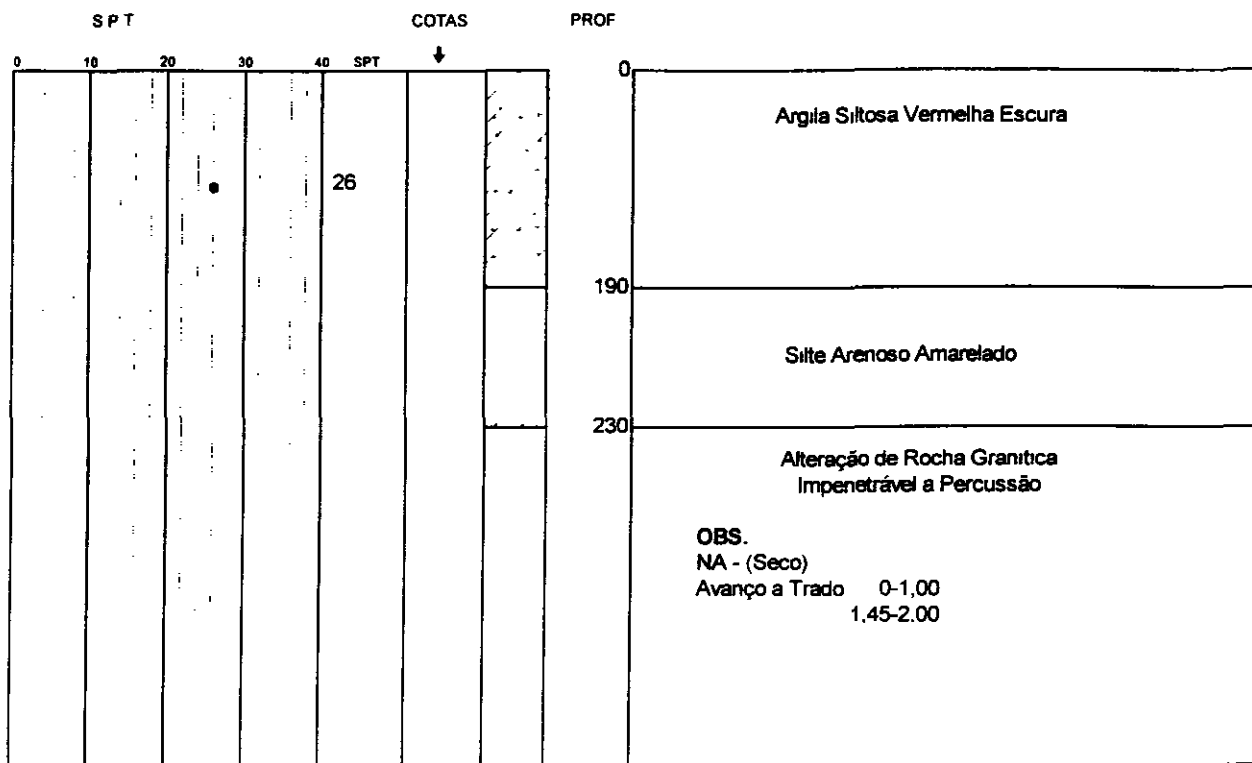
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 26 | J - 01          |



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Ø1 = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENO |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 28 | J - 01          |



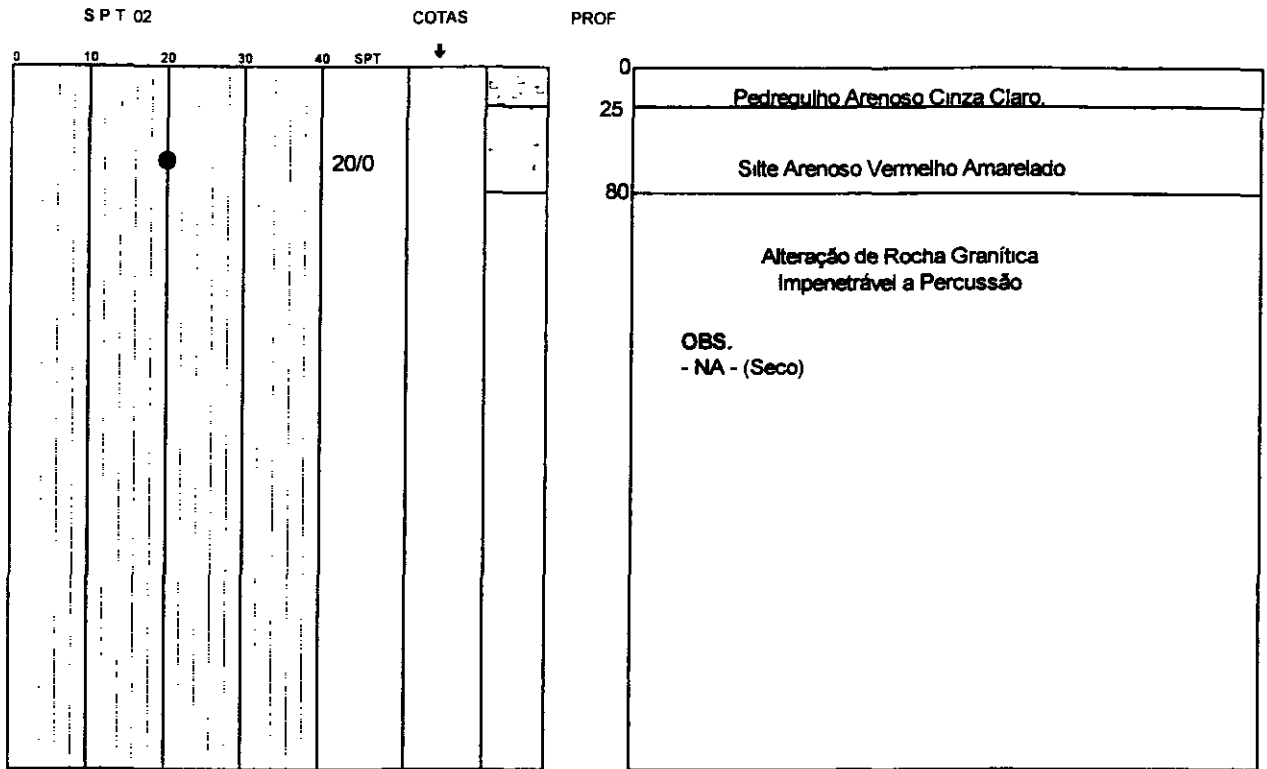
000103

# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

102

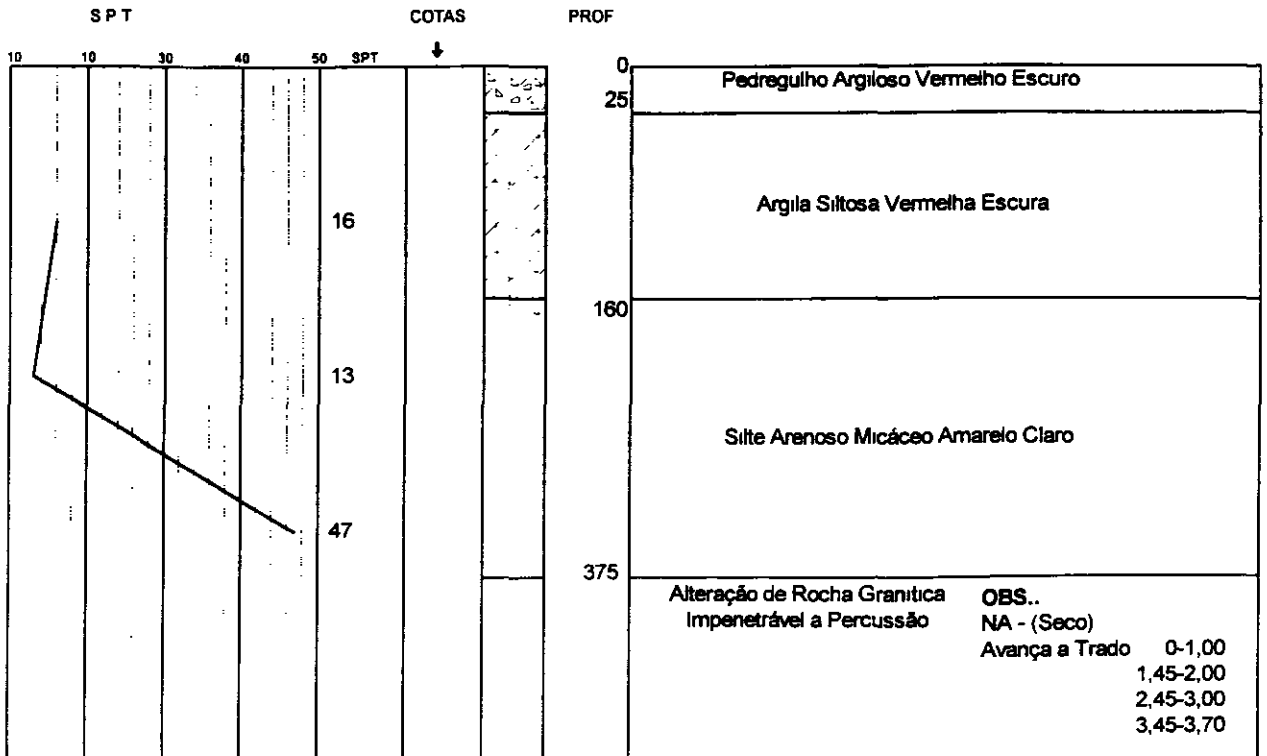
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 30</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Øe = 2" Øi = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 32</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



000104

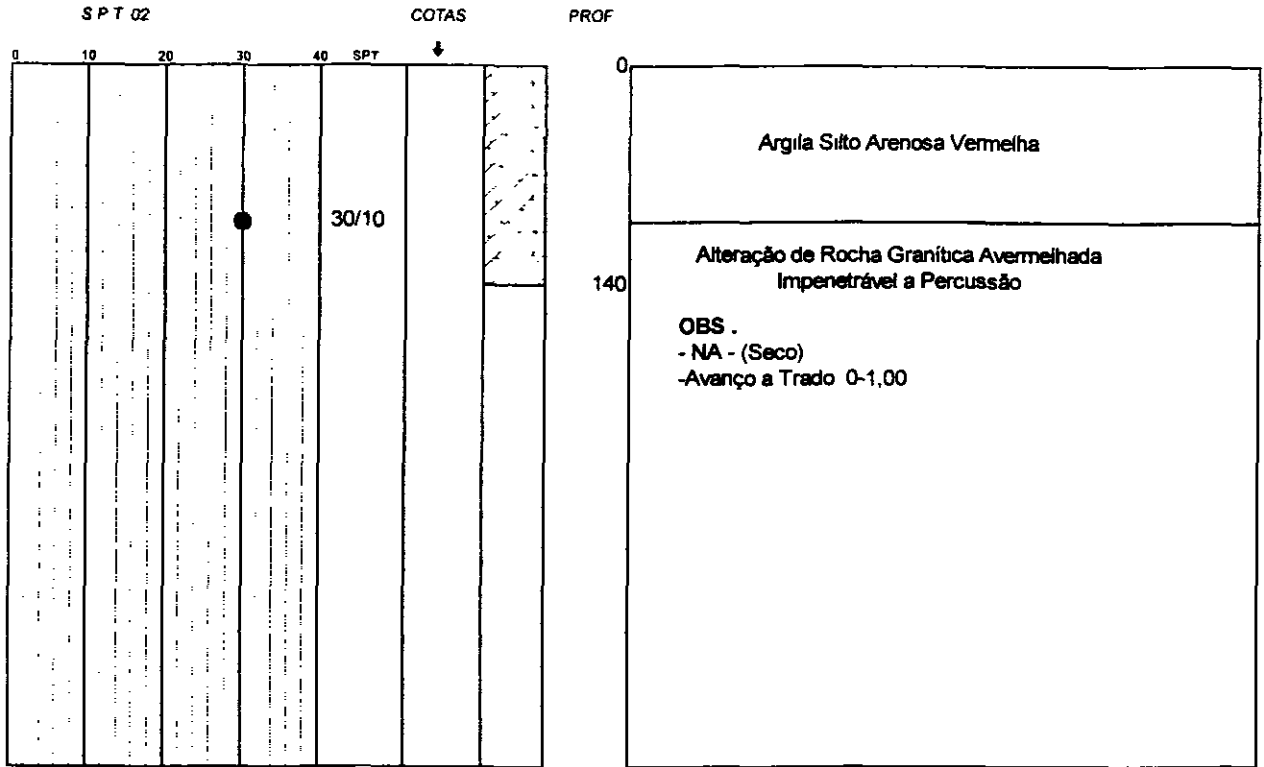


# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

113

AMOSTRADOR - Ø<sub>e</sub> = 2" Ø<sub>i</sub> = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

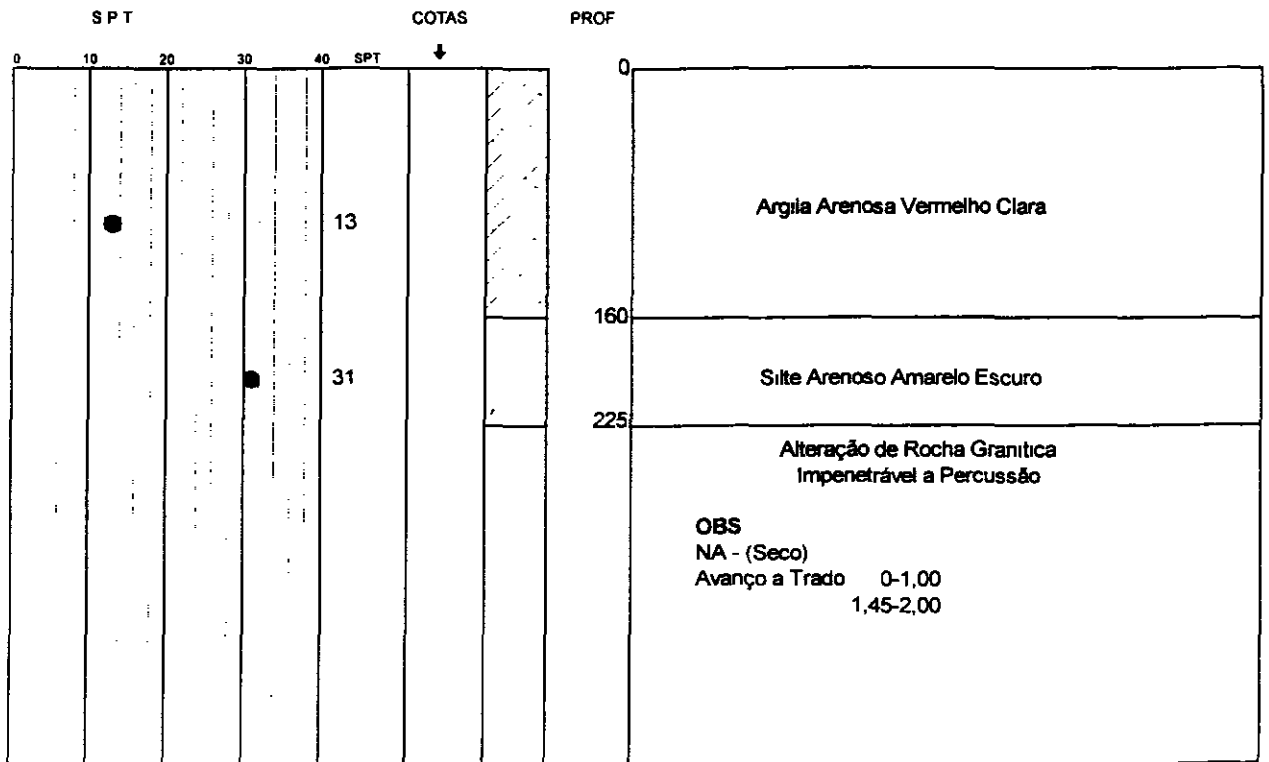
|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 34</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



# SONDAGEM SP - Ø 2 1/2"

AMOSTRADOR - Ø<sub>e</sub> = 2" Ø<sub>i</sub> = 1 3/8"  
 MARTELO - 65 kg QUEDA - 75 cm

|                                |                         |                                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| OBRA<br><b>AÇUDE UBALDINHO</b> | ESTACA<br><b>F - 36</b> | COTA DO TERRENO<br><b>J - 01</b> |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|



000105

**JAZIDA J-2**

**SONDAGENS**

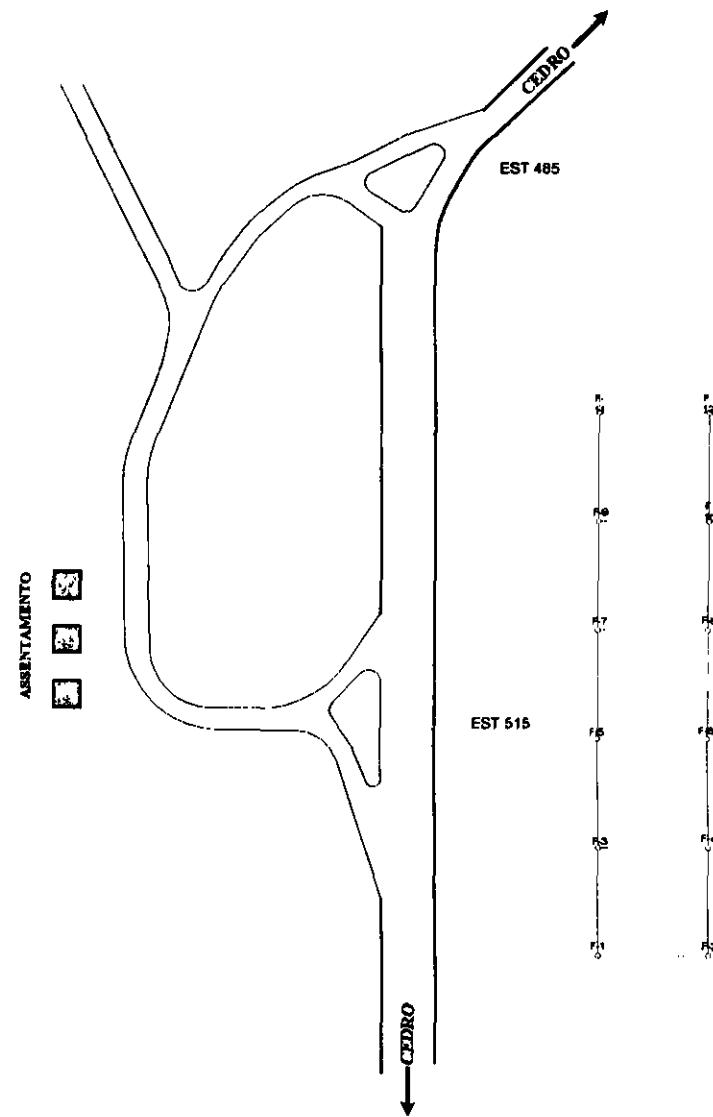
**PÁ E PICARETA**

# INDICAÇÕES GERAIS

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| LOCALIZAÇÃO                | EST 515 LD             |
| UTILIZAÇÃO                 | AÇUDE                  |
| ÁREA UTILIZÁVEL            | 32 400 m <sup>2</sup>  |
| EXPURGO MÉDIO              |                        |
| ESPESSURA MÉDIA UTILIZÁVEL | 1 15m                  |
| VOLUME TEÓRICO             | 37 280 m <sup>3</sup>  |
| VOLUME UTILIZÁVEL 90%      | 37 280 m <sup>3</sup>  |
| PROPRIETÁRIO DO TERRENO    | ANTÔNIO FERREIRA FERRO |
| ENDEREÇO DO PROPRIETÁRIO   |                        |
| BENFEITORIAS EXISTENTES    |                        |
| TIPO DE VEGETAÇÃO          |                        |

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

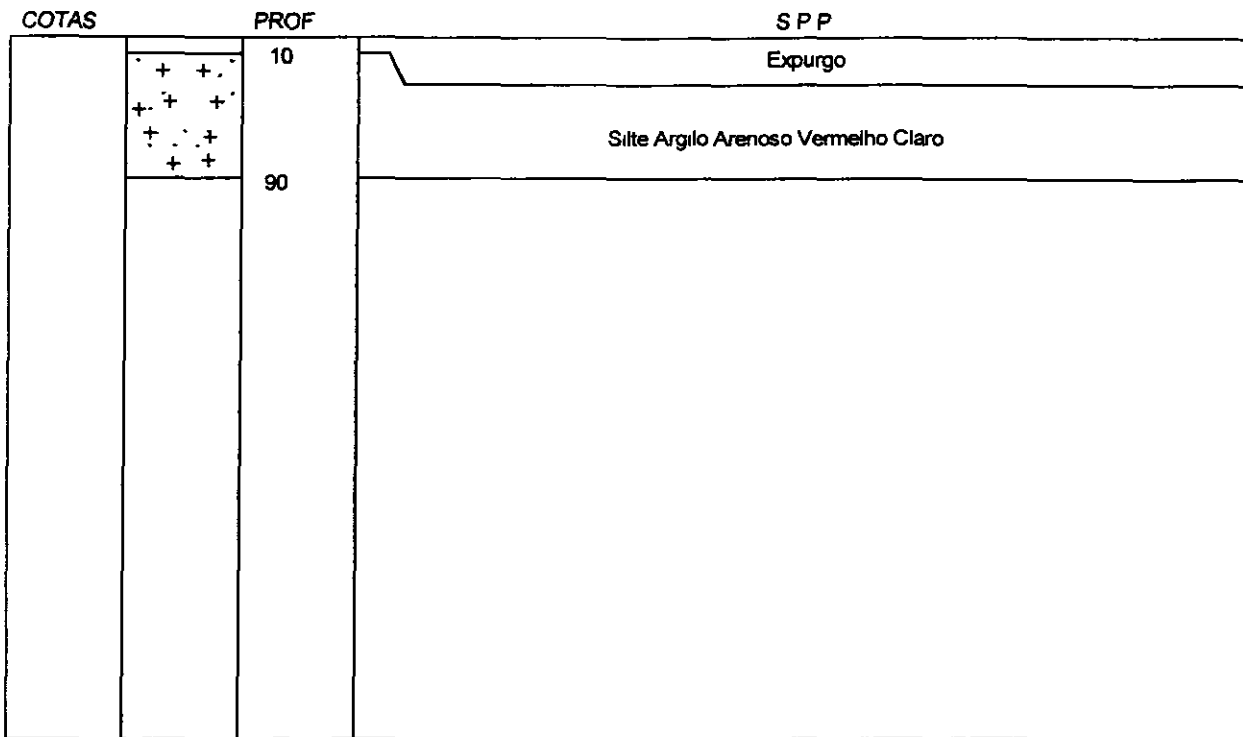
| ENSAIOS                                 |        | SOLO NATURAL | ENSAIOS         |                      | SOLO NATURAL |
|---|--------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|
| GRANULOMETRIA<br>PENEIRAS<br>% PASSANDO | 2"     |              | AASHO<br>GOLPES | DENSIDADE MÁXIMA     |              |
|   | 1"     |              |                 | UMIDADE ÓTIMA        |              |
|   | 3/8"   |              |                 | C B R                |              |
|   | Nº 4   |              |                 | EXPANSÃO             |              |
|   | Nº 10  |              | AASHO<br>GOLPES | SENSIBILIDADE MÁXIMA |              |
|   | Nº 40  |              |                 | UMIDADE ÓTIMA        |              |
|   | Nº 200 |              |                 | C B R                |              |
|   |        | EXPANSÃO     |                 |                      |              |
| FAIXA AASHO                             |        |              |                 |                      |              |
| LL                                      |        |              |                 |                      |              |
| IP                                      |        |              |                 |                      |              |
| LOS ANGELES                             |        |              |                 |                      |              |
| EA                                      |        |              |                 |                      |              |
| EXPANSIBILIDADE                         |        |              |                 |                      |              |
| CLASSIFICAÇÃO HRB                       |        |              |                 |                      |              |
| ÍNDICE DE GRUPO                         |        |              |                 |                      |              |
| DENS IN SITU                            |        |              |                 |                      |              |
| UMID NATURAL                            |        |              |                 |                      |              |



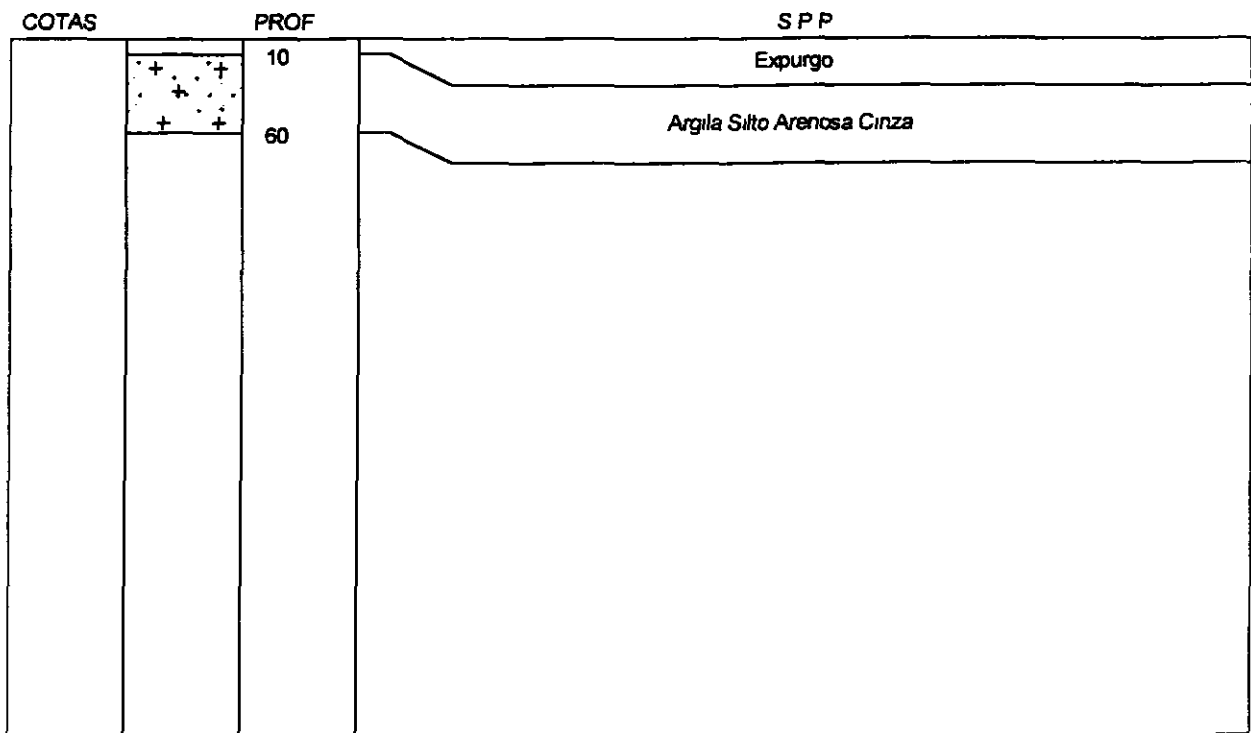
000107

|           |    |     |                               |  |                               |  |        |      |
|-----------|----|-----|-------------------------------|--|-------------------------------|--|--------|------|
| DERT - CE |    |     | ELABORADO POR<br><b>ASTEP</b> |  | AÇUDE PÚBLICO DE<br>UBALDINHO |  | CÓDIGO | DATA |
| Reg       | Nº | Loc |                               |  |                               |  |        |      |

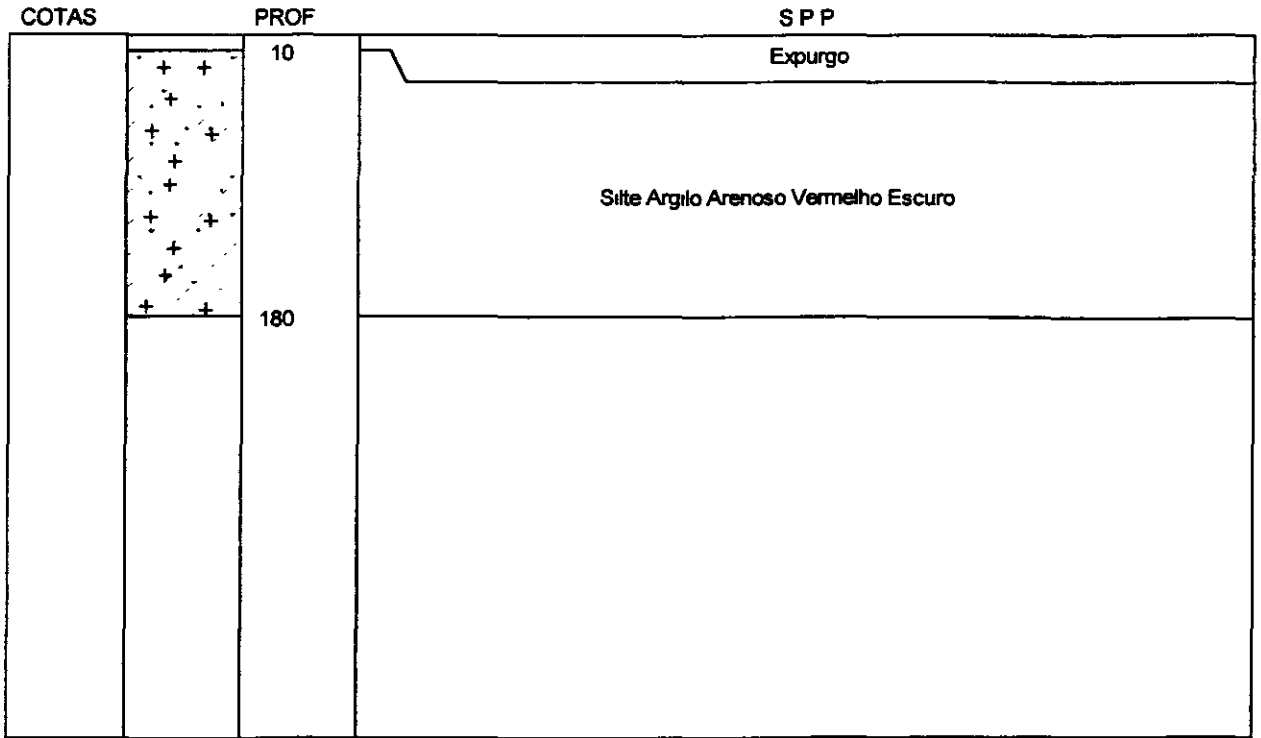
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENA |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 01 | J - 02          |



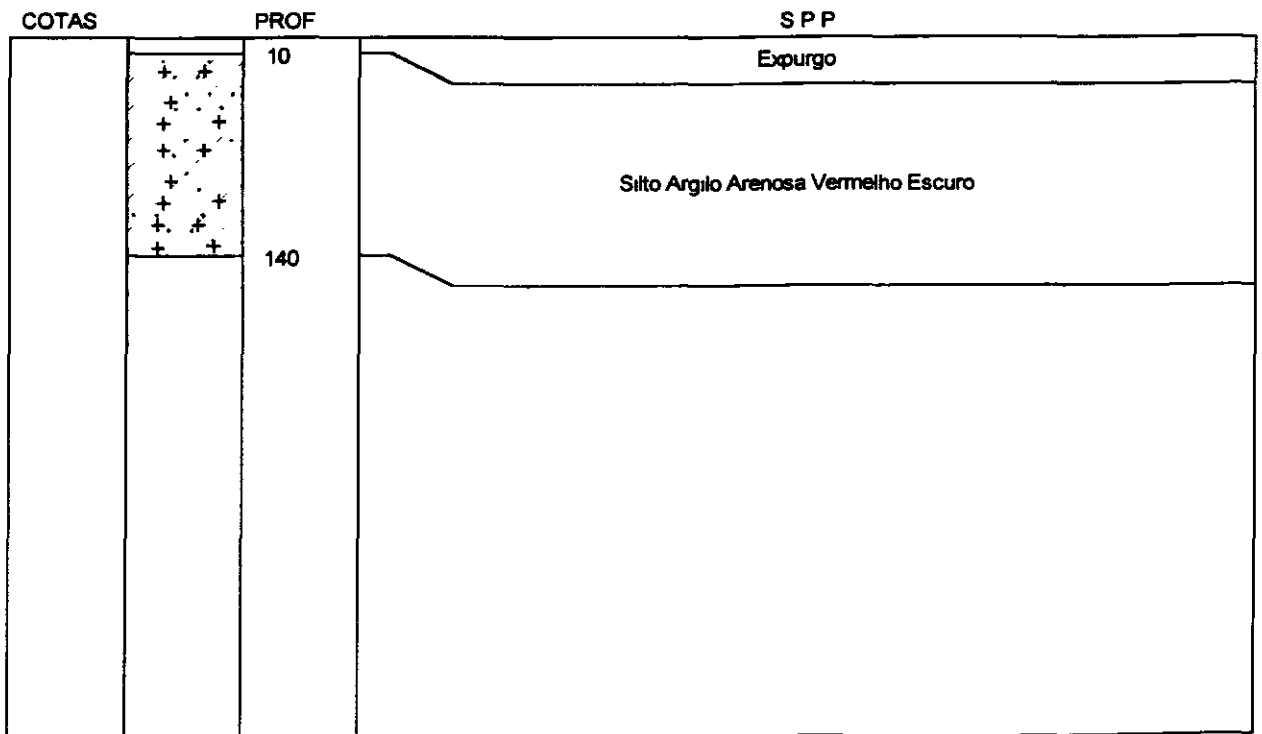
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENA |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 02 | J - 02          |



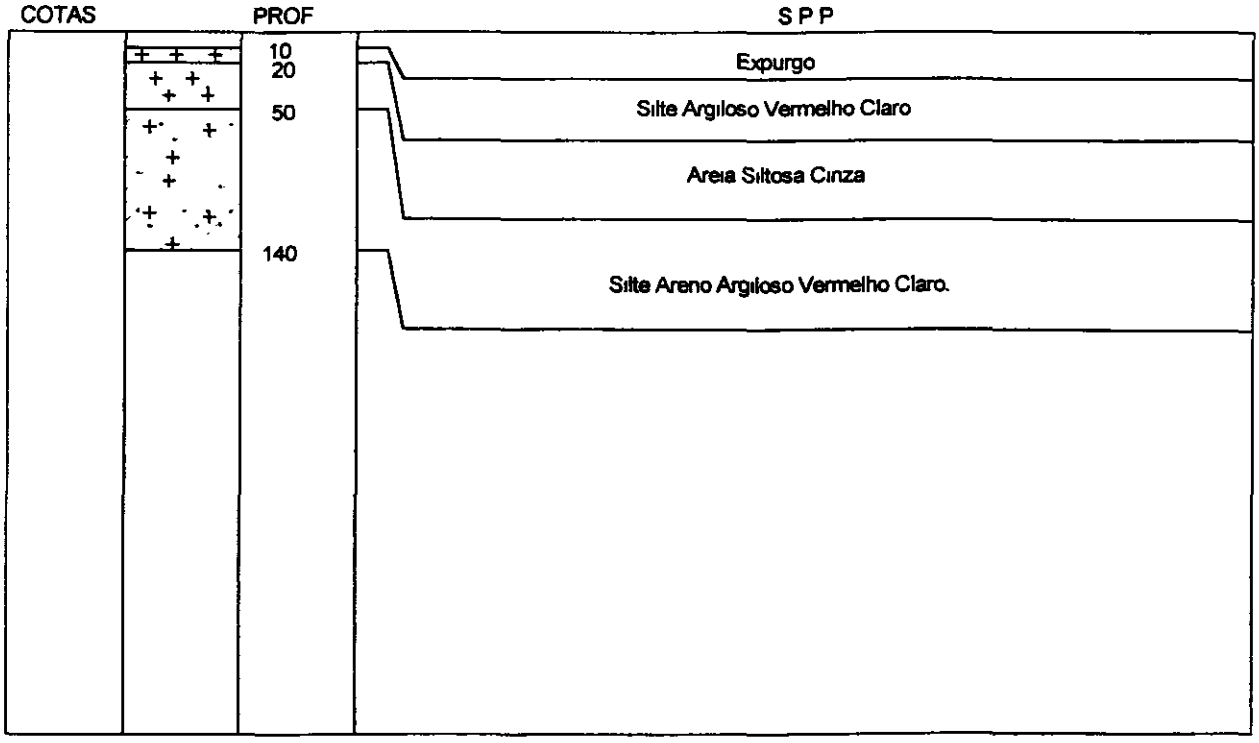
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 03 | COTA DO TERRENA<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



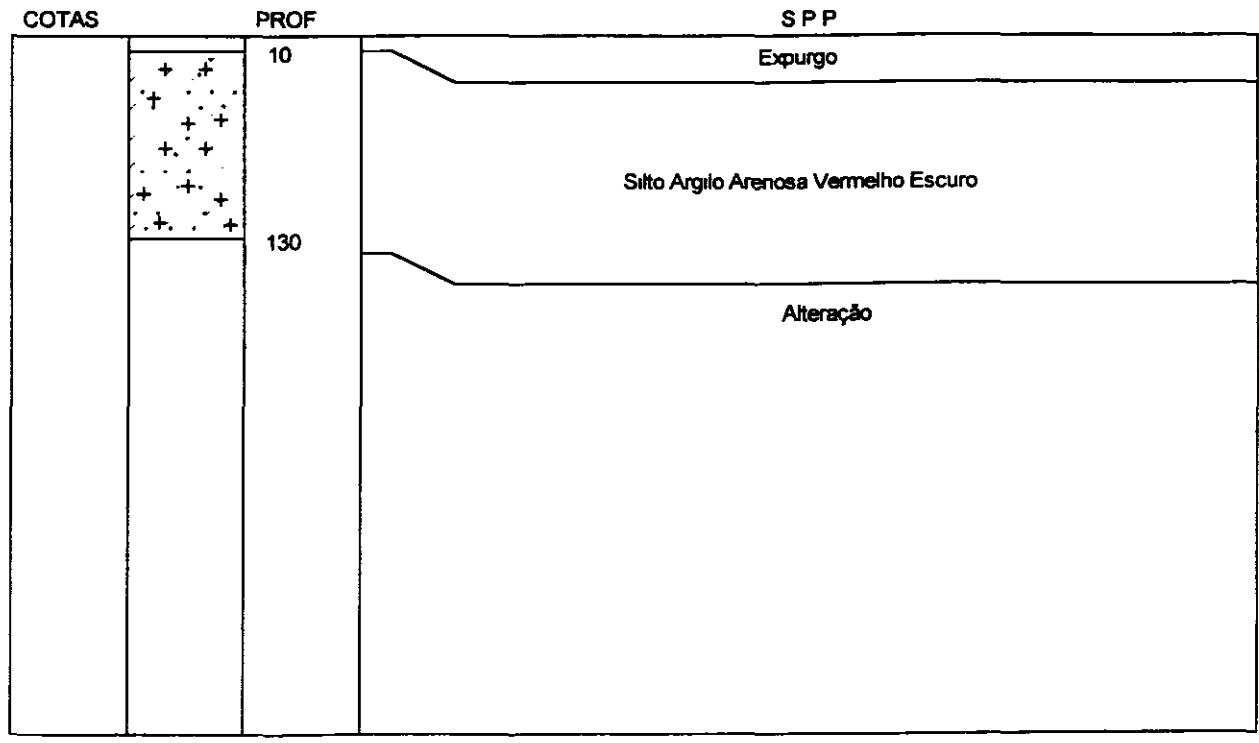
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 04 | COTA DO TERRENA<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



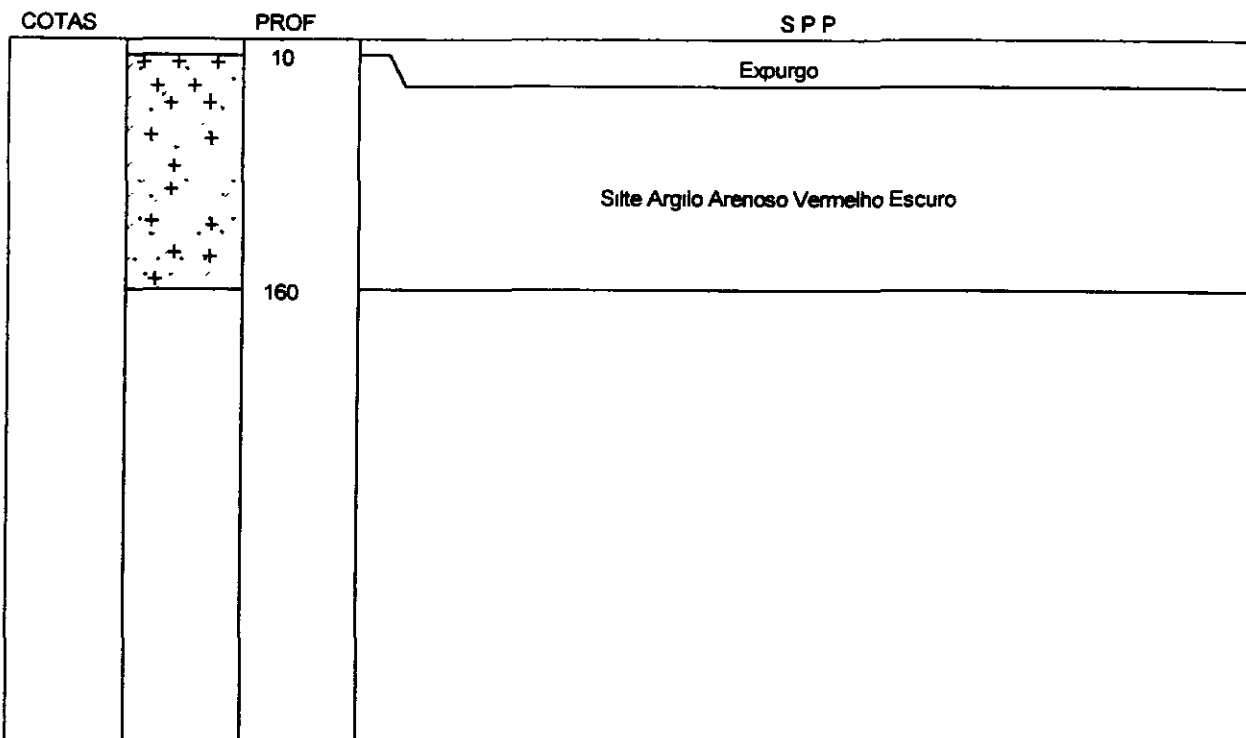
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 05 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



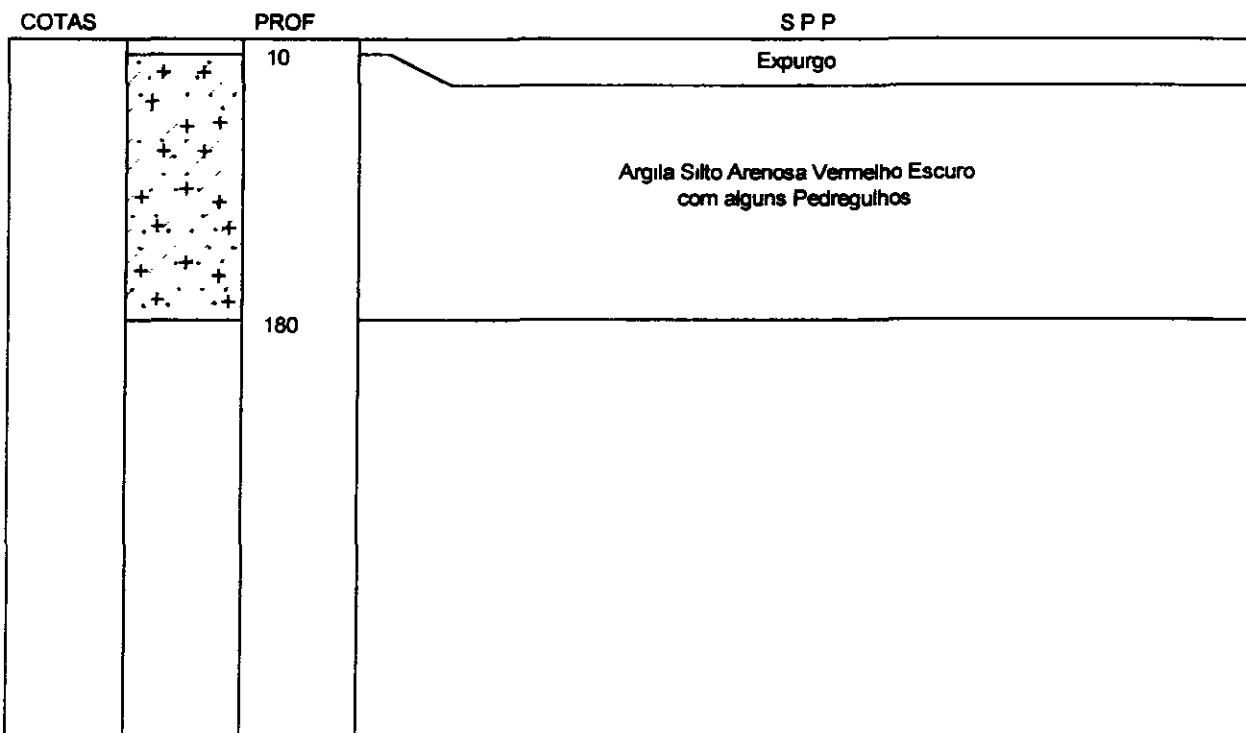
|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 06 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



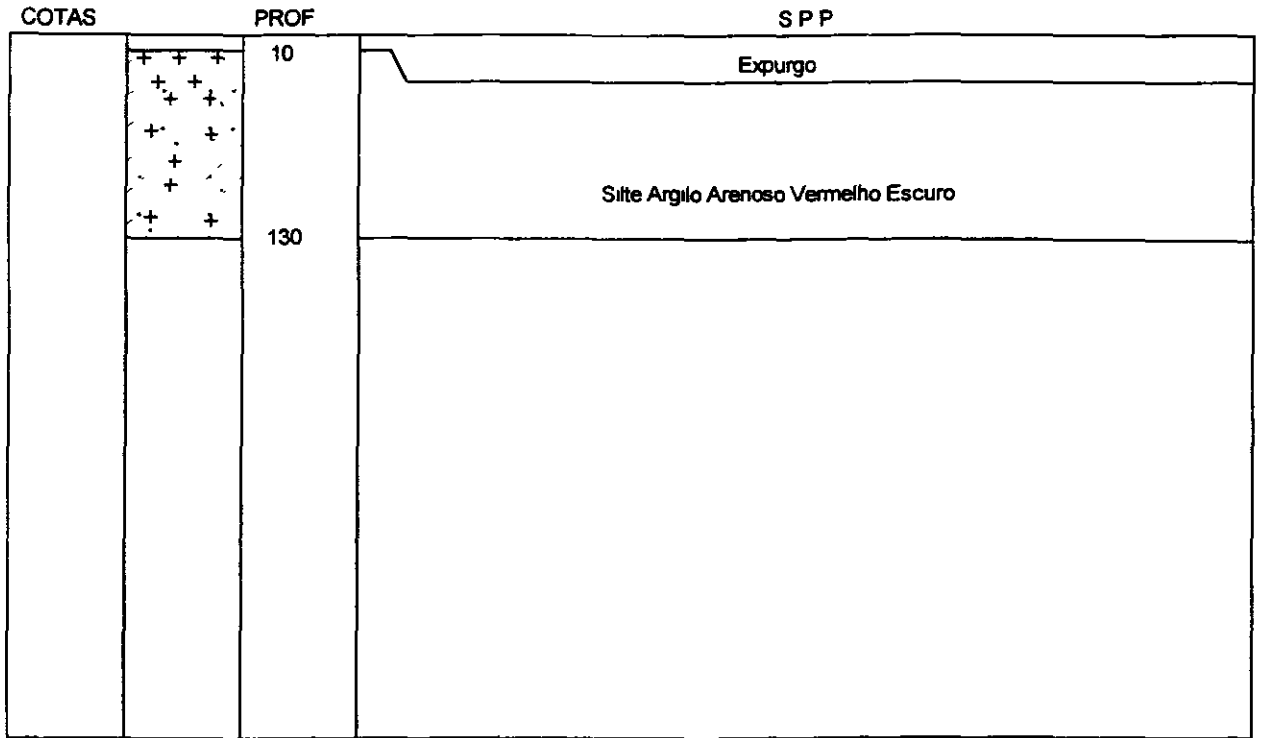
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENA |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 07 | J - 02          |



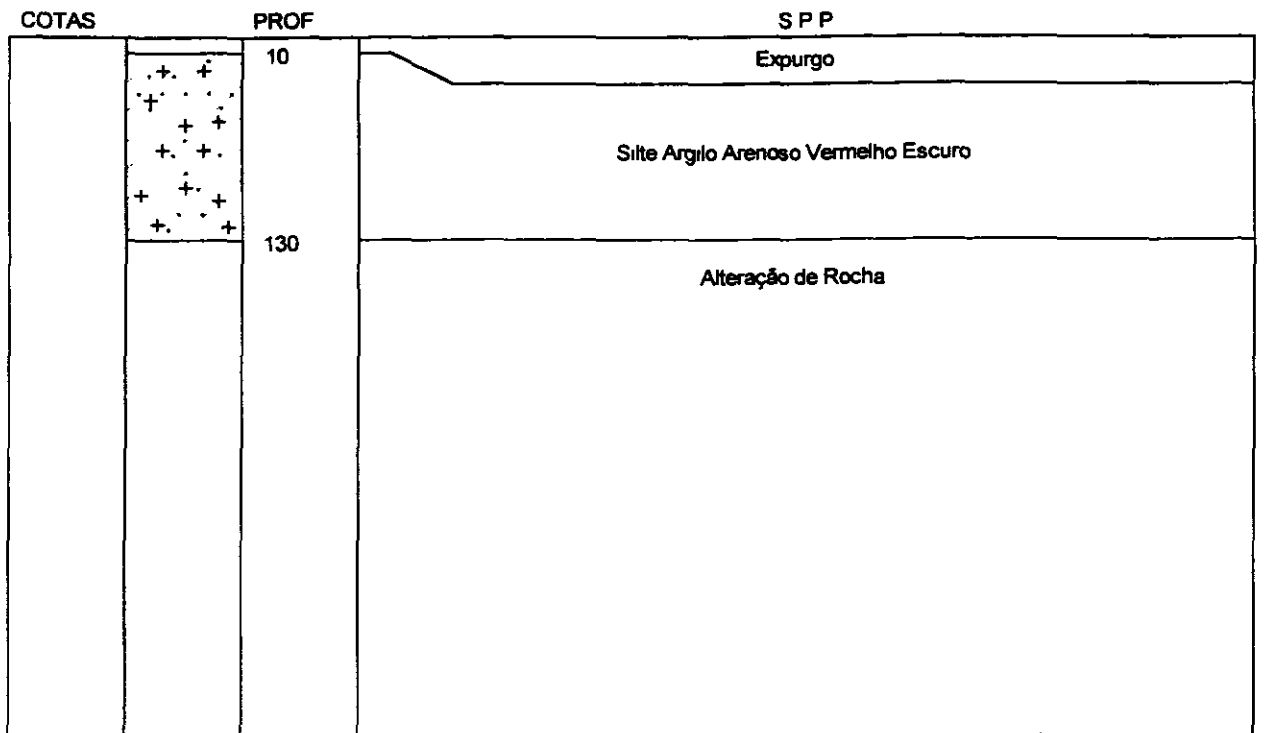
|                 |        |                 |
|-----------------|--------|-----------------|
| OBRA            | ESTACA | COTA DO TERRENA |
| AÇUDE UBALDINHO | F - 08 | J - 02          |



|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 09 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|

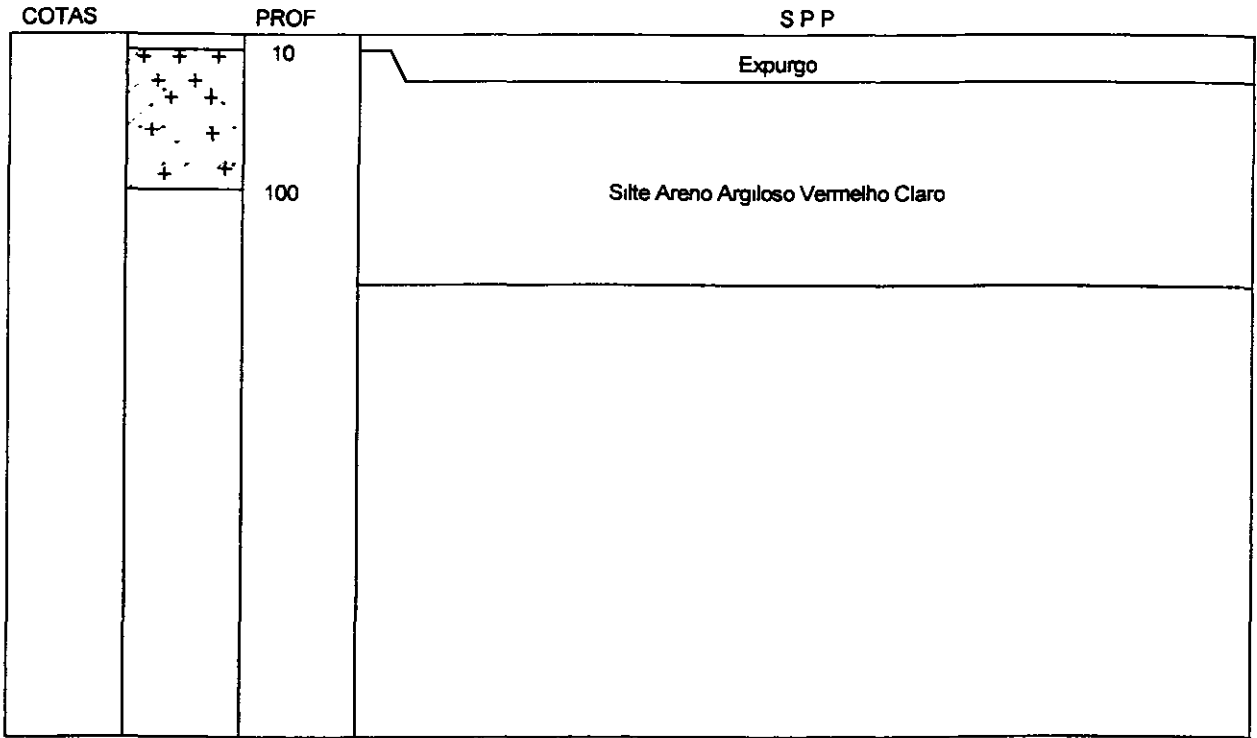


|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 10 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|

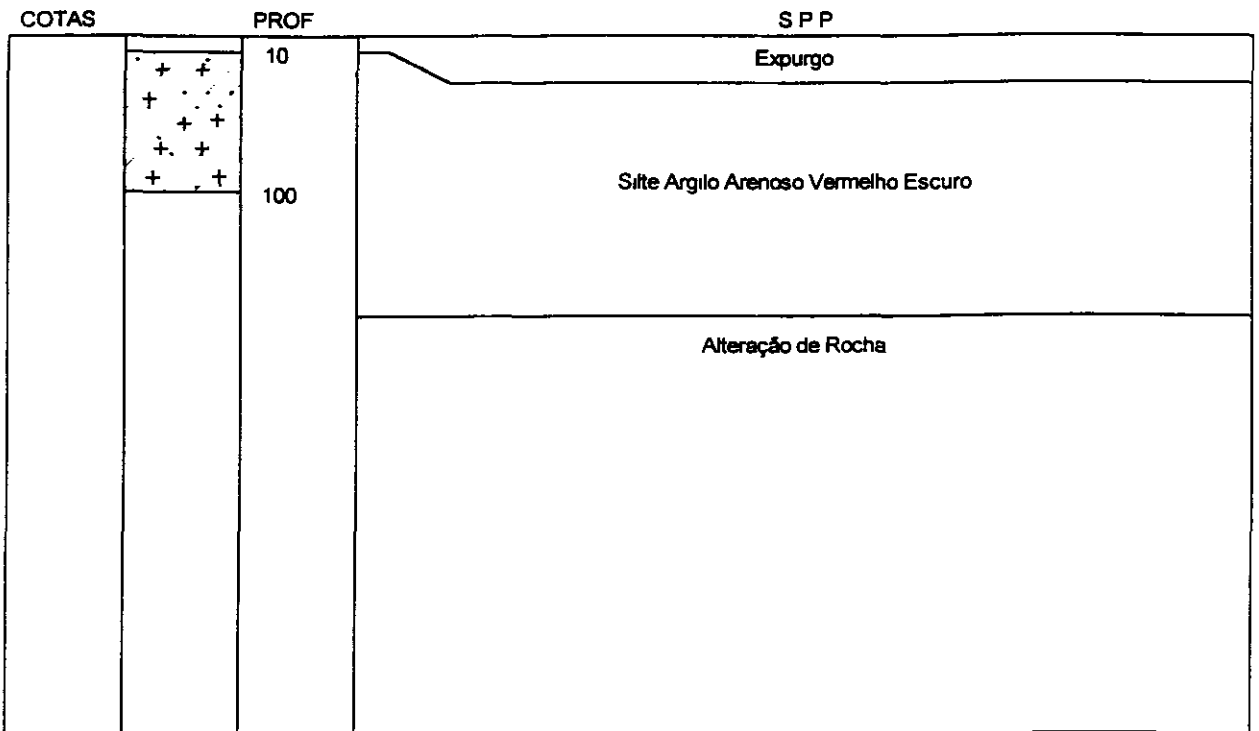




|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 11 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



|                         |                  |                           |
|-------------------------|------------------|---------------------------|
| OBRA<br>AÇUDE UBALDINHO | ESTACA<br>F - 12 | COTA DO TERRENO<br>J - 02 |
|-------------------------|------------------|---------------------------|



**RELATÓRIO DOS RESULTADOS DOS  
ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORA-  
TÓRIO DA BARRAGEM UBALDINHO, EM  
CEDRO, CEARÁ.**

Os ensaios realizados referem-se às Jazidas J-01 e J-02 e a uma ocorrência de areia de rio denominada Areal A-01

Foram coletadas 32 amostras da Jazida J-01, 11 amostras da Jazida J-02 e 2 amostra do Areal A-01

As amostras foram submetidas aos seguintes ensaios

- Granulometria por peneiramento (NBR-7181)
- Granulometria por sedimentação (NBR-7181)
- Limite de Liquidez (NBR- 6459)
- Limite de Plasticidade (NBR- 7180)
- Compactação – Proctor Normal (DNER-ME-47/64 e ME 48/64)
- Densidade real dos grãos (NBR – 6508)
- Permeabilidade com carga variável

Os resultados são apresentados em anexo

No ensaio de permeabilidade com carga variável as moldagens foram realizadas no próprio cilindro onde foram executados os ensaios, sendo o solo compactado na umidade ótima e massa específica seca máxima de laboratório, obtida no ensaio de compactação na energia do proctor normal

O conjunto de permeabilidade foi drenado de forma que foram retiradas todas as bolhas de ar. Os corpos de prova permaneceram, no mínimo, 24 horas sob fluxo de água, até que este se tornasse constante, quando foi iniciado o ensaio

Foi medido o tempo para a água descer uma determinada altura na bureta. O nível da água foi repostado no nível inicial e a operação repetida, no mínimo, mais três vezes. O coeficiente de permeabilidade foi calculado através da média dos valores verificados

**QUADRO RESUMO**

ASTEP

OBRA BARRAGEM UBALDINHO - CEDRO/CE

JAZIDA 01

| FURO<br>(Nº) | PROF.       | GRANULOMETRIA (% QUE PASSA) |      |       |       |        | PLASTICIDADE (%) |    |    | $\gamma_g$ | HNAT<br>(%) | COMPACTAÇÃO |   | CLASSIFICAÇÃO<br>(USC) |
|--------------|-------------|-----------------------------|------|-------|-------|--------|------------------|----|----|------------|-------------|-------------|---|------------------------|
|              |             | 3/8"                        | Nº 4 | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 | LL               | LP | IP |            |             | HÓT (%)     | $\gamma_{g\text{máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |                        |
| F1           | 0,10 - 0,60 | 99                          | 98   | 97    | 89    | 65     | 25               | 19 | 6  | 2,620      | 5,4         | 12,6        | 1,825                                       | ML - CL                |
|              | 0,60 - 1,10 | 100                         | 100  | 99    | 94    | 32     | NL               | NP | NP | 2,644      | 0,4         | 8,9         | 1,560                                       | SM                     |
| F3           | 0,10 - 3,20 | 100                         | 97   | 93    | 77    | 57     | 30               | 21 | 9  | 2,638      | 5,9         | 14,4        | 1,730                                       | CL                     |
| F5           | 0,10 - 2,00 | 100                         | 99   | 94    | 73    | 51     | 29               | 21 | 8  | 2,612      | 4,5         | 13,4        | 1,790                                       | CL                     |
|              | 2,00 - 2,70 | 100                         | 99   | 94    | 67    | 43     | 27               | 20 | 7  | 2,611      | 1,2         | 12,2        | 1,820                                       | SM-SC                  |
| F8           | 0,10 - 2,00 | 98                          | 97   | 93    | 75    | 56     | 30               | 21 | 9  | 2,617      | 8,8         | 15,1        | 1,765                                       | CL                     |
|              | 2,00 - 2,60 | 100                         | 100  | 92    | 59    | 23     | NL               | NP | NP | 2,650      | 2,8         | 10,2        | 1,760                                       | SM                     |
| F9           | 0,10 - 1,30 | 100                         | 96   | 92    | 73    | 56     | 30               | 20 | 10 | 2,618      | 6,1         | 14,4        | 1,730                                       | CL                     |
| F10          | 0,10 - 0,90 | 99                          | 96   | 87    | 70    | 51     | 28               | 19 | 9  | 2,604      | 4,7         | 13,9        | 1,760                                       | CL                     |
|              | 0,90 - 1,40 | 94                          | 86   | 73    | 45    | 21     | NL               | NP | NP | 2,635      | 1,0         | 9,0         | 1,865                                       | SM                     |
| F12          | 0,10 - 1,10 | 99                          | 97   | 87    | 67    | 49     | 31               | 19 | 12 | 2,602      | 5,3         | 15,5        | 1,810                                       | SC                     |
|              | 1,10 - 1,70 | 92                          | 91   | 78    | 50    | 28     | 22               | 17 | 4  | 2,621      | 1,4         | 10,6        | 1,890                                       | SM-SC                  |
| F13          | 0,10 - 0,80 | 100                         | 100  | 98    | 66    | 40     | 23               | 20 | 3  | 2,602      | 3,5         | 9,1         | 1,905                                       | SM                     |
|              | 0,80 - 1,30 | 100                         | 99   | 95    | 59    | 29     | NL               | NP | NP | 2,636      | 1,3         | 13,0        | 1,790                                       | SM                     |
| F15          | 0,10 - 2,00 | 94                          | 90   | 85    | 71    | 54     | 32               | 22 | 10 | 2,620      | 6,2         | 14,8        | 1,720                                       | CL                     |
|              | 2,00 - 2,50 | 98                          | 95   | 88    | 56    | 28     | NL               | NP | NP | 2,618      | 1,3         | 10,9        | 1,825                                       | SM                     |
| F17          | 0,10 - 0,50 | 95                          | 86   | 73    | 50    | 24     | NL               | NP | NP | 2,606      | 1,1         | 9,4         | 1,840                                       | SM                     |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |   |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |   |                        |

000117

1  
01

ASTEP

OBRA BARRAGEM UBALDINHO

LOCAL CEDRO/CE

| FURO<br>(Nº) | AMOSTRA<br>Nº | GRANULOMETRIA (% QUE PASSA) |      |       |       |        | PLASTICIDADE (%) |    |    | MASSA ESPECÍFICA                     |     |                                      |       | CLASSIFICAÇÃO<br>(USC) |
|--------------|---------------|-----------------------------|------|-------|-------|--------|------------------|----|----|--------------------------------------|-----|--------------------------------------|-------|------------------------|
|              |               | 3/8"                        | Nº 4 | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 | LL               | LP | IP | $\gamma_{\min}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |     | $\gamma_{\max}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |       |                        |
| F20          | 0,10 - 2,20   | 100                         | 100  | 96    | 69    | 65     | 26               | 19 | 7  | 2,616                                | 6,1 | 13,4                                 | 1,840 | ML-CL                  |
|              | 2,20 - 2,70   | 100                         | 100  | 96    | 59    | 30     | NL               | NP | NP | 2,637                                | 0,9 | 11,9                                 | 1,835 | SM                     |
| F22          | 0,10 - 1,20   | 100                         | 95   | 82    | 65    | 49     | 28               | 20 | 8  | 2,616                                | 4,6 | 13,6                                 | 1,795 | SC                     |
| F24          | 0,10 - 0,50   | 96                          | 90   | 70    | 35    | 18     | NL               | NP | NP | 2,633                                | 0,7 | 12,1                                 | 1,860 | SM                     |
| F25          | 0,10 - 1,20   | 100                         | 99   | 95    | 67    | 46     | 28               | 20 | 8  | 2,622                                | 4,9 | 12,4                                 | 1,860 | SC                     |
|              | 1,20 - 3,00   | 100                         | 100  | 96    | 61    | 32     | NL               | NP | NP | 2,636                                | 0,9 | 10,8                                 | 1,865 | SM                     |
| F27          | 0,10 - 2,30   | 82                          | 70   | 62    | 55    | 44     | 28               | 21 | 7  | 2,602                                | 6,2 | 14,7                                 | 1,740 | SC                     |
| F29          | 0,10 - 1,10   | 96                          | 91   | 86    | 76    | 55     | 26               | 20 | 6  | 2,604                                | 5,7 | 14,9                                 | 1,735 | ML-CL                  |
| F31          | 0,10 - 1,80   | 100                         | 98   | 92    | 70    | 46     | 29               | 20 | 9  | 2,635                                | 5,2 | 13,4                                 | 1,805 | SC                     |
|              | 1,80 - 2,40   | 96                          | 91   | 82    | 59    | 31     | 24               | 20 | 4  | 2,620                                | 3,1 | 10,0                                 | 1,835 | SM-SC                  |
| F33          | 0,10 - 1,70   | 100                         | 98   | 95    | 72    | 55     | 30               | 20 | 10 | 2,630                                | 8,3 | 13,8                                 | 1,770 | CL                     |
|              | 1,70 - 2,80   | 100                         | 100  | 92    | 58    | 35     | 25               | 19 | 6  | 2,629                                | 5,5 | 12,0                                 | 1,850 | SM-SC                  |
| F35          | 0,10 - 1,50   | 100                         | 100  | 94    | 71    | 53     | 29               | 22 | 8  | 2,627                                | 6,8 | 13,8                                 | 1,785 | CL                     |
|              | 1,50 - 2,20   | 100                         | 99   | 91    | 61    | 36     | 25               | 21 | 4  | 2,610                                | 2,3 | 11,9                                 | 1,845 | SM-SC                  |
| F37          | 0,10 - 1,10   | 100                         | 100  | 97    | 83    | 54     | 28               | 20 | 8  | 2,651                                | 6,5 | 13,4                                 | 1,755 | CL                     |
|              |               |                             |      |       |       |        |                  |    |    |                                      |     |                                      |       |                        |
|              |               |                             |      |       |       |        |                  |    |    |                                      |     |                                      |       |                        |
|              |               |                             |      |       |       |        |                  |    |    |                                      |     |                                      |       |                        |
|              |               |                             |      |       |       |        |                  |    |    |                                      |     |                                      |       |                        |

000118

110

ASTEP

OBRA BARRAGEM UBALDINHO - CEDRO/CE

JAZIDA 02

| FURO<br>(Nº) | PROF.       | GRANULOMETRIA (% QUE PASSA) |      |       |       |        | PLASTICIDADE (%) |    |    | $\gamma_g$ | HNAT<br>(%) | COMPACTAÇÃO |  | CLASSIFICAÇÃO<br>(USC) |
|--------------|-------------|-----------------------------|------|-------|-------|--------|------------------|----|----|------------|-------------|-------------|--|------------------------|
|              |             | 3/8"                        | Nº 4 | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 | LL               | LP | IP |            |             | HÓT (%)     | $\gamma_{gm\acute{a}x}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |                        |
| F1           | 0,10 - 0,90 | 99                          | 98   | 90    | 68    | 50     | 30               | 22 | 8  | 2,619      | 5,4         | 14,3        | 1,775  | CL                     |
| F2           | 0,10 - 0,60 | 100                         | 99   | 97    | 93    | 79     | 42               | 23 | 19 | 2,659      | 7,9         | 18,8        | 1,615  | CL                     |
| F3           | 1,00 - 1,80 | 99                          | 97   | 93    | 79    | 63     | 29               | 21 | 8  | 2,604      | 3,3         | 16,2        | 1,690  | CL                     |
| F4           | 0,10 - 1,40 | 98                          | 95   | 88    | 73    | 53     | 28               | 21 | 7  | 2,622      | 6,0         | 15,9        | 1,710  | ML-CL                  |
| F5           | 0,50 - 1,40 | 98                          | 95   | 89    | 67    | 37     | 25               | 19 | 6  | 2,649      | 3,6         | 11,7        | 1,775  | SM-SC                  |
| F6           | 0,10 - 1,30 | 95                          | 88   | 79    | 69    | 57     | 38               | 27 | 11 | 2,622      | 10,0        | 17,6        | 1,640  | ML                     |
| F7           | 0,10 - 1,60 | 100                         | 100  | 97    | 79    | 56     | 30               | 20 | 10 | 2,620      | 9,0         | 17,0        | 1,720  | CL                     |
| F8           | 0,10 - 1,80 | 96                          | 92   | 84    | 66    | 50     | 44               | 24 | 20 | 2,604      | 10,0        | 23,2        | 1,600  | CL                     |
| F10          | 0,10 - 1,30 | 98                          | 90   | 79    | 56    | 38     | 28               | 19 | 9  | 2,604      | 2,8         | 12,8        | 1,825  | SC                     |
| F11          | 0,10 - 1,00 | 100                         | 97   | 86    | 65    | 47     | 34               | 22 | 12 | 2,628      | 6,1         | 15,8        | 1,740  | SC                     |
| F12          | 0,10 - 1,00 | 100                         | 100  | 96    | 69    | 51     | 29               | 20 | 9  | 2,610      | 8,1         | 13,2        | 1,795  | CL                     |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |
|              |             |                             |      |       |       |        |                  |    |    |            |             |             |  |                        |

000119

111

ASTEPI

OBRA BARRAGEM UBALDINHO

LOCAL CEDRO/CE

| AMOSTRA<br>(Nº) | GRANULOMETRIA (% QUE PASSA) |      |       |       |       |       |        |        | MÓDULO DE<br>FINURA | DIÂMETRO (mm) |        | CLASSIFICAÇÃO<br>(USC) |
|-----------------|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------------------|---------------|--------|------------------------|
|                 | 3/8"                        | Nº 4 | Nº 10 | Nº 16 | Nº 30 | Nº 50 | Nº 100 | Nº 200 |                     | MÍNIMO        | MÁXIMO |                        |
| 1               | 100                         | 99   | 94    | 85    | 47    | 11    | 1      | -      | 2,6                 | 0,2           | 0,2    | SP                     |
| 2               | 100                         | 99   | 93    | 81    | 43    | 10    | 1      | -      | 2,7                 | 2,3           | 2,4    | SP                     |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |
|                 |                             |      |       |       |       |       |        |        |                     |               |        |                        |

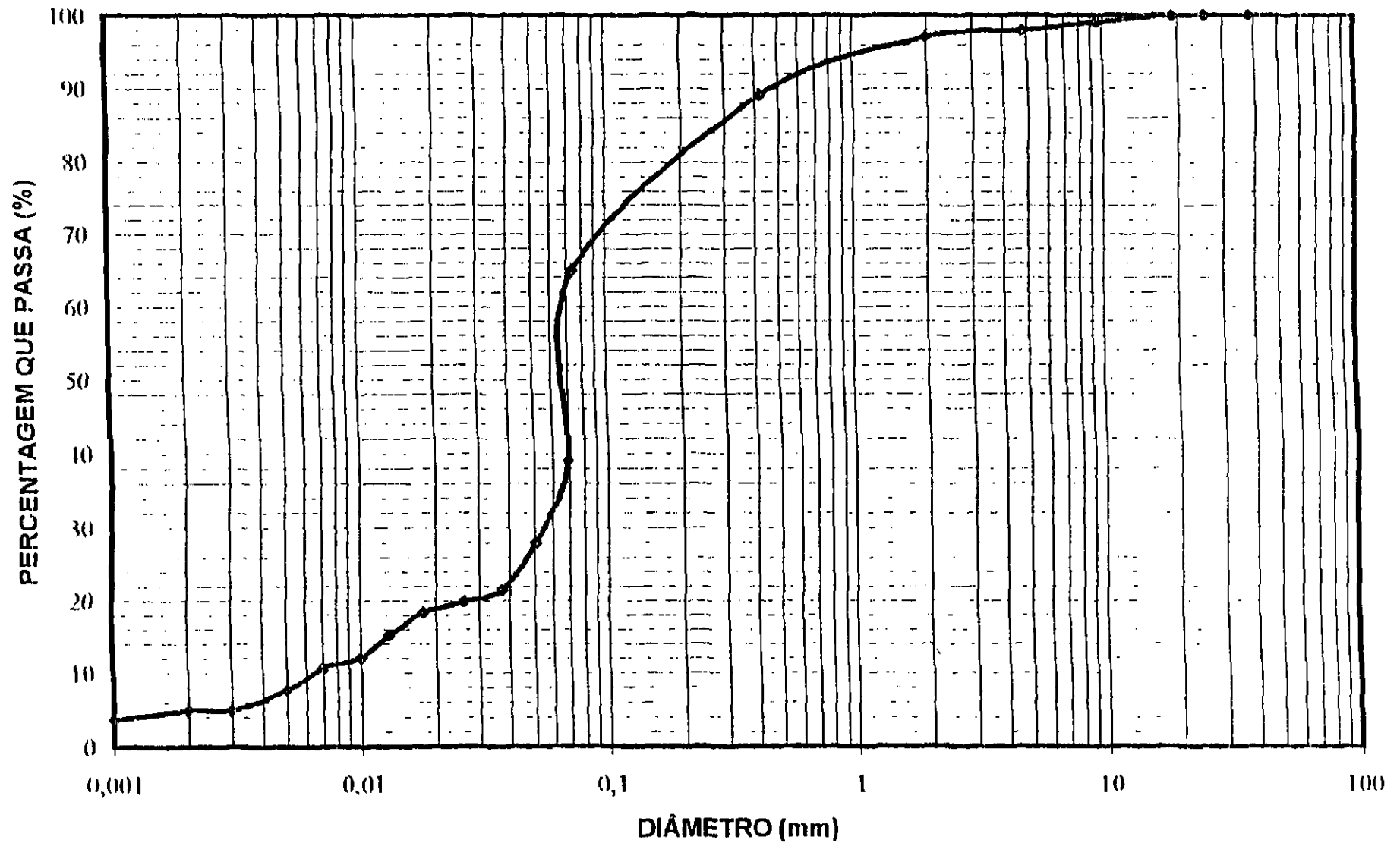
000120



**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

000121

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

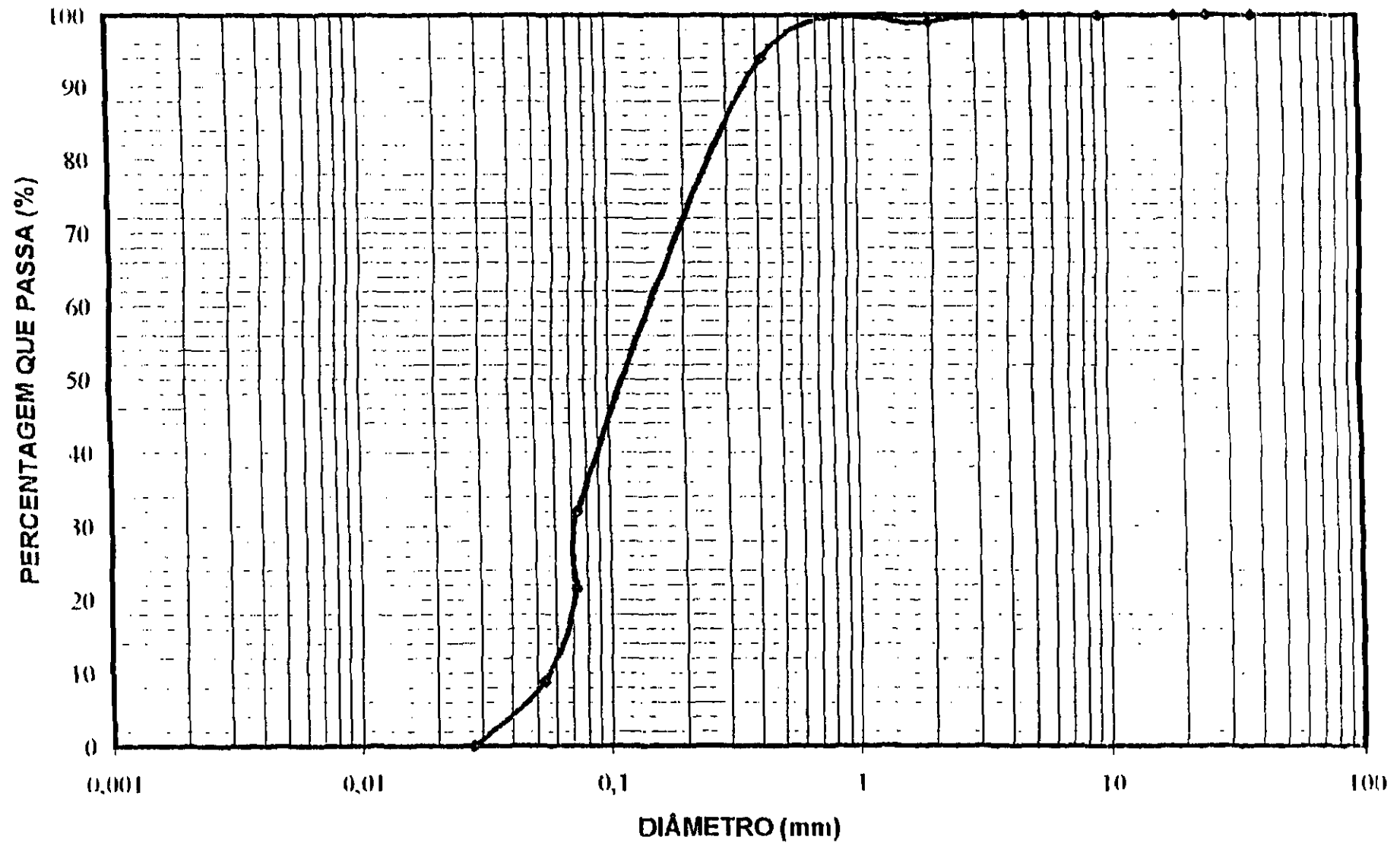


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho - Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo. 01 (0,10-0,60)

000122

1,0

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

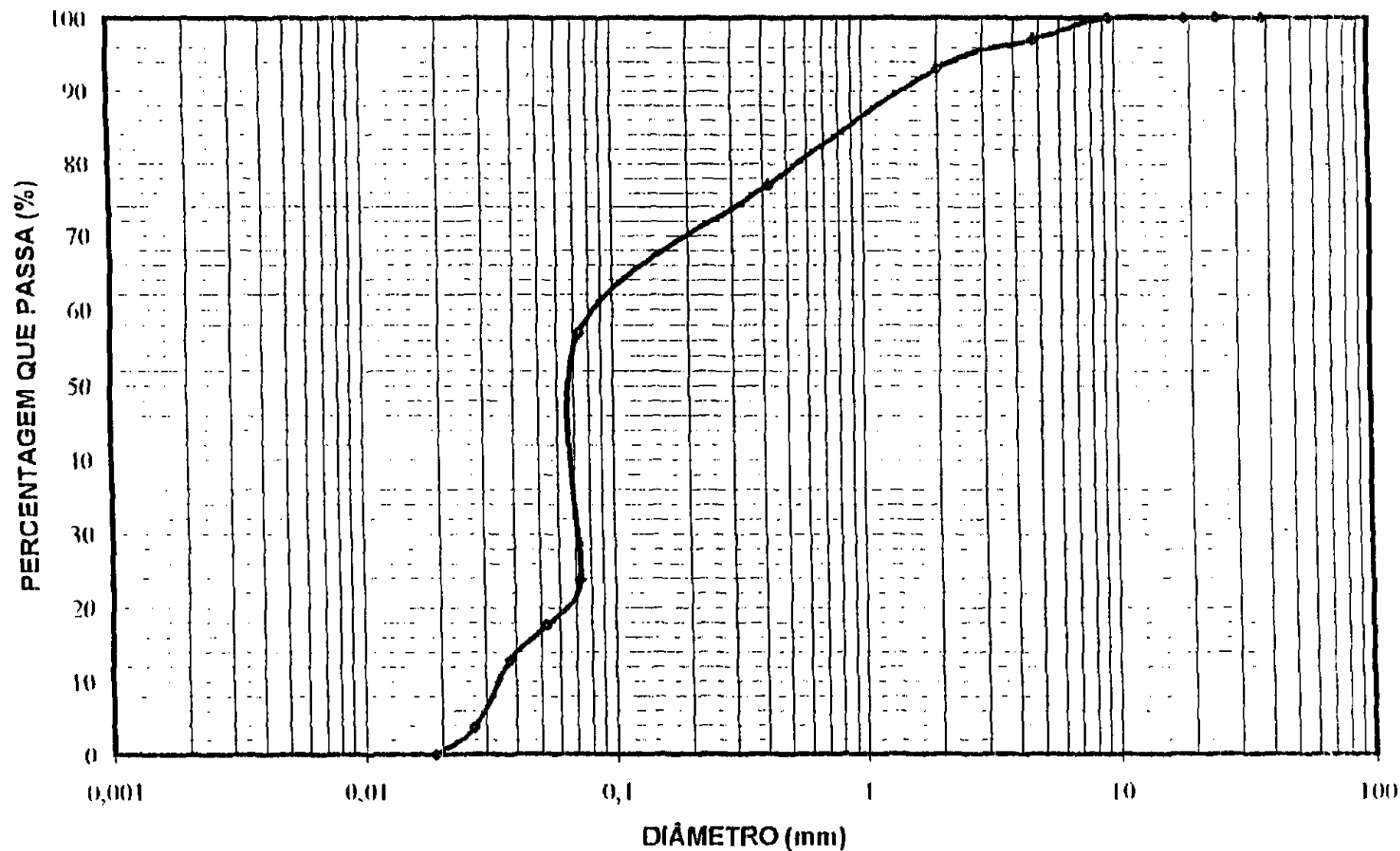


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 01 (0,60-1,10)

000123

11

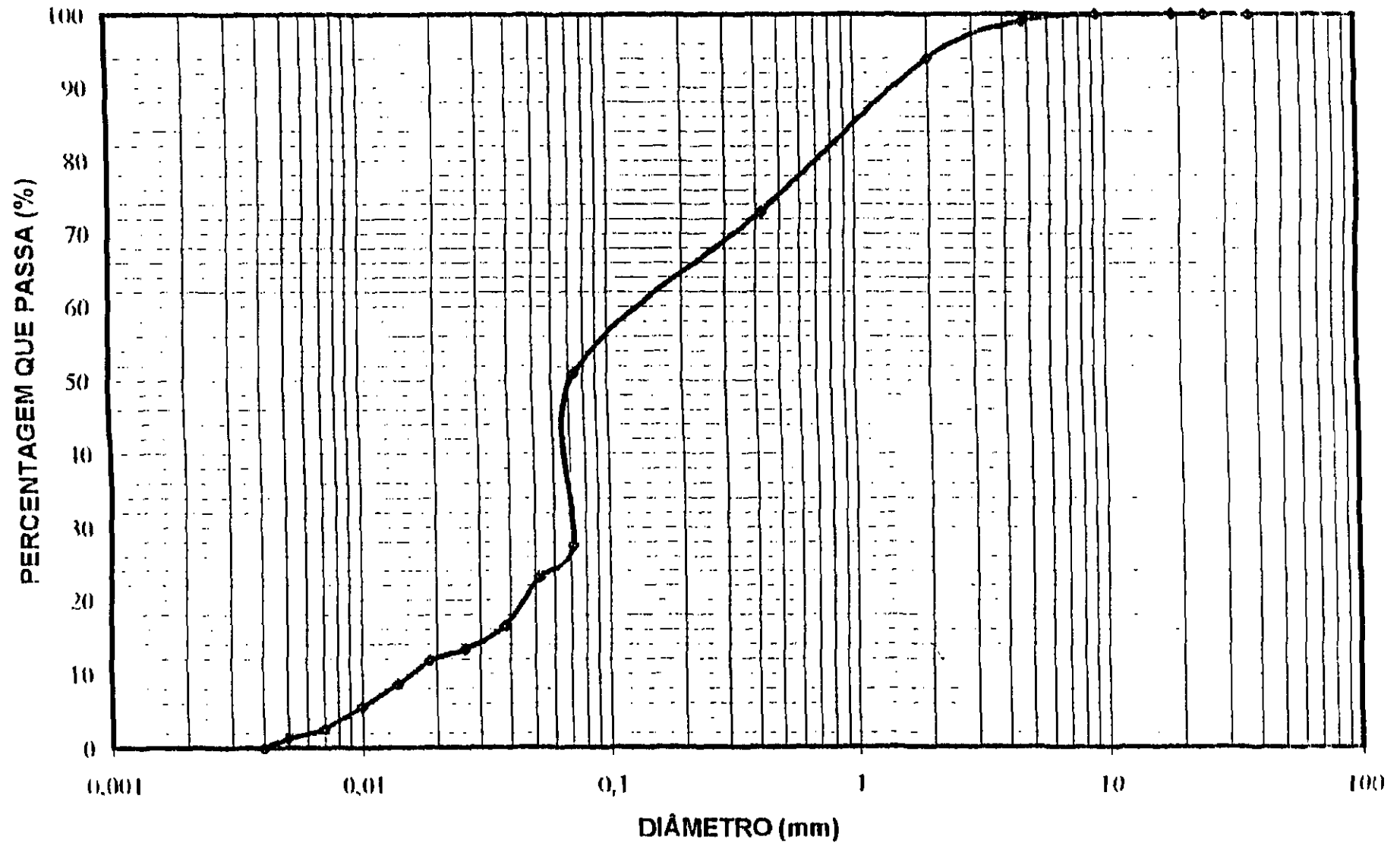
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 03 (0,10-3,20)

000124

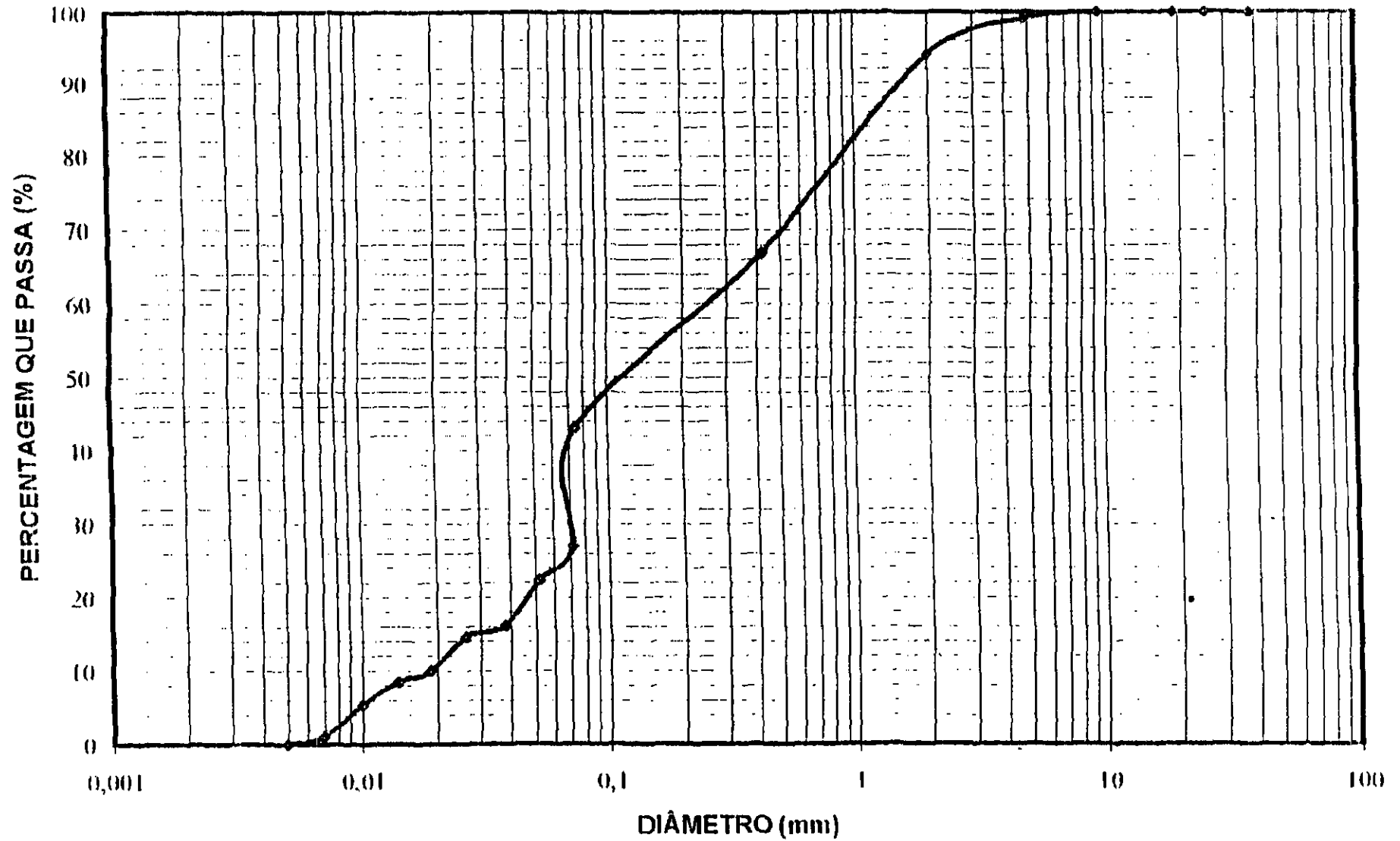
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 05 (0,10-2,00)

000125

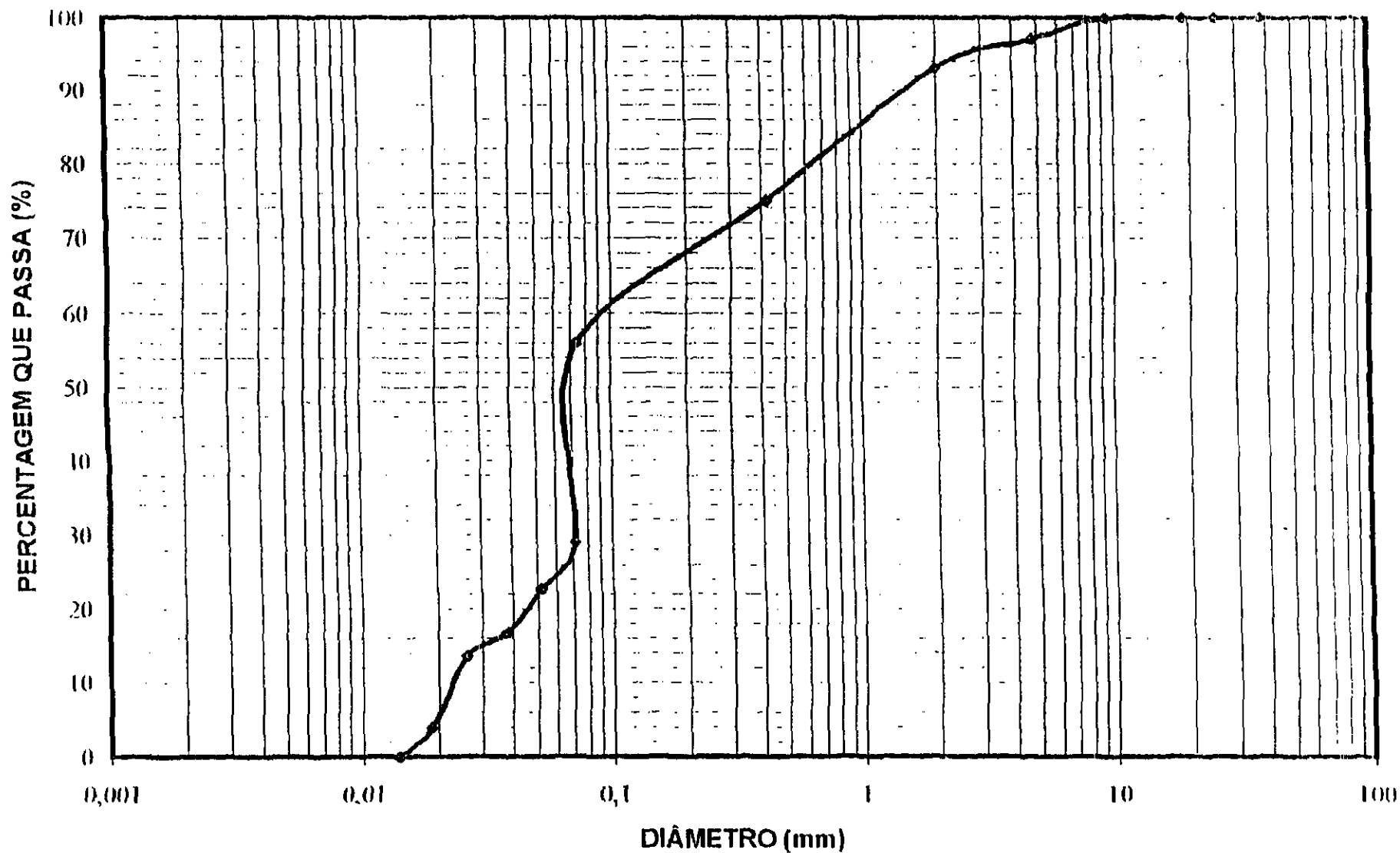
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 05 (2,00-2,70)

000126

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

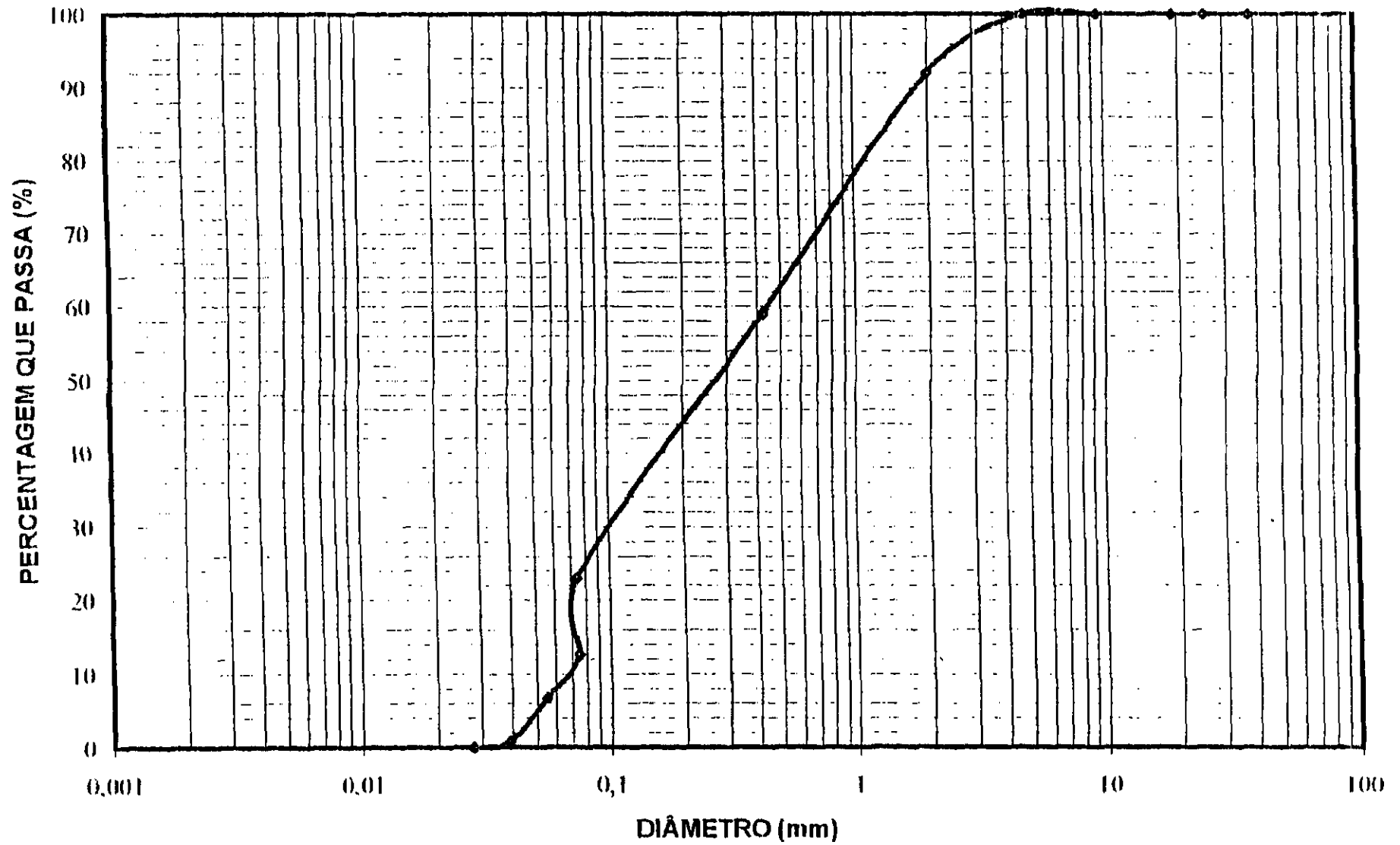


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 08 (0,10-2,00)

000127

11  
01

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

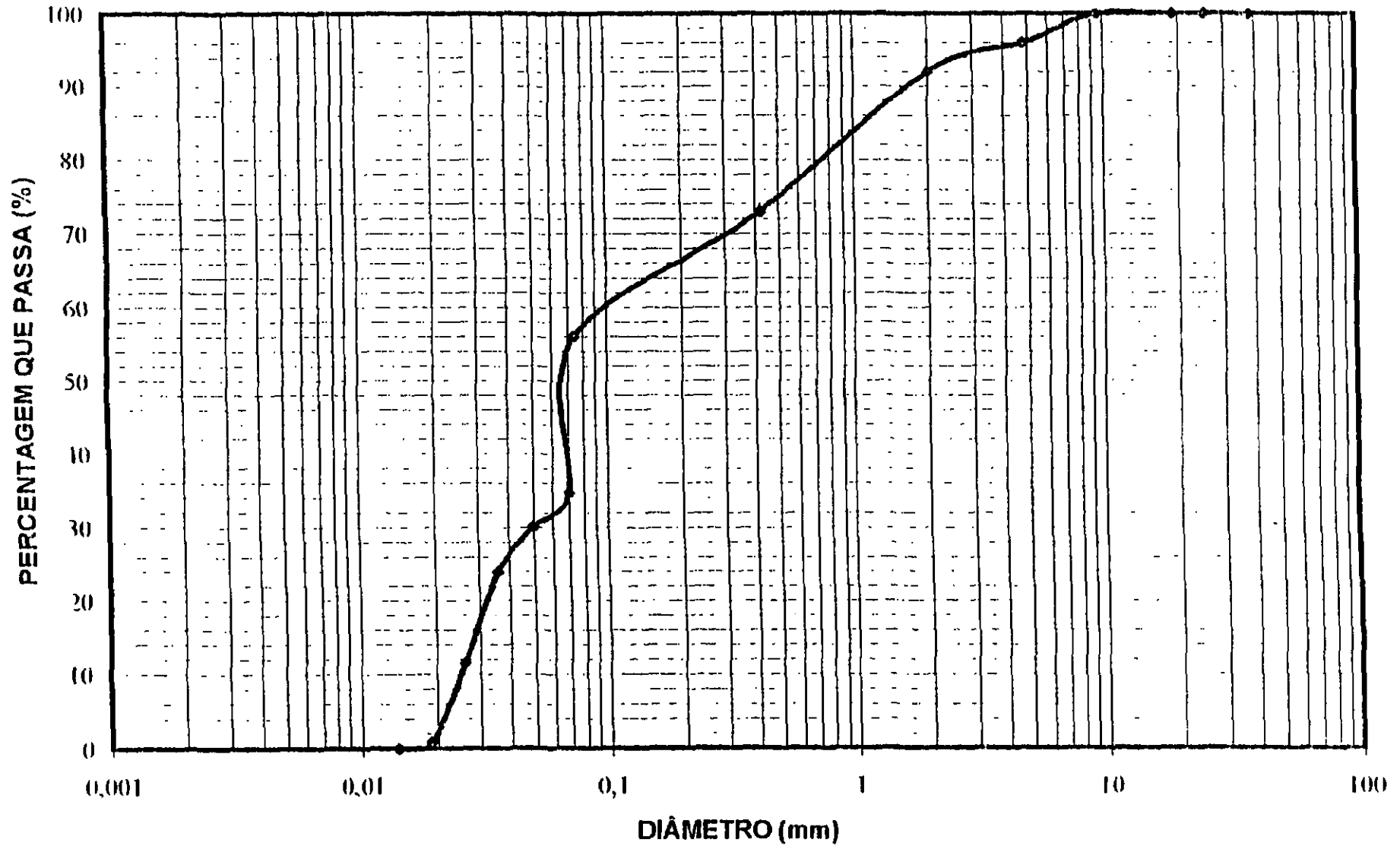


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 08 (2,00-2,60)

000128



# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

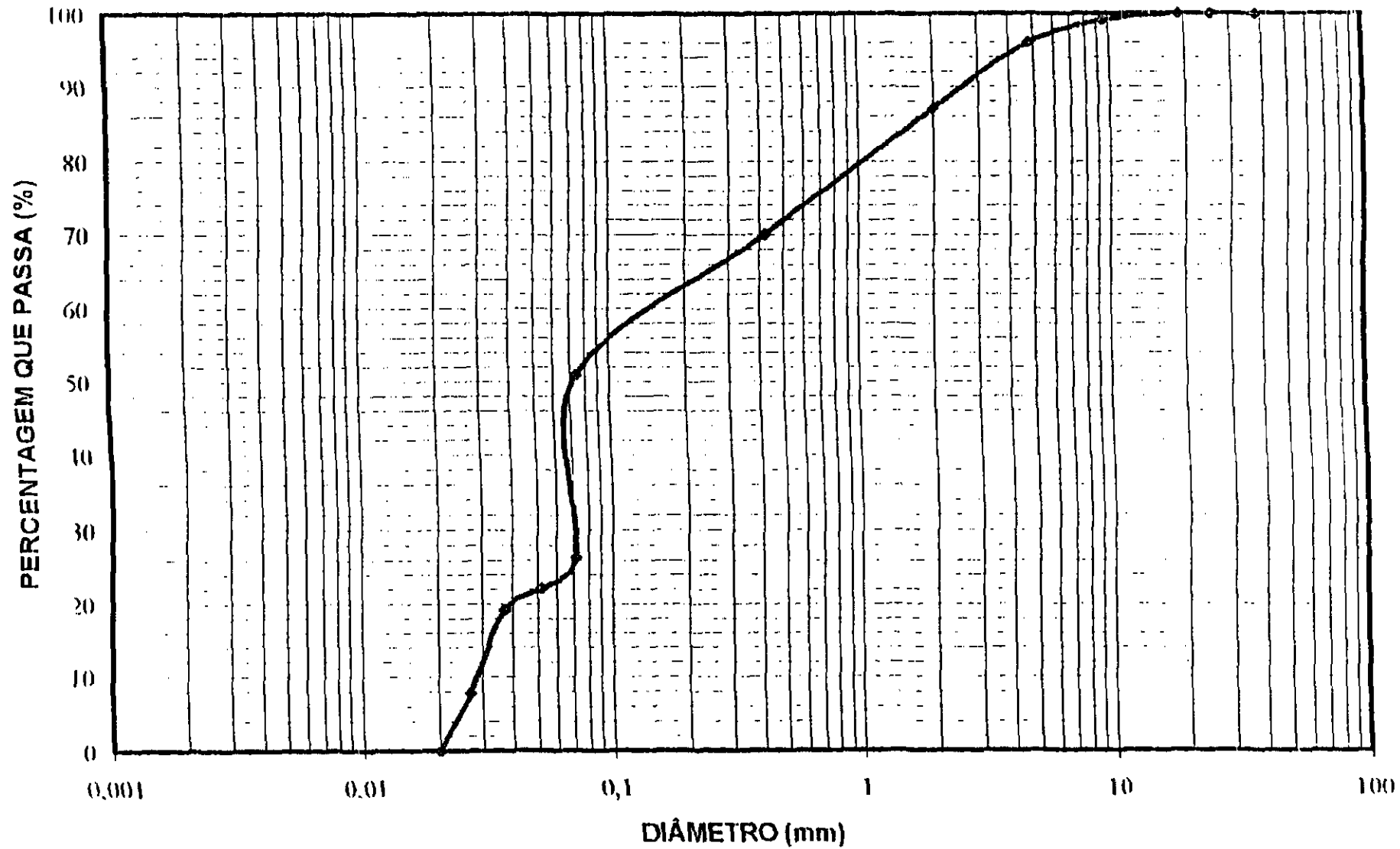


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 09 (0,10-1,30)

000129

1,7

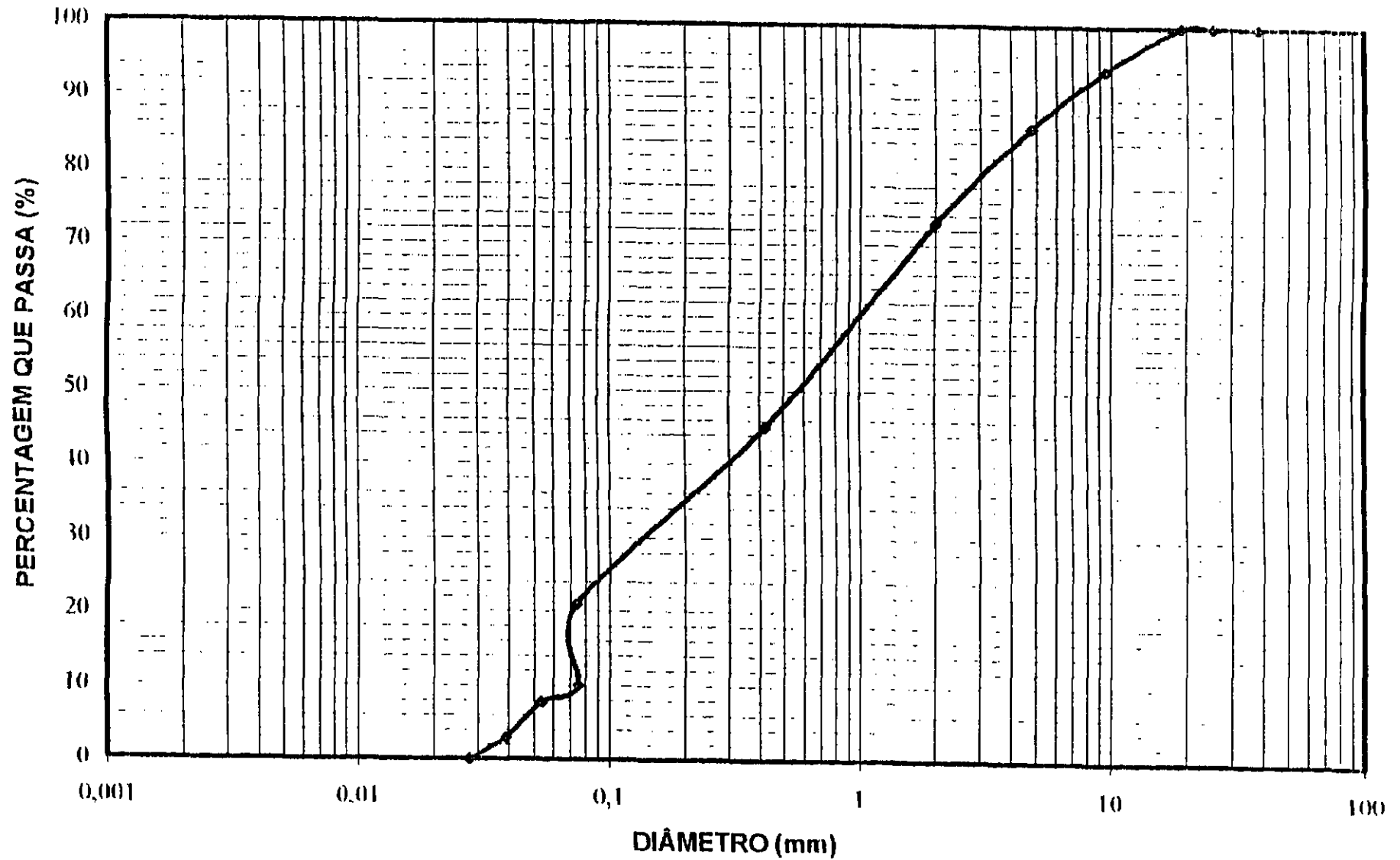
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 10 (0,10-0,90)

000130

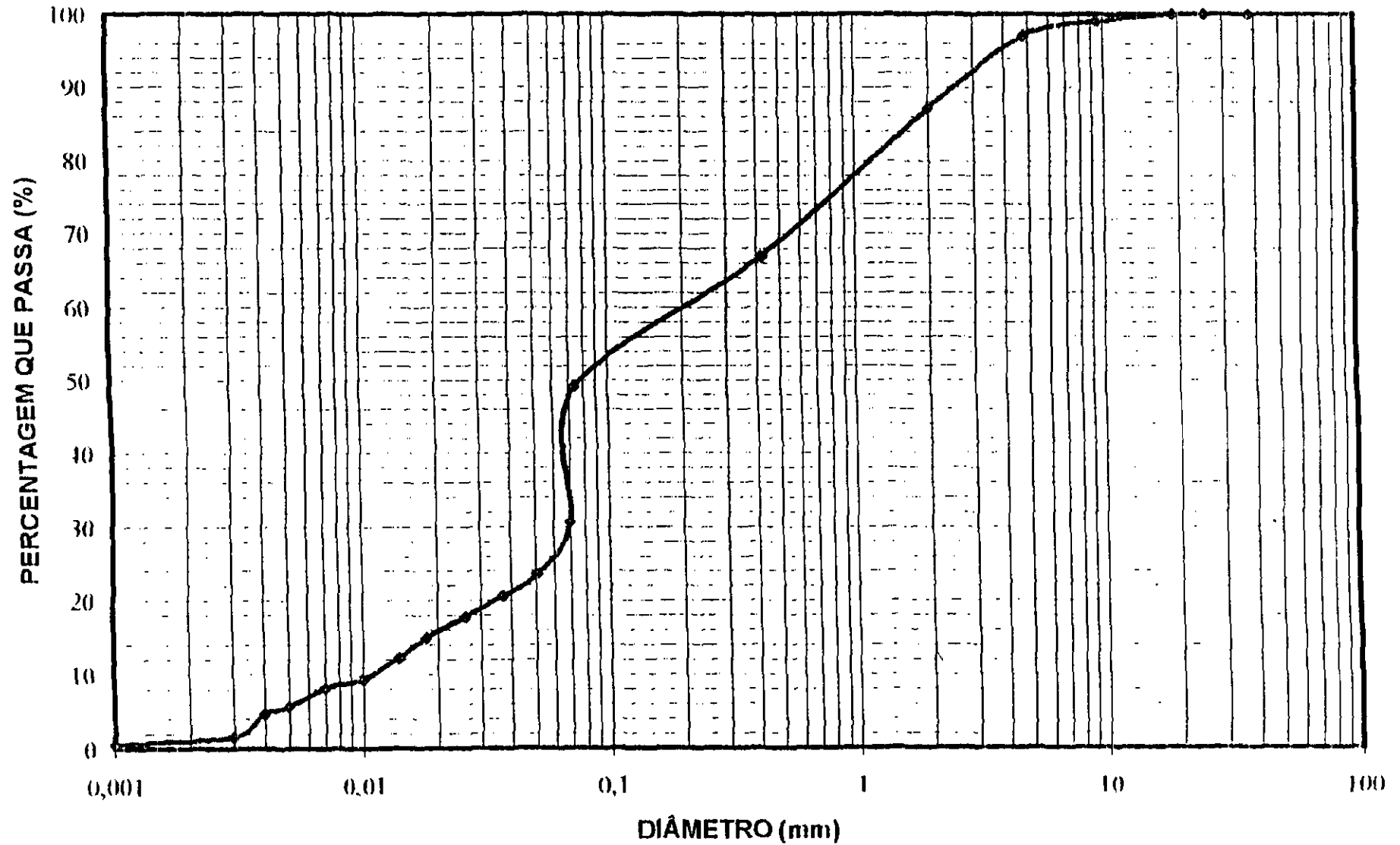
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 10 (0,90-1,40)

000131

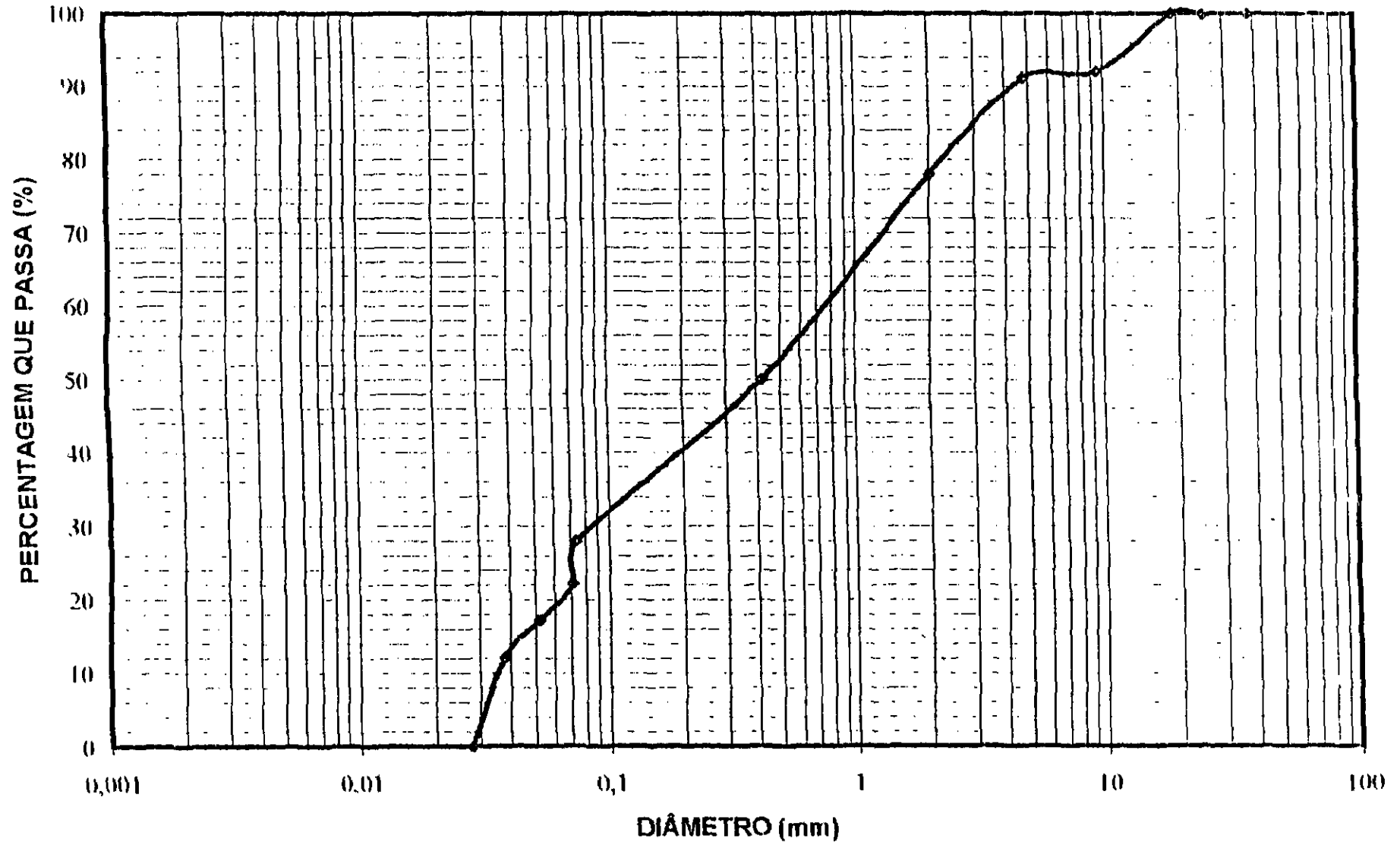
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 12 (0,10-1,10)

000132

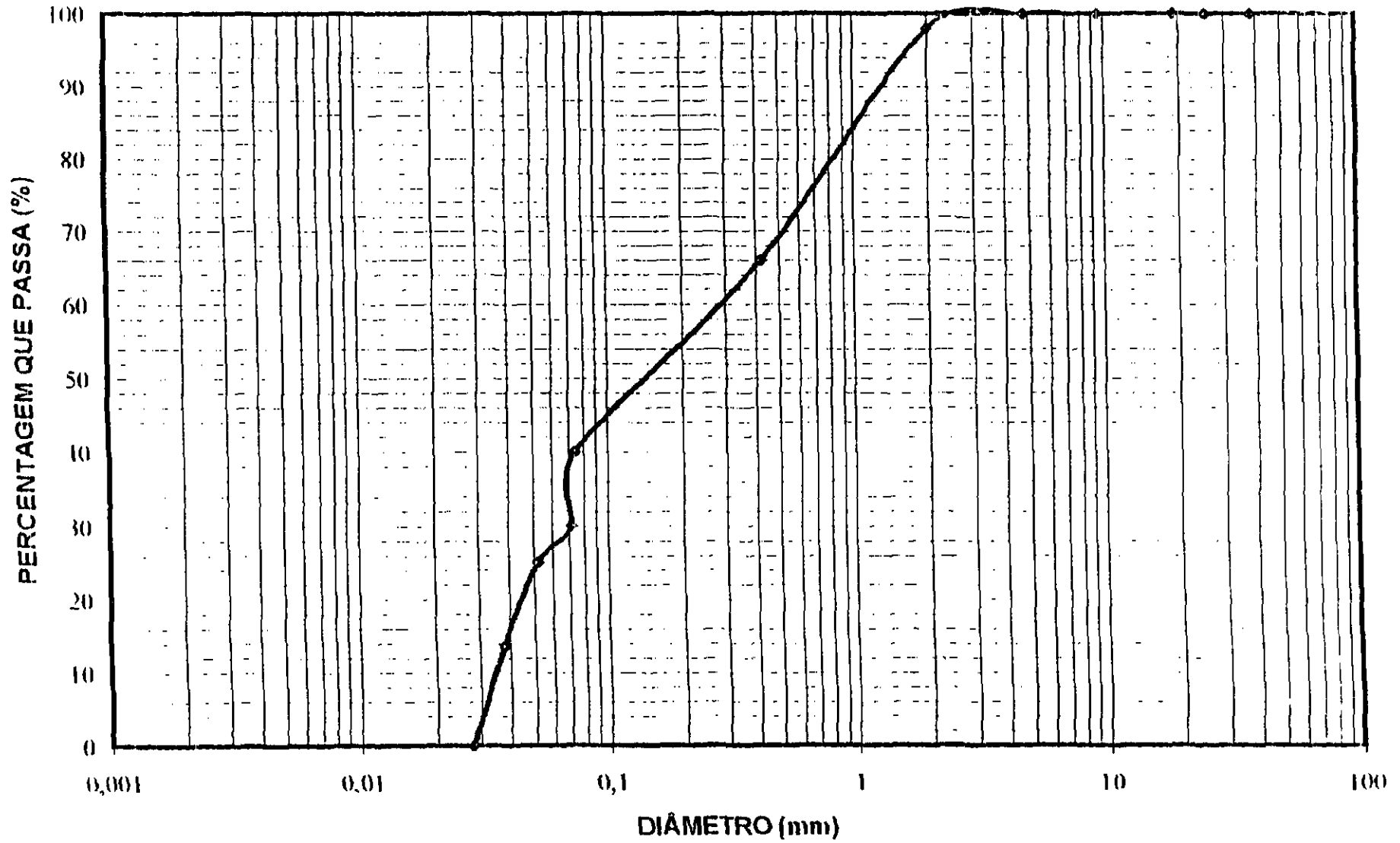
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 12 (1,10-1,70)

000133

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

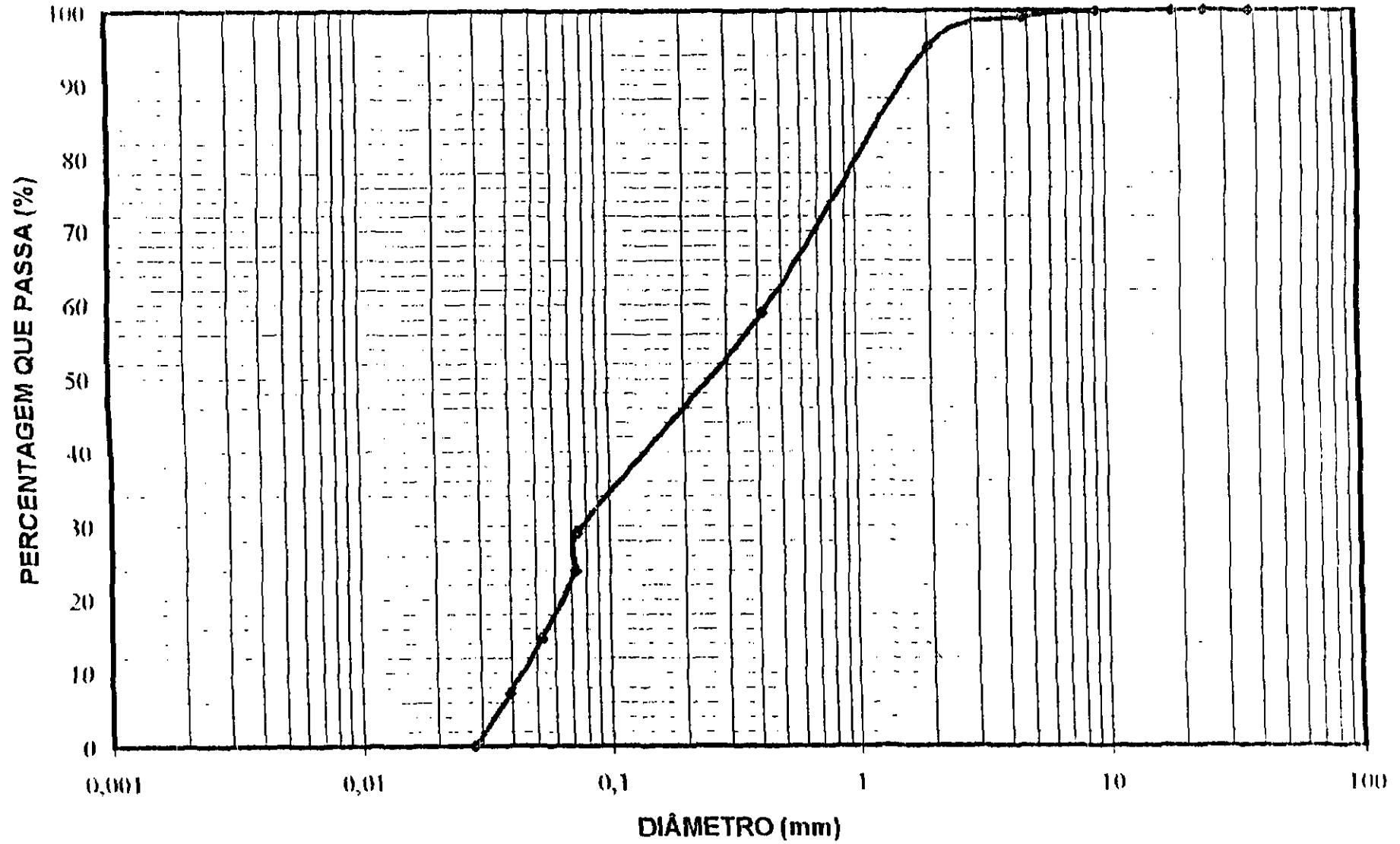


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Juzida J-01 Furo 13 (0,10-0,80)

000134

102

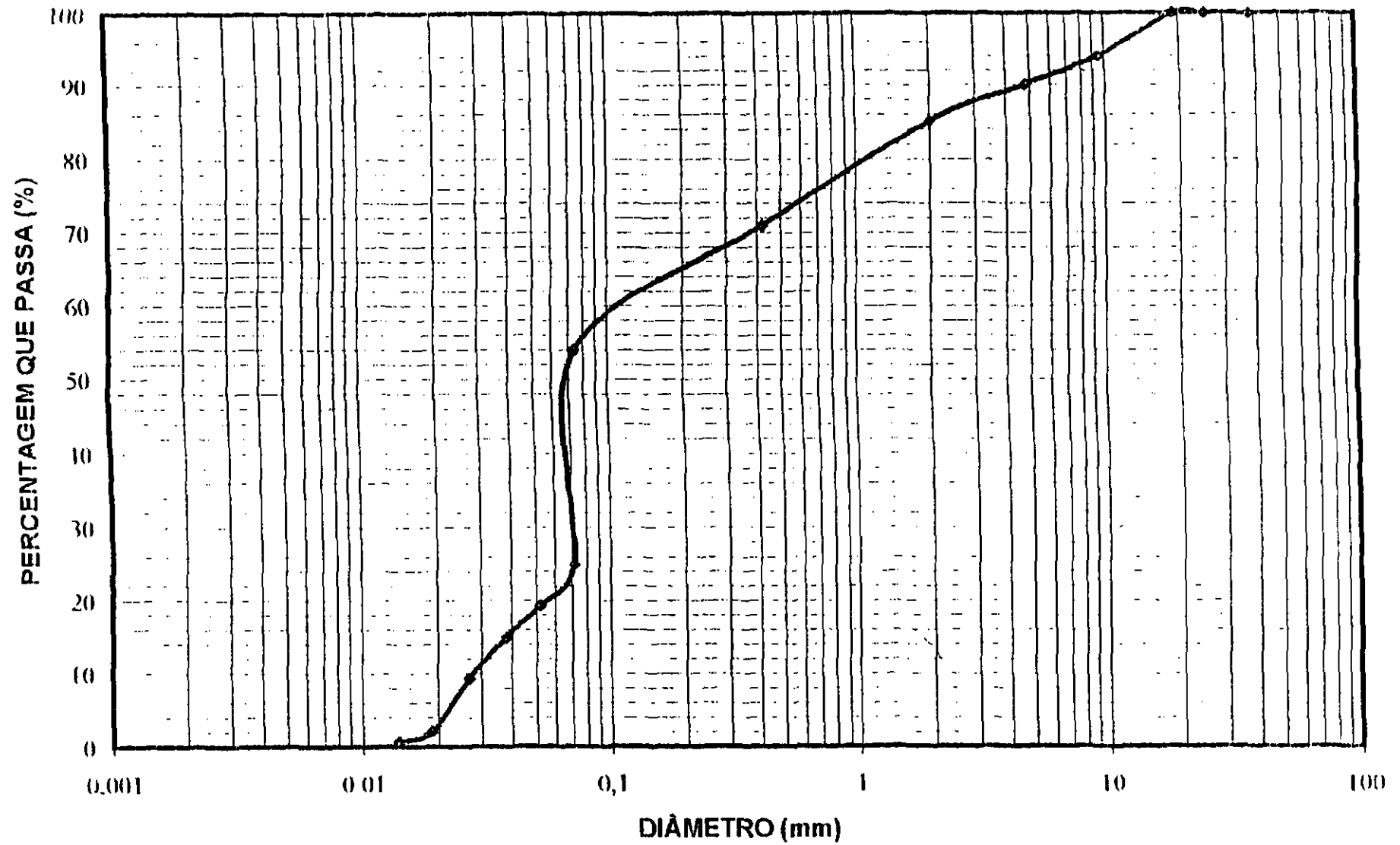
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida. J-01 Furo 13 (0,80-1,30)

000135

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



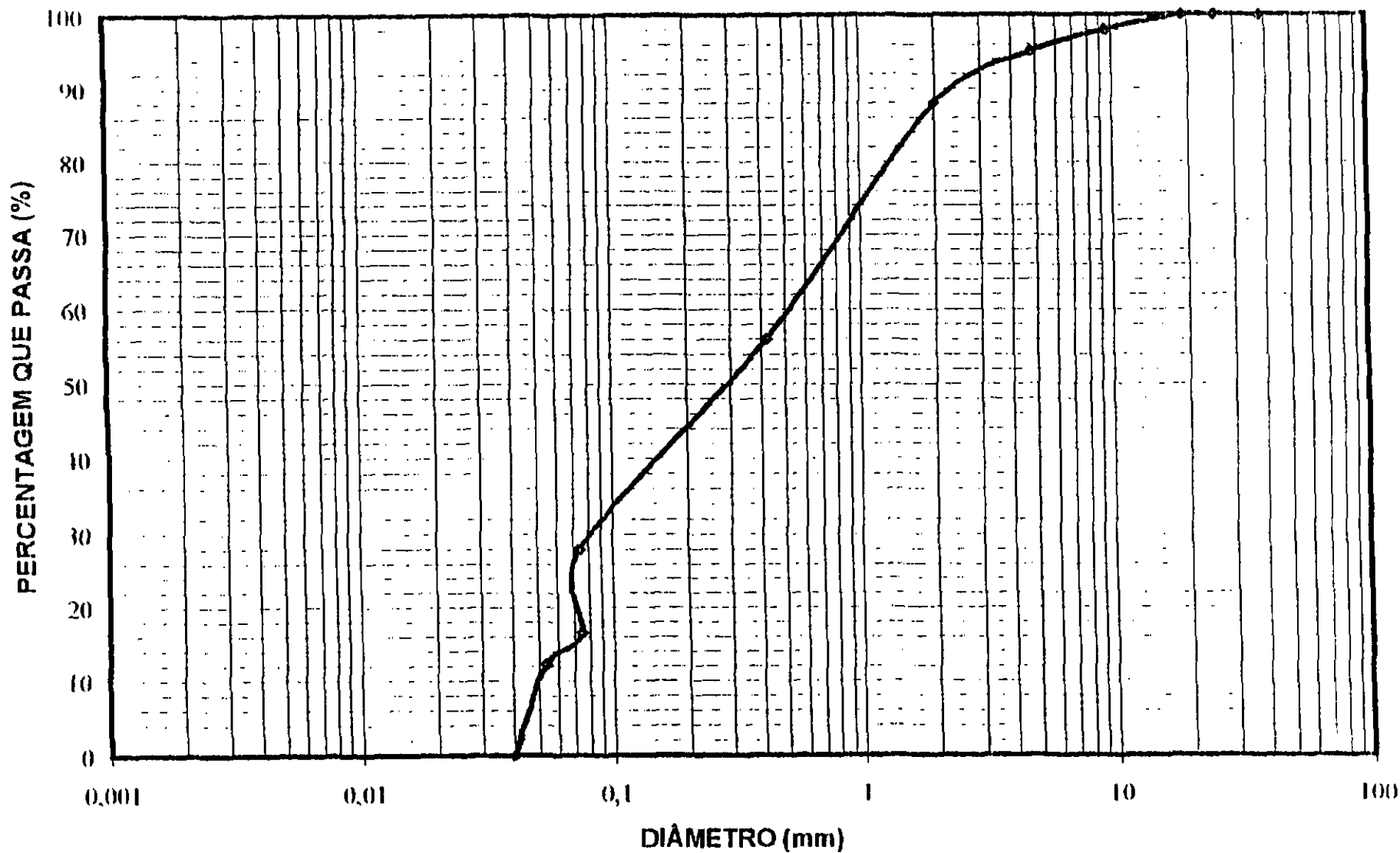
ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 15 (0,10-2,00)

000136

401



# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

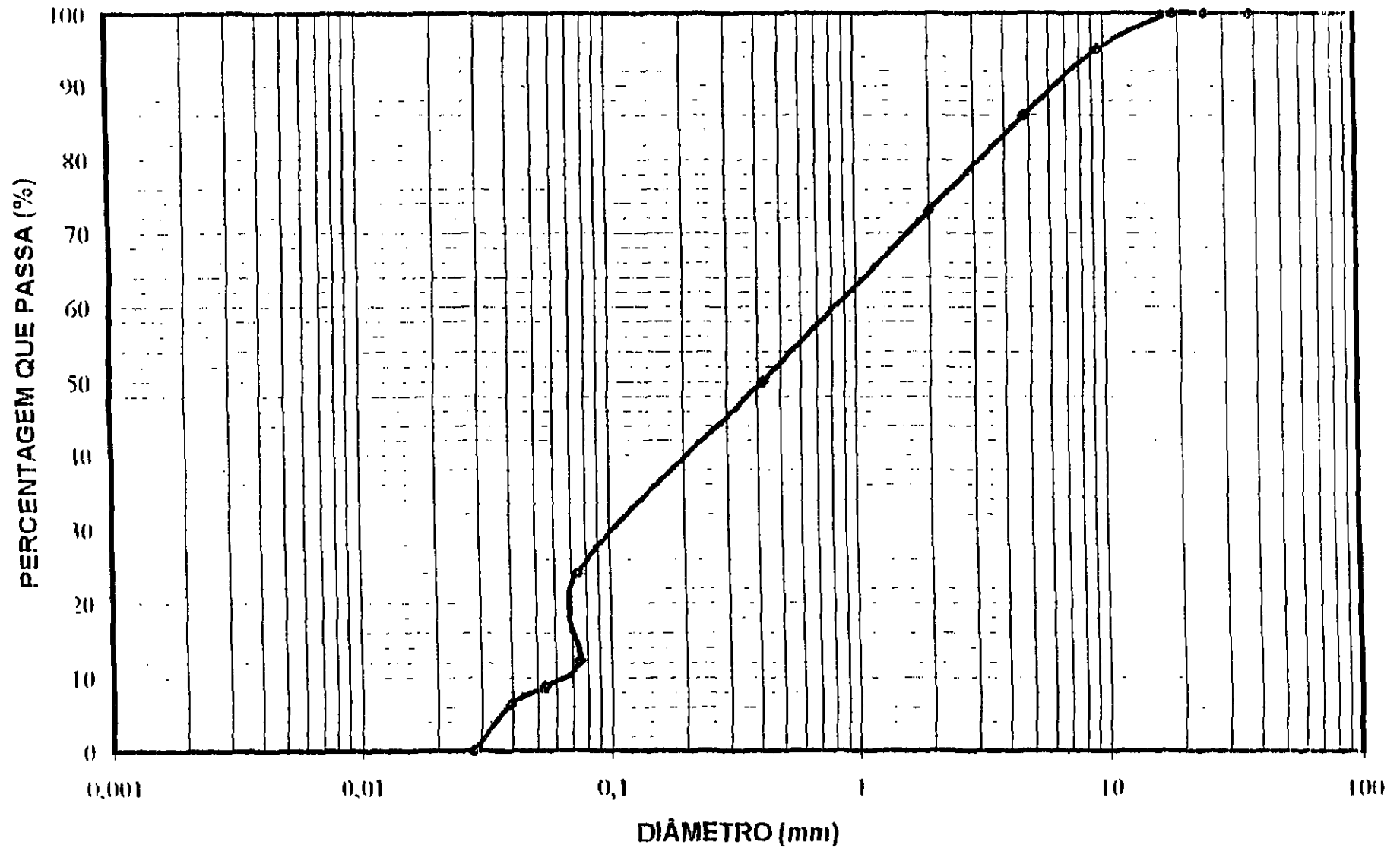


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 15 (2,00-2,50)

000137

1  
C  
01

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

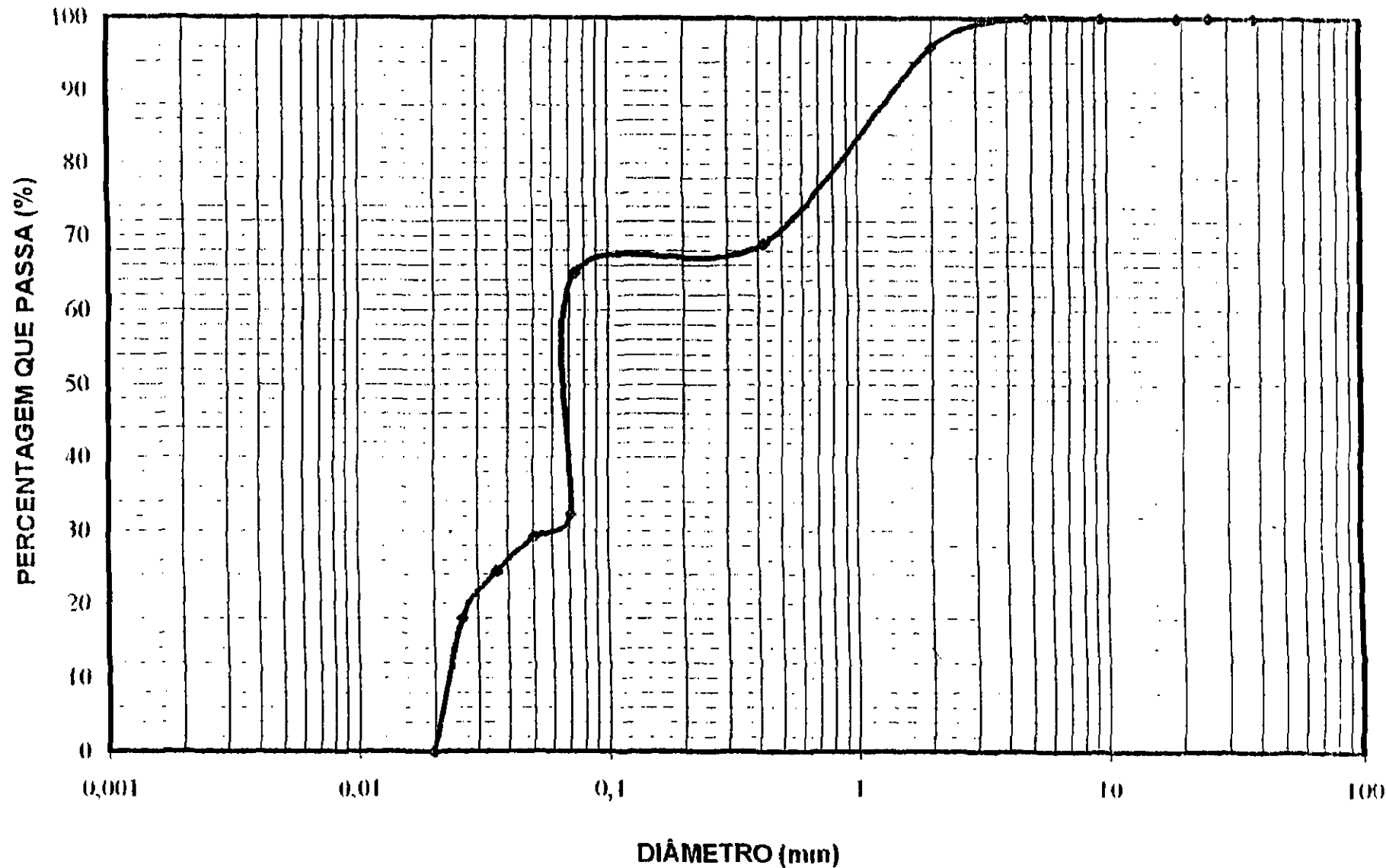


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 17 (0,10-0,50)

000138

100

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

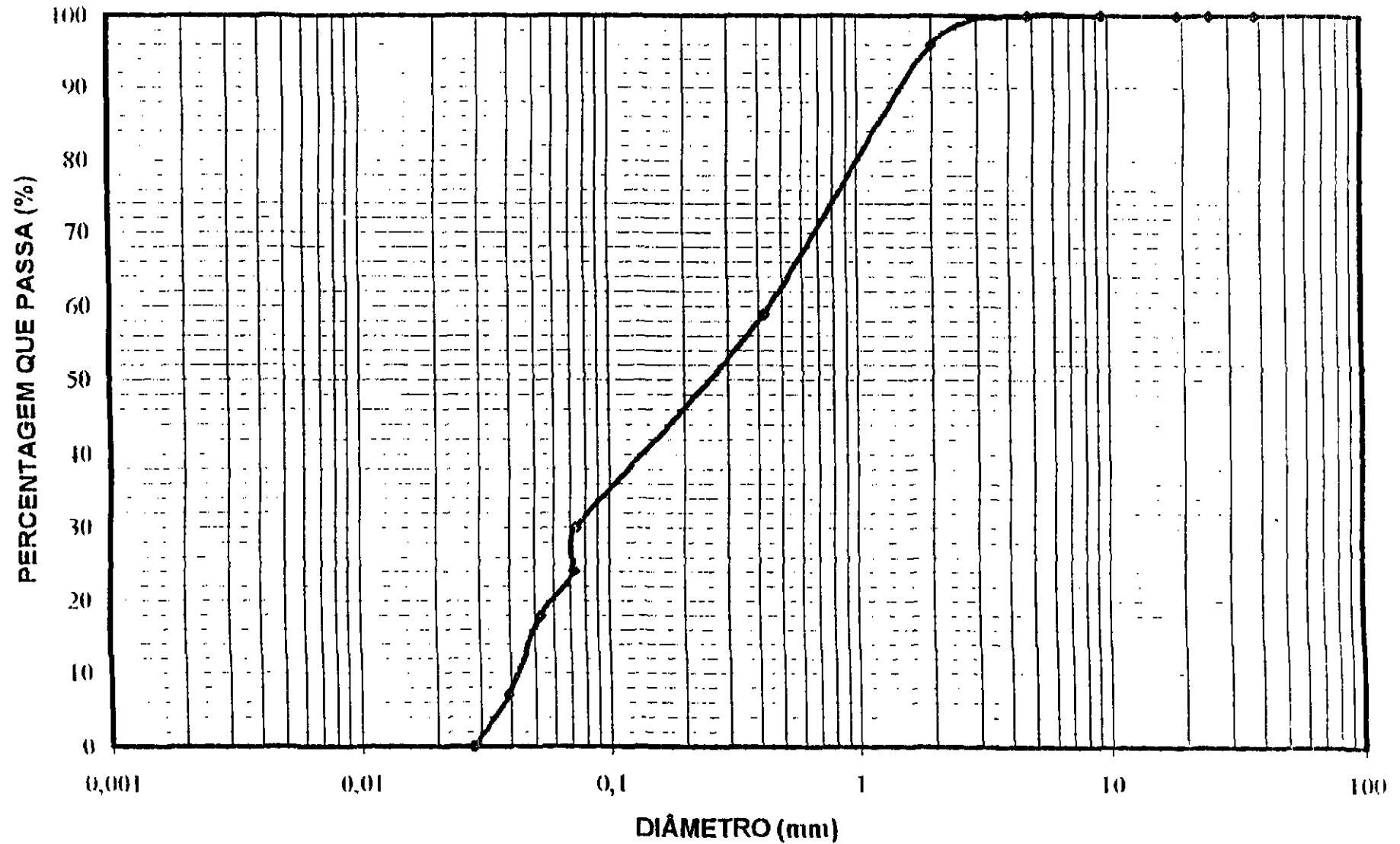


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 20 (0,10-2,20)

000139

137

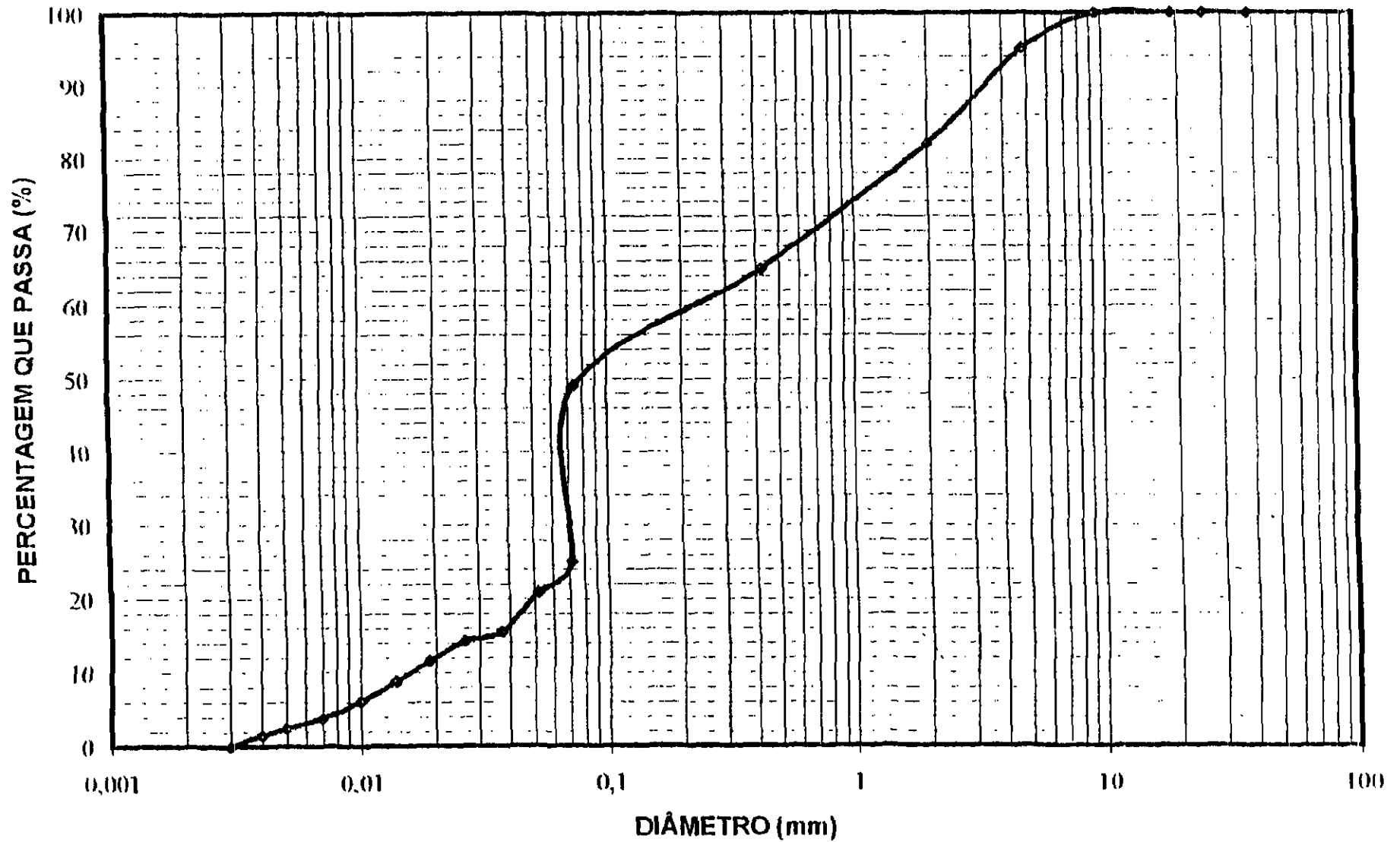
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 20 (2,20-2,70)

000140

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

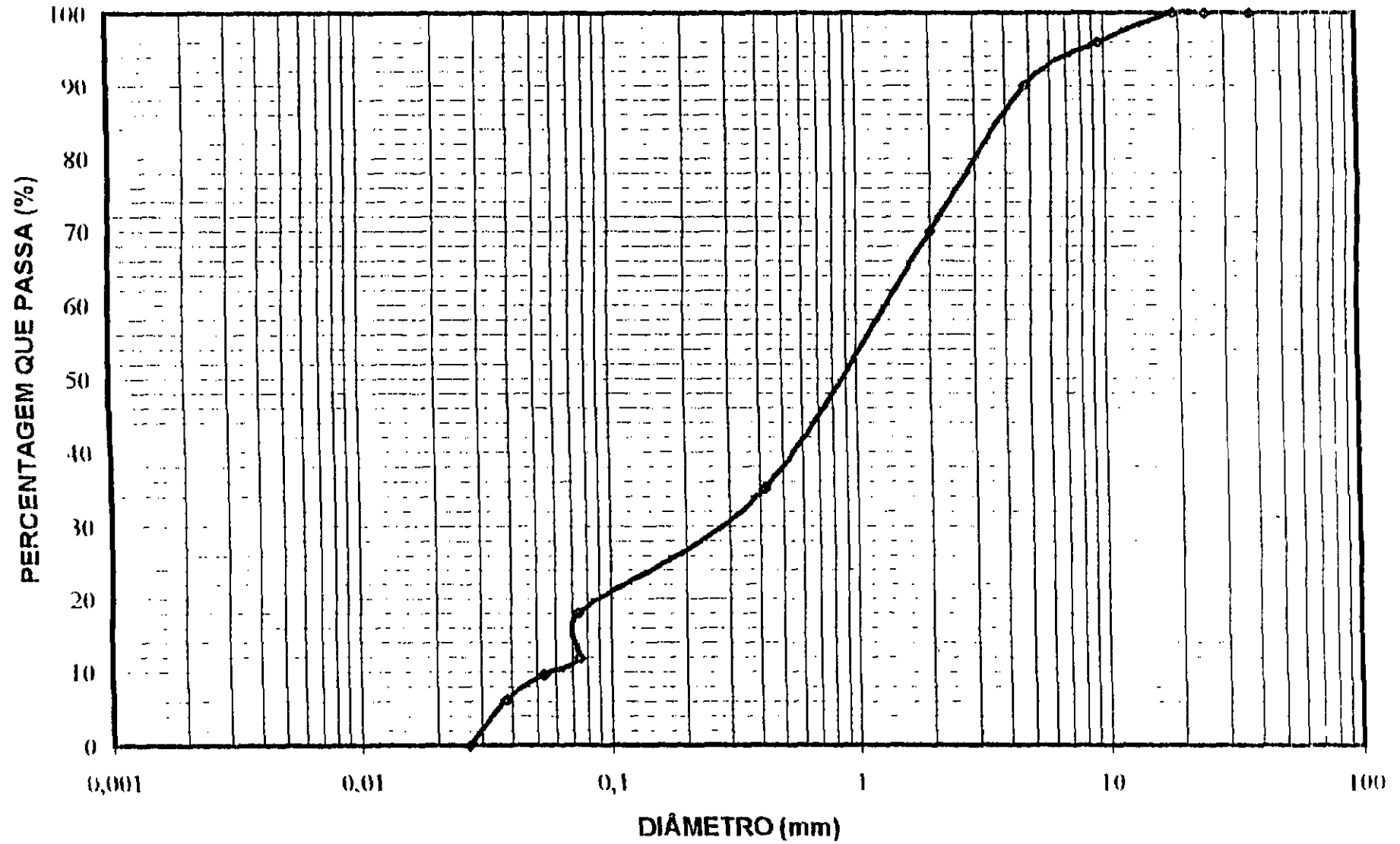


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 22 (0,10-1,20)

000141

100

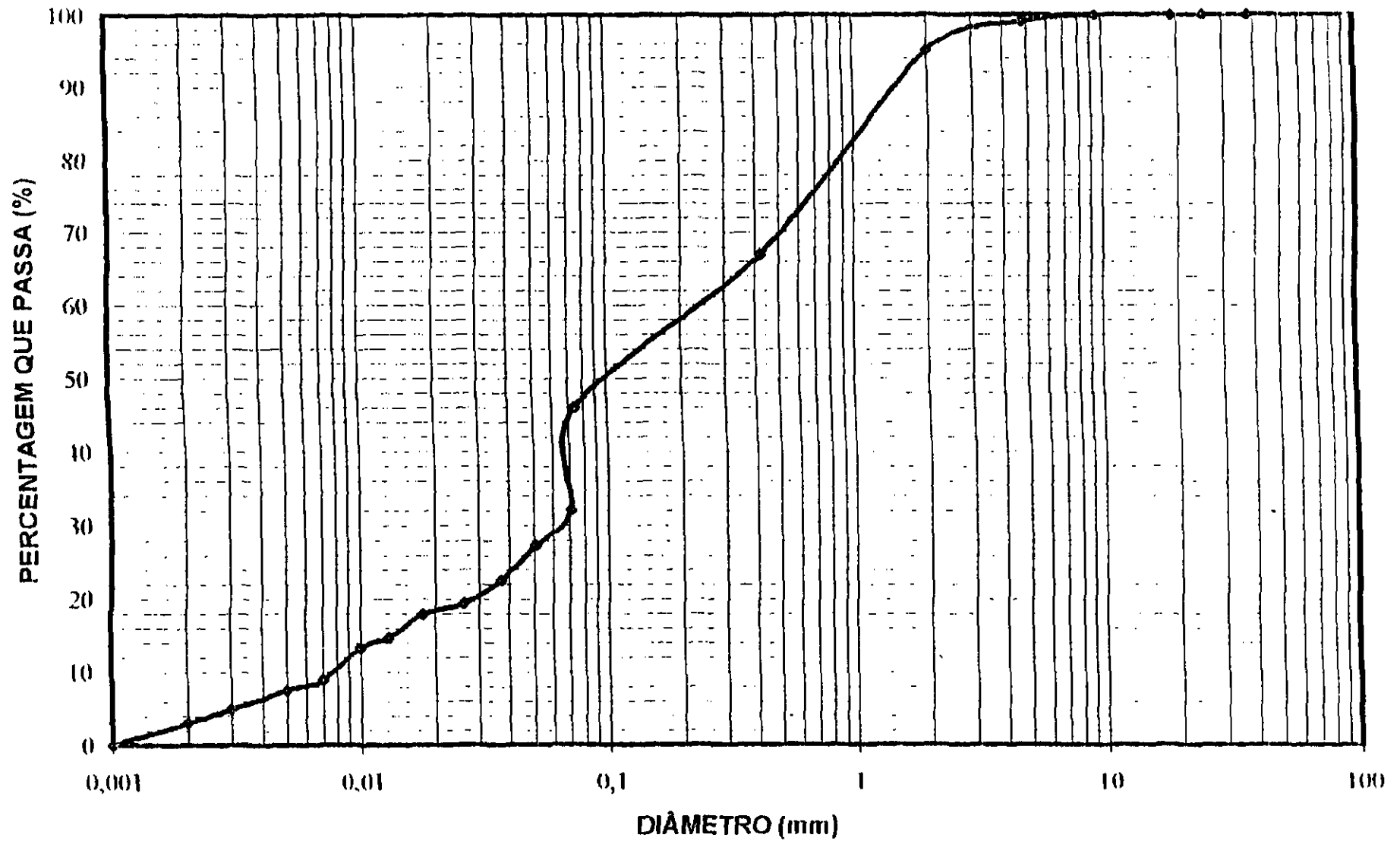
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 24 (0,10-0,50)

000142

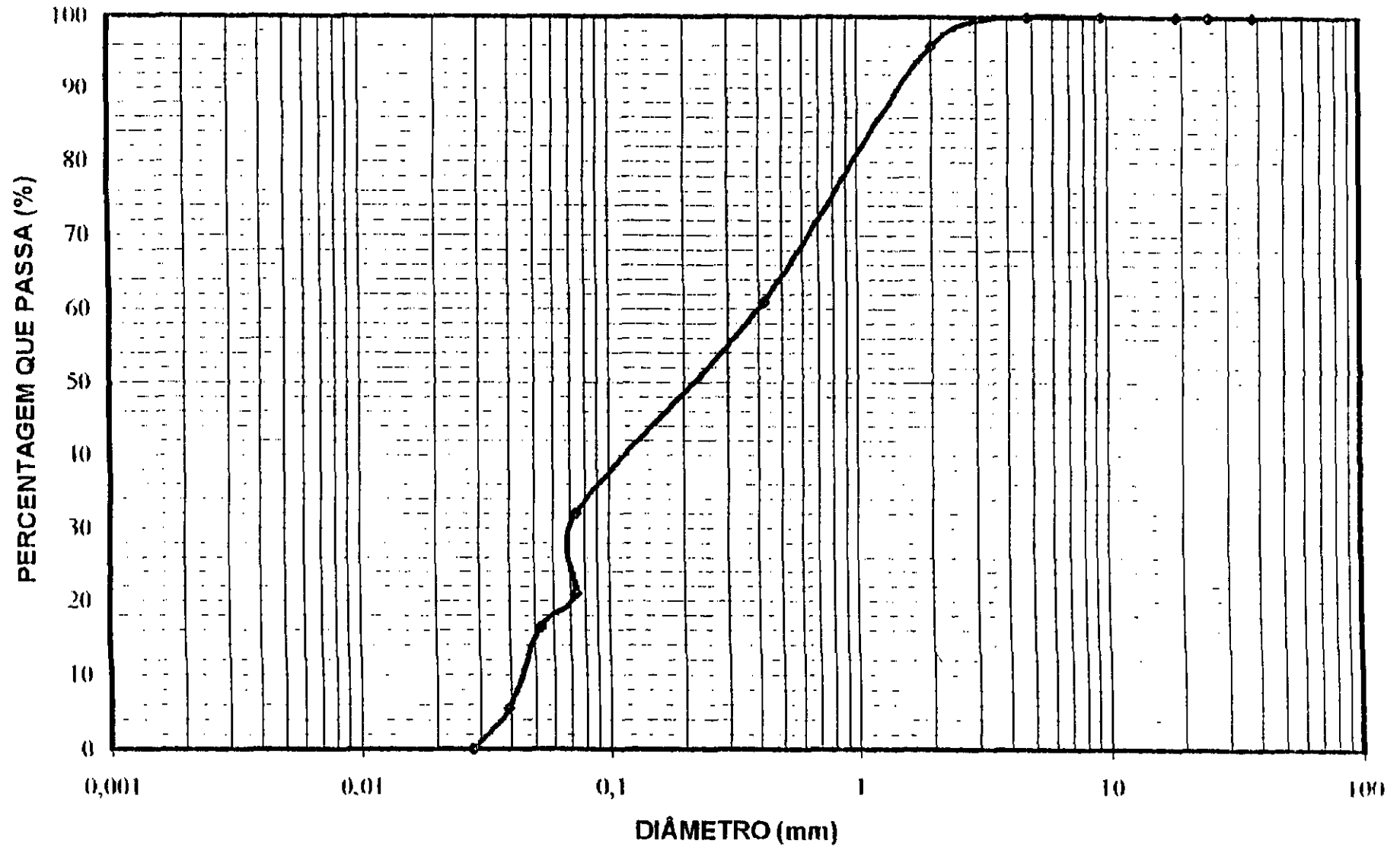
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo: 25 (0,10-1,20)

000143

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



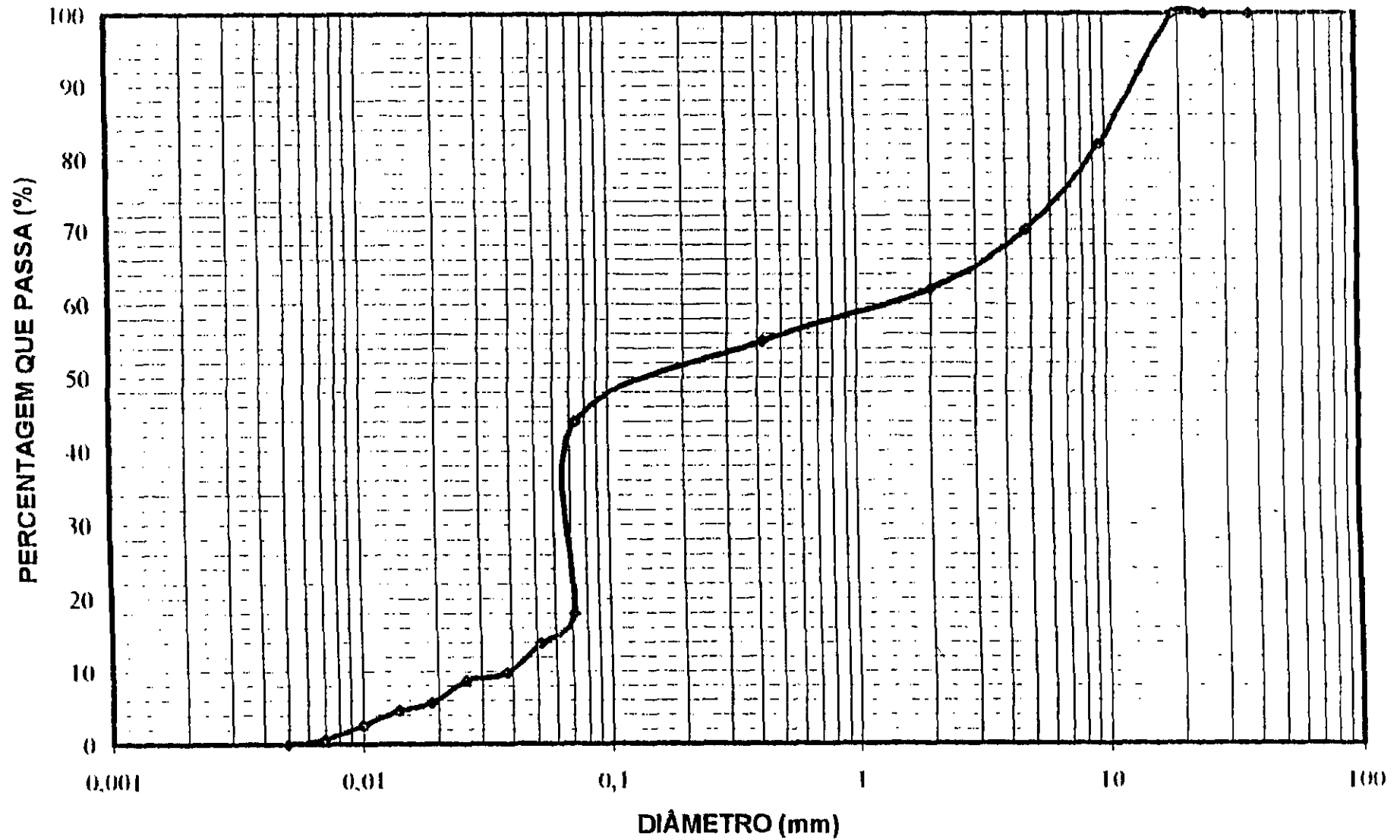
ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 25 (1,20-3,00)

000144

149



# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

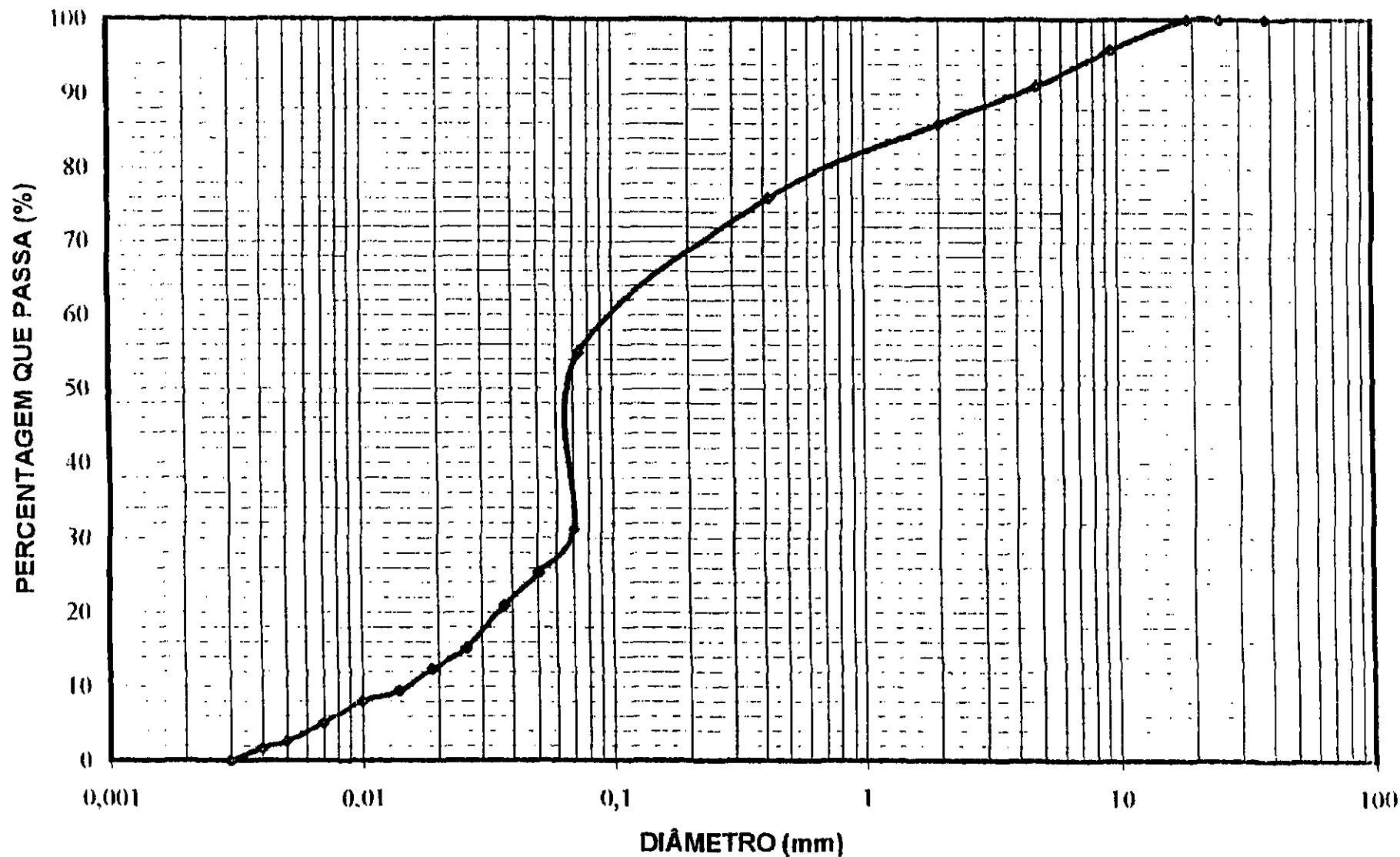


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 27 (0,10-2,30)

000145

143

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

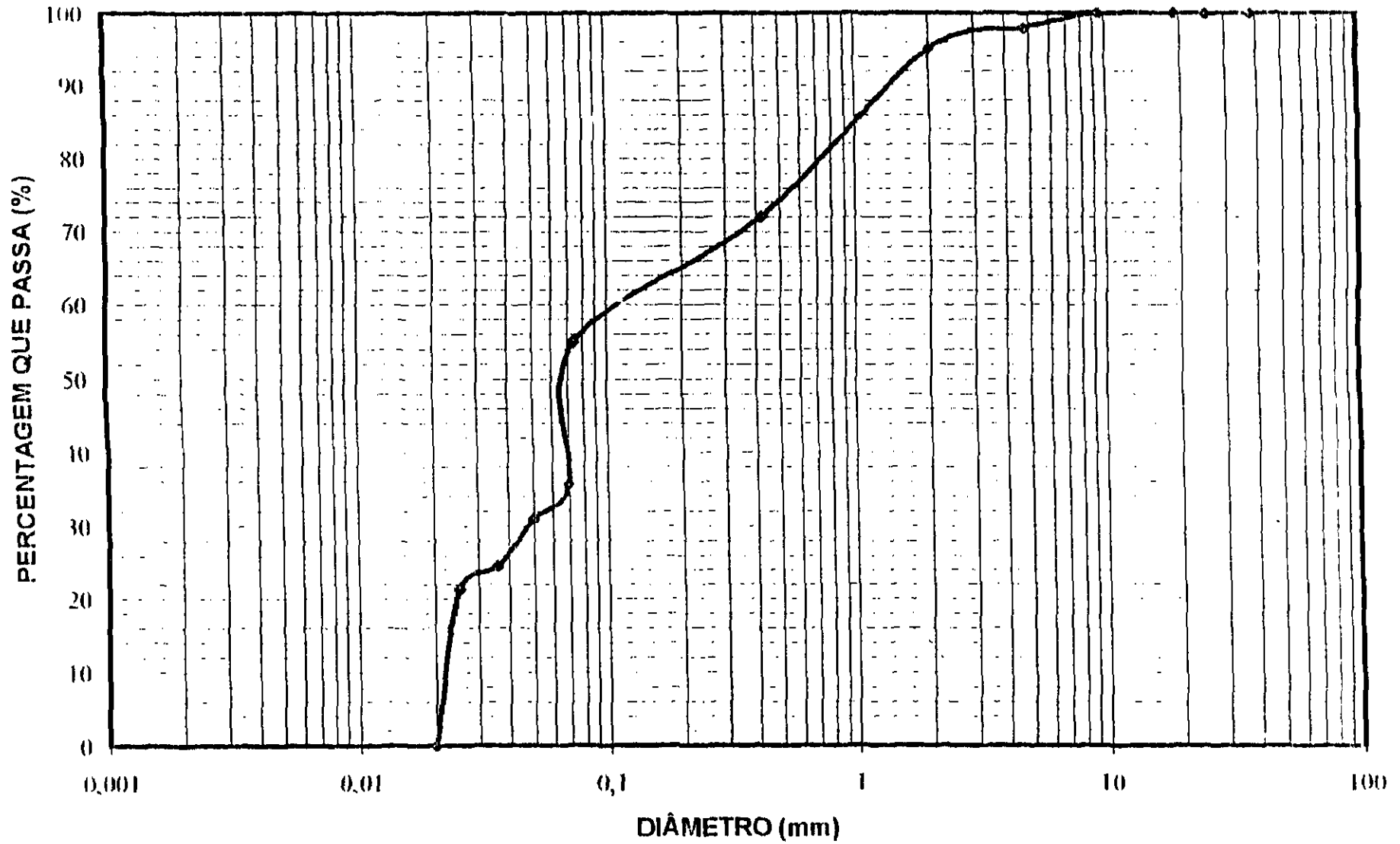


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 29 (0,10-1,10)

000146

124

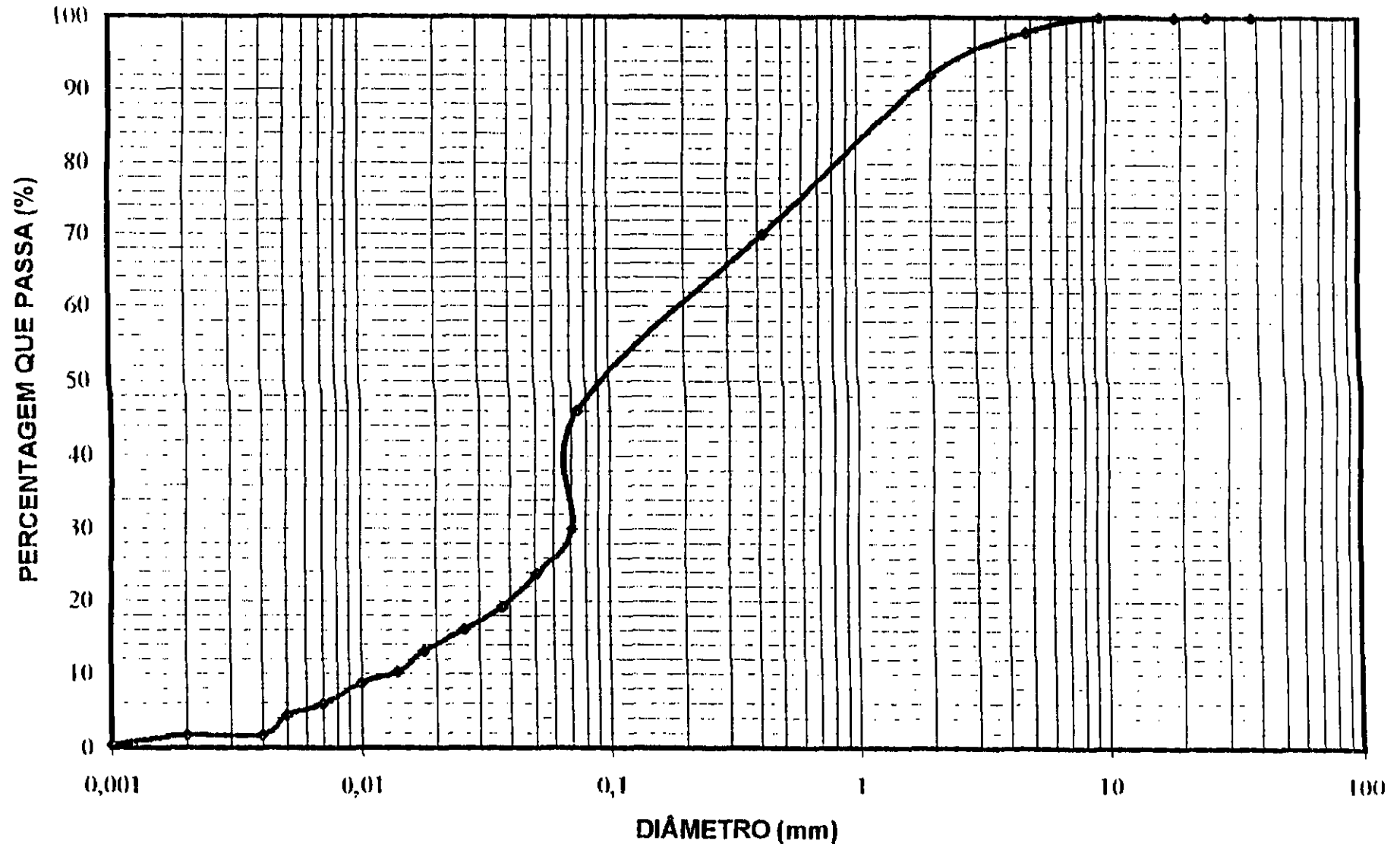
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 31 (0,10-1,70)

000147

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

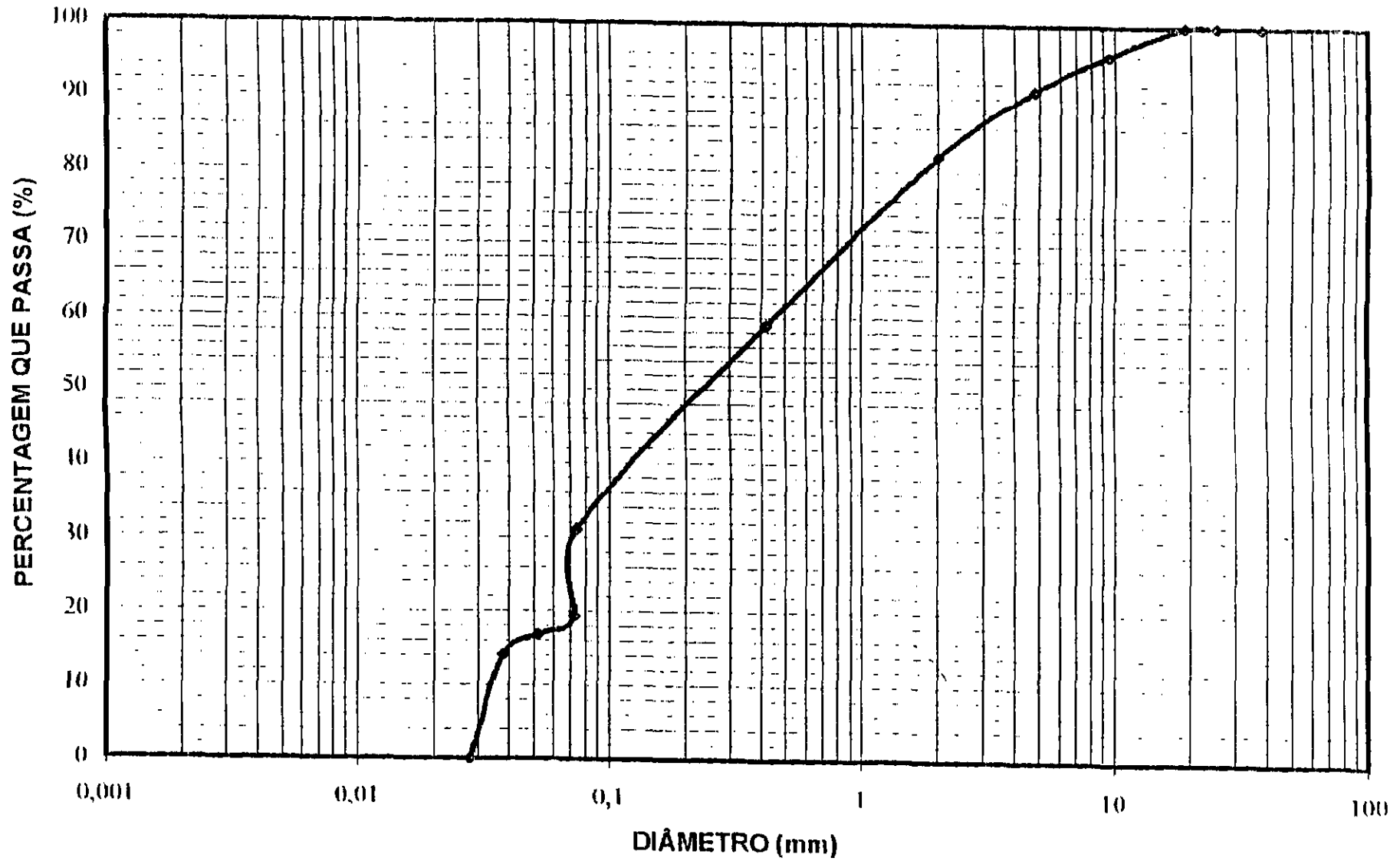


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo. 31 (0,10-1,80)

000148

1  
0

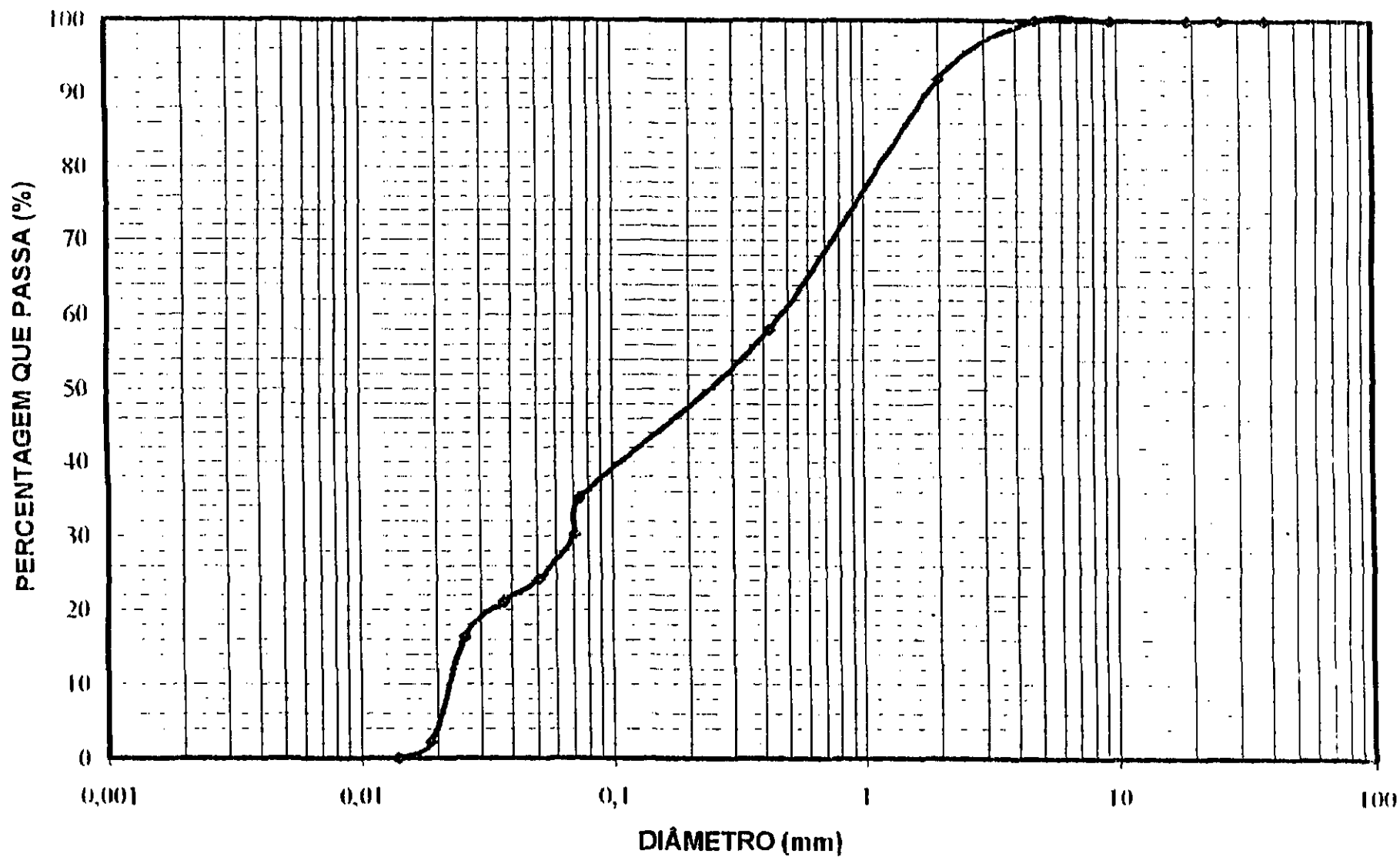
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 31 (1,80-2,40)

000149

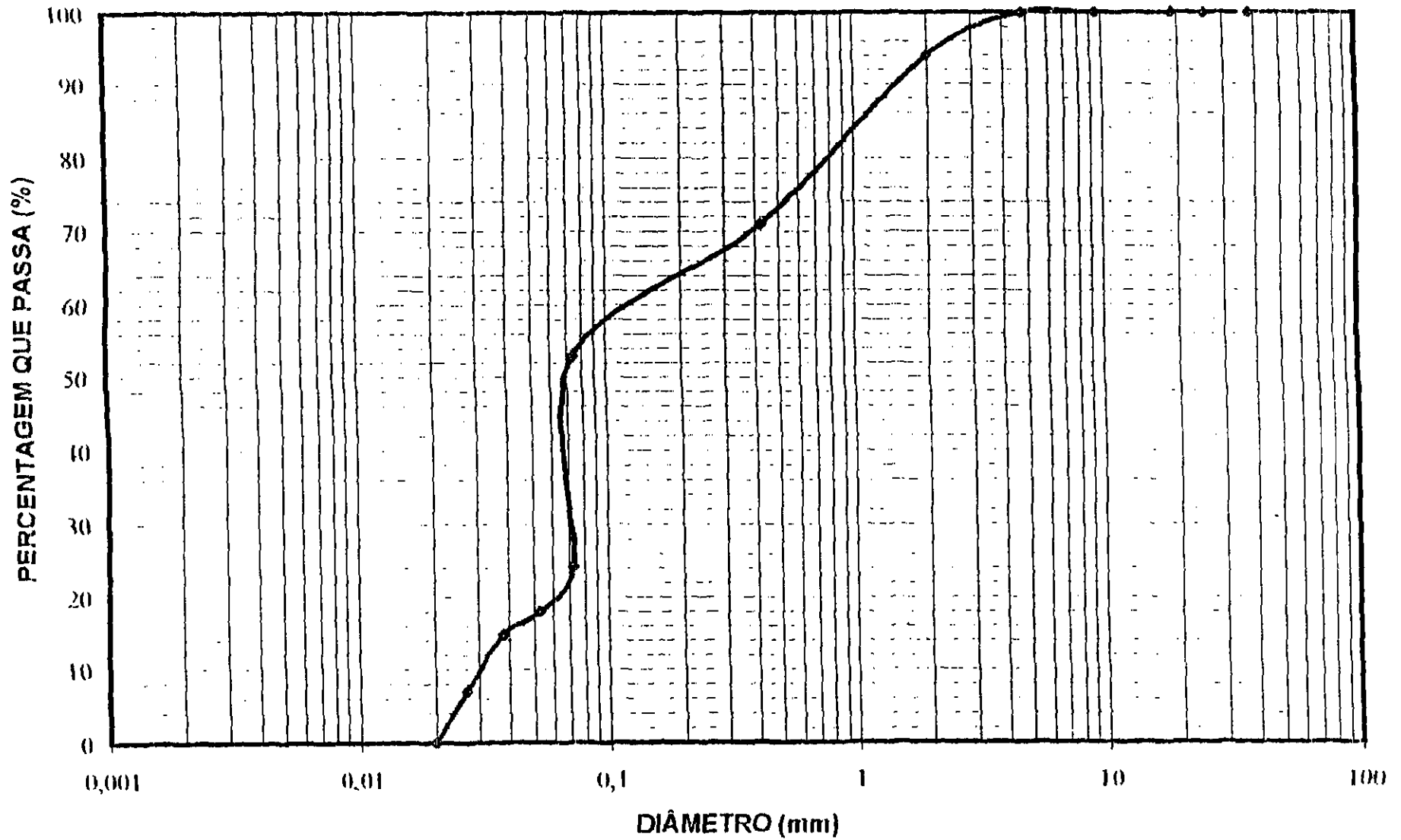
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 33 (1,70-2,80)

000150

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

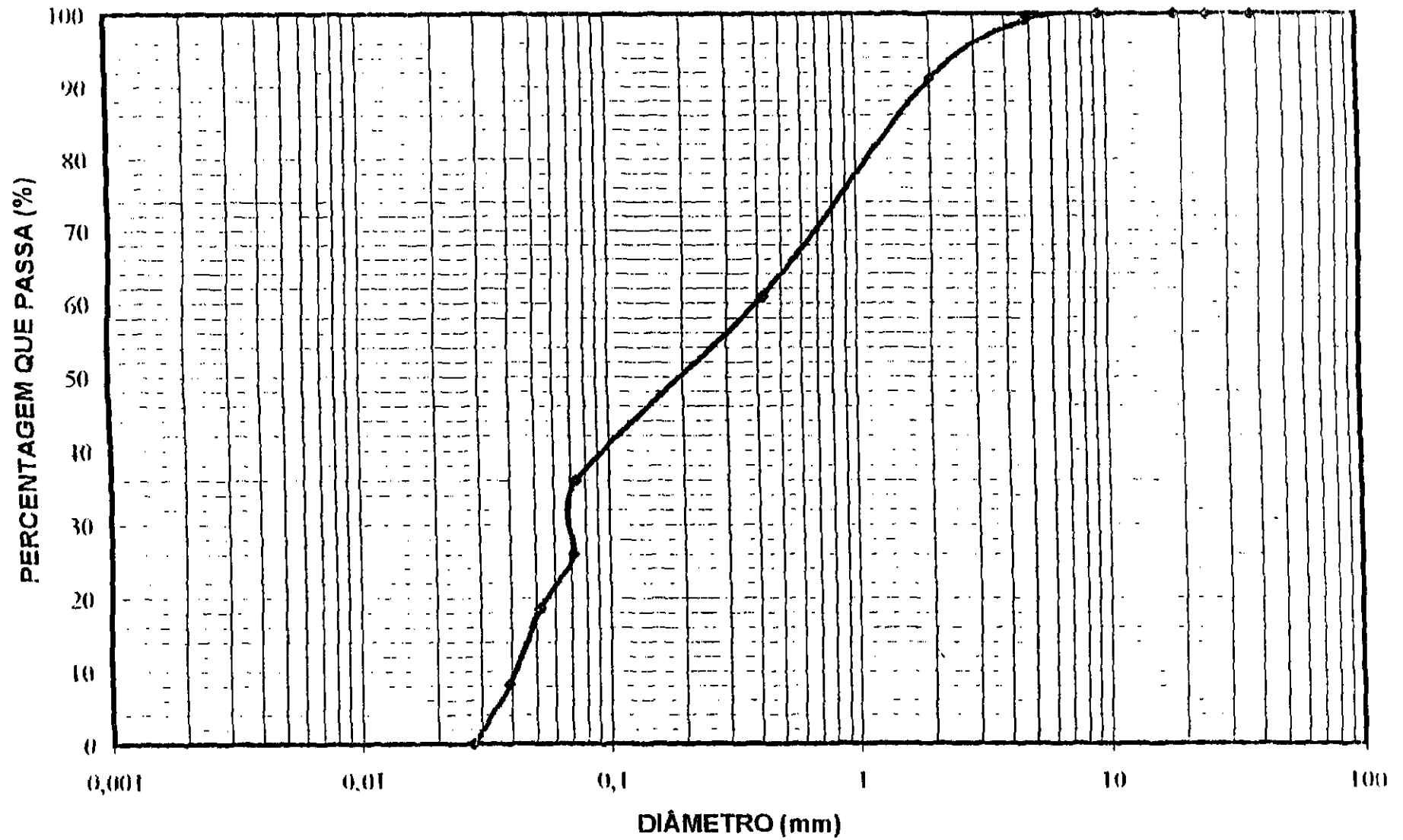


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 35 (1,50-2,20)

000151

148

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



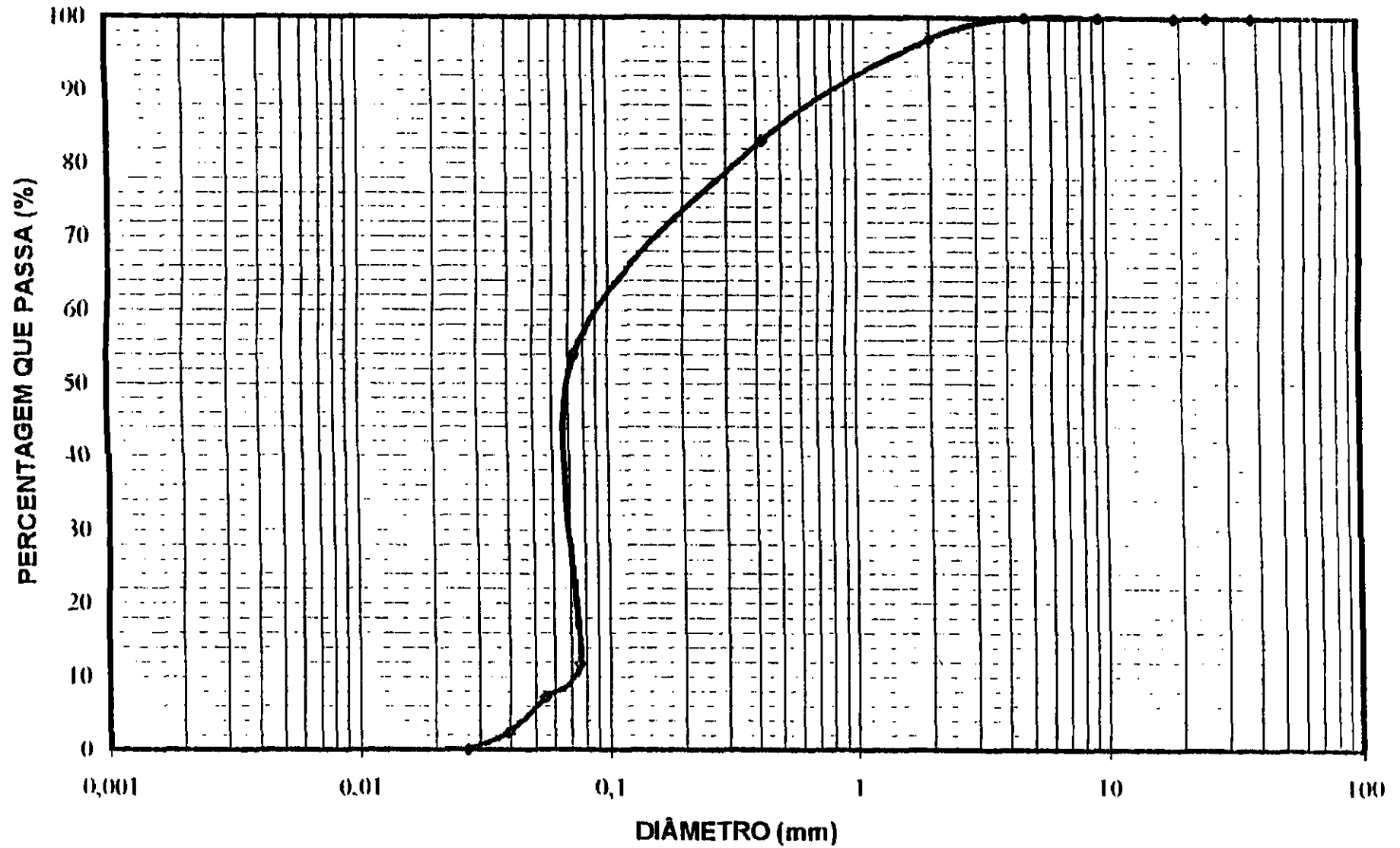
ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo 35 (1,50-2,20)

000152

150



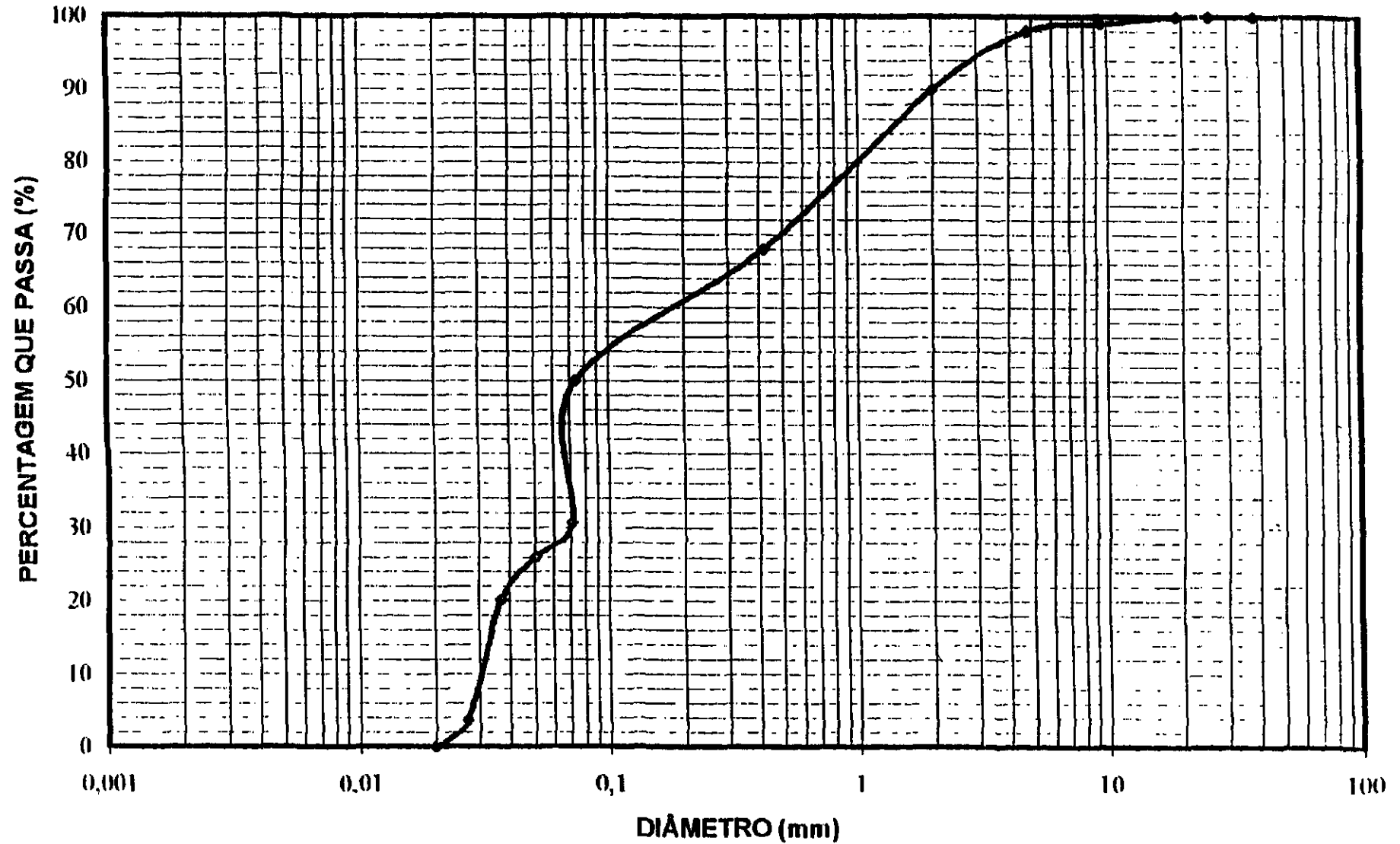
# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-01 Furo: 37 (0,10-1,10)

000153

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

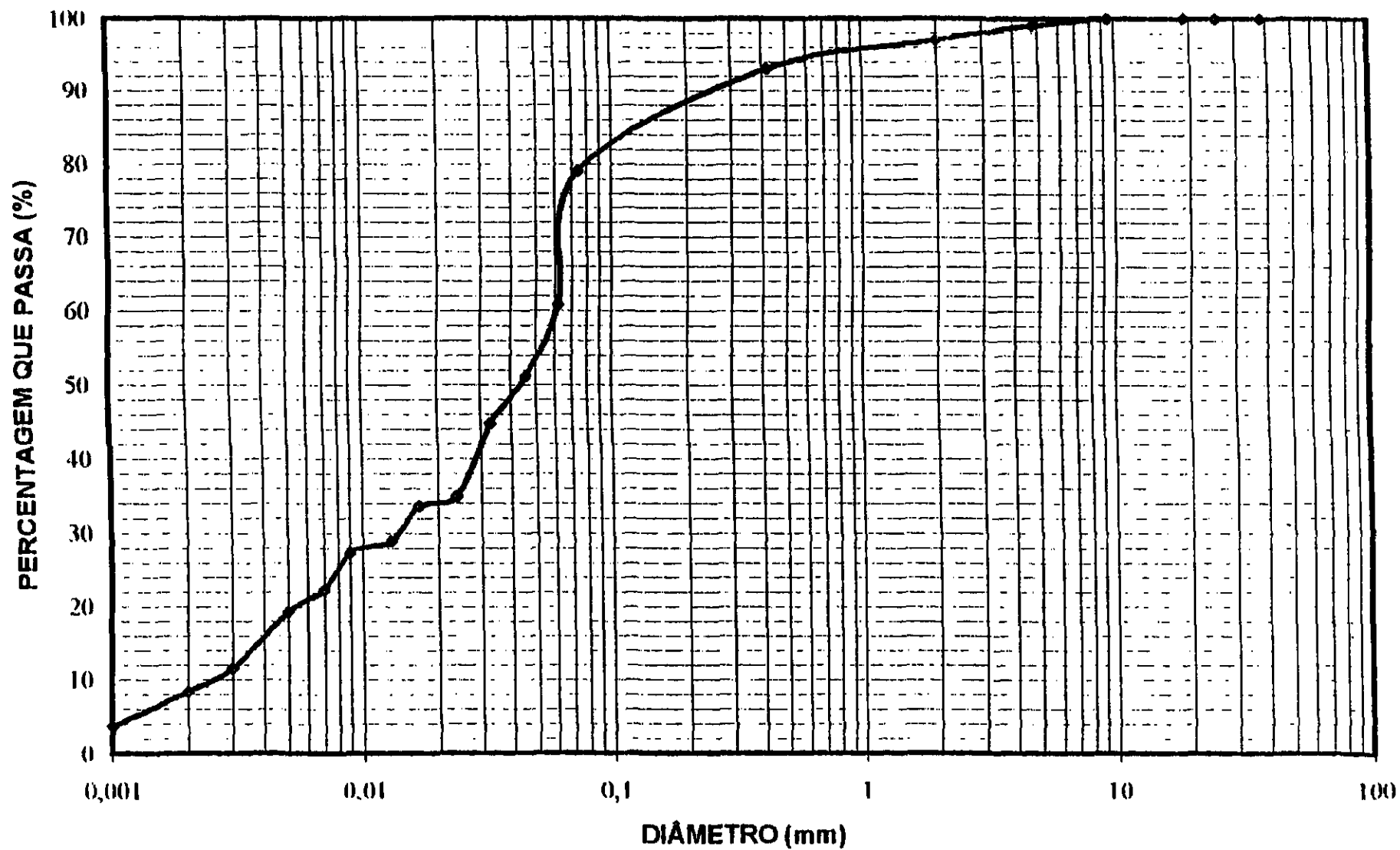


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida: J-02 Furo: 01 (0,10-0,80)

000154

152

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

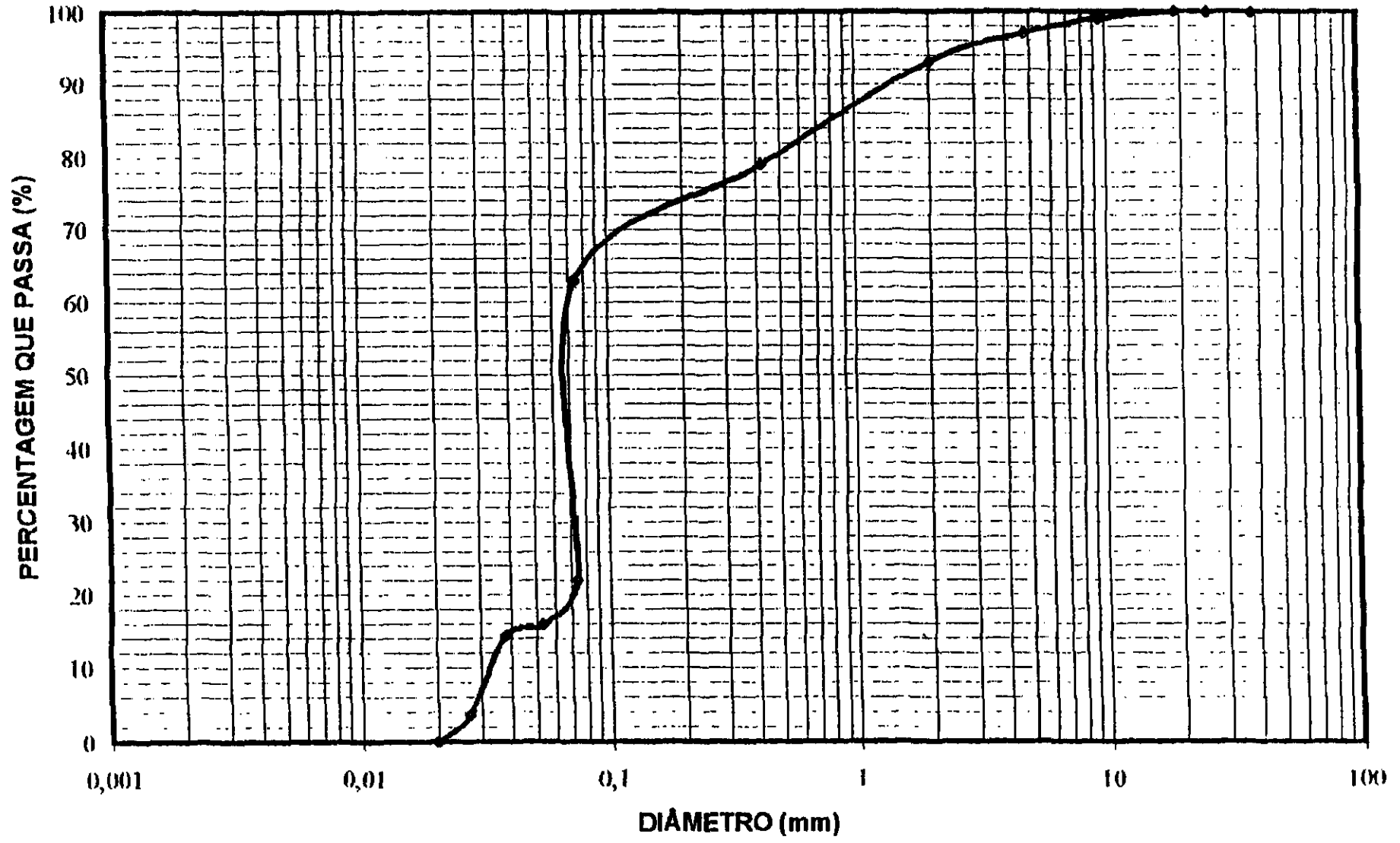


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-02 Furo. 02 (0,10-0,60)

000155

103

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

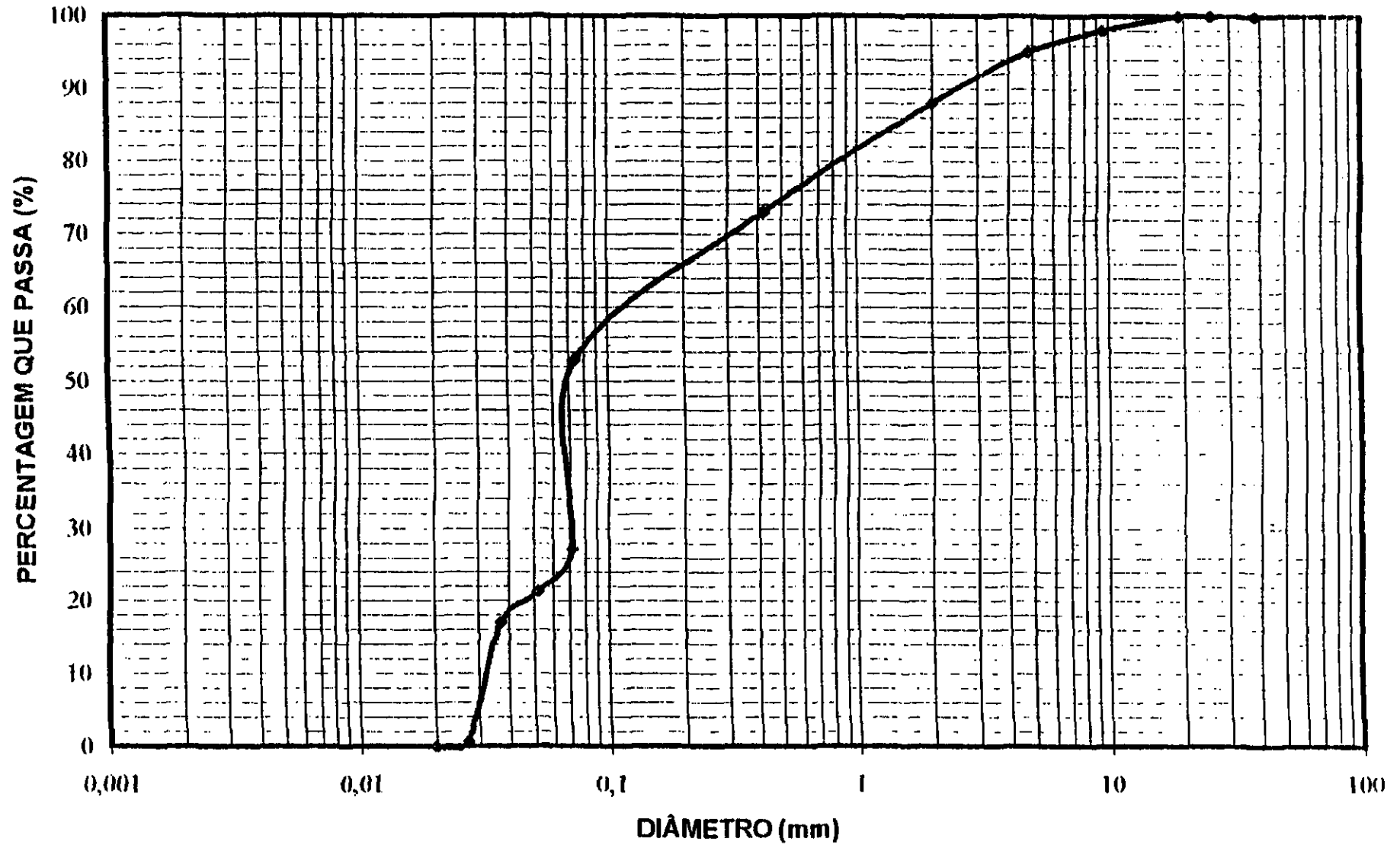


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-02 Furo: 03 (1,00-1,80)

000156

104

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

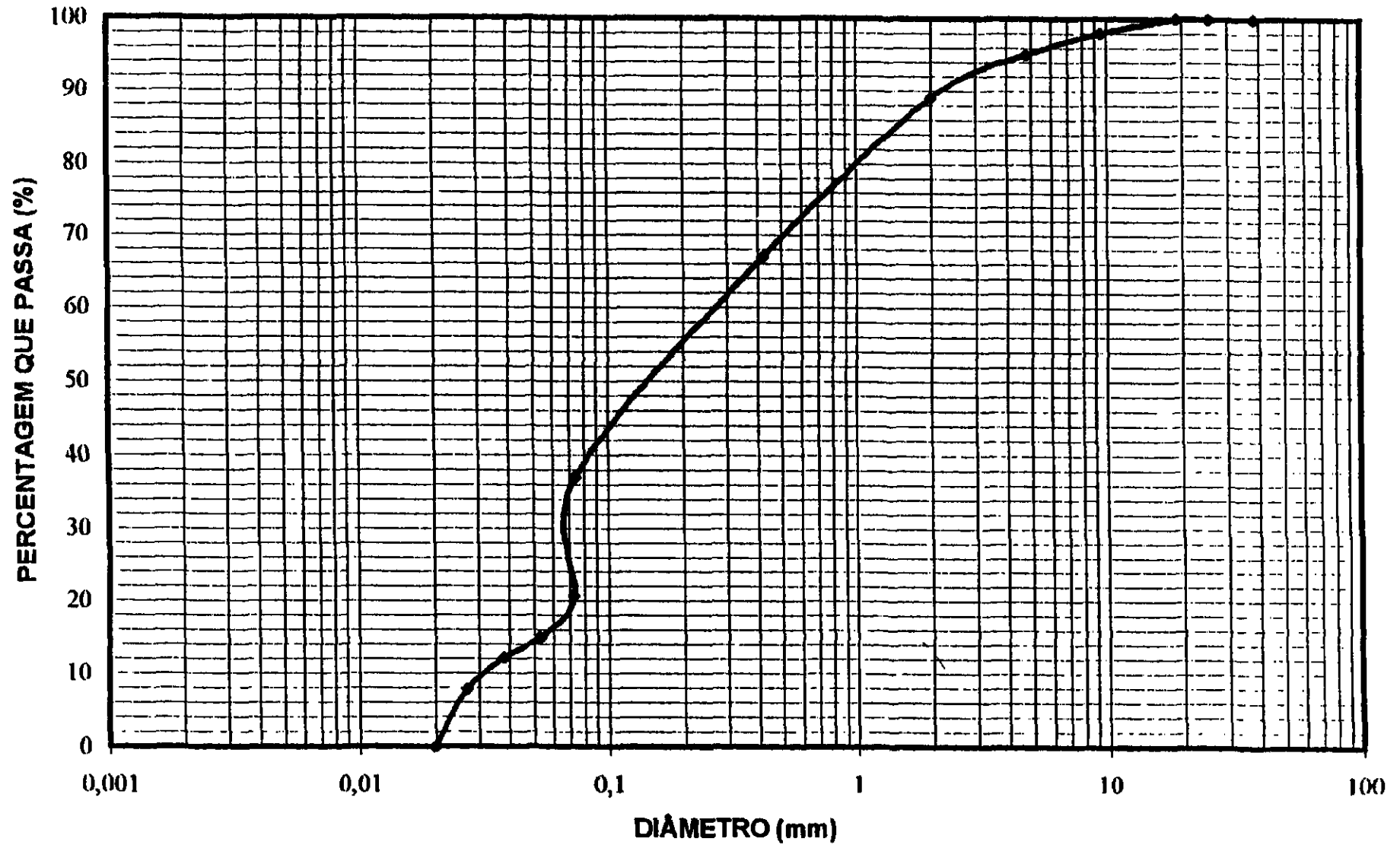


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-02 Furo 04

000157

100

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

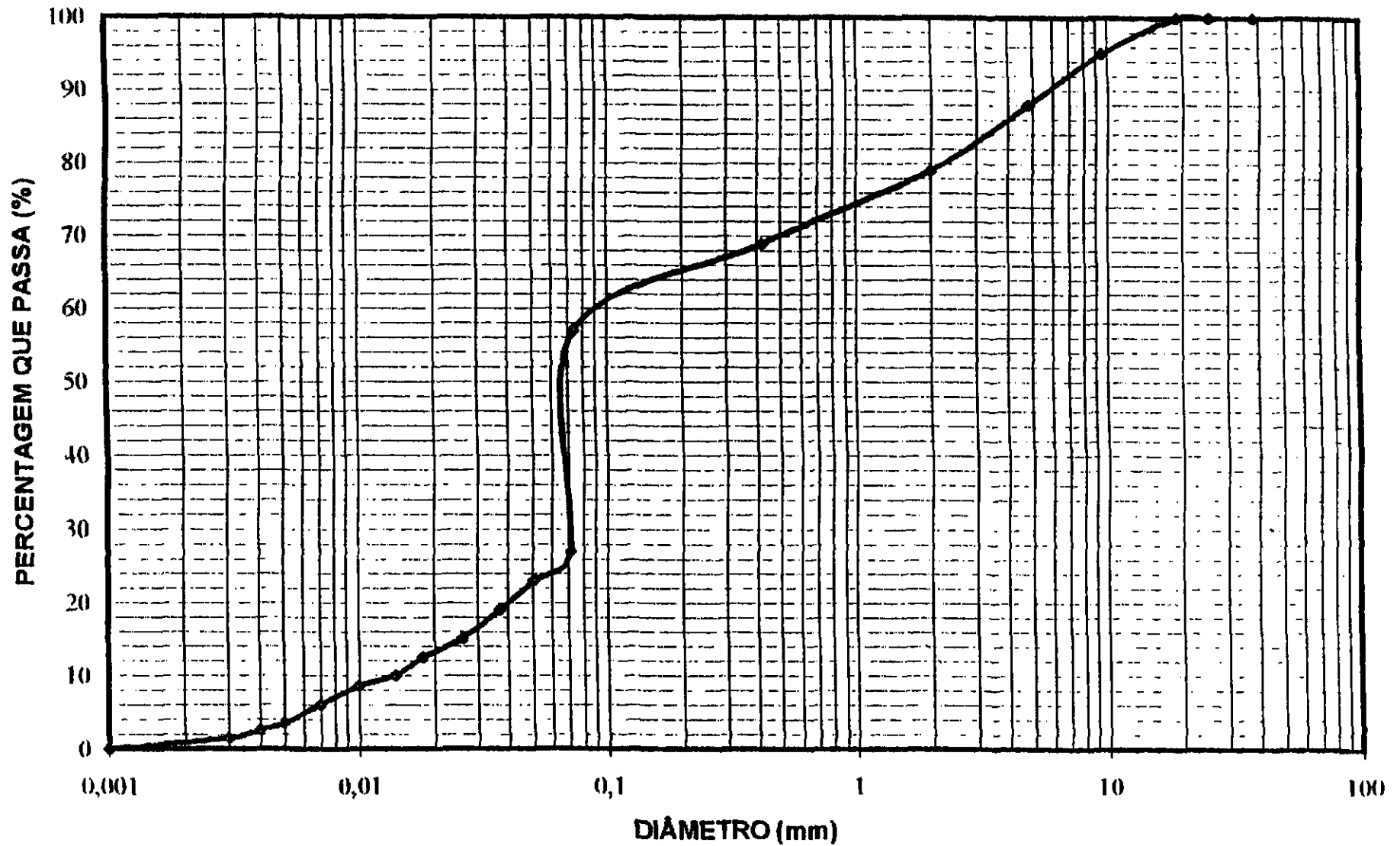


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida: J-02 Furo: 05 (0,50-1,40)

000158

156

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

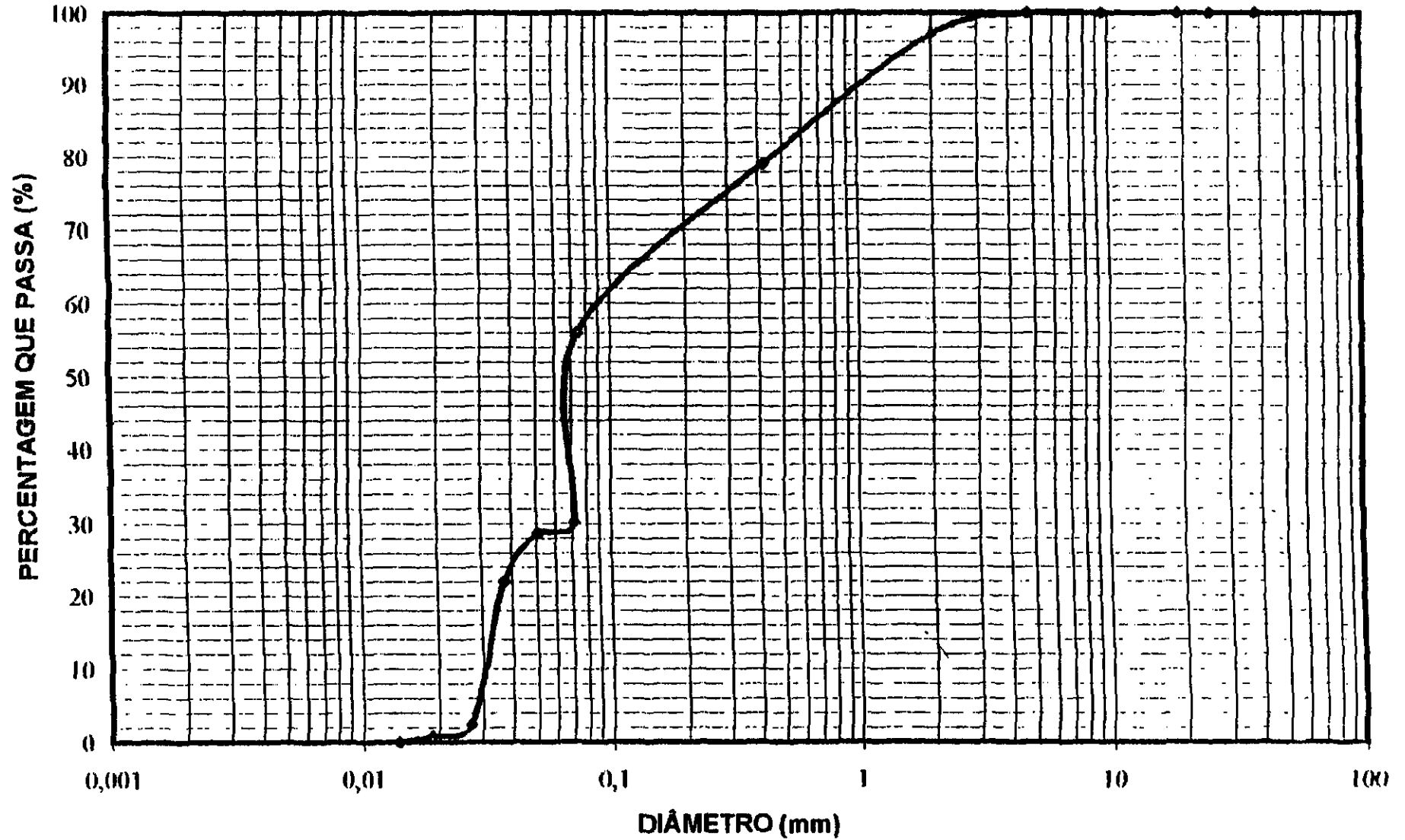


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-02 Furo: 06 (0,10-1,30)

000159

151

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

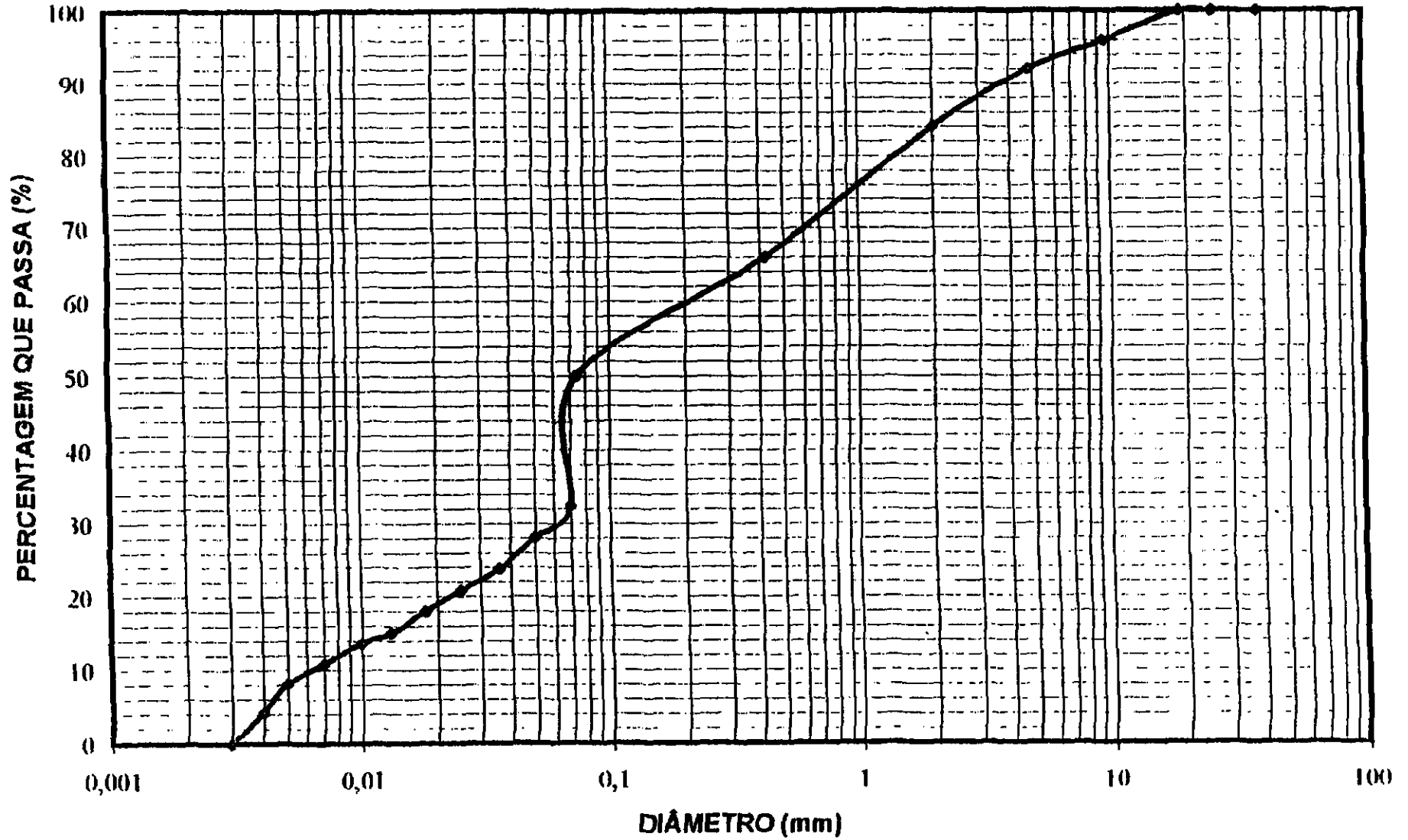


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida. J-02 Furo 07 (0,10-1,60)

000160



# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

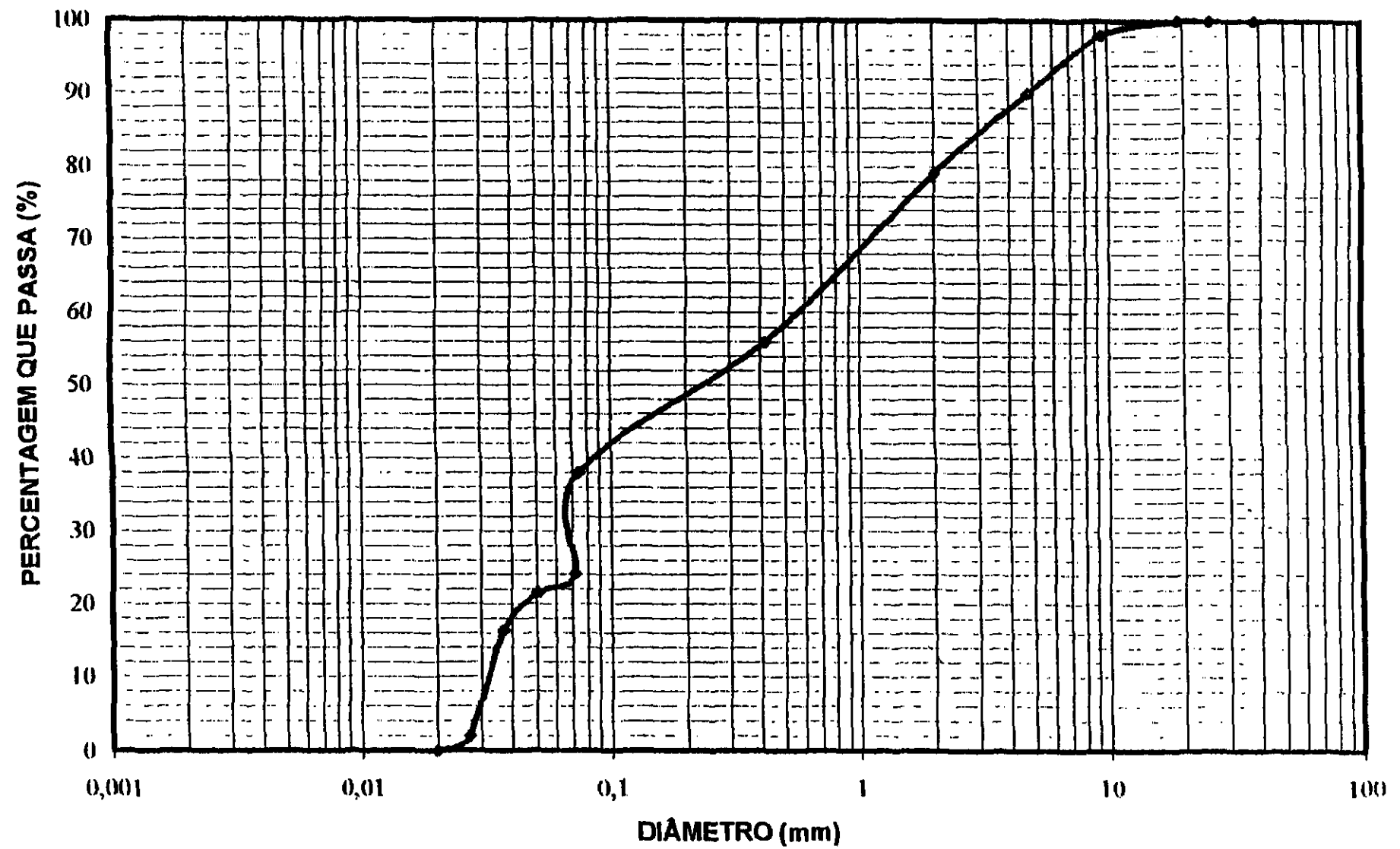


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida J-02 Furo: 08 (0,10-1,80)

000161

673

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

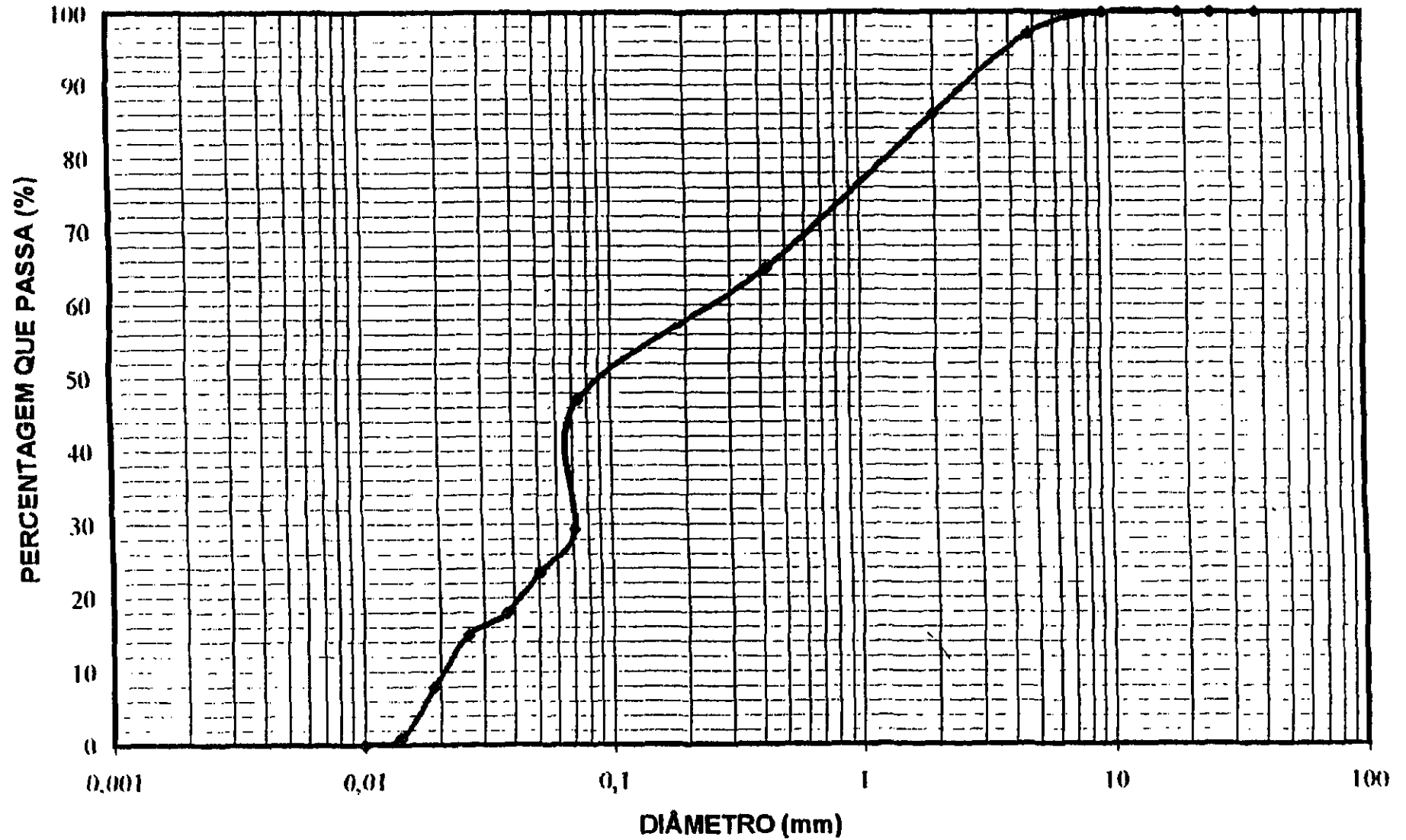


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida: J-02 Furo: 10 (0,10-1,30)

000162

100

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

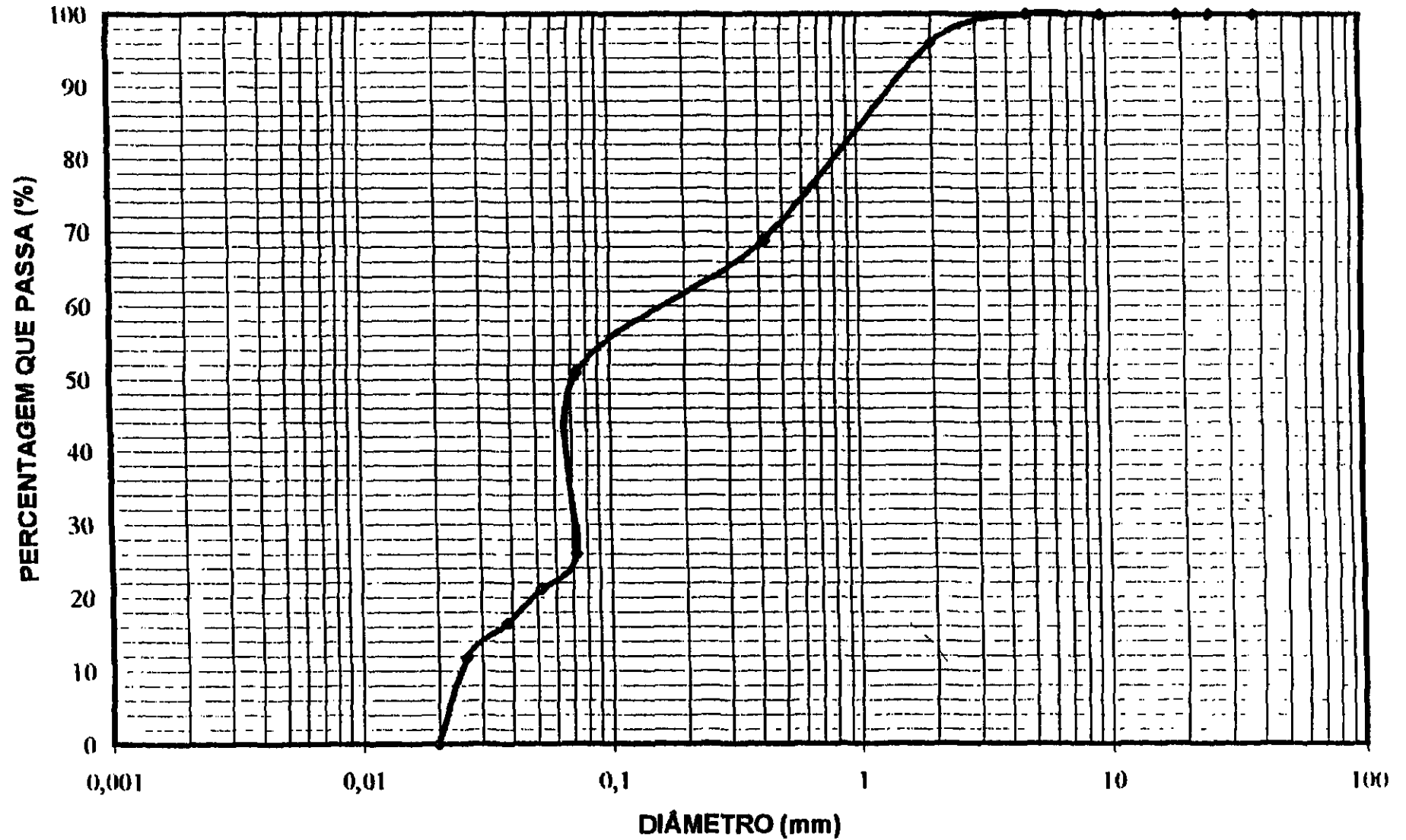


ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida: J-02 Furo 11 (0,10-1,00)

000163

101

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



ASTEP Engenharia Ltda  
Barragem Ubaldinho Cedro/CE  
Jazida: J-02 Furo: 12 (0,10-1,00)

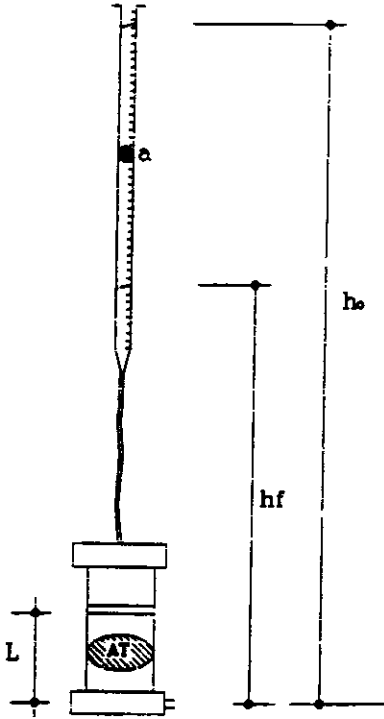
000164

102

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE**

## ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

CLIENTE   ASTEPE  
 SERVIÇO   BARRAGEM UBALDINHO  
 LOCAL      CRATEUS - CEARÁ



PESQ ESPECÍFICO APARENTE SECO "IN SITU" =  $\gamma_s$   
 UMIDADE NA OCASIÃO DO ENSAIO = h  
 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 SEÇÃO TRANSVERSAL DA BURETA - a = 0,950cm<sup>2</sup>  
 ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA A= 776cm<sup>2</sup>  
 ESPESSURA DO CORPO DE PROVA - L = 80cm

$$K = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log \frac{h_0}{h_f}$$

PESO ESPECÍFICO APARENTE MÁXIMO DA AMOSTRA  $\gamma_{SM}$  = 1720g/cm<sup>3</sup>  
 UMIDADE ÓTIMA DA AMOSTRA  $w_{ot}$  = 17,8

### JAZIDA J-01 - FURO 15 (0,10 a 2,00)

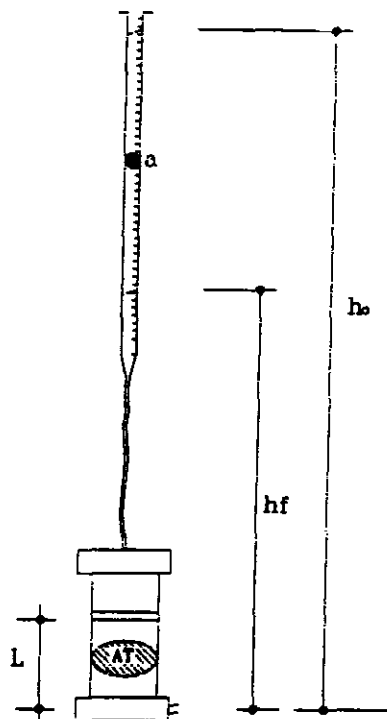
| DATA                              | ENSAIO N° | AMOSTRA | $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | h (%) | $h_0$ (cm) | $h_f$ (cm) | t (seg) | K (cm/s)             |
|-----------------------------------|-----------|---------|---------------------------------|-------|------------|------------|---------|----------------------|
| 23/09/97                          | 01        | 01      | 1,688                           | 14,5  | 223,7      | 221,7      | 8 966   | 1,0x10 <sup>-7</sup> |
| 23/09/97                          | 02        | 01      | 1,688                           | 14,5  | 223,7      | 218,8      | 20 564  | 1,0x10 <sup>-7</sup> |
| 23/09/97                          | 03        | 02      | 1,688                           | 14,5  | 223,7      | 216,2      | 30 909  | 1,1x10 <sup>-7</sup> |
| KMEIO = 1,0x10 <sup>-7</sup> cm/s |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |
|                                   |           |         |                                 |       |            |            |         |                      |

## ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

CLIENTE ASTEP

SERVICO BARRAGEM UBALDINHO

LOCAL CRATEUS - CEARA



PESO ESPECIFICO APARENTE SECO "IN SITU" =  $\gamma_s$

UMIDADE NA OCASIAO DO ENSAIO =  $h$

ALTURA INICIAL DO NIVEL D'AGUA =  $h_0$

ALTURA FINAL DO NIVEL D'AGUA =  $h_f$

TEMPO DECORRIDO NO ENSAIO =  $t$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE =  $K$

AREA DA SECAO TRANSVERSAL DA BURETA -  $a = 0,950\text{cm}^2$

AREA DA SECAO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA -  $A = 100,29\text{m}^2$

ESPESSURA DO CORPO DE PROVA -  $L = 80\text{cm}$

$$K = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log \frac{h_0}{h_f}$$

PESO ESPECIFICO APARENTE MAXIMO DA AMOSTRA  $\gamma_{SM} = 1720\text{g/cm}^3$

UMIDADE OTIMA DA AMOSTRA  $w_{ot} = 14,8$

### JAZIDA J-01 - FURO 15 (0,10 a 2,00)

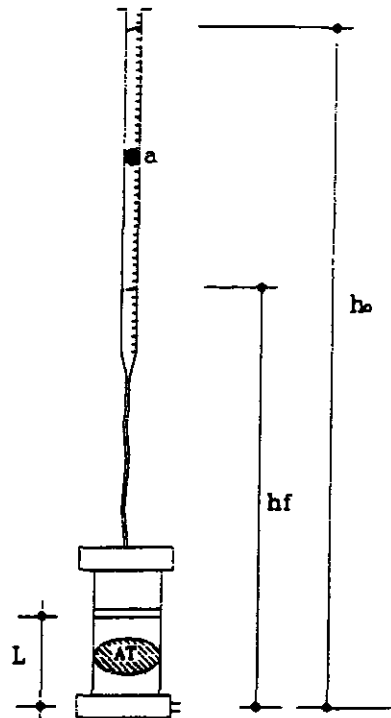
| DATA                                      | ENSAIO N° | AMOSTRA | $\gamma_s (\text{g/cm}^3)$ | $h (\%)$ | $h_0 (\text{cm})$ | $h_f (\text{cm})$ | $t (\text{seg})$ | $K (\text{cm/s})$    |
|---|-----------|---------|----------------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 23/09/97                                  | 01        | 01      | 1,643                      | 13,8     | 222,7             | 206,8             | 4 775            | $1,2 \times 10^{-6}$ |
| 23/09/97                                  | 02        | 01      | 1,643                      | 13,8     | 223,7             | 191,0             | 10.475           | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| 23/09/97                                  | 03        | 02      | 1,643                      | 13,8     | 223,7             | 180,4             | 14 686           | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| KMEDIO = $1,1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |
|   |           |         |                            |          |                   |                   |                  |                      |

## ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

CLIENTE ASTEP

SERVICO BARRAGEM UBALDINHO

LOCAL CRATEUS - CEARA



PESO ESPECIFICO APARENTE SECO "IN SITU" =  $\gamma_s$   
 UMIDADE NA OCASIAO DO ENSAIO =  $h$   
 ALTURA INICIAL DO NIVEL D'AGUA =  $h_0$   
 ALTURA FINAL DO NIVEL D'AGUA =  $h_f$   
 TEMPO DECORRIDO NO ENSAIO =  $t$   
 COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE =  $K$   
 AREA DA SECÃO TRANSVERSAL DA BURETA -  $a = 0.950\text{cm}^2$   
 AREA DA SECÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA -  $A = 122.74\text{cm}^2$   
 ESPESSURA DO CORPO DE PROVA -  $L = 8.0\text{cm}$

$$K = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log \frac{h_0}{h_f}$$

PESO ESPECIFICO APARENTE MAXIMO DA AMOSTA  $\gamma_{SM} = 1.720\text{g/cm}^3$   
 UMIDADE OTIMA DA AMOSTRA  $w_{ot} = 14.8$

### JAZIDA J-01 - FURO 15 (0,10 a 2,00)

| DATA     | ENSAIO N° | AMOSTRA | $\gamma_s (\text{g/cm}^3)$                   | $h (\%)$ | $h_0 (\text{cm})$ | $h_f (\text{cm})$ | $t (\text{seg})$ | $K (\text{cm/s})$    |
|----------|-----------|---------|--|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 22/09/97 | 01        | 01      | 1.624  | 13,8     | 222,8             | 196,3             | 3.511            | $2,2 \times 10^{-6}$ |
| 22/09/97 | 02        | 01      | 1.624  | 13,8     | 222,8             | 186,6             | 5.004            | $2,2 \times 10^{-6}$ |
| 22/09/97 | 03        | 01      | 1.624  | 13,8     | 222,8             | 176,7             | 6.635            | $2,2 \times 10^{-6}$ |
|          |           |         | $K_{MEDIO} = 2,2 \times 10^{-6} \text{cm/S}$ |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |
|          |           |         |  |          |                   |                   |                  |                      |