

# AHE ITAOCARA I

## PROJETO BÁSICO



### **APÊNDICE B ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS**

**PJ0722-B-R00-GR-RL-101-1A**

**ABRIL/2010**

**AHE ITAOCARA I****PROJETO BÁSICO****APÊNDICE B  
ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS****PJ0722-B-R00-GR-RL-101-1A****ABRIL/2010**

|             |             |                  |              |              |               |
|-------------|-------------|------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1A          | ABRIL/2010  |                  | FPC/JLN      | LR/HABC      | JEM           |
| 0           | NOV/2009    |                  | FPC/JLN      | LR/HABC      | JEM           |
| <b>REV.</b> | <b>DATA</b> | <b>DESCRIÇÃO</b> | <b>ELAB.</b> | <b>VISTO</b> | <b>APROV.</b> |

**ÍNDICE**

| <i>Item</i> | <i>Assunto</i>   | <i>Página</i> |
|-------------|--|---------------|
| <b>1.</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>  | 001           |
| <b>2.</b>   | <b>LEVANTAMENTOS EXECUTADOS</b>  | 003           |
| <b>2.1.</b> | <b>LEVANTAMENTOS DE CAMPO</b>  | 004           |
| <b>2.2.</b> | <b>ENSAIOS DE LABORATÓRIO</b>  | 006           |
| <b>3.</b>   | <b>GEOLOGIA REGIONAL</b>   | 010           |
| <b>3.1.</b> | <b>LITOESTRATIGRAFIA</b>   | 011           |
| <b>3.2.</b> | <b>ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E ESTRUTURAIS</b>  | 013           |
| <b>3.3.</b> | <b>SISMICIDADE</b>   | 015           |
| <b>4.</b>   | <b>GEOLOGIA E GEOTECNIA DO LOCAL</b>   | 020           |
| <b>4.1.</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>  | 021           |
| <b>4.2.</b> | <b>ASPECTOS FISIAGRÁFICOS</b>  | 021           |
| <b>4.3.</b> | <b>ASPECTOS LITOLÓGICOS/ESTRUTURAIS</b>  | 021           |
| <b>4.4.</b> | <b>ASPECTOS E CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS</b>   | 023           |
| 4.4.1.      | <u>Considerações Gerais</u>  | 023           |
| 4.4.2.      | <u>Ensecadeiras</u>  | 023           |
| 4.4.3.      | <u>Barramento</u>  | 024           |
| 4.4.4.      | <u>Dique de Terra</u>  | 025           |
| 4.4.5.      | <u>Estruturas de Concreto</u>  | 025           |
| <b>5.</b>   | <b>MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO</b>  | 027           |
| <b>5.1.</b> | <b>SOLOS FINOS</b>   | 028           |
| <b>5.2.</b> | <b>AREIAS</b>  | 028           |
| <b>5.3.</b> | <b>ROCHAS</b>  | 029           |
|             | <b>ANEXOS:</b>   | 030           |
|             | <b>ANEXO I: RELATÓRIOS DE ENSAIOS E RESUMO DOS RESULTADOS</b>                                      | 031           |
|             | <b>ANEXO II: FOTOS</b>   | 184           |
|             | <b>ANEXO III: BLOCO DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA COMPARTIMENTAÇÃO DO MACIÇO ROCHOSO NA ÁREA DO EIXO</b> | 193           |

## 1. INTRODUÇÃO

O presente Apêndice é parte integrante da estrutura do Relatório Final dos estudos de Projeto Básico do AHE Itaocara I, localizado no Rio Paraíba do Sul, em área pertencente aos municípios de Pirapetinga/MG, Itaocara/RJ, Aperibé/RJ, e Santo Antonio de Pádua/RJ e tem por finalidade apresentar os resultados dos estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos para esta fase.

Os estudos de viabilidade foram desenvolvidos pela Engevix Estudos e Projetos de Engenharia Ltda e tiveram o objetivo principal de focar a geologia dos locais de implantação das obras quanto aos aspectos estratigráficos, litológicos e estruturais e, ainda, definir as condições geológico-geotécnicas dos maciços de fundação das estruturas de concreto e das obras de terra/enrocamento, bem como caracterizar os materiais naturais de construção, quanto aos aspectos de qualidade e quantidades disponíveis.

Para o desenvolvimento dessa fase de estudos, foram reanalisados todos os dados disponíveis e realizadas investigações geológico-geotécnicas complementares, que compreenderam a execução de dois poços de inspeção, sendo um na Ilha Serena e outro na margem esquerda, além de investigados, amostrados e ensaiados os materiais naturais de construção ocorrentes na região. Foi executado ainda um levantamento aerofotogramétrico para restituição da base cartográfica e realizado um novo levantamento topográfico para uma área equivalente a 190ha, abrangendo o local do eixo do barramento.

Com essa complementação das investigações de campo e a realização dos ensaios de laboratório, os dados foram levados a um nível de informação compatível com os requisitos indispensáveis aos estudos de Projeto Básico.

## 2. LEVANTAMENTOS EXECUTADOS

## 2.1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Para a elaboração dos estudos de caracterização do Projeto Básico foram utilizados os dados dos levantamentos executados nas campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas pela Engevix para o Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara em 2001. Os serviços constituíram-se na execução de 15 sondagens rotativas com ensaios de perda d'água em rocha, 5 sondagens mistas com ensaios de infiltração e SPT em solos e de perda d'água em rocha, 20 poços de inspeção e amostragem de solos, no local da barragem e nas áreas de empréstimo. Com 03 amostras de solos foram executados ensaios de laboratório (caracterização e compactação).

Posteriormente Furnas Centrais Elétricas S.A. executou serviços complementares de investigações geológico-geotécnicas de campo. Os serviços constituíram-se na execução de 5 sondagens rotativas, 1 poço de inspeção (incluindo coleta de amostra) e ensaio de perda d'água sob pressão, na área de estudo. Os dados levantados foram apresentados no Relatório Final das Investigações Geológico-Geotécnicas Complementares na Área da Barragem em Janeiro de 2002, sob a forma de perfis, tabelas e fotos.

Após a identificação das amostras por meio de registros seqüenciais foram realizadas análises tátil-visuais. Os ensaios de perda d'água foram realizados em apenas um furo de sondagem, localizado na ombreira direita, de acordo com as especificações técnicas do serviço.

As investigações de sub-superfície executadas encontram-se relacionadas no desenho PJ0722-B-G03-GR-DE-101.

Com o desenvolvimento dos estudos, foram realizados ainda caminhamentos/mapeamentos geológicos no local dos estudos, quando afloramentos, cortes de estrada, ravinas naturais, pedrais expostos no leito do rio, barrancas de rio, etc, foram inspecionados e correlacionados aos dados de subsuperfície que, associados aos dados obtidos na bibliografia, em especial no mapeamento realizado pelo DRM-RJ (Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro), gerou o mapa geológico-geotécnico local, apresentado no desenho PJ0722-B-G02-GR-DE-102.

Para o aprofundamento das investigações de campo, na atual fase dos estudos, foram executados sondagens a trado e poços de inspeção com objetivo de coletar amostras deformadas e indeformadas, respectivamente, para realização de ensaios de laboratório.

As Tabelas 2.1 e 2.2 apresentam as investigações executadas na área para reconhecimento das fundações e para pesquisa dos materiais naturais de construção.

**Tabela 2.1**  
**Resumo das Sondagens Realizadas**

| Sondagens | Local                    | Coordenadas UTM(m) |         | Cota de Topo(m) | Profundidade Perfurada (m) |        |        | Ensaio de Permeabilidade (und.) |              | SPT (und.) |
|-----------|--------------------------|--------------------|---------|-----------------|----------------------------|--------|--------|---------------------------------|--------------|------------|
|           |                          | N                  | E       |                 | Solo                       | Rocha  | Total  | Infiltração                     | Perda d'água |            |
| SM 01     | Eixo – Margem Esquerda   | 7.598.496          | 795.400 | 63,72           | 4,00                       | 4,00   | 8,00   | 3                               | 1            | 4          |
| SM 02     | Margem Esquerda          | 7.598.613          | 795.411 | 77,88           | 12,90                      | 4,10   | 17,00  | 12                              | 1            | 13         |
| SM 03     | Eixo – Margem Esquerda   | 7.598.540          | 795.462 | 75,83           | 13,00                      | 4,12   | 17,12  | 12                              | 1            | 13         |
| SM 04     | Margem Esquerda          | 7.598.460          | 795.520 | 85,42           | 11,05                      | 5,49   | 16,54  | 10                              | 1            | 9          |
| SM 05     | Eixo – Margem Esquerda   | 7.598.588          | 795.527 | 112,13          | 22,50                      | 5,65   | 28,15  | 22                              | 1            | 23         |
| SR-01     | Margem Direita           | 7.597.934          | 794.431 | 86,60           | 20,14                      | 11,26  | 31,40  | -                               | -            | 5          |
| SR-02     | Margem Direita           | 7.597.753          | 794.419 | 134,52          | 12,20                      | 6,48   | 18,68  | -                               | -            | -          |
| SR-03     | Eixo – Margem Direita    | 7.597.756          | 794.480 | 104,90          | 0,50                       | 7,03   | 7,53   | -                               | 2            | -          |
| SR-04     | Casa de Força            | 7.597.738          | 794.577 | 73,24           | 8,10                       | 6,90   | 15,00  | -                               | -            | -          |
| SR-05     | Margem Direita           | 7.597.822          | 794.471 | 118,43          | 2,20                       | 10,80  | 13,00  | -                               | 2            | 3          |
| SR-06     | Canal de Adução          | 7.597.868          | 794.529 | 77,06           | 0,50                       | 10,60  | 11,10  | -                               | 3            | -          |
| SR-07     | Canal de Aproximação     | 7.597.906          | 794.600 | 61,33           | -                          | 7,05   | 7,05   | -                               | 2            | -          |
| SR-08     | Eixo – Margem Direita    | 7.597.800          | 794.535 | 89,06           | 1,50                       | 6,55   | 8,05   | -                               | 2            | -          |
| SR-09     | Vertedouro               | 7.597.860          | 794.603 | 61,00           | -                          | 6,38   | 6,38   | -                               | -            | -          |
| SR-10     | Barragem de Terra - Ilha | 7.598.090          | 794.840 | 64,27           | 3,30                       | 7,20   | 10,50  | 3                               | 2            | 4          |
| SR-11     | Ilha                     | 7.598.238          | 794.907 | 69,35           | 6,45                       | 7,10   | 13,55  | -                               | 2            | -          |
| SR-12     | Barragem de Terra - Ilha | 7.598.175          | 794.956 | 73,77           | 6,00                       | 7,04   | 13,04  | 5                               | 2            | 5          |
| SR-13     | Barragem de Terra - Ilha | 7.598.115          | 795.000 | 64,55           | 7,80                       | 7,04   | 14,84  | 6                               | 2            | 8          |
| SR-14     | Barragem de Terra - Ilha | 7.598.280          | 795.104 | 60,58           | 2,20                       | 7,10   | 9,30   | 1                               | 2            | 3          |
| SR-15     | Eixo – Margem Esquerda   | 7.598.418          | 795.296 | 63,89           | 3,50                       | 7,40   | 10,90  | 2                               | 2            | 4          |
| TOTAL     | -                        | -                  | -       | -               | 137,84                     | 139,29 | 277,13 | 76                              | 28           | 94         |



**Tabela 2.2**  
**Áreas de Materiais Naturais de Construção**

| Local  | Coordenadas |         | Material        | Trado | Poço |
|--------|-------------|---------|-----------------|-------|------|
|        | N           | E       |                 |       |      |
| Área A | 7.599.300   | 795.250 | Solos Argilosos | 2     | 2    |
| Área B | 7.598.977   | 795.621 | Solos Argilosos | 3     | 4    |
| Área C | 7.598.231   | 796.429 | Solos Argilosos | 6     | 5    |
| Área D | 7.598.996   | 796.968 | Solos Argilosos | -     | 2    |
| Área E | 7.598.147   | 793.719 | Solos Argilosos | 1     | 1    |
| Área F | 7.597.818   | 793.921 | Solos Argilosos | 3     | 3    |
| Área G | 7.597.002   | 794.739 | Solos Argilosos | 2     | 2    |
| Área H | 7.599.050   | 794.950 | Solos Argilosos | 4     | -    |

## 2.2. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Para o estudo dos volumes disponíveis e caracterização geológico-geotécnica dos solos coluvionares e residuais de granito que ocorrem na área do barramento, potencialmente adequados para utilização nos aterros da barragem e dique lateral, foi elaborada uma programação de investigações complementares de campo e de laboratório PJ0722-B-T01-GR-PG-101.

Na campanha de sondagens a trado e de poços de inspeção, previu-se a coleta de amostras deformadas nas áreas de empréstimo e amostras indeformadas do material de fundação para realização dos ensaios de laboratório.

Foram previstos também, ensaios em amostras de areia ao longo das margens do Rio Paraíba do Sul e amostras de rocha extraídas na Pedreira 04, localizada na margem direita do rio.

O mapa com a localização das áreas de empréstimo, pedreiras e jazidas está apresentado no desenho PJ0722-B-T01-GR-DE-101.

Os laboratórios contratados para a realização dos ensaios foram a TECNOSONDA para os materiais terrosos e a CONCREMAT para os materiais granulares, ambos com sede no Rio de Janeiro.

Procurou-se definir as quantidades dos ensaios através de análises tátil-visuais das amostras coletadas e, dessa forma, tentar garantir a representatividade dos materiais em campo. Nas Tabelas 2.3, 2.4 e 2.5, estão apresentados os ensaios executados para os materiais terrosos, granulares e rochosos, respectivamente.

**Tabela 2.3**  
**Quantidades de Ensaios em Solo**

| Localização     | Área de Empréstimo | Anual. Granulométrica | LL (1) | LP(2) | LP(2) | Peso Esp. Dos Sólidos | Umidade Natural | Compact. Proctor Normal | Permeabilidade | Adensamento |
|-----------------|--------------------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------|
| Margem Esquerda | AE-A               | 2                     | 2      | 2     | 2     | 2                     | 2               | 2                       | 1              | 1           |
|                 | AE-B               | 4                     | 4      | 4     | 4     | 4                     | 4               | 4                       | 1              | 1           |
|                 | AE-C               | 5                     | 5      | 5     | 5     | 5                     | 5               | 5                       | -              | -           |
|                 | AE-H               | 2                     | 2      | 2     | 2     | 2                     | 2               | 2                       | -              | -           |
| Margem Direita  | AE-E               | 1                     | 1      | 1     | 1     | 1                     | 1               | 1                       | -              | -           |
|                 | AE-F               | 2                     | 2      | 2     | 2     | 2                     | 2               | 2                       | -              | -           |
|                 | AE-G               | 1                     | 1      | 1     | 1     | 1                     | 1               | 1                       | -              | -           |
| Fundação        |                    | 4                     | 4      | 4     | 4     | 4                     | 4               | 4                       | -              | -           |
| Total           |                    | 21                    | 21     | 21    | 21    | 21                    | 21              | 21                      | 2              | 2           |

(1) Limite de Liquidez

(2) Limite de Plasticidade

**Tabela 2.4**  
**Quantidades de Ensaios em Areia**

| Ensaios                                  | Quantidade | Amostra    |
|--|------------|------------|
| Composição granulométrica                | 03         | 01, 02, 03 |
| Impurezas orgânicas                      | 03         | 01, 02, 03 |
| Material pulverulento                    | 03         | 01, 02, 03 |
| Argila e materiais friáveis              | 03         | 01, 02, 03 |
| Absorção de água                         | 03         | 01, 02, 03 |
| Massa específica                         | 03         | 01, 02, 03 |
| Massa unitária solta seca                | 03         | 01, 02, 03 |
| Teor de argila por sedimentação          | 01         | Mistura    |
| Permeabilidade - carga constante         | 01         | Mistura    |
| Análise petrográfica                     | 01         | Mistura    |
| Reatividade potencial do álcali agregado | 01         | Mistura    |
| Sais, cloretos e sulfatos solúveis       | 01         | Mistura    |
| <b>TOTAL</b>                             | <b>27</b>  |            |

Alguns ensaios foram realizados com misturas das amostras das jazidas 01, 02 e 03, localizadas nas margens do rio, uma vez que estas encontram-se relativamente próximas uma das outras e do eixo do barramento.

**Tabela 2.5**  
**Quantidades de Ensaios em Rocha**

| Ensaio   | Quantidade | Amostra   |
|--|------------|-----------|
| Absorção e massa específica do agregado graúdo | 01         | 04        |
| Análise petrográfica                           | 01         | 04        |
| Abrasão Los Angeles                            | 01         | 04        |
| Reatividade potencial do álcali-agregado       | 01         | 04        |
| Ciclagem acelerada com etileno-glicol          | 01         | 04        |
| <b>TOTAL</b>                                   |            | <b>05</b> |

Nota (\*): O ensaio de Ciclagem água-estufa é realizado apenas caso o ensaio de Ciclagem Acelerada apresente resultado negativo.

Os ensaios foram executados segundo as metodologias estabelecidas pelas Normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), relacionadas na Tabela 2.6:

**Tabela 2.6**  
**Normas para Realização dos Ensaios de Laboratório**

| <b>MATERIAIS TERROSOS</b>                 |           |
|---|-----------|
| Análise Granulométrica                    | NBR-7181  |
| Limite de Liquidez                        | NBR-6459  |
| Limite de Plasticidade                    | NBR-7180  |
| Peso Específico dos Sólidos               | NBR-6508  |
| Umidade Natural                           | NBR-6457  |
| Compactação Proctor Normal                | NBR-7182  |
| Permeabilidade a carga variável           | NBR-14545 |
| Adensamento Edométrico com permeabilidade | NBR-12007 |

| <b>MATERIAIS GRANULARES</b>                                 |                     |
|---|---------------------|
| Composição Granulométrica                                   | NBR NM-248          |
| Impurezas Orgânicas   | NBR NM-49           |
| Material Pulverulento                                       | NBR NM-46           |
| Análise Petrográfica  | NBR-15577 (parte 3) |
| Reatividade Potencial do Álcali Agregado - Ensaio Acelerado | NBR-15577 (parte 4) |
| Massa Específica  | NBR NM-52           |
| Teores de Sais, Cloretos e Sulfatos solúveis                | NBR-9917            |

| <b>MATERIAIS ROCHOSOS</b>                      |                     |
|--|---------------------|
| Absorção e Massa Específica do Agregado Graúdo | NBR NM-53           |
| Análise Petrográfica                           | NBR-15577 (parte 3) |
| Abrasão Los Angeles                            | NBR NM-51           |
| Ciclagem acelerada com etileno glicol          | NBR-12697           |
| Reatividade Potencial do Álcali Agregado       | NBR-15577 (parte 4) |

Os relatórios finais dos laboratórios com os resultados dos ensaios estão apresentados no Anexo I.

A caracterização geológico-geotécnica dos materiais naturais de construção, para atender as obras de terra/enrocamento e as estruturas de concreto, estão apresentadas em detalhes nos desenhos PJ0722-B-T03-GR-DE-101 - Ensaios Geotécnicos - Áreas de Empréstimo - Margem Direita e Margem Esquerda, PJ0722-B-T03-GR-DE-102 – Ensaios Geotécnicos - Fundação - Barragem e Dique e PJ0722-B-T03-GR-DE-103 – Ensaios Geotécnicos – Jazidas de Areia e Cascalho.

### **3. GEOLOGIA REGIONAL**

### 3.1. LITOESTRATIGRAFIA

As áreas de exposição das diversas formações geológicas e suas relações estratigráficas, no contexto regional, estão apresentadas no desenho PJ 0722-B-G02-GR-DE-101.

No que diz respeito ao conhecimento geológico da região, foi adotada a folha de Santo Antônio de Pádua, publicada pelo DRM dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Estado do Rio de Janeiro. Nesta publicação são encontradas as diversas denominações que têm sido usadas pelos diversos pesquisadores para as Formações Geológicas dessa região e encontra-se também uma proposta para sua sintetização.

Nesta folha, o Rio Paraíba do Sul, principal coletor de águas, escoar no sentido ENE, recebendo águas do Rio Pomba, que provém de NW, próximo ao bordo oriental da folha. O Rio Paraíba do Sul penetra a folha, a oeste, na cota 70,00 m, abandonando-a na cota 40,00 m, a leste.

A maior parte das rochas detectadas na área são cristalinas e identificáveis como gnaisses, gnaisses xistosos, granulitos e migmatitos.

Em virtude de restrições ligadas ao Código de Nomenclatura Estratigráfica, o termo “Série”, largamente utilizado para descrever formações Pré-Cambrianas, está aqui substituído pelo termo “Grupo”.

Segundo G.F. Rosier et alii (1965), o contato entre os grupos Serra dos Órgãos e Paraíba do Sul se daria por empurrão, daquele contra este; o primeiro grupo seria Arqueano e o segundo, Proterozóico. Quanto a interpretação sobre o contato parece haver acordo entre os diversos autores; no entanto, Grossi Sad e Donatello Moreira, 1978, consideram aparentemente que o mesmo ciclo geossinclinal gerou as duas seqüências.

Para efeito de mapeamentos, o DRM decidiu utilizar os termos Agrupamento, Unidade e Sub-unidade para a designação das seqüências. O agrupamento não recebeu um nome formal, sendo, identificado por algarismos romanos. A unidade recebeu nomes informais e constitui-se no ente básico do mapeamento, de cunho descritivo; divisões da unidade foram denominadas de sub-unidades. Assim, para a faixa Pré-Cambriana foram definidos dois agrupamentos, dos quais nos interessa o Agrupamento I e mais especificamente a Unidade Itaocara. O Agrupamento I corresponde ao Grupo Paraíba do Sul acima mencionado.

A Unidade Itaocara contém gnaisses e migmatitos porfiroclásticos ou não; por vezes os gnaisses têm estrutura xistosa, quartzitos são, característicos e discretos níveis de mármore podem ocorrer. Além disto, pequena proporção dos gnaisses contém hornblenda (anfíbólio gnaisse). Parte das rochas da Unidade Itaocara são granulitos verdadeiros.

A área tipo da unidade situa-se no entorno da cidade de Itaocara (palavra indígena que significa “praça da taba, de pedra” ou “praça de pedra”, onde afloram biotita-granada gnaisses e microclina-granada gnaisses, mais ou menos migmatizados, que portam intercalações menores de quartzito. Imediatamente a nordeste da cidade, o Córrego

Bolívia, afluente pela margem esquerda do Rio Paraíba do Sul atravessa a “morraria” denominada Serra Bolívia, cujos contrafortes são modelados em granulitos.

Esta unidade ocorre em duas zonas ou tratos distintos; sendo que a de interesse a esse estudo foi denominada de Trato Santo Antônio de Pádua, e ocupa toda a área da folha a leste da Serra da Caledônia, exceto aquelas porções onde ocorrem as unidades Leptitos Serra das Frecheiras e Charnockitos Serra da Bolívia.

A faixa ocupada pela unidade Itaocara mostra-se rebaixada em relação ao relevo regional, correspondente à zona drenada pelo Rio Paraíba do Sul e seus afluentes pela margem esquerda. A topografia orienta-se preferencialmente segundo NE-SW, condicionando o alinhamento de cristas e sistema de drenagem secundária, paralela; os principais acidentes geográficos são serras das quais as mais próximas do local em estudo são: Serra da Bolívia e Serra da Caledônia. Uma paisagem de morros de topo achatado é a constante da área, a menos das serras mencionadas

No que se refere aos materiais mais recentes de cobertura, o Cenozóico, na região, está representado por sedimentos do Quaternário, sendo constituído por aluviões e depósitos de terraços.

Outros tipos de depósitos, de natureza alúvio-coluvionar também são encontrados, relacionados à evolução do relevo, representados por sedimentos argilo-arenosos; em regiões íngremes são também encontrados depósitos de tálus.

Todas estas litologias estão capeadas por uma cobertura de solos estratificados cujas camadas estão correlacionadas à gênese e constituição mineralógica semelhantes aqui sumariados:

- a) Camada vegetal, normalmente de espessura em torno de 30 cm;
- b) Camada de solo coluvial, de espessura variável dependendo de sua situação na encosta, com tendência a se espessar no sentido da base. Sua constituição é geralmente argilo-siltosa;
- c) Camada de solo residual, cujo contato com o colúvio sobreposto é nítido, via de regra marcado por linha de seixos ou matacões, ou por uma superfície de nódulos de laterita. Na sua constituição granulométrica aparece silte, associado a argila e areia, sendo ora argilo-areno-siltoso, ora silto-areno-argiloso. Há o aparecimento de mica em proporções variadas e sua coloração é geralmente avermelhada;
- d) Camada de solo de rocha totalmente alterada, cujo contato com a camada sobreposta é transicional, marcado pelo aparecimento das estruturas originais da rocha tais como xistosidade, fraturas, etc., embora quase que completamente intemperizada. Sua composição granulométrica é semelhante à do solo residual e sua coloração tende a ser mais clara devido a presença de caulim.

### **3.2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E ESTRUTURAIS**

Vários alinhamentos estruturais atravessam a área em questão, cujas orientações variam em torno da direção NE-SW, onde as drenagens principais estão encaixadas. Dentre os mais expressivos citam-se o lineamento de Além Paraíba, entre Sapucaia e Itaocara – Santo Antônio de Pádua e várias falhas inversas, entre Juiz de Fora – Mirai – Araponga.

O principal dobramento na folha de Santo Antônio de Pádua, [Grossi e Donadello Moreira et alii. (1978)], tem planos axiais verticalizados e eixo horizontalizados.

Todas estas rochas sofreram processos tectonomagmáticos durante o mesozóico que resultaram na presença de inúmeros diques de diabásio intrudidos indiscriminadamente nas rochas cristalinas por toda a região e devido sua forma de ocorrência (e escala) foram cartografados em parte nos mapas aqui apresentados, em função da relação dimensão x escala do desenho.

O rio Paraíba do Sul atravessa diferentes unidades geomorfológicas pertencentes a dois grandes domínios morfoestruturais: a Faixa de Dobramentos Remobilizados e o Domínio dos Depósitos Sedimentares. A região do vale do Paraíba do Sul encontra-se entre as regiões do Planalto da Serra da Mantiqueira Meridional e Setentrional e das Escarpas e Reversos da Serra do Mar.

Nesta região instalou-se a drenagem atual do rio Paraíba do Sul, que apresenta um leito meândrico em seu curso médio superior e retilíneo em seu curso médio inferior, onde corta área estrutural entre alinhamentos serranos. São identificadas nessa região três sub-unidades geomorfológicas: a Depressão do Médio Paraíba do Sul, os Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul e a Depressão Escalonada do Rio Pomba e Muriaé.

A Depressão do Médio Paraíba do Sul ocorre sobre estrutura de graben enquanto nos Alinhamentos de Cristas predomina uma estrutura de falhas e dobras e um relevo do tipo apalachiano. A região em estudo situa-se na unidade geomorfológica dos alinhamentos estruturais do Paraíba do Sul.

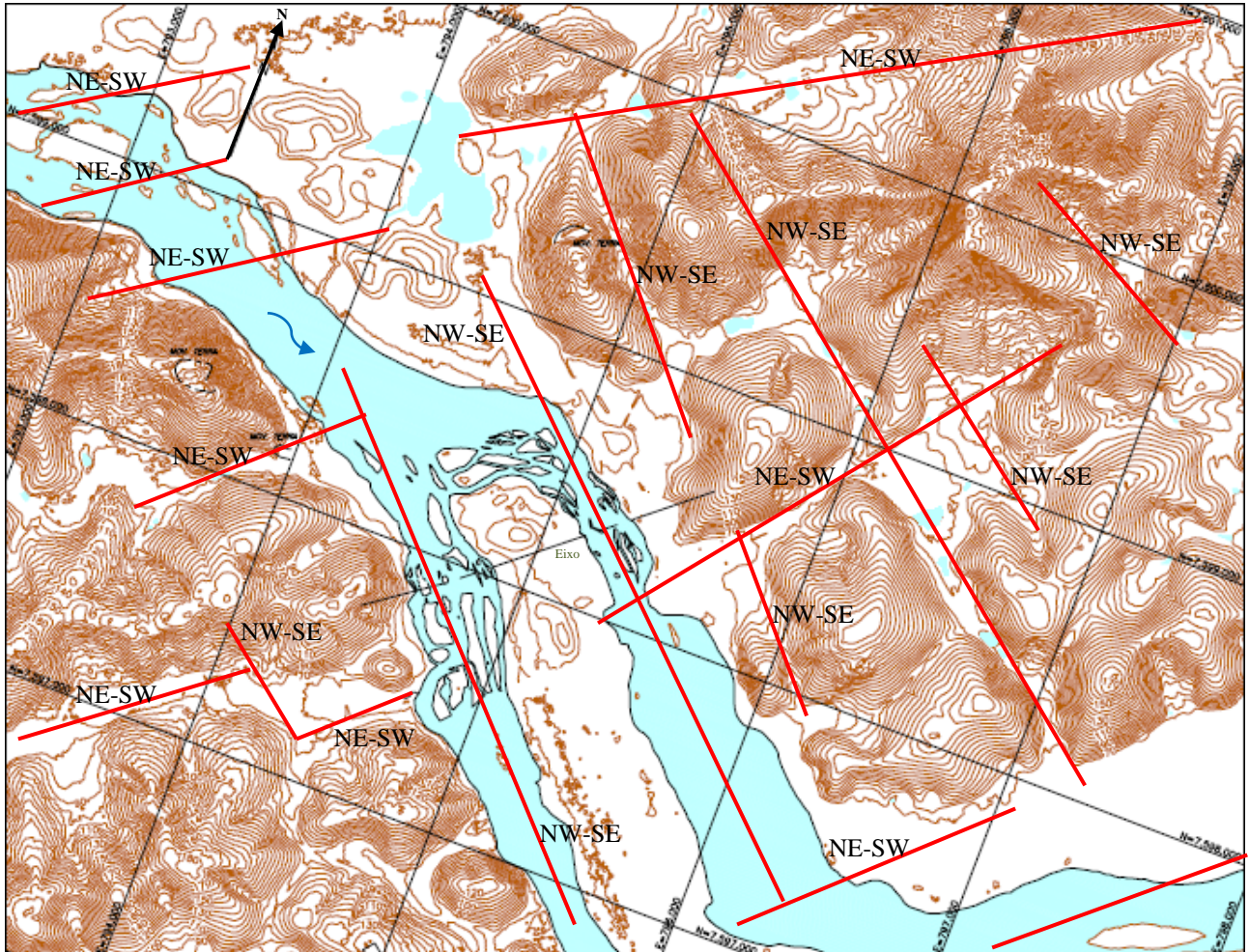
Esta unidade é caracterizada por feições que refletem um alto controle estrutural formado por falhas e fraturas alinhadas em geral no sentido NE – SW. A morfologia está representada por estruturas convexo-côncavas na forma de colinas, sulcos estruturais, cristas e escarpas erosivas, sempre em alinhamentos claros e muito marcantes. Litologicamente esta unidade encontra-se inserida no Grupo Paraíba do Sul.

Finalmente merece ser destacado um sistema de particular interesse ao presente projeto, pois é o responsável pelo traçado do leito do rio Paraíba do Sul no local do futuro barramento. Trata-se de um sistema de fraturamentos por vezes de grande continuidade, que apresentam distribuição plano-paralela de direção NW-SE, ortogonal ao lineamento gnáissico. Esse sistema é verticalizado, possui um caráter regional e deverá em grande parte condicionar a implantação da futura usina, em especial no que se refere a compartimentação do maciço rochoso, aumentando o seu grau de fraturamento nos locais onde esses “feixes de fraturamento” ocorram.



Nas figuras 3.1 e 3.2 a seguir estão indicados os dois sistemas estruturais de importância na região descritos acima, e que regem a compartimentação do maciço rochoso.

**Figura 3.1**  
**Alinhamentos Estruturais Identificados sobre Aerolevantamento a Laser.**



**Figura 3.2**  
**Alinhamentos Estruturais Identificados sobre Imagem da Ferramenta Google Earth.**



### 3.3. SISMICIDADE

Historicamente há, desde o século XVI, a partir de relatos e dados compilados em jornais e revistas de época e na bibliografia especializada, o registro de sismos em nosso território. Trabalhos de cunho geológico, visando entender a sismicidade ocorrente no Brasil e definir a distribuição espacial desse tipo de evento, foram efetuados por uma série de pesquisadores que procuraram estimar o nível de sismicidade de algumas regiões brasileiras, como Bom Sucesso, MG e Amazônia.

As causas para as ocorrências de sismos ainda não estavam plenamente esclarecidas, quando, na década de 50 do século próximo passado, estabeleceu-se o relacionamento entre o padrão de forma de drenagens e a tectônica atual. Com o advento da teoria da Tectônica Global, não restou dúvidas de que o tectonismo atual é um dos principais mecanismos controladores dos processos de geração de sismos. Evidentemente foi nessa mesma época (década de 70) que pesquisadores, voltando seus olhos para as atividades tectônicas que ocorriam em nosso território, desde o final do Terciário até o Quaternário, apontaram para a existência de processos tectônicos recentes na zona da Plataforma Sul-Americana.

Trabalhos posteriores permitiram relacionar a geologia e estruturas tectônicas presentes no Brasil à ocorrência de sismos. A partir da elaboração do Mapa Sismotectônico do Brasil (Haberlehner 1978) firmou-se o conceito de zonas sismogênicas que corresponde a áreas que podem ser relacionadas a zonas de fraqueza crustal. São essas estruturas (cinturões de cisalhamentos, zonas de suturas e junções tríplexes) representando domínios tectônicos que, basicamente, controlam os processos geológicos que aqui se desenvolvem. Terrenos de alto grau e faixas metamórficas vulcano-sedimentares marcam as zonas de justaposição de blocos crustais, com arranjos tríplexes. Esses blocos, separados por tais tipos de descontinuidades, são bem marcados geofisicamente, por meio de dados gravimétricos e magnéticos. Hoje há cerca de 26 zonas sismogênicas caracterizadas em território brasileiro (Haberlehner 1978, Hasui 1990, Mioto 1993).

A liberação de energia sísmica ocorre de maneira difusa, mas não aleatoriamente. Os epicentros distribuem-se nas faixas de articulação de blocos crustais e imediações, o que indica forte influência de antigas anisotropias-descontinuidades na atividade sísmica.

#### - Sismicidade No Brasil

Hoje se sabe que a idéia de que áreas constituídas por rochas muito antigas, estáveis tectonicamente e localizadas no interior de placas litosféricas, caso do território brasileiro, representam regiões livres de terremotos, encontra-se destituída de fundamentos. De fato, se comparada a sismicidade de zonas modernas, instáveis como, por exemplo, a borda oeste da placa Sul-Americana, o nosso nível de sismicidade é modesto, embora abalos com magnitudes acima de 5,0 (escala Richter), já tenham sido registrados no Brasil, conforme citado na bibliografia.

Com o estabelecimento de uma rede de monitoramento sísmico em nosso país, percebe-se a existência de um certo número de tremores que aqui ocorrem, até com uma certa frequência, embora os abalos registrados sejam provocados por sismos de pequena magnitude. Só nos últimos dez anos o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília registrou 400 sismos com magnitude igual ou superior a 3,0 na escala Richter. Essas manifestações intermitentes de sismicidade representam pulsos remanescentes de uma tectônica que ainda está em curso.

Os maiores sismos de que se tem registro em nosso território, descontando-se os do Acre, correspondem aos de 1955 em Porto dos Gaúchos, Mato Grosso, com uma magnitude de 6.75; também em 1955, o ocorrido em área oceânica a 330 km do litoral do Espírito Santo, com magnitude de 6.3; o de 1983 em Codajás, no Amazonas, com magnitude de 5.5; o de 1980 em Cascavel e Pacajus, Ceará, com magnitude de 5.2; e o de 1986, em João Câmara, Rio Grande do Norte, com magnitude de 5.5.

Por outro lado, a maior parte dos sismos brasileiros é de pequena magnitude ( $\leq 4.5$ ) e comumente ocorrem em baixa profundidade (hipocentro a menos de 30 km) e, por isso, só são sentidos a até alguns poucos quilômetros do epicentro. Este é quase sempre o padrão de sismicidade esperado para regiões contidas no interior de placas tectônicas.

## - Risco Sísmico

A magnitude, medida na escala Richter, avalia a quantidade de energia liberada pelo terremoto. A intensidade do terremoto, que se mede pela escala de Mercalli Modificada, quantifica o dano provocado pelo abalo. Sismos com magnitudes como as que ocorrem no Brasil, da ordem de 3.0, são considerados fracos e em termos de estragos podem, quando muito, causar pequenas rachaduras nas construções mais simples.

Os danos que um tremor causa dependem de vários fatores: magnitude do sismo, profundidade em que tenha ocorrido, a constituição geológica do substrato e, com referência ao que efetivamente importa do ponto de vista humano, que são os estragos proporcionados por esses eventos, da qualidade das construções das zonas abaladas.

Convém lembrar que sismos de pequenas magnitudes e de intensidades não muito significativas, a exemplo de recente terremoto ocorrido em dezembro de 2007, na localidade de Itacarambi, MG, ocasionou, além de danos materiais, a primeira vítima fatal em nosso território.

Dentre as Zonas Sismogênicas determinadas no Brasil, convém destacar, em virtude da maior proximidade com a área da UHE Itaocara I, a Província Sísmica do Sudeste (SADOWSKI *et al.*, 1978) com sismicidade associada ao sistema de falhamentos dos *rifts* da Serra do Mar e às falhas do sul de Minas Gerais. Registros históricos dão conta de diversos tremores, cerca de 136, sentidos nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e de Minas Gerais, num raio de 300Km do empreendimento. Dos sismos computados, apenas cinco possuem magnitudes maior ou igual a 4.0 (Tabela 3.3). Dentre estes, o tremor mais próximo ao eixo do barramento é o registrado em Campos de magnitude 4.5, em 1917.

**Tabela 3.3**  
**Sismos Registrados nas Proximidades de Itaocara I**

| Ano  | Coordenadas     | Localidade              | Magnitude |
|------|-----------------|-------------------------|-----------|
| 1886 | 22.66°S/43.69°W | S.Pedro (RJ)            | 4.3       |
| 1917 | 21.60°S/41.50°W | Campos (RJ)             | 4.5       |
| 1920 | 21.03°S/44.75°W | Bom Sucesso (MG)        | 4.0       |
| 1972 | 21.72°S/40.53°W | Campos (RJ)             | 4.8       |
| 1996 | 22.71°S/40.50°W | Margem Continental (RJ) | 4.0       |

Extraído do IAG - USP

A análise de estabilidade envolvendo terremotos é rotineiramente considerada em zonas sísmicas e tem sido recomendada mesmo em zonas historicamente assísmicas. No caso da região do empreendimento, levando-se em conta que as poucas informações disponíveis nos mostram tremores, em geral, de baixa magnitude, mas que indicam a possibilidade de ocorrência de abalos sísmicos, recomenda-se a avaliação das condições de estabilidade da barragem considerando-se a possibilidade de sismos, adotando-se

cargas sísmicas correspondentes às acelerações de 0,05 g na direção horizontal e 0,03 g na direção vertical (critérios da Eletrobrás).

#### - Sismicidade Induzida

Além das forças naturais, ações humanas como a construção de grandes barragens também pode contribuir para desestabilizar tectonicamente uma determinada porção da crosta terrestre gerando, geralmente, tremores de terra de pequenas magnitudes.

A construção da barragem provoca um aumento da carga localizada em uma determinada área da crosta, equivalente à massa representada pela água armazenada no reservatório. Esse peso, caso comparado às pressões litostáticas naturais não teria, aparentemente, condições de desestabilizar geologicamente o substrato desencadeando os abalos. Entretanto, há um fator que não pode deixar de ser considerado que, mesmo sendo insuficiente para fraturar as rochas da base, a coluna de água exerce uma pressão hidrostática fazendo com que os líquidos sejam pressionados através dos poros das rochas e descontinuidades (falhas, fraturas). Esse fenômeno pode levar anos para que haja uma infiltração significativa (saturação) que vai depender da permeabilidade das rochas do fundo dos reservatórios. Regiões de fraqueza, com muitas descontinuidades podem, entretanto, acelerar esse fenômeno, ocasionando a lubrificação das paredes de blocos rochosos falhados, reduzindo o coeficiente de atrito, fazendo com que os blocos se desloquem um em relação ao outro, produzindo o abalo.

O que se pensava anteriormente, de que lagos artificiais só geravam sismos de pequena magnitude, foi desmentido pelo ocorrido em 1967, na região do reservatório de Koina (com 103 metros de altura) na Índia, em uma região muito antiga e estável geologicamente, que registrou um abalo de 6.4 na escala Richter. O tremor danificou estruturalmente a barragem, vitimou cerca de duas centenas de pessoas e deixou milhares de feridos na região. Nessa mesma década mais outros três casos de sismos com magnitudes acima de 6.0 foram registrados associados a barragens com altura superior a 100 metros.

No Brasil os registros disponíveis sobre sismicidade induzida (Tabela 3.4), confirmam a ligação entre esses fenômenos e o enchimento de barragens, sendo os abalos produzidos de magnitudes de até 5.1 na escala Richter e intensidades entre VI e VII, na escala de Mercalli Modificada.

**Tabela 3.4**  
**Sismos Induzidos por Reservatórios no Brasil**

| Ano  | Coordenadas                            | Estado | Localidade                     | Magnitude | Intensidade |
|------|--|--------|--------------------------------|-----------|-------------|
| 1970 | 20,0° S / 44,0° W<br>20,6° S / 45,0° W | MG     | Carmo do Cajuru                | 3-4       | III         |
| 1971 |  | PR     | Reservatório de Capivari       | -         | -           |
| 1972 | 20,0° S / 44,0° W                      | MG     | Carmo do Cajuru                | 4,7       | -           |
| 1974 | -                                      |        | Porto Colômbia<br>Volta Grande | 5,1       | VI - VII    |
| 1976 | -                                      | PR     | Primeiro de Maio               | -         | -           |
| 1976 | -                                      | PR     | Salto Santiago                 | -         | -           |
| 1993 |  | MG     | Carmo do Cajuru                | 2.5       |             |
| 1995 |  | MG     | Nova Ponte                     | 3.5       | IV - V      |

Fonte: Haberlehner (1978) e Assumpção *et al.* (1997)

Dos dados acima expostos e conforme apresentado pela bibliografia referente a esse assunto, os sismos induzidos por barramentos estão sempre diretamente relacionados à altura dos barramento e a litologia envolvida seja na região do eixo do barramento, seja do futuro lago.

No presente caso, tanto a altura da barragem com coluna máxima de N.A. da ordem dos 27m, como a litologia envolvida, seja na região do barramento, seja no futuro lago – rochas granito-gnáissicas – não indicam problemas com relação a sismos induzidos. Esses, caso ocorram, serão de pequena amplitude, não devendo condicionar o futuro empreendimento. Com base nessa análise, pode-se considerar de pouca utilidade um eventual monitoramento sísmico no AHE Itaocara I.

## **4. GEOLOGIA E GEOTECNIA DO LOCAL**

#### **4.1. INTRODUÇÃO**

O mapeamento geológico do local, foi realizado na escala 1:5000, conforme apresentado no desenho PJ0722-B-G02-GR-DE-102. Esse trabalho teve como ponto de partida a pesquisa nos documentos existentes sobre a região. Após essa etapa foram realizados caminhamentos de superfície, quando foram examinados todos os afloramentos ocorrentes na área, cortes de estrada, escarpas e demais pontos de observação de interesse. As informações assim obtidas foram correlacionadas aos resultados das investigações de subsuperfície de modo a ser elaborado o mapa e as respectivas seções geológico-geotécnicas.

#### **4.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS**

A topografia do local do futuro barramento pode ser considerada como acidentada, apresentando desníveis desde o leito do rio, que ocupa cotas ao redor dos 60-65 m, até o alto das ombreiras, essas atingindo cotas ao redor dos 165-170m, da ordem dos 100-120 metros, com encostas onde por vezes podem ocorrer escarpas rochosas sub verticalizadas.

O vale do barramento apresenta fundo chato com largura da ordem dos 1100m e encostas com inclinações médias da ordem dos 30° a até 45°. O controle geral da drenagem e das elevações mais altas e seus alinhamentos de crista na região é comandado pelo lineamento gnáissico regional de direção NE-SW.

O leito do rio é constituído por um grande numero de ilhas normalmente encobertas por solos aluvionares, sendo que entre essas aparecem corredeiras onde é difícil a navegabilidade.

#### **4.3. ASPECTOS LITOLÓGICOS/ESTRUTURAIS**

O maciço rochoso no local das futuras obras está representado por rochas Pré-Cambrianas gnáissicas do Grupo Paraíba do Sul, conforme já descrito na Geologia Regional.

No local do barramento a rocha local passou a ser denominada de “Granitóide”, por sua textura característica muito próxima dos granitos. Merece destaque ainda o fato de que dentro da massa rochosa são identificáveis corpos de Xenólitos, por vezes de dimensões consideráveis, da ordem do metro ou maiores.

O maciço aparece exposto em pedrais da calha do rio e em escarpas no alto de algumas encostas, o que permitiu a visualização de grandes áreas expostas que, associadas a verificação dos testemunhos de sondagem, contribuiu sobremaneira na caracterização do maciço. Trata-se de um granitóide granatífero, de textura de uma maneira geral isotrópica média com zoneamentos grosseiros, podendo ocorrer no seu interior xenólitos de rocha gnáissica, de formas e dimensões variáveis, distribuídos de forma aleatória e caótica.



O maciço então pode ser considerado como de boa qualidade, apresentando-se normalmente pouco a medianamente fraturado, em geral até profundidades da ordem dos 15-20 metros, quando a partir daí passa a ser sempre são e pouco fraturado.

Os sistemas de fraturas predominantes que compartimentam o maciço rochoso são:

- N38°-60° E / Sub-vertical (paralelo à lineação gnaissica regional);
- N40°W / Vertical (perpendicular à lineação gnáissica regional). Esse sistema especificamente para o local do eixo, apresenta especial importância pois condicionou o direcionamento do leito do rio;
- N50°W / Vertical (transversal à lineação gnáissica regional). Da mesma forma como no caso da direção anterior, esse sistema está relacionado a orientação do leito do rio no local;
- N66°E / alinhamento de grande parte do traçado do rio Paraíba do Sul – falha (não diretamente ligada ao local do barramento);
- N80°W a EW / Vertical (transversal à lineação gnáissica regional).

No Anexo III é apresentado um bloco diagrama esquemático da compartimentação do maciço rochoso na área do eixo, numa tentativa de se obter uma melhor visualização dos principais lineamentos que deverão condicionar as futuras obras. Cabe lembrar que nas investigações realizadas o maciço embora apresentado todos esses lineamentos apresentados no bloco mostraram-se, de maneira geral, pouco fraturado.

No que se refere à permeabilidade, o maciço apresentou valores de permeabilidade nos ensaios de perda d'água, muito variáveis a pequena profundidade, a até os 15-20 metros, quando se intercalam trechos pouco permeáveis a trechos muito permeáveis, por vezes com ocorrência de vazão total da bomba. A partir dessa profundidade o maciço torna-se estanque com a maioria dos ensaios apresentando baixas vazões ou mesmo perdas nulas.

Recobrimo o maciço rochoso aparece o manto de intemperismo, por vezes completo, em especial na ombreira esquerda, podendo atingir espessuras da ordem dos 20 metros, onde o solo residual maduro e o jovem assumem as maiores espessuras, ora um ora o outro imperando no perfil.

Já na ombreira direita o intemperismo não é expressivo, atingindo valores da ordem de metro. Nas áreas de baixada e em ilhas maiores do leito do rio, também pode estar presente, aqui com espessura também pequena, da ordem de 1 a 3 metros.

O horizonte de intemperismo no local apresenta granulometria de areia fina siltosa, pouco argilosa, normalmente micácea, que vai tornando-se mais arenosa a medida que se passa de solo residual maduro para solo residual jovem.

O horizonte é compacto, com valores de SPT sempre superiores aos 15 golpes e acima dos 30 golpes no solo residual jovem. Sua permeabilidade é muito variável apresentando

valores de permeabilidade nos ensaios de infiltração que variam de  $10^{-2}$ m/s -  $10^{-3}$ m/s a  $10^{-5}$ m/s -  $10^{-6}$ m/s.

Recobrando esse horizonte de alteração, em ambas as margens/ombreiras aparece o colúvio, de espessura variável, podendo atingir os 8-10 metros na ombreira esquerda e cerca de 1-2 metros, na direita. Esse horizonte possui materiais de granulometria variável, ora areno-argilosa, ora silto-arenosa, é pouco compacto, com valores de SPT da ordem dos 6-8 golpes e é pouco permeável, com coeficientes de permeabilidade nos ensaios de infiltração ao redor de  $10^{-4}$ m/s.

Nas áreas das baixadas ribeirinhas e ilhas, ocorrem depósitos de sedimentos aluvionares compostos essencialmente por areia pura, lavada quando situada na calha do rio. Nas margens e ilhas, em cotas mais elevadas, as ocorrências são constituídas por aluviões impuros constituídos de siltes-argilo-arenosos e argilas-silto-arenosas. Esses depósitos aluvionares não são muito expressivos nas margens, porém assumem proporções maiores na região do leito do rio, onde operam extrações comerciais.

#### **4.4. ASPECTOS E CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS**

##### **4.4.1. Considerações Gerais**

Neste item enfoca-se a caracterização dos materiais “in situ” visando, principalmente, a avaliação do comportamento desses materiais em função das exigências a serem impostas por cada diferente estrutura a ser implantada.

Para a caracterização desses materiais, foram usados, na descrição dos testemunhos de sondagens, os critérios recomendados pela ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia) para a determinação dos diferentes parâmetros, sendo esses utilizados na classificação geotécnica das litologias encontradas.

##### **4.4.2. Ensecadeiras**

O condicionante básico à implantação das ensecadeiras é a presença das aluviões recentes que, em grande parte, deverão exigir a sua remoção da fundação. Onde esses se tornam muito espessos, no entanto, deverão permanecer, exigindo assim a execução de um “cut-off” até o topo da rocha sã.

Nas proximidades do eixo do barramento, esse material distribui-se em faixas paralelas ao rio, entre as cotas 62 e 68 m, tendo como seus limites, de um lado o rio, onde podem ocorrer na forma de bancos ou “manchas” (preenchendo cavidades/“denteamento” que constituem o topo da rocha sã no leito), submersos e, de outro, solos residuais e solos de rocha totalmente alterada, esses já aparecendo nas margens.

Normalmente, o pacote destes materiais está depositado diretamente sobre o granitóide são, nas ilhas, junto à calha do rio e nas margens ainda próximo à calha do rio. Nas margens, localmente, podem ocorrer de estarem depositados sobre uma camada pouco

espessa de granitóide totalmente alterado. A espessura das aluviões variam ao redor dos 3 a 5 m, podendo não estar presentes em alguns trechos do rio. Os ensaios de SPT indicaram valores baixos, da ordem de 2 a 7 golpes, sendo que a permeabilidade se mostrou variável nos ensaios de infiltração, com valores entre  $1 \times 10^{-4}$  m/s a  $1 \times 10^{-9}$  m/s, com predominância de valores ao redor de  $1 \times 10^{-7}$  m/s.

Esse tipo de depósito, fora da calha do rio, pode ser “subdividido” em dois ou mais níveis distintos, variando as porcentagens presentes, ora da argila ora do silte. Em cotas baixas, e no leito do rio, formando praias nas épocas secas, as aluviões são constituídas preferencialmente por areias puras a quase puras, ocorrendo, próximo ao local de barramento, algumas jazidas atualmente em exploração.

#### 4.4.3. Barramento

##### 4.4.3.1. Ombreira Direita

Nessa ombreira esta prevista uma barragem de concreto, de pequenas dimensões, denominada Barragem de Fechamento. Essa estrutura, tendo em vista que no local o topo da rocha ocorre à pequena profundidade, cerca de 1-2 metros, deverá ser fundada sobre a rocha sã ou sobre a rocha pouco alterada. No que se refere aos tratamentos superficiais, esses serão os convencionais, quando deverá ser feita a remoção de materiais impróprios, taludes negativos, aplicação de concreto de regularização, etc... podem ser necessárias injeções rasas e ancoragens com chumbadores.

No que se refere aos tratamentos profundos de fundação, o maior grau de fraturamento nos horizontes mais superficiais da rocha, com maiores coeficientes de permeabilidade, conduziram à necessidade de prever uma cortina de injeções de impermeabilização. Deve-se levar em consideração que esta fundação será bem caracterizada, pois as escavações dos Canais de Adução e Restituição e da Tomada de Água deverão expor o maciço rochoso.

##### 4.4.3.2. Leito do Rio

A implantação da barragem de terra na região do leito do rio deverá encontrar pelo menos três situações distintas a saber:

- Fundação direta sobre topo rochoso – Em grande parte do leito do rio, a rocha deverá estar aflorante devendo, após limpeza e regularização, receber os materiais do futuro aterro.

Nesse trecho de fundação, o tratamento dependerá dos condicionantes geológico-geotécnicos e contará com uma cortina de injeções de impermeabilização sob o eixo de barramento.

No braço esquerdo do rio foi identificado um canal, com fundo a cerca de 7,00 m abaixo da elevação média das margens do rio, que poderá conter blocos de rocha e matações de diversas dimensões, que conduzirá à necessidade de cuidados especiais de forma a garantir uma vedação eficiente. Os blocos de rocha e matações deverão

ser removidos e o canal profundo deverá ser conformado de forma que sua geometria final não induza tensões diferenciais.

- Fundação sobre aluviões/solos residuais – Em certos trechos da fundação, como na passagem por ilhas, as aluviões e eventuais horizontes de alteração de rocha poderão atingir espessuras significativas, da ordem dos 5-8 metros, o que, provavelmente, implicará numa remoção superficial dos solos mais fofos (que registraram SPT da ordem dos 3-8 inferiores aos 10 golpes mínimos necessários) e tratamento da fundação antes do lançamento do aterro, de modo a garantir o suporte e a estanqueidade necessários à fundação (limpeza e compactação onde necessário).

#### 4.4.3.3. Ombreira Esquada

No trecho de fundação da ombreira esquerda, a barragem de terra deverá ser fundada sobre colúvio e/ou solo residual. Nesse local a espessura desses materiais quando somada pode atingir os 20 metros. O material, no entanto, após uma raspagem superficial, é compacto, registrando valores de SPT superiores aos 12-15 golpes. Sua permeabilidade de uma maneira geral é baixa, situando-se ao redor dos  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$  m/s. Localizadamente foram encontrados valores de permeabilidade altos, cerca de  $10^{-4}$  m/s.

As altas permeabilidades, associadas à presença de uma camada de rocha alterada, conduzirão a um tapete impermeável à montante da barragem e a um sistema de trincheira drenante e poços de alívio à jusante.

#### 4.4.4. Dique de Terra

Na ombreira esquerda, cerca de 270,00 metros a montante do eixo, está prevista a execução de um dique em solo compactado para o fechamento do ponto de fuga do reservatório.

No local de implantação deste dique, ocorre uma camada de solo residual de espessura da ordem de 4,0 a 5,0 m, conforme constatado em três sondagens a trado executadas. Esse horizonte de alteração, já bem estudado na área do eixo, possui características bem homogêneas quanto à granulometria, à permeabilidade e à compacidade e apresenta boas condições à fundação do futuro aterro.

#### 4.4.5. Estruturas de Concreto

Na região das estruturas de concreto, detectou-se junto à margem direita do rio, a presença de um maciço rochoso, do tipo Granitóide, de boa qualidade, normalmente são (A.1 e C.1) e pouco fraturado (F.1). Os trechos fraturados estão ligados a sistemas estruturais subverticalizados que aparecem em faixas normalmente estreitas e alongadas, onde a rocha pode atingir parâmetros de fraturamento F.5.

No que se refere à permeabilidade, uma análise global dos resultados mostrou que 76% dos ensaios forneceram valores de permeabilidade de H1 e 14% de H2, que possibilita

qualificar o maciço como pouco permeável. No entanto, 10% dos ensaios mostraram valores de H5. Estudos revelaram que estes valores estão restritos a uma fratura ou a um conjunto de fraturas facilmente identificáveis nos perfis de sondagem. Merece destaque a ocorrência de juntas de alívio, subhorizontais típicas, que influenciaram os ensaios de perda d'água até profundidades da ordem dos 15 - 20 m.

A massa rochosa do granitóide apresenta uma leve estruturação gnaíssica no seu interior ocorrendo, no entanto, zonas com forte estruturação, correspondentes aos xenólitos. Ocorrem biotita-hornblenda gnaisses, cuja "xistosidade" é bem desenvolvida e orientada de modo caótico, não obedecendo ao padrão regional.

No que se refere aos tratamentos superficiais, deverá ser feita a remoção de materiais impróprios, taludes negativos, aplicação de concreto de regularização, além eventuais injeções de consolidação e ancoragens com chumbadores. No que se refere a tratamentos profundos, está prevista aqui a continuidade da cortina de injeções vinda desde a barragem de terra.

## **5. MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO**

## 5.1. SOLOS FINOS

As investigações geológico-geotécnicas identificaram sete áreas de empréstimo próximas ao eixo de barramento, sendo quatro na margem esquerda e três na margem direita. De acordo com a Tabela 5.1, as áreas da margem esquerda apresentam-se com espessura média da ordem de 6 metros, totalizando um volume estimado de 4.300.000 m<sup>3</sup> de material terroso. As áreas de empréstimo da margem direita são menos promissoras e a espessura média está por volta de 5 metros, totalizando aproximadamente 2.300.000 m<sup>3</sup>.

Os solos coluvionares (cor marrom-amarelado) e os residuais de granitóide disponíveis nas áreas citadas (cor avermelhada) possuem, geralmente, características plásticas, pois são constituídos predominantemente de argila, com presença de silte, de areia fina a grossa e pequena porcentagem de pedregulho.

**Tabela 5.1**  
**Disponibilidade de Material Argiloso**

| Área de Empréstimo |                   | Área (m <sup>2</sup> ) | Espessura útil (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|
| ME                 | AE – A            | 70.000                 | 6.00               | 420.000                  |
|                    | AE – B            | 255.000                | 6.00               | 1.530.000                |
|                    | AE – C            | 310.000                | 6.00               | 1.860.000                |
|                    | AE – H            | 90.000                 | 6.00               | 540.000                  |
|                    | <b>Total ME =</b> |                        |                    | <b>4.350.000</b>         |
| MD                 | AE – E            | 70.000                 | 5.00               | 350.000                  |
|                    | AE – F            | 195.000                | 5.00               | 970.000                  |
|                    | AE – G            | 200.000                | 5.00               | 1.000.000                |
|                    | <b>Total MD =</b> |                        |                    | <b>2.320.000</b>         |

Todas as áreas investigadas constituem a parte superior de morros denominados “meia laranja”, onde a topografia é relativamente suave e o perfil dos solos de intemperismo é mais espesso, com solos residuais maduros bem desenvolvidos. Recobrimo esses horizontes de alteração ocorrem ainda, com maior ou menor espessura, os solos coluvionares, também adequados para utilização nos aterros compactados da barragem, dique e ensecadeiras.

O Anexo I apresenta os relatórios finais dos laboratórios com os resultados dos ensaios realizados.

## 5.2. AREIAS

Depósitos aluvionares arenosos foram identificados no leito, nas ilhas e nas margens do rio Paraíba do Sul.

A jusante do eixo do barramento, jazidas de aluviões arenosas ocorrem na forma de acumulações esparsas desde o fim da Ilha Serena até a localidade de Itaocara. As mais

próximas do eixo, localizadas no Areal Serra da Bolívia e apresentadas no desenho PJ0722-B-T01-GR-DE-101 como Jazida de Areia 2, totalizam cerca de 115.000 m<sup>3</sup>.

Da mesma forma, cerca de 800 metros a montante do eixo, ocorre numa faixa longitudinal ao rio, uma fonte identificada como Jazida de Areia 1, com cerca de 60.000 m<sup>3</sup> de areia quartzosa pouco micácea, bem graduada.

### **5.3. ROCHAS**

A rocha proveniente das escavações obrigatórias é constituída do granitóide são ou pouco alterado, material adequado à utilização como agregado de concreto e materiais de transição.

Para a Barragem do Leito do Rio foi identificada a Pedreira 04 na margem direita, a cerca de 100,00 metros do eixo do barramento, cujos dados de laboratório estão apresentados no item 2.2.


No desenho PJ0722-B-T01-GR-DE-101 estão mostrados os locais identificados como potenciais fontes de rocha para o empreendimento.





**ANEXOS**


# **ANEXO I RELATÓRIOS DE ENSAIOS E RESUMO DOS RESULTADOS**


**RELATÓRIOS DE ENSAIOS**


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |              |                   |  |  |  |
|---|---|--------------|-------------------|--|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   | 1            | 3                 |  |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   | 500          | 500               |  |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   | 23           | 23                |  |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   | 670,75       | 664,31            |  |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   | 49,10        | 49,12             |  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   | 700,60       | 694,12            |  |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   | 19,25        | 19,31             |  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   | 0,9976       | 0,9976            |  |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   | 2,545        | 2,538             |  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   | 2,554        | 2,547             |  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   | <b>2,541</b> |                   |  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   | <b>2,551</b> |                   |  |  |  |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |   |              |                   |  |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |              |                   |  |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |              |                   |  |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |              |                   |  |  |  |
| CÁPSULA   |   |              |                   |  |  |  |
| ÁGUA  |   |              |                   |  |  |  |
| SOLO SECO   |   |              |                   |  |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |              |                   |  |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |              |                   |  |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |              |                   |  |  |  |
| SONDAGEM: STA-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |              |                   |  |  |  |
| ÁREA: AE-A - M/E  | AMOSTRA: 01 e 02  |              | PROF.: 0,35-4,00m |  |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |              | APROV.:           |  |  |  |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 21                | 21     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 670,89            | 664,28 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,25             | 49,12  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 700,70            | 693,91 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,44             | 19,49  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO )   |   |  | 0,9978            | 0,9978 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,528             | 2,515  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,537             | 2,524  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,521</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,531</b>      |        |  |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: STA-02  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: AE-A - M/E  | AMOSTRA: 01 e 02  |  | PROF.: 0,35-5,50m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 2      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 21                | 21     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 671,13            | 617,73 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,80             | 49,75  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,90            | 648,43 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,03             | 19,05  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO )   |   |  | 0,9980            | 0,9980 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,612             | 2,606  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,621             | 2,616  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,609</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,619</b>      |        |  |  |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: STB-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: AE-B - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,30-5,00m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 671,32       | 617,58 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,61        | 49,35  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,60       | 647,68 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 19,33        | 19,25  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9980       | 0,9980 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,561        | 2,559  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,571        | 2,568  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,560</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,569</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STB-02  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-B - M/E  | AMOSTRA: 01 e 02  |  | PROF.: 0,30-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 22                | 22     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 671,02            | 664,10 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,60             | 49,59  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,22            | 694,20 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,40             | 19,49  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  | 0,9978            | 0,9978 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,551             | 2,539  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,561             | 2,548  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,545</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,555</b>      |        |  |  |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: PEB-04  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: AE-B - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,30-2,00m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 671,20       | 617,40 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,38        | 50,04  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,71       | 648,35 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 18,87        | 19,09  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9980       | 0,9980 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,612        | 2,616  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,621        | 2,626  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,614</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,624</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: PEB-04  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-B - M/E  | AMOSTRA: 02   |  | PROF.: 2,00-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |





| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 671,08       | 617,50 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,20        | 49,30  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,33       | 647,85 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 18,95        | 18,95  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9980       | 0,9980 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,591        | 2,596  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,601        | 2,606  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,594</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,603</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STC-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-C - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,30-1,20m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 671,42       | 617,58 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,75        | 49,85  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,76       | 648,00 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 19,41        | 19,43  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9980       | 0,9980 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,558        | 2,560  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,567        | 2,570  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,559</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,569</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STC-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-C - M/E  | AMOSTRA: 02   |  | PROF.: 1,20-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 21                | 21     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 671,50            | 664,22 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,75             | 50,11  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,95            | 694,92 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,30             | 19,41  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  | 0,9980            | 0,9980 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,573             | 2,576  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,578             | 2,582  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,575</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,580</b>      |        |  |  |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: STC-02  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: AE-C - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,30-4,50m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 3      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 22           | 22     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 670,91       | 664,30 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,46        | 49,57  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 700,96       | 694,38 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 19,41        | 19,49  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9978       | 0,9978 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,543        | 2,538  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,552        | 2,547  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,540</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,550</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: PEC-05  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-C - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,30-2,50m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 22           | 22     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 670,89       | 617,35 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 50,00        | 50,17  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,94       | 648,52 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 18,95        | 19,00  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9978       | 0,9978 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,633        | 2,635  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,642        | 2,645  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,634</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,643</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: PEC-05  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-C - M/E  | AMOSTRA: 02   |  | PROF.: 2,50-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 671,09       | 617,58 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,20        | 49,80  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,50       | 648,35 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 18,79        | 19,03  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9980       | 0,9980 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,613        | 2,612  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,623        | 2,621  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,612</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,622</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STE-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-E - M/D  | AMOSTRA: 01 e 02  |  | PROF.: 0,30-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 21           | 21     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 670,99       | 617,49 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 48,95        | 50,15  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 700,67       | 648,01 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 19,27        | 19,63  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9978       | 0,9978 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,535        | 2,549  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,544        | 2,559  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,542</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,551</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STF-01  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-F - M/D  | AMOSTRA: 01 e 02  |  | PROF.: 0,30-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 2      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 23           | 23     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 670,69       | 617,34 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,20        | 49,26  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,04       | 647,63 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 18,85        | 18,97  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9976       | 0,9976 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,604        | 2,590  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,613        | 2,600  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,597</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,607</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: STF-03  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: AE-F - M/D  | AMOSTRA: 01 e 02  |  | PROF.: 0,35-5,00m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |





| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |  |                          |
|---|--|--------------------------|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   | 1  | 2                        |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  | 500  | 500                      |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   | 22   | 22                       |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   | 670,96   | 617,31                   |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   | 49,38  | 50,00                    |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   | 700,99   | 647,85                   |
| Ws - Wfas + Wfa   | 19,35  | 19,46                    |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  | 0,9978   | 0,9978                   |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           | 2,546  | 2,564                    |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   | 2,556  | 2,573                    |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  | <b>2,555</b>   |                          |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    | <b>2,565</b>   |                          |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |  |                          |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |  |                          |
| CÁPSULA   |  |                          |
| ÁGUA  |  |                          |
| SOLO SECO   |  |                          |
| UMIDADE (%)   |  |                          |
|  | <b>CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA</b>       |                          |
|   | <b>OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I</b>                         |                          |
| <b>SONDAGEM: STG-02</b>   | <b>LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG)</b> |                          |
| <b>ÁREA: AE-G - M/D</b>   | <b>AMOSTRA: 02</b>   | <b>PROF.: 2,00-3,00m</b> |
| <b>PREFIXO: RJ 595 T</b>  | <b>VISTO:</b>  | <b>APROV.:</b>           |


| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |  |                          |
|---|--|--------------------------|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   | 1  | 648,82                   |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  | 500  | 500                      |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   | 22   | 22                       |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   | 671,11   | 617,60                   |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   | 49,50  | 49,98                    |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   | 701,89   | 648,72                   |
| Ws - Wfas + Wfa   | 18,72  | 18,86                    |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  | 0,9980   | 0,9980                   |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           | 2,639  | 2,645                    |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   | 2,649  | 2,655                    |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  | <b>2,642</b>   |                          |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    | <b>2,652</b>   |                          |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |  |                          |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |  |                          |
| CÁPSULA   |  |                          |
| ÁGUA  |  |                          |
| SOLO SECO   |  |                          |
| UMIDADE (%)   |  |                          |
|  | <b>CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA</b>       |                          |
|   | <b>OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I</b>                         |                          |
| <b>SONDAGEM: STH-02</b>   | <b>LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG)</b> |                          |
| <b>ÁREA: AE-H - M/E</b>   | <b>AMOSTRA: 01 e 02</b>  | <b>PROF.: 0,30-5,50m</b> |
| <b>PREFIXO: RJ 595 T</b>  | <b>VISTO:</b>  | <b>APROV.:</b>           |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 21                | 21     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 671,01            | 664,36 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,71             | 49,62  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,42            | 694,64 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,30             | 19,34  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  | 0,9980            | 0,9980 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,570             | 2,561  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,580             | 2,570  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,566</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,575</b>      |        |  |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: STH-03  | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: AE-H - M/E  | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 0,20-5,00m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |  |                          |
|---|--|--------------------------|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   | 1  | 3                        |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  | 500  | 500                      |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   | 23   | 23                       |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   | 670,75   | 663,84                   |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   | 49,80  | 49,76                    |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   | 701,69   | 694,73                   |
| Ws - Wfas + Wfa   | 18,86  | 18,87                    |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  | 0,9976   | 0,9976                   |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           | 2,634  | 2,631                    |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   | 2,644  | 2,640                    |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  | <b>2,632</b>   |                          |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    | <b>2,642</b>   |                          |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |  |                          |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |  |                          |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |  |                          |
| CÁPSULA   |  |                          |
| ÁGUA  |  |                          |
| SOLO SECO   |  |                          |
| UMIDADE (%)   |  |                          |
|  | <b>CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA</b>       |                          |
|   | <b>OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I</b>                         |                          |
| <b>SONDAGEM: STI-03</b>   | <b>LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG)</b> |                          |
| <b>ÁREA: AE-I - (Dique)</b>   | <b>AMOSTRA: 01 e 02</b>  | <b>PROF.: 0,30-6,70m</b> |
| <b>PREFIXO: RJ 595 T</b>  | <b>VISTO:</b>  | <b>APROV.:</b>           |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 22                | 22     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 670,73            | 664,31 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 50,06             | 50,00  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,13            | 694,65 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,66             | 19,66  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  | 0,9978            | 0,9978 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,541             | 2,538  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,550             | 2,547  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,539</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,549</b>      |        |  |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: PI-01   | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: FUNDAÇÃO - EIXO DA BARRAGEM   | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 1,20-1,50m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |

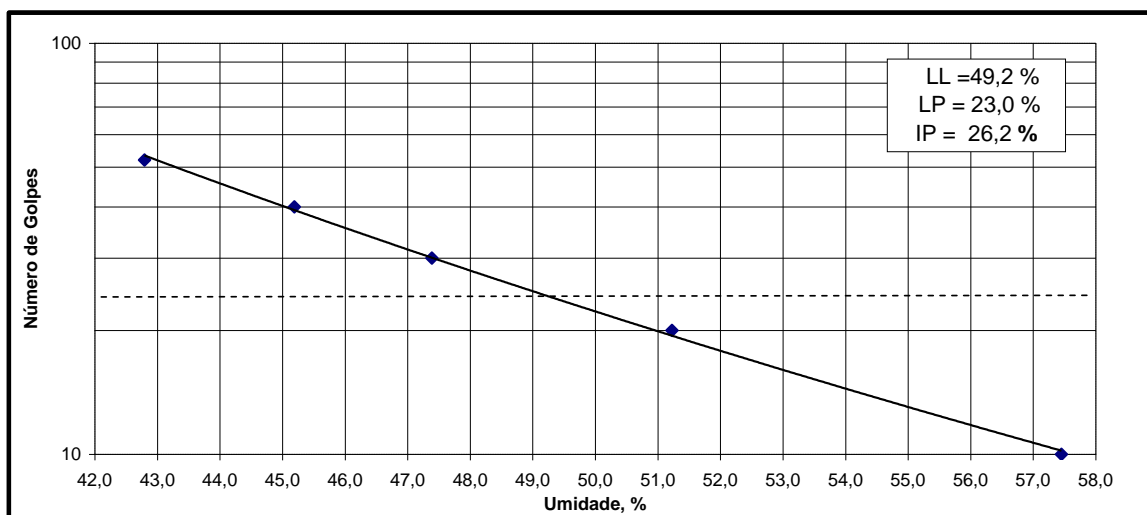
| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |              |        |  |
|---|---|--|-------------------|--------------|--------|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  |                   | 1            | 3      |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  |                   | 500          | 500    |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  |                   | 22           | 22     |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  |                   | 670,69       | 664,72 |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  |                   | 49,81        | 49,85  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  |                   | 701,09       | 695,08 |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  |                   | 19,41        | 19,49  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  |                   | 0,9978       | 0,9978 |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  |                   | 2,561        | 2,552  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  |                   | 2,570        | 2,562  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  |                   | <b>2,556</b> |        |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  |                   | <b>2,566</b> |        |  |
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |              |        |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |              |        |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |              |        |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |              |        |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |              |        |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |              |        |  |
| SONDAGEM: PI-01   | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |              |        |  |
| ÁREA: BARRAGEM  | AMOSTRA: 02   |  | PROF.: 3,00-3,40m |              |        |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |              |        |  |

| <b>DENSIDADE REAL DOS GRÃOS - NBR-6508:1994.</b>                                    |   |  |                   |        |  |  |
|---|---|--|-------------------|--------|--|--|
| PICNÔMETRO N <sup>o</sup>   |   |  | 1                 | 3      |  |  |
| VOLUME NOMINAL DO PINÔMETRO ( ml )  |   |  | 500               | 500    |  |  |
| T = TEMPERATURA ( ° C )   |   |  | 19                | 19     |  |  |
| Wfa = PICNÔMETRO + ÁGUA   |   |  | 671,72            | 664,50 |  |  |
| Ws = PESO DO SOLO ( g )   |   |  | 49,58             | 50,01  |  |  |
| Wfas = PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO ( g )   |   |  | 701,94            | 694,94 |  |  |
| Ws - Wfas + Wfa   |   |  | 19,36             | 19,57  |  |  |
| Gwt ( OBTIDO DO ÁBACO)  |   |  | 0,9984            | 0,9984 |  |  |
| DENSIDADE DOS GRÃOS $G_s = (W_s \cdot G_{wt}) / (W_s - W_{fas} + W_{fa})$           |   |  | 2,557             | 2,551  |  |  |
| DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS $G_{ds} = G_s / G_{wt} (20^\circ C)$                   |   |  | 2,566             | 2,561  |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE DOS GRÃOS : $G_s$  |   |  | <b>2,554</b>      |        |  |  |
| MÉDIA DA DENSIDADE RELATIVA DOS GRÃOS : $G_{ds}$                                    |   |  | <b>2,564</b>      |        |  |  |
| <b>DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</b>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA N <sup>o</sup>  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO UMIDO  |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA + SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| CÁPSULA   |   |  |                   |        |  |  |
| ÁGUA  |   |  |                   |        |  |  |
| SOLO SECO   |   |  |                   |        |  |  |
| UMIDADE (%)   |   |  |                   |        |  |  |
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA       |  |                   |        |  |  |
|   | OBRA : AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                         |  |                   |        |  |  |
| SONDAGEM: PI-02   | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG) |  |                   |        |  |  |
| ÁREA: FUNDAÇÃO - EIXO DA BARRAGEM   | AMOSTRA: 01   |  | PROF.: 2,20-2,50m |        |  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:  |  | APROV.:           |        |  |  |

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |       |       |       |
|------------------------|----------------------|------|------|-------|-------|-------|
| Número da Cápsula      |                      | 138  | 122  | 282   | 52    | 247   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 8,20 | 8,34 | 12,25 | 11,19 | 11,75 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 8,03 | 8,16 | 12,05 | 11,01 | 11,56 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 7,29 | 7,38 | 11,19 | 10,22 | 10,73 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,17 | 0,18 | 0,20  | 0,18  | 0,19  |
| ⊖                      | Peso do Solo Seco    | 0,74 | 0,78 | 0,86  | 0,79  | 0,83  |
| Umidade (%)            |                      | 23,0 | 23,1 | 23,3  | 22,8  | 22,9  |
| Limite de Plasticidade |                      |      |      |       |       | 23,0  |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 169   | 248   | 50    | 77    | 93    | 168   | 88    | 208   | 41    | 125   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 31,67 | 30,00 | 30,01 | 27,33 | 31,04 | 33,03 | 28,61 | 26,98 | 28,03 | 35,10 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 24,81 | 24,22 | 23,89 | 21,19 | 24,36 | 24,04 | 22,33 | 20,96 | 21,74 | 26,23 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 8,76  | 10,73 | 10,38 | 7,57  | 10,41 | 10,71 | 10,09 | 9,19  | 10,80 | 10,78 |
| ∩                  | Água evaporada       | 6,86  | 5,78  | 6,12  | 6,14  | 6,68  | 6,25  | 6,28  | 6,02  | 6,29  | 8,87  |
| ⊖                  | Peso do Solo Seco    | 16,05 | 13,49 | 13,51 | 13,62 | 13,95 | 13,33 | 12,24 | 11,77 | 10,94 | 15,45 |
| Umidade (%)        |                      | 42,7  | 42,8  | 45,3  | 45,1  | 47,9  | 46,9  | 51,3  | 51,1  | 57,5  | 57,4  |
| Umidade Média (%)  |                      | 42,8  |       | 45,2  |       | 47,4  |       | 51,2  |       | 57,5  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-A M/E

SONDAGEM: STA-01

AMOSTRA: 01+02

PROF.: 0,35-4,00m

PREFIXO: RJ 595 T

VISTO:

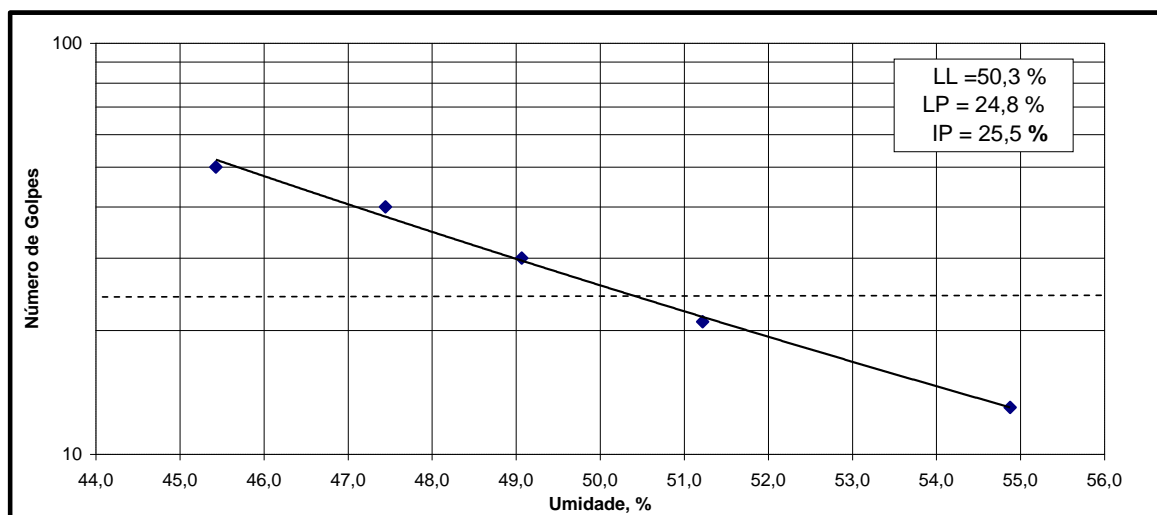
APROV.:



### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                        |      |      |      |      |      |
|------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                        | 47   | 3    | 53   | 4    | 396  |
| Ⓞ                      | Ⓞ Cápsula + Solo Úmido | 3,48 | 3,32 | 3,69 | 3,72 | 3,70 |
|                        | ○ Cápsula + Solo Seco  | 3,31 | 3,17 | 3,51 | 3,55 | 3,50 |
|                        | ∩ Peso da Cápsula      | 2,62 | 2,57 | 2,80 | 2,84 | 2,70 |
|                        | ∪ Água evaporada       | 0,17 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,20 |
|                        | ∩ Peso do Solo Seco    | 0,69 | 0,60 | 0,71 | 0,71 | 0,80 |
| Umidade (%)            |                        | 24,6 | 25,0 | 25,4 | 23,9 | 25,0 |
| Limite de Plasticidade |                        | 24,8 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                        | 50    |       | 40    |       | 30    |       | 21    |       | 13    |       |
| Número da Cápsula  |                        | 17    | 34    | 29    | 49    | 44    | 61    | 26    | 33    | 43    | 64    |
| Ⓞ                  | Ⓞ Cápsula + Solo Úmido | 21,07 | 21,44 | 21,36 | 18,87 | 18,80 | 22,97 | 19,10 | 19,99 | 19,21 | 19,34 |
|                    | ○ Cápsula + Solo Seco  | 15,31 | 15,62 | 15,30 | 13,70 | 13,38 | 15,62 | 13,52 | 14,08 | 13,32 | 13,47 |
|                    | ∩ Peso da Cápsula      | 2,60  | 2,84  | 2,59  | 2,75  | 2,56  | 2,61  | 2,56  | 2,61  | 2,57  | 2,79  |
|                    | ∪ Água evaporada       | 5,76  | 5,82  | 6,06  | 5,17  | 5,42  | 6,25  | 5,58  | 5,91  | 5,89  | 5,87  |
|                    | ∩ Peso do Solo Seco    | 12,71 | 12,78 | 12,71 | 10,95 | 10,82 | 13,01 | 10,96 | 11,47 | 10,75 | 10,68 |
| Umidade (%)        |                        | 45,3  | 45,5  | 47,7  | 47,2  | 50,1  | 48,0  | 50,9  | 51,5  | 54,8  | 55,0  |
| Umidade Média (%)  |                        | 45,4  |       | 47,4  |       | 49,1  |       | 51,2  |       | 54,9  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-A - M/E

SONDAGEM: STA-02

AMOSTRA: 01 e 02

PROF.: 0,30-5,50m

PREFIXO: RJ 595 T

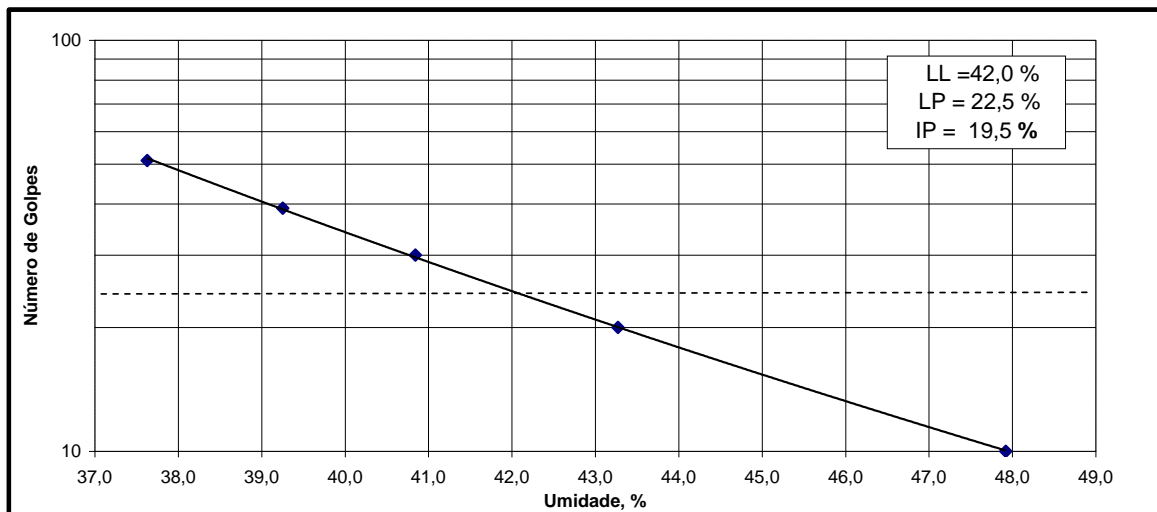
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 69   | 28   | 67   | 12   | 40   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,88 | 7,38 | 7,87 | 7,97 | 8,09 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,71 | 7,22 | 7,69 | 7,83 | 7,90 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 6,96 | 6,52 | 6,86 | 7,20 | 7,07 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,17 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,19 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,75 | 0,70 | 0,83 | 0,63 | 0,83 |
| Umidade (%)            |                      | 22,7 | 22,9 | 21,7 | 22,2 | 22,9 |
| Limite de Plasticidade |                      | 22,5 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 51    |       | 39    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 7     | 68    | 25    | 73    | 19    | 20    | 18    | 402   | 6     | 41    |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 26,41 | 25,69 | 26,54 | 23,82 | 23,37 | 26,70 | 24,55 | 25,50 | 23,77 | 27,44 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 20,98 | 20,55 | 20,92 | 18,93 | 18,55 | 22,15 | 19,19 | 19,51 | 18,29 | 20,82 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,57  | 6,87  | 6,56  | 6,51  | 6,70  | 6,91  | 6,71  | 5,77  | 6,86  | 7,00  |
| ∞                  | Água evaporada       | 5,43  | 5,14  | 5,62  | 4,89  | 4,82  | 6,25  | 5,36  | 5,99  | 5,48  | 6,62  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 14,41 | 13,68 | 14,36 | 12,42 | 11,85 | 15,24 | 12,48 | 13,74 | 11,43 | 13,82 |
| Umidade (%)        |                      | 37,7  | 37,6  | 39,1  | 39,4  | 40,7  | 41,0  | 42,9  | 43,6  | 47,9  | 47,9  |
| Umidade Média (%)  |                      | 37,6  |       | 39,3  |       | 40,8  |       | 43,3  |       | 47,9  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-B M/E

SONDAGEM: STB-01

AMOSTRA: 01

PROF.: 0,30-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

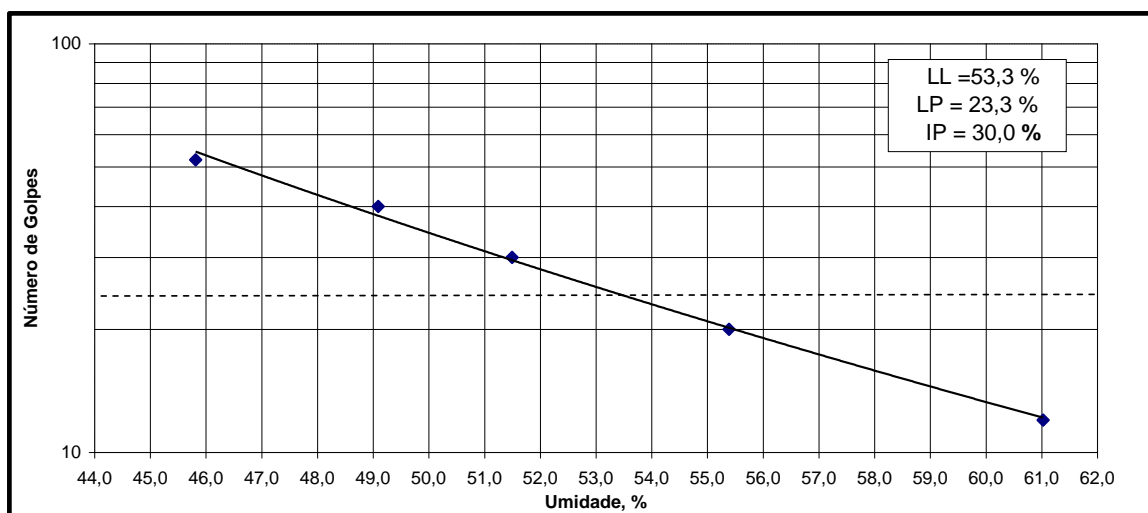
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 19   | 2    | 66   | 72   | 67   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,61 | 7,50 | 8,01 | 8,01 | 7,82 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,44 | 7,34 | 7,83 | 7,84 | 7,64 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 6,70 | 6,67 | 7,07 | 7,09 | 6,86 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,17 | 0,16 | 0,18 | 0,17 | 0,18 |
| ∩                      | Peso do Solo Seco    | 0,74 | 0,67 | 0,76 | 0,75 | 0,78 |
| Umidade (%)            |                      | 23,0 | 23,9 | 23,7 | 22,7 | 23,1 |
| Limite de Plasticidade |                      | 23,3 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 6     | 18    | 41    | 402   | 20    | 40    | 12    | 28    | 25    | 69    |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 22,38 | 23,91 | 28,41 | 23,69 | 25,24 | 26,39 | 24,96 | 23,69 | 23,35 | 22,68 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 17,50 | 18,51 | 21,36 | 17,79 | 18,86 | 19,67 | 18,65 | 17,55 | 17,00 | 16,71 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,86  | 6,71  | 7,00  | 5,77  | 6,91  | 7,07  | 7,20  | 6,52  | 6,56  | 6,96  |
| ∩                  | Água evaporada       | 4,88  | 5,40  | 7,05  | 5,90  | 6,38  | 6,25  | 6,31  | 6,14  | 6,35  | 5,97  |
| ∩                  | Peso do Solo Seco    | 10,64 | 11,80 | 14,36 | 12,02 | 11,95 | 12,60 | 11,45 | 11,03 | 10,44 | 9,75  |
| Umidade (%)        |                      | 45,9  | 45,8  | 49,1  | 49,1  | 53,4  | 49,6  | 55,1  | 55,7  | 60,8  | 61,2  |
| Umidade Média (%)  |                      | 45,8  |       | 49,1  |       | 51,5  |       | 55,4  |       | 61,0  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-B - M/E

SONDAGEM: STB-02

AMOSTRA: 01 e 02

PROF.: 0,30-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

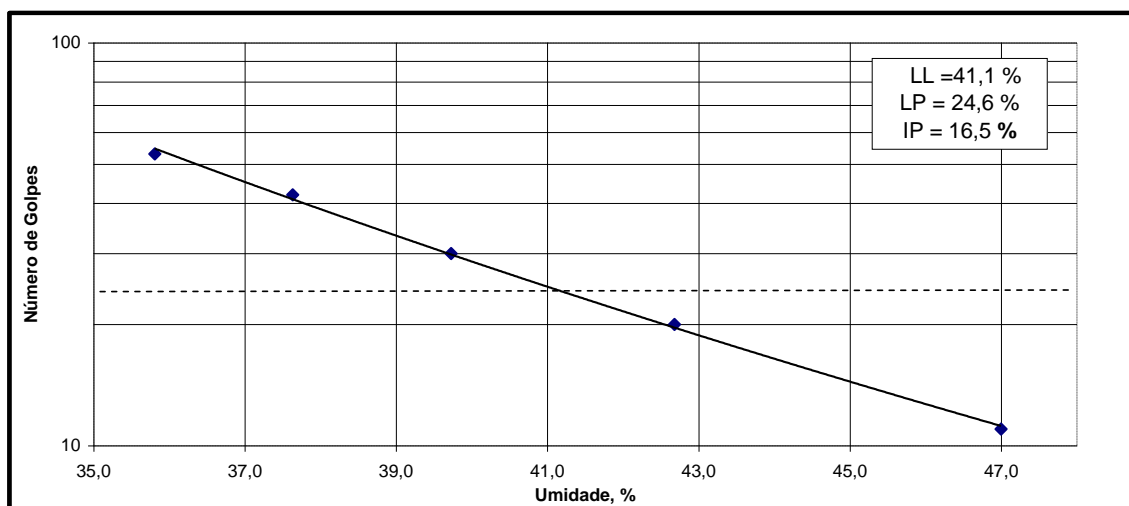
VISTO:


APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      | 66   | 13   | 2    | 72   | 65   |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 8,16 | 3,66 | 7,69 | 8,09 | 3,71 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 7,95 | 3,50 | 7,49 | 7,89 | 3,51 |
| ∩ Peso da Cápsula      | 7,07 | 2,83 | 6,67 | 7,09 | 2,73 |
| ∪ Água evaporada       | 0,21 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| ∩ Peso do Solo Seco    | 0,88 | 0,67 | 0,82 | 0,80 | 0,78 |
| Umidade (%)            | 23,9 | 23,9 | 24,4 | 25,0 | 25,6 |
| Limite de Plasticidade | 24,6 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes       | 53    |       | 42    |       | 30    |       | 20    |       | 11    |       |
| Número da Cápsula      | 24    | 60    | 15    | 37    | 9     | 401   | 23    | 400   | 55    | 405   |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 18,17 | 19,72 | 21,31 | 21,51 | 20,07 | 22,49 | 17,29 | 31,73 | 25,91 | 17,25 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 14,13 | 15,27 | 16,32 | 16,31 | 15,25 | 18,10 | 13,09 | 23,51 | 18,42 | 12,63 |
| ∩ Peso da Cápsula      | 2,84  | 2,85  | 2,74  | 2,81  | 2,79  | 2,77  | 2,71  | 5,20  | 2,53  | 2,77  |
| ∪ Água evaporada       | 4,04  | 4,45  | 4,99  | 5,20  | 4,82  | 6,25  | 4,20  | 8,22  | 7,49  | 4,62  |
| ∩ Peso do Solo Seco    | 11,29 | 12,42 | 13,58 | 13,50 | 12,46 | 15,33 | 10,38 | 18,31 | 15,89 | 9,86  |
| Umidade (%)            | 35,8  | 35,8  | 36,7  | 38,5  | 38,7  | 40,8  | 40,5  | 44,9  | 47,1  | 46,9  |
| Umidade Média (%)      | 35,8  |       | 37,6  |       | 39,7  |       | 42,7  |       | 47,0  |       |

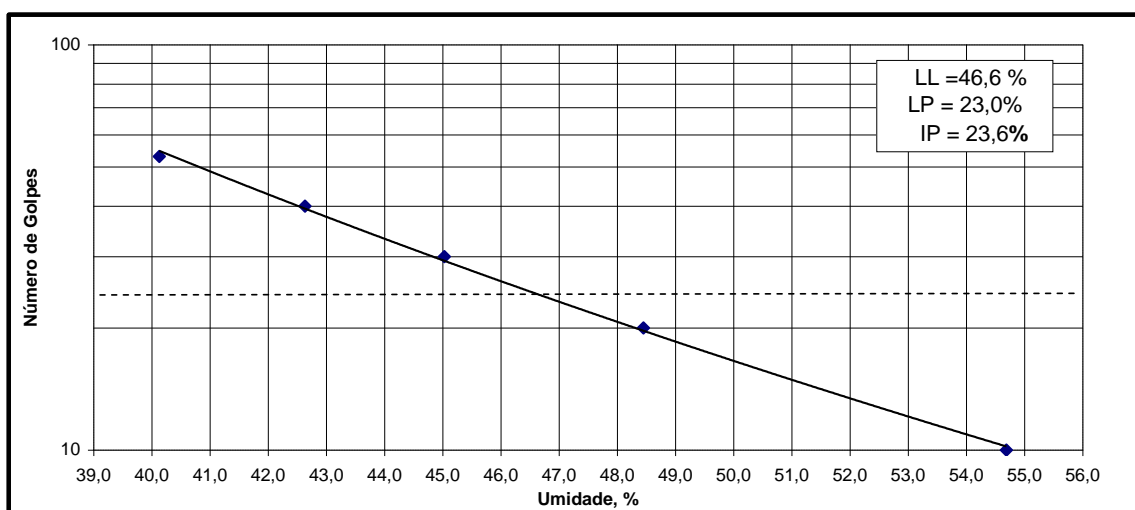



|   |  |             |                   |
|---|--|-------------|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA          |             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I                             |             |                   |
|   | LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG) |             |                   |
| ÁREA: AE-B M/E  | SONDAGEM: PEB-04   | AMOSTRA: 01 | PROF.: 0,30-2,00m |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:   | APROV.:     |                   |

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |       |       |      |      |       |
|------------------------|----------------------|-------|-------|------|------|-------|
| Número da Cápsula      | 11                   | 110   | 175   | 116  | 150  |       |
| ⊖                      | Cápsula + Solo Úmido | 10,96 | 11,21 | 7,91 | 9,07 | 11,63 |
| O                      | Cápsula + Solo Seco  | 10,78 | 11,02 | 7,74 | 8,87 | 11,44 |
| S                      | Peso da Cápsula      | 10,00 | 10,18 | 6,97 | 8,03 | 10,63 |
| W                      | Água evaporada       | 0,18  | 0,19  | 0,17 | 0,20 | 0,19  |
| D                      | Peso do Solo Seco    | 0,78  | 0,84  | 0,77 | 0,84 | 0,81  |
| Umidade (%)            |                      | 23,1  | 22,6  | 22,1 | 23,8 | 23,5  |
| Limite de Plasticidade |                      | 23,0  |       |      |      |       |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   | 53                   |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |       |
| Número da Cápsula  | 69                   | 166   | 185   | 294   | 80    | 237   | 101   | 198   | 133   | 200   |       |
| ⊖                  | Cápsula + Solo Úmido | 29,33 | 25,76 | 29,50 | 27,94 | 27,34 | 25,95 | 29,93 | 28,51 | 29,52 | 30,54 |
| O                  | Cápsula + Solo Seco  | 24,07 | 20,57 | 23,55 | 22,59 | 21,03 | 23,12 | 23,55 | 22,35 | 21,95 | 22,27 |
| S                  | Peso da Cápsula      | 10,96 | 7,64  | 9,66  | 9,98  | 6,86  | 9,39  | 10,47 | 9,55  | 7,81  | 7,47  |
| W                  | Água evaporada       | 5,26  | 5,19  | 5,95  | 5,35  | 6,31  | 6,25  | 6,38  | 6,16  | 7,57  | 8,27  |
| D                  | Peso do Solo Seco    | 13,11 | 12,93 | 13,89 | 12,61 | 14,17 | 13,73 | 13,08 | 12,80 | 14,14 | 14,80 |
| Umidade (%)        |                      | 40,1  | 40,1  | 42,8  | 42,4  | 44,5  | 45,5  | 48,8  | 48,1  | 53,5  | 55,8  |
| Umidade Média (%)  |                      | 40,1  |       | 42,6  |       | 45,0  |       | 48,5  |       | 54,7  |       |

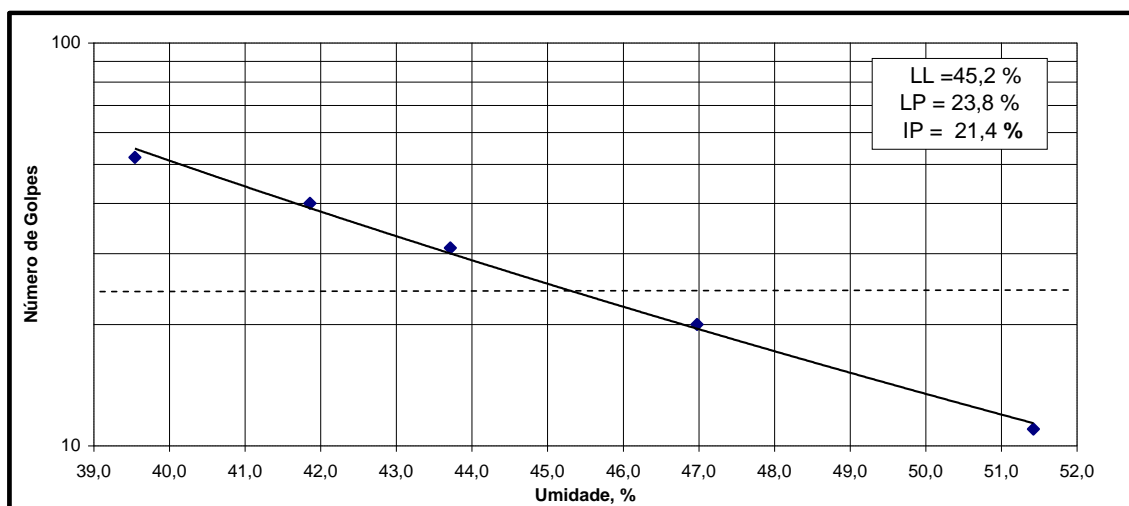


|   |  |             |                   |
|---|--|-------------|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA          |             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I                             |             |                   |
|   | LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG) |             |                   |
| ÁREA: AE-B M/E  | SONDAGEM: PEB-04   | AMOSTRA: 02 | PROF.: 2,00-5,00m |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:   | APROV.:     |                   |

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      | 394  | 8    | 46   | 39   | 403  |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 3,65 | 3,41 | 3,76 | 3,76 | 3,64 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 3,48 | 3,25 | 3,58 | 3,58 | 3,46 |
| ∩ Peso da Cápsula      | 2,73 | 2,57 | 2,83 | 2,83 | 2,73 |
| ∪ Água evaporada       | 0,17 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| ∩ Peso do Solo Seco    | 0,75 | 0,68 | 0,75 | 0,75 | 0,73 |
| Umidade (%)            | 22,7 | 23,5 | 24,0 | 24,0 | 24,7 |
| Limite de Plasticidade | 23,8 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes       | 52    |       | 40    |       | 31    |       | 20    |       | 11    |       |
| Número da Cápsula      | 3     | 49    | 16    | 48    | 30    | 31    | 5     | 59    | 4     | 36    |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 20,06 | 22,31 | 22,18 | 23,62 | 21,47 | 20,44 | 19,96 | 24,28 | 20,54 | 20,20 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 15,11 | 16,76 | 16,49 | 17,38 | 15,80 | 17,04 | 14,47 | 17,32 | 14,54 | 14,29 |
| ∩ Peso da Cápsula      | 2,57  | 2,75  | 2,77  | 2,61  | 2,74  | 2,84  | 2,60  | 2,73  | 2,84  | 2,83  |
| ∪ Água evaporada       | 4,95  | 5,55  | 5,69  | 6,24  | 5,67  | 6,25  | 5,49  | 6,96  | 6,00  | 5,91  |
| ∩ Peso do Solo Seco    | 12,54 | 14,01 | 13,72 | 14,77 | 13,06 | 14,20 | 11,87 | 14,59 | 11,70 | 11,46 |
| Umidade (%)            | 39,5  | 39,6  | 41,5  | 42,2  | 43,4  | 44,0  | 46,3  | 47,7  | 51,3  | 51,6  |
| Umidade Média (%)      | 39,5  |       | 41,9  |       | 43,7  |       | 47,0  |       | 51,4  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-C M/E

SONDAGEM: STC-01

AMOSTRA: 01

PROF.: 0,30-1,20m

PREFIXO: RJ 595 T

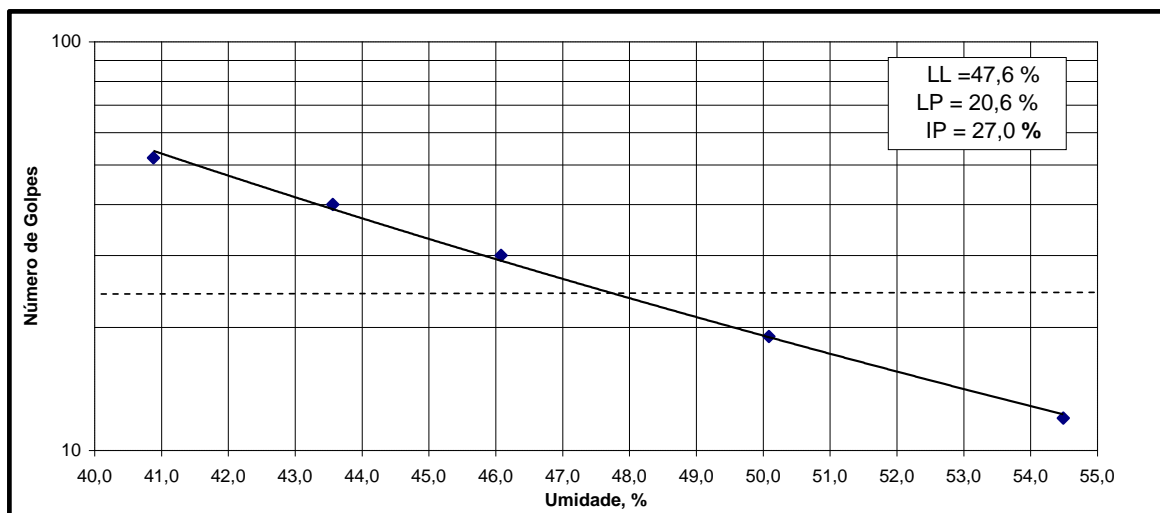
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 399  | 57   | 62   | 32   | 54   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 5,14 | 3,56 | 3,73 | 3,73 | 3,70 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 4,97 | 3,38 | 3,56 | 3,56 | 3,54 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 4,12 | 2,51 | 2,76 | 2,75 | 2,74 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,16 |
| ∩                      | Peso do Solo Seco    | 0,85 | 0,87 | 0,80 | 0,81 | 0,80 |
| Umidade (%)            |                      | 20,0 | 20,7 | 21,3 | 21,0 | 20,0 |
| Limite de Plasticidade |                      | 20,6 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 19    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 36    | 38    | 13    | 42    | 15    | 30    | 60    | 65    | 35    | 56    |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 20,40 | 19,02 | 21,56 | 19,04 | 20,78 | 20,54 | 17,81 | 21,60 | 20,24 | 20,10 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 15,32 | 14,27 | 15,85 | 14,15 | 15,35 | 15,47 | 12,82 | 15,30 | 14,00 | 14,02 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 2,83  | 2,71  | 2,83  | 2,85  | 2,74  | 2,74  | 2,85  | 2,73  | 2,56  | 2,85  |
| ∩                  | Água evaporada       | 5,08  | 4,75  | 5,71  | 4,89  | 5,43  | 6,25  | 4,99  | 6,30  | 6,24  | 6,08  |
| ∩                  | Peso do Solo Seco    | 12,49 | 11,56 | 13,02 | 11,30 | 12,61 | 12,73 | 9,97  | 12,57 | 11,44 | 11,17 |
| Umidade (%)        |                      | 40,7  | 41,1  | 43,9  | 43,3  | 43,1  | 49,1  | 50,1  | 50,1  | 54,5  | 54,4  |
| Umidade Média (%)  |                      | 40,9  |       | 43,6  |       | 46,1  |       | 50,1  |       | 54,5  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-C - M/E

SONDAGEM: STC-01

AMOSTRA: 02

PROF.: 1,20-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

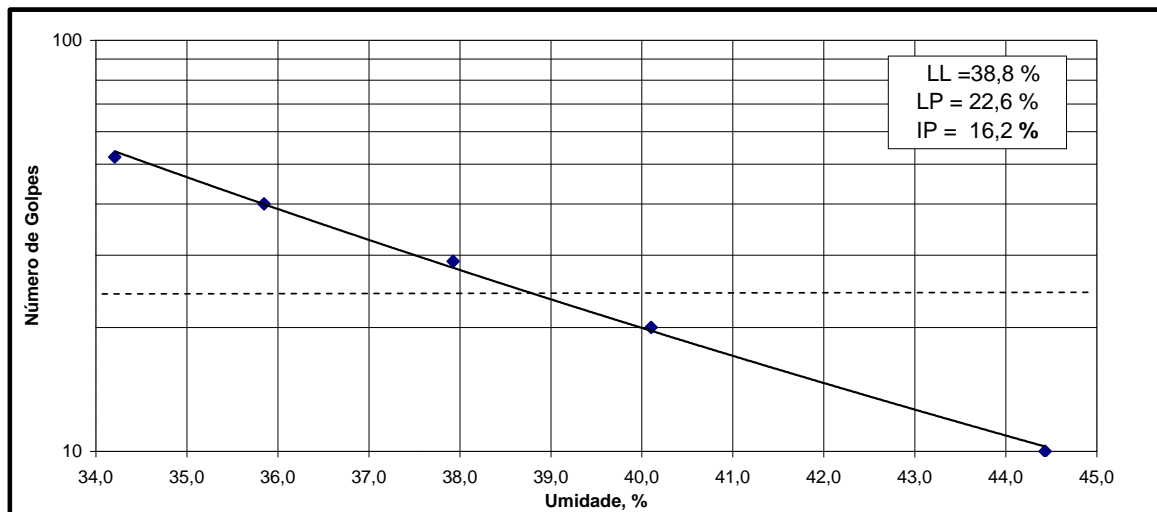
VISTO:

APROV.:

## LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 328  | 311  | 327  | 305  | 334  |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,68 | 7,56 | 7,79 | 7,16 | 7,85 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,52 | 7,40 | 7,61 | 7,00 | 7,68 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 6,83 | 6,68 | 6,80 | 6,31 | 6,91 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,16 | 0,17 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,69 | 0,72 | 0,81 | 0,69 | 0,77 |
| Umidade (%)            |                      | 23,2 | 22,2 | 22,2 | 23,2 | 22,1 |
| Limite de Plasticidade |                      |      |      |      |      | 22,6 |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 29    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 306   | 307   | 303   | 308   | 316   | 318   | 323   | 326   | 302   | 324   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 25,59 | 26,36 | 28,18 | 29,43 | 28,72 | 26,95 | 28,55 | 26,40 | 26,13 | 28,83 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 20,83 | 21,31 | 22,63 | 23,37 | 22,75 | 22,75 | 22,36 | 20,74 | 20,30 | 21,98 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,95  | 6,51  | 6,80  | 6,83  | 6,63  | 6,65  | 6,91  | 6,64  | 7,14  | 6,61  |
| ∞                  | Água evaporada       | 4,76  | 5,05  | 5,55  | 6,06  | 5,97  | 6,25  | 6,19  | 5,66  | 5,83  | 6,85  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 13,88 | 14,80 | 15,83 | 16,54 | 16,12 | 16,10 | 15,45 | 14,10 | 13,16 | 15,37 |
| Umidade (%)        |                      | 34,3  | 34,1  | 35,1  | 36,6  | 37,0  | 38,8  | 40,1  | 40,1  | 44,3  | 44,6  |
| Umidade Média (%)  |                      | 34,2  |       | 35,8  |       | 37,9  |       | 40,1  |       | 44,4  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-C M/E

SONDAGEM: STC-02

AMOSTRA: 01

PROF.: 0,30-4,50m

PREFIXO: RJ 595 T

VISTO:

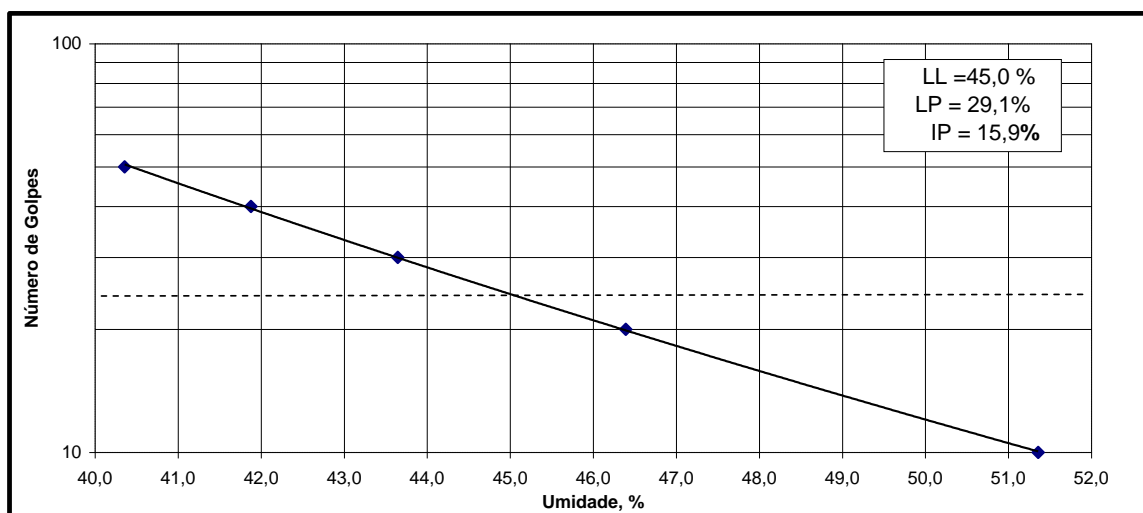
APROV.:



### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 56   | 13   | 65   | 60   | 62   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 3,59 | 3,55 | 3,50 | 3,57 | 3,49 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 3,43 | 3,39 | 3,32 | 3,41 | 3,32 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 2,85 | 2,83 | 2,73 | 2,85 | 2,76 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,16 | 0,17 |
| ∩                      | Peso do Solo Seco    | 0,58 | 0,56 | 0,59 | 0,56 | 0,56 |
| Umidade (%)            |                      | 27,6 | 28,6 | 30,5 | 28,6 | 30,4 |
| Limite de Plasticidade |                      | 29,1 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 50    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 17    | 22    | 43    | 47    | 29    | 53    | 26    | 61    | 44    | 64    |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 25,88 | 24,07 | 20,86 | 23,11 | 22,43 | 25,03 | 22,02 | 23,94 | 24,91 | 19,05 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 19,16 | 17,99 | 15,49 | 17,03 | 16,35 | 17,30 | 15,89 | 17,14 | 17,33 | 13,53 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 2,60  | 2,84  | 2,57  | 2,62  | 2,59  | 2,80  | 2,56  | 2,61  | 2,56  | 2,79  |
| ∩                  | Água evaporada       | 6,72  | 6,08  | 5,37  | 6,08  | 6,08  | 6,25  | 6,13  | 6,80  | 7,58  | 5,52  |
| ∩                  | Peso do Solo Seco    | 16,56 | 15,15 | 12,92 | 14,41 | 13,76 | 14,50 | 13,33 | 14,53 | 14,77 | 10,74 |
| Umidade (%)        |                      | 40,6  | 40,1  | 41,6  | 42,2  | 44,2  | 43,1  | 46,0  | 46,8  | 51,3  | 51,4  |
| Umidade Média (%)  |                      | 40,4  |       | 41,9  |       | 43,6  |       | 46,4  |       | 51,4  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-C M/E

SONDAGEM: PEC-05

AMOSTRA: 01

PROF.: 0,30-2,50m

PREFIXO: RJ 595 T

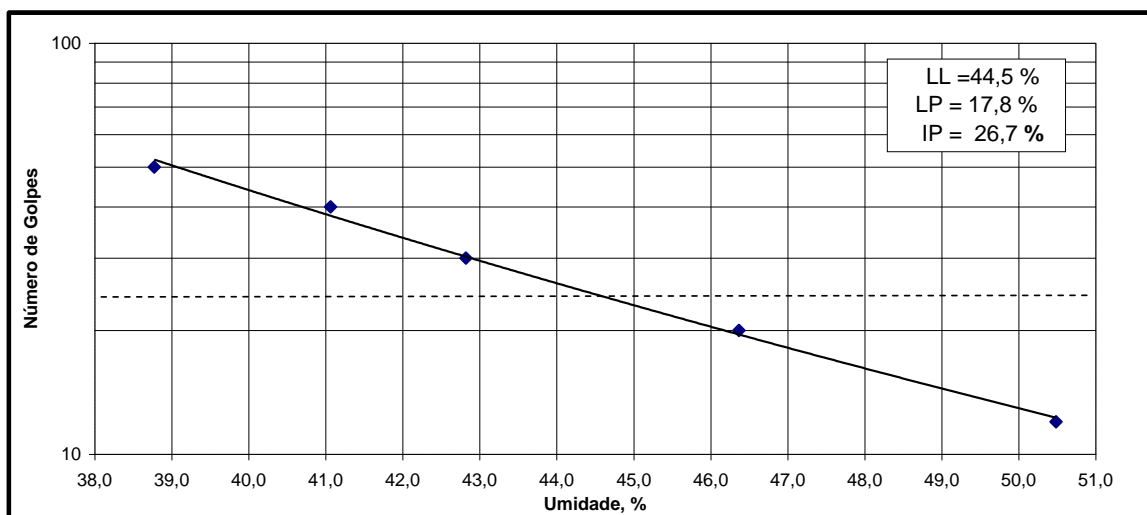
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      | 45   | 59   | 14   | 16   | 21   |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 3,51 | 3,61 | 3,70 | 3,46 | 3,51 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 3,37 | 3,47 | 3,57 | 3,36 | 3,37 |
| ∞ Peso da Cápsula      | 2,58 | 2,73 | 2,85 | 2,77 | 2,57 |
| ∞ Água evaporada       | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,10 | 0,14 |
| ∞ Peso do Solo Seco    | 0,79 | 0,74 | 0,72 | 0,59 | 0,80 |
| Umidade (%)            | 17,7 | 18,9 | 18,1 | 16,9 | 17,5 |
| Limite de Plasticidade | 17,8 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes       | 50    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula      | 07    | 68    | 22    | 48    | 9     | 51    | 31    | 400   | 23    | 73    |
| ⊕ Cápsula + Solo Úmido | 25,69 | 25,26 | 23,34 | 22,20 | 20,73 | 22,35 | 22,68 | 22,60 | 23,04 | 23,50 |
| ○ Cápsula + Solo Seco  | 20,35 | 20,12 | 17,37 | 16,50 | 15,40 | 16,98 | 16,37 | 17,11 | 16,22 | 17,80 |
| ∞ Peso da Cápsula      | 6,57  | 6,87  | 2,84  | 2,61  | 2,79  | 2,57  | 2,84  | 5,20  | 2,71  | 6,51  |
| ∞ Água evaporada       | 5,34  | 5,14  | 5,97  | 5,70  | 5,33  | 6,25  | 6,31  | 5,49  | 6,82  | 5,70  |
| ∞ Peso do Solo Seco    | 13,78 | 13,25 | 14,53 | 13,89 | 12,61 | 14,41 | 13,53 | 11,91 | 13,51 | 11,29 |
| Umidade (%)            | 38,8  | 38,8  | 41,1  | 41,0  | 42,3  | 43,4  | 46,6  | 46,1  | 50,5  | 50,5  |
| Umidade Média (%)      | 38,8  |       | 41,1  |       | 42,8  |       | 46,4  |       | 50,5  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-C M/E

SONDAGEM: PEC-05

AMOSTRA: 02

PROF.: 2,50-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

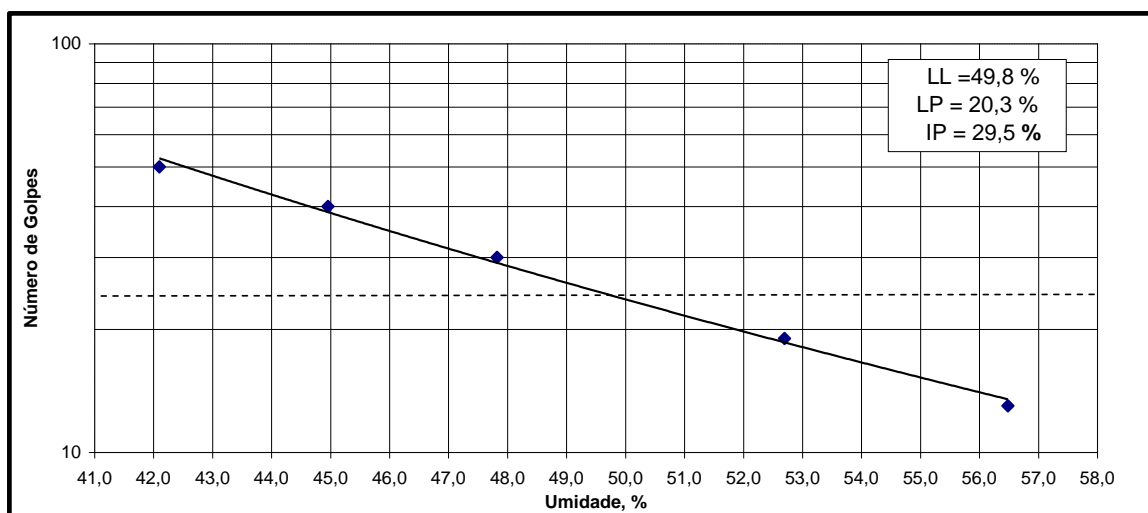
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 405  | 37   | 11   | 10   | 5    |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 3,60 | 3,74 | 3,70 | 3,69 | 3,37 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 3,46 | 3,59 | 3,55 | 3,54 | 3,24 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 2,77 | 2,81 | 2,82 | 2,83 | 2,60 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,13 |
| ∩                      | Peso do Solo Seco    | 0,69 | 0,78 | 0,73 | 0,71 | 0,64 |
| Umidade (%)            |                      | 20,3 | 19,2 | 20,5 | 21,1 | 20,3 |
| Limite de Plasticidade |                      | 20,3 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 50    |       | 40    |       | 30    |       | 19    |       | 13    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 8     | 27    | 39    | 52    | 394   | 403   | 24    | 46    | 55    | 401   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 20,88 | 20,55 | 21,10 | 20,94 | 24,11 | 22,40 | 19,45 | 17,23 | 24,75 | 20,39 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 15,46 | 15,21 | 15,43 | 15,33 | 17,13 | 15,98 | 13,65 | 12,32 | 16,73 | 14,03 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 2,57  | 2,54  | 2,83  | 2,84  | 2,73  | 2,73  | 2,84  | 2,83  | 2,53  | 2,77  |
| ∩                  | Água evaporada       | 5,42  | 5,34  | 5,67  | 5,61  | 6,98  | 6,25  | 5,80  | 4,91  | 8,02  | 6,36  |
| ∩                  | Peso do Solo Seco    | 12,89 | 12,67 | 12,60 | 12,49 | 14,40 | 13,25 | 10,81 | 9,49  | 14,20 | 11,26 |
| Umidade (%)        |                      | 42,0  | 42,1  | 45,0  | 44,9  | 48,5  | 47,2  | 53,7  | 51,7  | 56,5  | 56,5  |
| Umidade Média (%)  |                      | 42,1  |       | 45,0  |       | 47,8  |       | 52,7  |       | 56,5  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-E - M/D

SONDAGEM: STE-01

AMOSTRA: 01 e 02

PROF.: 0,30-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

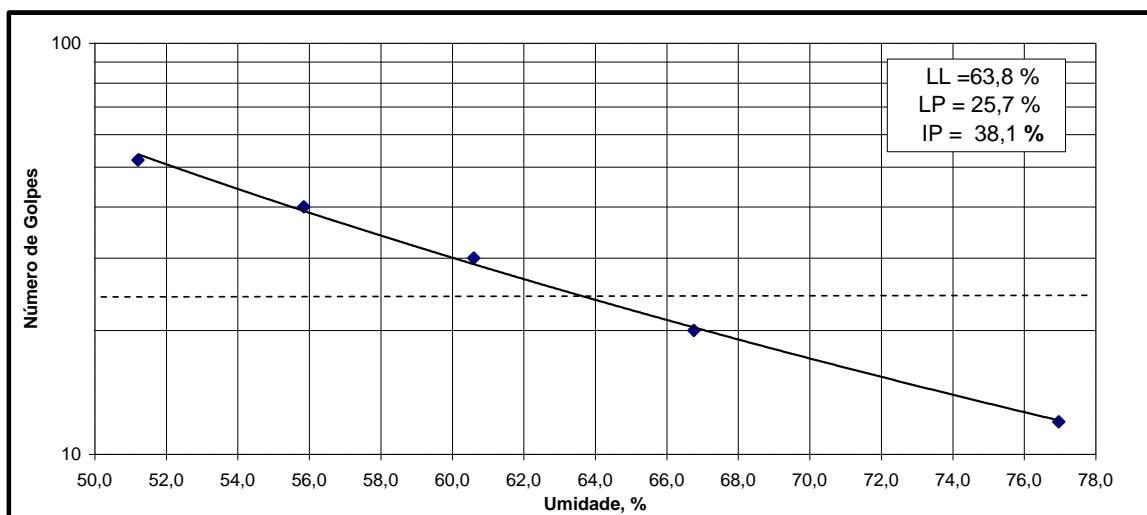
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 29   | 61   | 64   | 56   | 47   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 3,48 | 3,46 | 3,67 | 3,78 | 3,63 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 3,30 | 3,28 | 3,49 | 3,59 | 3,43 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 2,59 | 2,61 | 2,79 | 2,85 | 2,62 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,20 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,71 | 0,67 | 0,70 | 0,74 | 0,81 |
| Umidade (%)            |                      | 25,4 | 26,9 | 25,7 | 25,7 | 24,7 |
| Limite de Plasticidade |                      | 25,7 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 21    | 44    | 14    | 42    | 34    | 62    | 45    | 51    | 33    | 396   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 24,77 | 24,66 | 20,70 | 23,50 | 18,60 | 21,30 | 20,53 | 22,16 | 20,65 | 22,07 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 18,80 | 18,05 | 15,63 | 17,42 | 14,15 | 17,35 | 14,42 | 15,62 | 14,61 | 15,61 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 7,09  | 5,20  | 6,57  | 6,51  | 6,86  | 6,96  | 6,67  | 3,66  | 7,07  | 6,86  |
| ∞                  | Água evaporada       | 5,97  | 6,61  | 5,07  | 6,08  | 4,45  | 6,25  | 6,11  | 6,54  | 6,04  | 6,46  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 11,71 | 12,85 | 9,06  | 10,91 | 7,29  | 10,39 | 7,75  | 11,96 | 7,54  | 8,75  |
| Umidade (%)        |                      | 51,0  | 51,4  | 56,0  | 55,7  | 61,0  | 60,2  | 78,8  | 54,7  | 80,1  | 73,8  |
| Umidade Média (%)  |                      | 51,2  |       | 55,8  |       | 60,6  |       | 66,8  |       | 77,0  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-F M/D

SONDAGEM: STF-01

AMOSTRA: 01+02

PROF.: 0,30-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

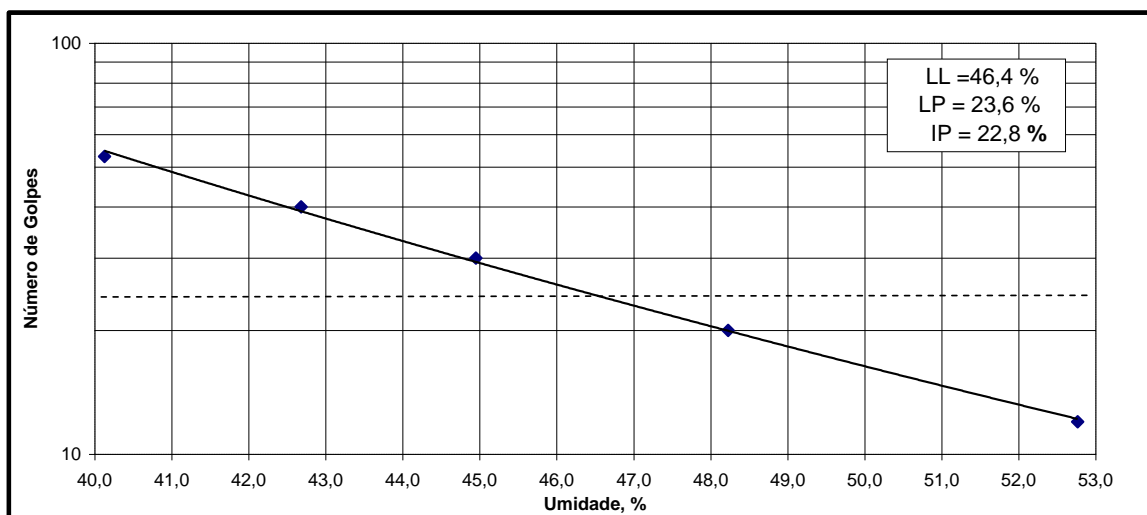
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 26   | 22   | 17   | 43   | 53   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 3,41 | 3,69 | 3,46 | 3,36 | 3,53 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 3,25 | 3,53 | 3,29 | 3,21 | 3,39 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 2,56 | 2,84 | 2,60 | 2,57 | 2,80 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,14 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,64 | 0,59 |
| Umidade (%)            |                      | 23,2 | 23,2 | 24,6 | 23,4 | 23,7 |
| Limite de Plasticidade |                      |      |      |      |      | 23,6 |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 53    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 10    | 35    | 11    | 38    | 32    | 54    | 27    | 52    | 57    | 399   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 24,10 | 19,53 | 22,83 | 20,80 | 20,70 | 20,13 | 20,53 | 25,09 | 23,13 | 25,73 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 18,01 | 14,67 | 16,91 | 15,33 | 15,16 | 16,55 | 14,71 | 17,81 | 16,13 | 18,14 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 2,83  | 2,56  | 2,82  | 2,71  | 2,75  | 2,74  | 2,54  | 2,84  | 2,51  | 4,12  |
| ∞                  | Água evaporada       | 6,09  | 4,86  | 5,92  | 5,47  | 5,54  | 6,25  | 5,82  | 7,28  | 7,00  | 7,59  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 15,18 | 12,11 | 14,09 | 12,62 | 12,41 | 13,81 | 12,17 | 14,97 | 13,62 | 14,02 |
| Umidade (%)        |                      | 40,1  | 40,1  | 42,0  | 43,3  | 44,6  | 45,3  | 47,8  | 48,6  | 51,4  | 54,1  |
| Umidade Média (%)  |                      | 40,1  |       | 42,7  |       | 44,9  |       | 48,2  |       | 52,8  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-F M/D

SONDAGEM: STF-03

AMOSTRA: 01+02

PROF.: 0,35-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

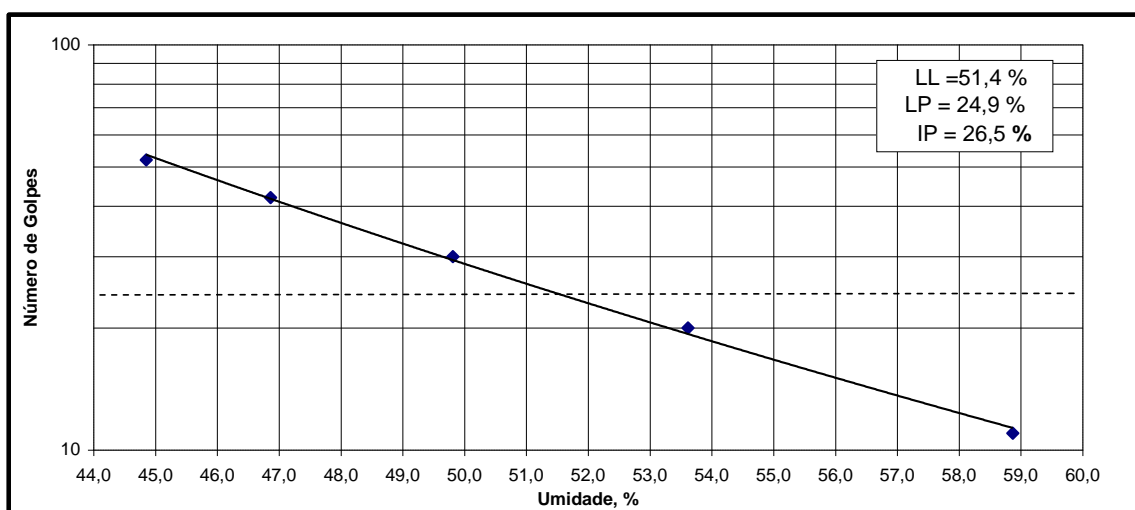
VISTO:


APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      | 320                  | 309  | 319  | 330  | 325  |      |
| ⊖                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,77 | 7,74 | 7,38 | 7,40 | 7,76 |
| O                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,62 | 7,58 | 7,25 | 7,23 | 7,60 |
| S                      | Peso da Cápsula      | 7,03 | 6,93 | 6,73 | 6,57 | 6,93 |
| W                      | Água evaporada       | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,17 | 0,16 |
| P                      | Peso do Solo Seco    | 0,59 | 0,65 | 0,52 | 0,66 | 0,67 |
| Umidade (%)            |                      | 25,4 | 24,6 | 25,0 | 25,8 | 23,9 |
| Limite de Plasticidade |                      | 24,9 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   | 52                   |       | 42    |       | 30    |       | 20    |       | 11    |       |       |
| Número da Cápsula  | 313                  | 333   | 331   | 329   | 314   | 332   | 301   | 310   | 304   | 312   |       |
| ⊖                  | Cápsula + Solo Úmido | 25,12 | 22,86 | 25,70 | 24,78 | 24,15 | 22,10 | 22,04 | 24,04 | 21,36 | 22,96 |
| O                  | Cápsula + Solo Seco  | 19,45 | 17,88 | 19,74 | 18,95 | 18,45 | 19,35 | 16,82 | 17,99 | 15,89 | 16,97 |
| S                  | Peso da Cápsula      | 6,77  | 6,81  | 6,96  | 6,57  | 6,99  | 6,82  | 6,91  | 6,90  | 6,63  | 6,76  |
| W                  | Água evaporada       | 5,67  | 4,98  | 5,96  | 5,83  | 5,70  | 6,25  | 5,22  | 6,05  | 5,47  | 5,99  |
| P                  | Peso do Solo Seco    | 12,68 | 11,07 | 12,78 | 12,38 | 11,46 | 12,53 | 9,91  | 11,09 | 9,26  | 10,21 |
| Umidade (%)        |                      | 44,7  | 45,0  | 46,6  | 47,1  | 49,7  | 49,9  | 52,7  | 54,6  | 59,1  | 58,7  |
| Umidade Média (%)  |                      | 44,9  |       | 46,9  |       | 49,8  |       | 53,6  |       | 58,9  |       |

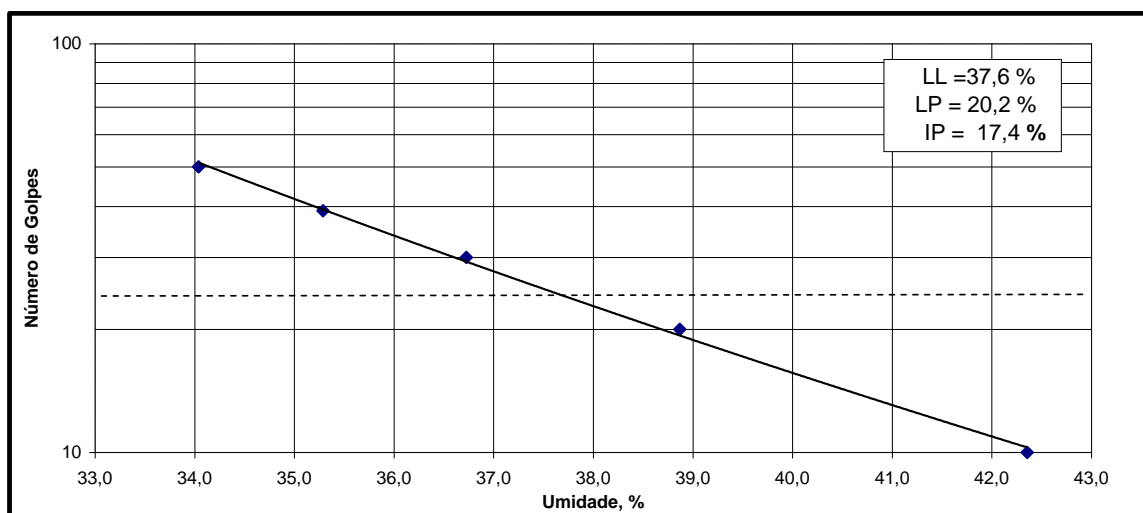


|   |  |             |                   |
|---|--|-------------|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA          |             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I                             |             |                   |
|   | LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG) |             |                   |
| ÁREA: AE-G M/D  | SONDAGEM: STG-02   | AMOSTRA: 02 | PROF.: 2,00-3,00m |
| PREFIXO: RJ 595 T   | VISTO:   | APROV.:     |                   |

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 305  | 303  | 311  | 301  | 329  |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,14 | 7,76 | 7,63 | 7,79 | 7,53 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,00 | 7,60 | 7,47 | 7,64 | 7,37 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 6,31 | 6,80 | 6,68 | 6,91 | 6,57 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,16 |
| ⊖                      | Peso do Solo Seco    | 0,69 | 0,80 | 0,79 | 0,73 | 0,80 |
| Umidade (%)            |                      | 20,3 | 20,0 | 20,3 | 20,5 | 20,0 |
| Limite de Plasticidade |                      |      |      |      |      | 20,2 |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 50    |       | 39    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 306   | 303   | 309   | 330   | 316   | 332   | 327   | 328   | 307   | 334   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 27,05 | 29,65 | 28,44 | 25,69 | 24,39 | 25,61 | 24,86 | 24,39 | 22,60 | 24,80 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 21,95 | 23,87 | 22,81 | 20,72 | 19,65 | 23,69 | 19,81 | 19,47 | 17,81 | 19,48 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,95  | 6,91  | 6,93  | 6,57  | 6,63  | 6,82  | 6,80  | 6,83  | 6,51  | 6,91  |
| ∩                  | Água evaporada       | 5,10  | 5,78  | 5,63  | 4,97  | 4,74  | 6,25  | 5,05  | 4,92  | 4,79  | 5,32  |
| ⊖                  | Peso do Solo Seco    | 15,00 | 16,96 | 15,88 | 14,15 | 13,02 | 16,87 | 13,01 | 12,64 | 11,30 | 12,57 |
| Umidade (%)        |                      | 34,0  | 34,1  | 35,5  | 35,1  | 36,4  | 37,0  | 38,8  | 38,9  | 42,4  | 42,3  |
| Umidade Média (%)  |                      | 34,0  |       | 35,3  |       | 36,7  |       | 38,9  |       | 42,4  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-H M/E

SONDAGEM: STH-02

AMOSTRA: 01+02

PROF.: 0,30-5,50m

PREFIXO: RJ 595 T

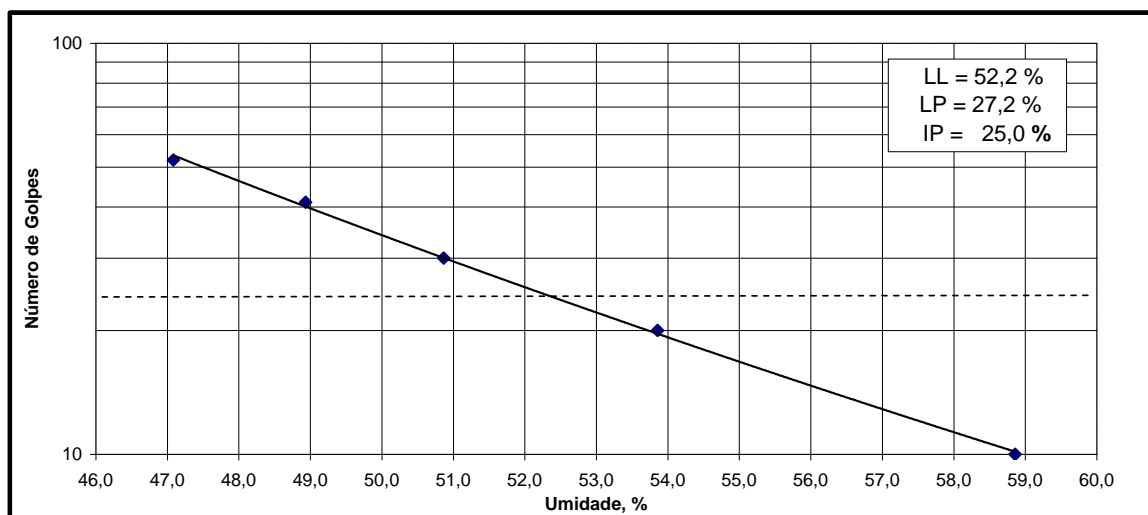
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 42   | 30   | 15   | 38   | 36   |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 3,63 | 3,45 | 3,57 | 3,58 | 3,71 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 3,47 | 3,30 | 3,39 | 3,39 | 3,52 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 2,85 | 2,74 | 2,74 | 2,71 | 2,83 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,16 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,19 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,62 | 0,56 | 0,65 | 0,68 | 0,69 |
| Umidade (%)            |                      | 25,8 | 26,8 | 27,7 | 27,9 | 27,5 |
| Limite de Plasticidade |                      |      |      |      |      | 27,2 |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 41    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 4     | 396   | 9     | 49    | 3     | 21    | 34    | 51    | 33    | 48    |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 23,73 | 21,70 | 22,90 | 22,48 | 20,24 | 22,24 | 21,60 | 19,84 | 19,41 | 20,92 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 17,04 | 15,62 | 16,30 | 15,99 | 14,25 | 14,96 | 15,06 | 13,77 | 13,20 | 14,12 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 2,84  | 2,70  | 2,79  | 2,75  | 2,57  | 2,57  | 2,84  | 2,57  | 2,61  | 2,61  |
| ∞                  | Água evaporada       | 6,69  | 6,08  | 6,60  | 6,49  | 5,99  | 6,25  | 6,54  | 6,07  | 6,21  | 6,80  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 14,20 | 12,92 | 13,51 | 13,24 | 11,68 | 12,39 | 12,22 | 11,20 | 10,59 | 11,51 |
| Umidade (%)        |                      | 47,1  | 47,1  | 48,9  | 49,0  | 51,3  | 50,4  | 53,5  | 54,2  | 58,6  | 59,1  |
| Umidade Média (%)  |                      | 47,1  |       | 48,9  |       | 50,9  |       | 53,9  |       | 58,9  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-H M/E

SONDAGEM: STH-03

AMOSTRA: 01

PROF.: 0,20-5,00m

PREFIXO: RJ 595 T

VISTO:

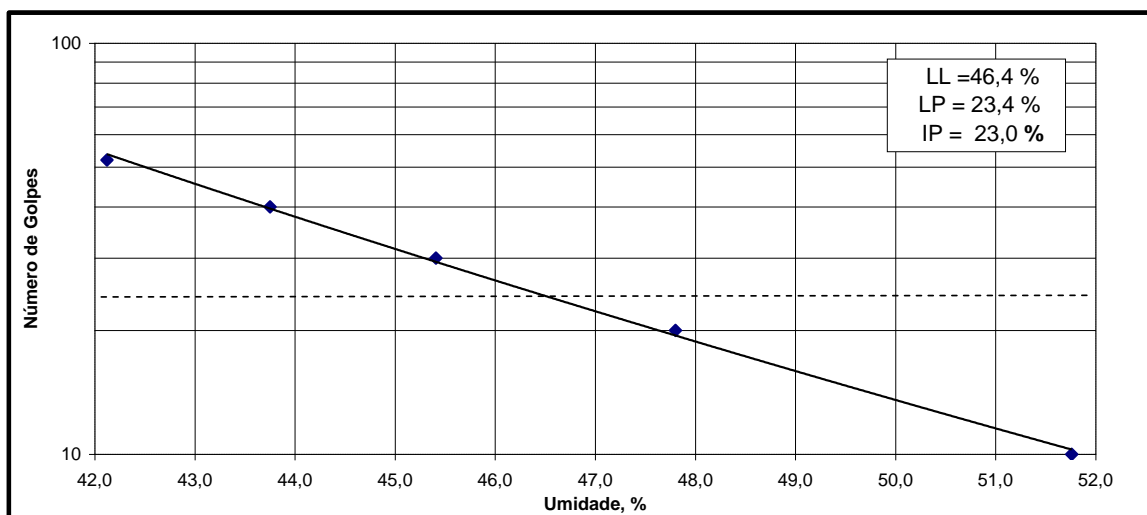
APROV.:



### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 320  | 325  | 319  | 308  | 310  |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,92 | 7,89 | 7,77 | 7,71 | 7,77 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,74 | 7,72 | 7,57 | 7,54 | 7,61 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 7,03 | 6,93 | 6,73 | 6,83 | 6,90 |
| ∞                      | Água evaporada       | 0,18 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,16 |
| ∞                      | Peso do Solo Seco    | 0,71 | 0,79 | 0,84 | 0,71 | 0,71 |
| Umidade (%)            |                      | 25,4 | 21,5 | 23,8 | 23,9 | 22,5 |
| Limite de Plasticidade |                      | 23,4 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 10    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 314   | 326   | 302   | 304   | 312   | 318   | 331   | 333   | 313   | 324   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 27,56 | 29,39 | 27,85 | 24,27 | 26,30 | 25,17 | 26,23 | 29,98 | 24,97 | 24,18 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 21,47 | 22,64 | 21,56 | 18,89 | 20,23 | 20,31 | 20,02 | 22,46 | 18,76 | 18,19 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,99  | 6,64  | 7,14  | 6,63  | 6,76  | 6,65  | 6,96  | 6,81  | 6,77  | 6,61  |
| ∞                  | Água evaporada       | 6,09  | 6,75  | 6,29  | 5,38  | 6,07  | 6,25  | 6,21  | 7,52  | 6,21  | 5,99  |
| ∞                  | Peso do Solo Seco    | 14,48 | 16,00 | 14,42 | 12,26 | 13,47 | 13,66 | 13,06 | 15,65 | 11,99 | 11,58 |
| Umidade (%)        |                      | 42,1  | 42,2  | 43,6  | 43,9  | 45,1  | 45,8  | 47,5  | 48,1  | 51,8  | 51,7  |
| Umidade Média (%)  |                      | 42,1  |       | 43,8  |       | 45,4  |       | 47,8  |       | 51,8  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I (FUNDAÇÃO)

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: AE-I (DIQUE)

SONDAGEM: STI-03

AMOSTRA: 01+02

PROF.: 0,30-6,70m

PREFIXO: RJ 595 T

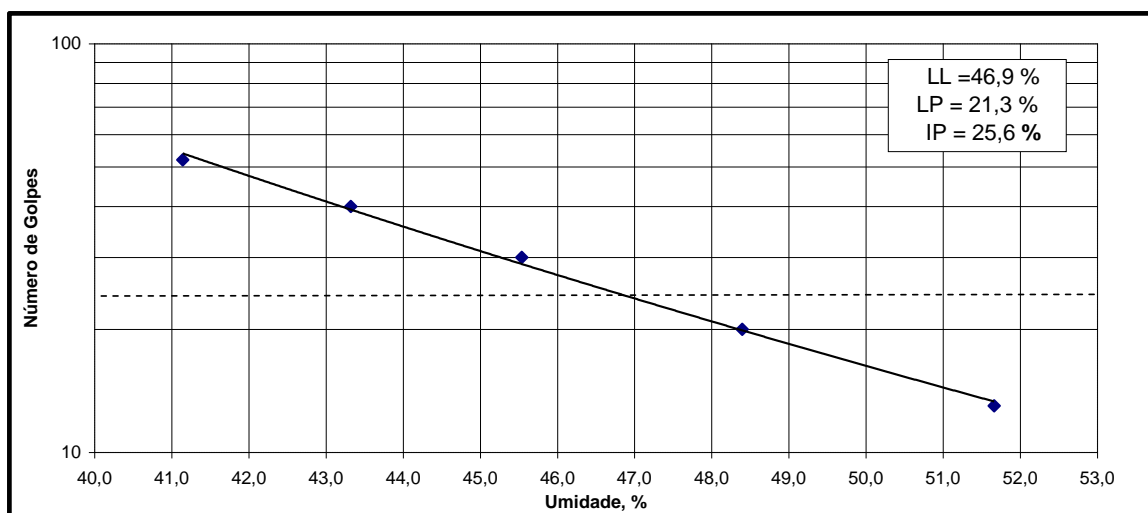
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 316  | 307  | 327  | 331  | 323  |
| ⊕                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,50 | 7,30 | 7,56 | 7,78 | 7,72 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,35 | 7,16 | 7,43 | 7,64 | 7,57 |
| ∞                      | Peso da Cápsula      | 6,63 | 6,51 | 6,80 | 6,96 | 6,91 |
| ∩                      | Água evaporada       | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| ∩                      | Peso do Solo Seco    | 0,72 | 0,65 | 0,63 | 0,68 | 0,66 |
| Umidade (%)            |                      | 20,8 | 21,5 | 20,6 | 20,6 | 22,7 |
| Limite de Plasticidade |                      | 21,3 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 52    |       | 40    |       | 30    |       | 20    |       | 13    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 305   | 308   | 301   | 302   | 312   | 332   | 313   | 330   | 318   | 328   |
| ⊕                  | Cápsula + Solo Úmido | 28,37 | 26,42 | 25,18 | 23,97 | 21,45 | 23,20 | 25,97 | 23,92 | 25,20 | 25,21 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 21,95 | 20,70 | 19,65 | 18,89 | 16,85 | 20,56 | 19,71 | 18,26 | 18,88 | 18,95 |
| ∞                  | Peso da Cápsula      | 6,31  | 6,83  | 6,91  | 7,14  | 6,76  | 6,82  | 6,77  | 6,57  | 6,65  | 6,83  |
| ∩                  | Água evaporada       | 6,42  | 5,72  | 5,53  | 5,08  | 4,60  | 6,25  | 6,26  | 5,66  | 6,32  | 6,26  |
| ∩                  | Peso do Solo Seco    | 15,64 | 13,87 | 12,74 | 11,75 | 10,09 | 13,74 | 12,94 | 11,69 | 12,23 | 12,12 |
| Umidade (%)        |                      | 41,0  | 41,2  | 43,4  | 43,2  | 45,6  | 45,5  | 48,4  | 48,4  | 51,7  | 51,7  |
| Umidade Média (%)  |                      | 41,1  |       | 43,3  |       | 45,5  |       | 48,4  |       | 51,7  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I - FUNDAÇÃO

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: EIXO DA BARRAGEM

SONDAGEM: PI-02

AMOSTRA: 01

PROF.: 1,20-1,50m

PREFIXO: RJ 595 T

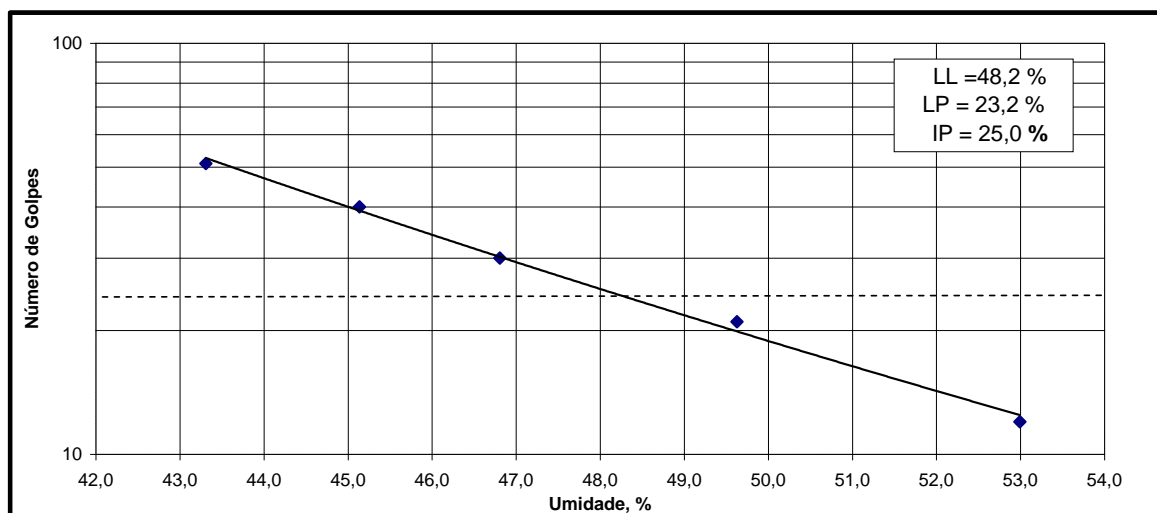
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                        |      |      |      |      |      |
|------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                        | 310  | 325  | 319  | 320  | 333  |
| Ⓞ                      | Ⓞ Cápsula + Solo Úmido | 7,71 | 7,61 | 7,66 | 7,80 | 7,60 |
|                        | ○ Cápsula + Solo Seco  | 7,56 | 7,48 | 7,48 | 7,66 | 7,45 |
| Ⓢ                      | ↳ Peso da Cápsula      | 6,90 | 6,93 | 6,73 | 7,03 | 6,81 |
| Ⓢ                      | ↳ Água evaporada       | 0,15 | 0,13 | 0,18 | 0,14 | 0,15 |
| Ⓢ                      | ↳ Peso do Solo Seco    | 0,66 | 0,55 | 0,75 | 0,63 | 0,64 |
| Umidade (%)            |                        | 22,7 | 23,6 | 24,0 | 22,2 | 23,4 |
| Limite de Plasticidade |                        | 23,2 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                        | 51    |       | 40    |       | 30    |       | 21    |       | 12    |       |
| Número da Cápsula  |                        | 309   | 334   | 304   | 314   | 306   | 311   | 303   | 329   | 324   | 326   |
| Ⓞ                  | Ⓞ Cápsula + Solo Úmido | 25,86 | 26,56 | 24,21 | 26,29 | 25,18 | 24,64 | 26,37 | 26,89 | 24,69 | 23,35 |
|                    | ○ Cápsula + Solo Seco  | 20,16 | 20,60 | 18,75 | 20,28 | 19,42 | 19,86 | 19,87 | 20,16 | 18,43 | 17,56 |
| Ⓢ                  | ↳ Peso da Cápsula      | 6,93  | 6,91  | 6,63  | 6,99  | 6,95  | 6,68  | 6,80  | 6,57  | 6,61  | 6,64  |
| Ⓢ                  | ↳ Água evaporada       | 5,70  | 5,96  | 5,46  | 6,01  | 5,76  | 6,25  | 6,50  | 6,73  | 6,26  | 5,79  |
| Ⓢ                  | ↳ Peso do Solo Seco    | 13,23 | 13,69 | 12,12 | 13,29 | 12,47 | 13,18 | 13,07 | 13,59 | 11,82 | 10,92 |
| Umidade (%)        |                        | 43,1  | 43,5  | 45,0  | 45,2  | 46,2  | 47,4  | 49,7  | 49,5  | 53,0  | 53,0  |
| Umidade Média (%)  |                        | 43,3  |       | 45,1  |       | 46,8  |       | 49,6  |       | 53,0  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: FUNDAÇÃO

SONDAGEM: PI-01

AMOSTRA: 02

PROF.: 3,00-3,40m

PREFIXO: RJ 595 T

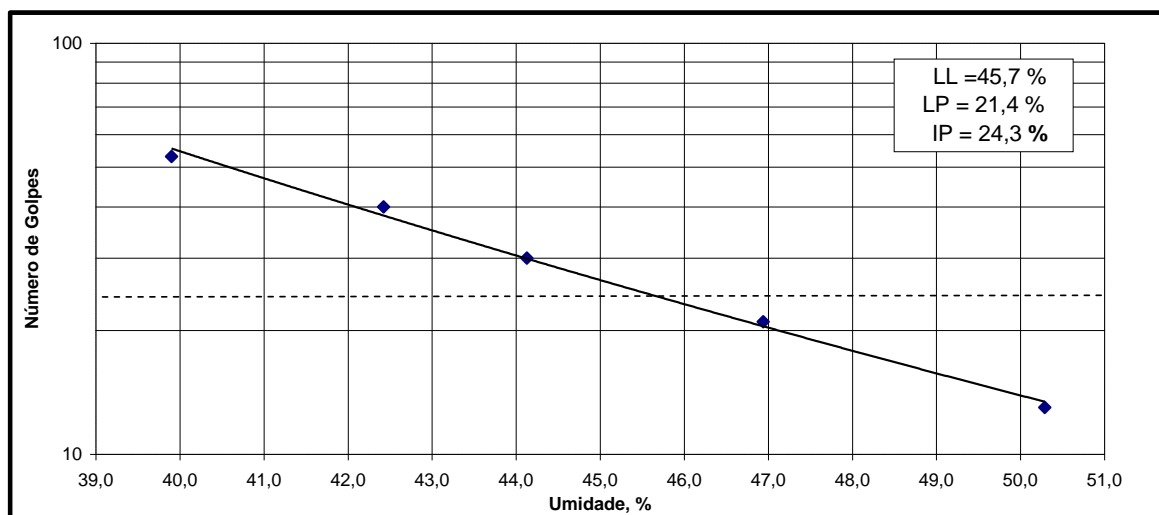
VISTO:

APROV.:

### LIMITES DE ATTERBERG

| LIMITE DE PLASTICIDADE |                      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| Número da Cápsula      |                      | 324  | 310  | 325  | 302  | 330  |
| ⊙                      | Cápsula + Solo Úmido | 7,46 | 7,62 | 7,62 | 7,82 | 7,27 |
| ○                      | Cápsula + Solo Seco  | 7,32 | 7,49 | 7,49 | 7,71 | 7,14 |
| ∩                      | Peso da Cápsula      | 6,61 | 6,90 | 6,93 | 7,14 | 6,57 |
| ∪                      | Água evaporada       | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,11 | 0,13 |
| ⊖                      | Peso do Solo Seco    | 0,71 | 0,59 | 0,56 | 0,57 | 0,57 |
| Umidade (%)            |                      | 19,7 | 22,0 | 23,2 | 19,3 | 22,8 |
| Limite de Plasticidade |                      | 21,4 |      |      |      |      |

| LIMITE DE LIQUIDEZ |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de Golpes   |                      | 53    |       | 40    |       | 30    |       | 21    |       | 13    |       |
| Número da Cápsula  |                      | 307   | 332   | 305   | 318   | 313   | 333   | 320   | 327   | 323   | 326   |
| ⊙                  | Cápsula + Solo Úmido | 23,51 | 25,64 | 27,50 | 24,64 | 21,92 | 21,68 | 24,17 | 27,10 | 26,16 | 24,72 |
| ○                  | Cápsula + Solo Seco  | 18,61 | 20,33 | 21,19 | 19,28 | 17,22 | 21,25 | 18,75 | 20,55 | 19,74 | 18,65 |
| ∩                  | Peso da Cápsula      | 6,51  | 6,82  | 6,31  | 6,65  | 6,77  | 6,81  | 7,03  | 6,80  | 6,91  | 6,64  |
| ∪                  | Água evaporada       | 4,90  | 5,31  | 6,31  | 5,36  | 4,70  | 6,25  | 5,42  | 6,55  | 6,42  | 6,07  |
| ⊖                  | Peso do Solo Seco    | 12,10 | 13,51 | 14,88 | 12,63 | 10,45 | 14,44 | 11,72 | 13,75 | 12,83 | 12,01 |
| Umidade (%)        |                      | 40,5  | 39,3  | 42,4  | 42,4  | 45,0  | 43,3  | 46,2  | 47,6  | 50,0  | 50,5  |
| Umidade Média (%)  |                      | 39,9  |       | 42,4  |       | 44,1  |       | 46,9  |       | 50,3  |       |



CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA

OBRA: AHE ITAOCARA I E II - ITAOCARA I - FUNDAÇÃO

LOCAL: RIO PARAÍBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG)

ÁREA: EIXO DA BARRAGEM

SONDAGEM: PI-02

AMOSTRA: 01

PROF.: 2,20-2,50m

PREFIXO: RJ 595 T

VISTO:

APROV.:

**TECNOSONDA S.A**

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO**

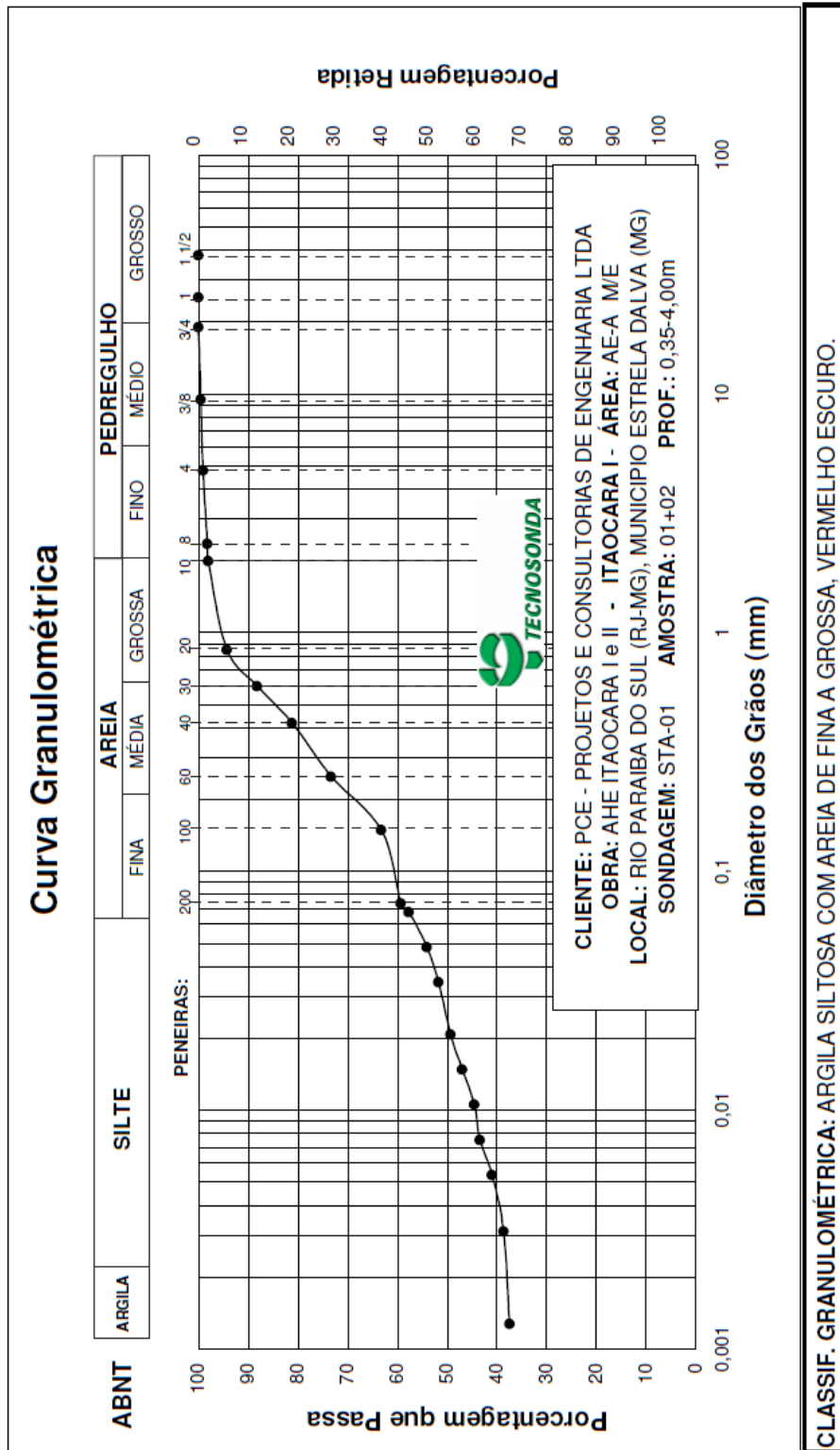
|           |        |           |           |
|-----------|--------|-----------|-----------|
| SONDAGEM  | STA-01 | Prof.:    | 0,35-4,00 |
| Local:    | 1+2    |           |           |
| Aluno(a): |        | Operador: |           |
|           |        | Visto:    |           |
|           |        | Data:     |           |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula n°               | 53    | 82    | 82                       | Temperatura (°C)      | 23     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 14,59 | 16,71 | 16,71                    | Picnômetro n°         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 29,77   | Cápsula e solo úmido (g) | 45,46 | 44,07 | 44,07                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 1470,23 | Cápsula e solo seco (g)  | 44,36 | 43,14 | 43,14                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,33 | 213,97 | 213,97 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 1419,45 | Água (g)                 | 1,10  | 0,93  | 0,93                     | Pic + Água (g)        | 670,75 | 664,31 | 664,31 |
| Água (g)                   | 50,78   | Solo seco (g)            | 29,77 | 26,43 | 26,43                    | Pic + Solo + Água (g) | 700,60 | 694,12 | 694,12 |
| Amostra total seca (g)     | 1449,22 | Umidade higroscópica (%) | 3,69  | 3,52  | 3,52                     | Solo Seco (g)         | 49,10  | 49,10  | 49,10  |
|                            |         | Média h (%)              | 3,6   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9976 |        |        |
| <b>OBS.:</b>               |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,985 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,545  | 2,539  | 2,539  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,541  |        |        |

| Peneira n° | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 6,53               | 0,44            | 0,44        | 99,56                        | 9,5          |
| N° 4       | 14,45              | 0,53            | 0,96        | 99,04                        | 4,8          |
| N° 8       | 26,79              | 0,82            | 1,79        | 98,21                        | 2,36         |
| N° 10      | 29,77              | 0,20            | 1,98        | 98,02                        | 2,0          |

| Peneira n° | Material retido    |                   |             | % passa amost. parc. | % passa amost. total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                      |                      |              |
| 16         | 2,57               | 3,80              | 3,80        | 96,20                | 94,29                | 0,85         |
| 30         | 6,73               | 6,16              | 9,96        | 90,04                | 88,25                | 0,60         |
| 40         | 11,58              | 7,18              | 17,13       | 82,87                | 81,22                | 0,42         |
| 50         | 17,04              | 8,08              | 25,21       | 74,79                | 73,30                | 0,25         |
| 100        | 24,01              | 10,31             | 35,53       | 64,47                | 63,19                | 0,15         |
| 200        | 26,66              | 3,92              | 39,45       | 60,55                | 59,35                | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |            |                |                           |                   |                     |                      |               |                |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,541      |                |                           |                   |                     |                      | Densímetro N° |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                      |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda (cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                | 0,5         | 1,0260     | 23             | 1,0018                    | 0,0242            | 9,56E-06            | 12,33                | 0,0678        | 57,69          |
|                                | 1           | 1,0245     | 23             | 1,0018                    | 0,0227            | 9,56E-06            | 12,62                | 0,0485        | 54,10          |
|                                | 2           | 1,0235     | 23             | 1,0018                    | 0,0217            | 9,56E-06            | 12,82                | 0,0346        | 51,72          |
|                                | 5           | 1,0225     | 23             | 1,0018                    | 0,0207            | 9,56E-06            | 11,72                | 0,0209        | 49,33          |
|                                | 10          | 1,0215     | 23             | 1,0018                    | 0,0197            | 9,56E-06            | 11,91                | 0,0149        | 46,94          |
|                                | 20          | 1,0205     | 23             | 1,0018                    | 0,0187            | 9,56E-06            | 12,11                | 0,0106        | 44,56          |
|                                | 40          | 1,0200     | 23             | 1,0018                    | 0,0182            | 9,56E-06            | 12,21                | 0,0075        | 43,36          |
|                                | 80          | 1,0190     | 23             | 1,0018                    | 0,0172            | 9,56E-06            | 12,41                | 0,0054        | 40,98          |
|                                | 240         | 1,0180     | 23             | 1,0018                    | 0,0162            | 9,56E-06            | 12,60                | 0,0031        | 38,59          |
|                                | 1440        | 1,0175     | 23             | 1,0018                    | 0,0157            | 9,56E-06            | 12,70                | 0,0013        | 37,39          |



**TECNOSONDA S.A**

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO**

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STA-02 | Prof.:    | 0,35-5,00m |
| Local:    | 1+2    |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

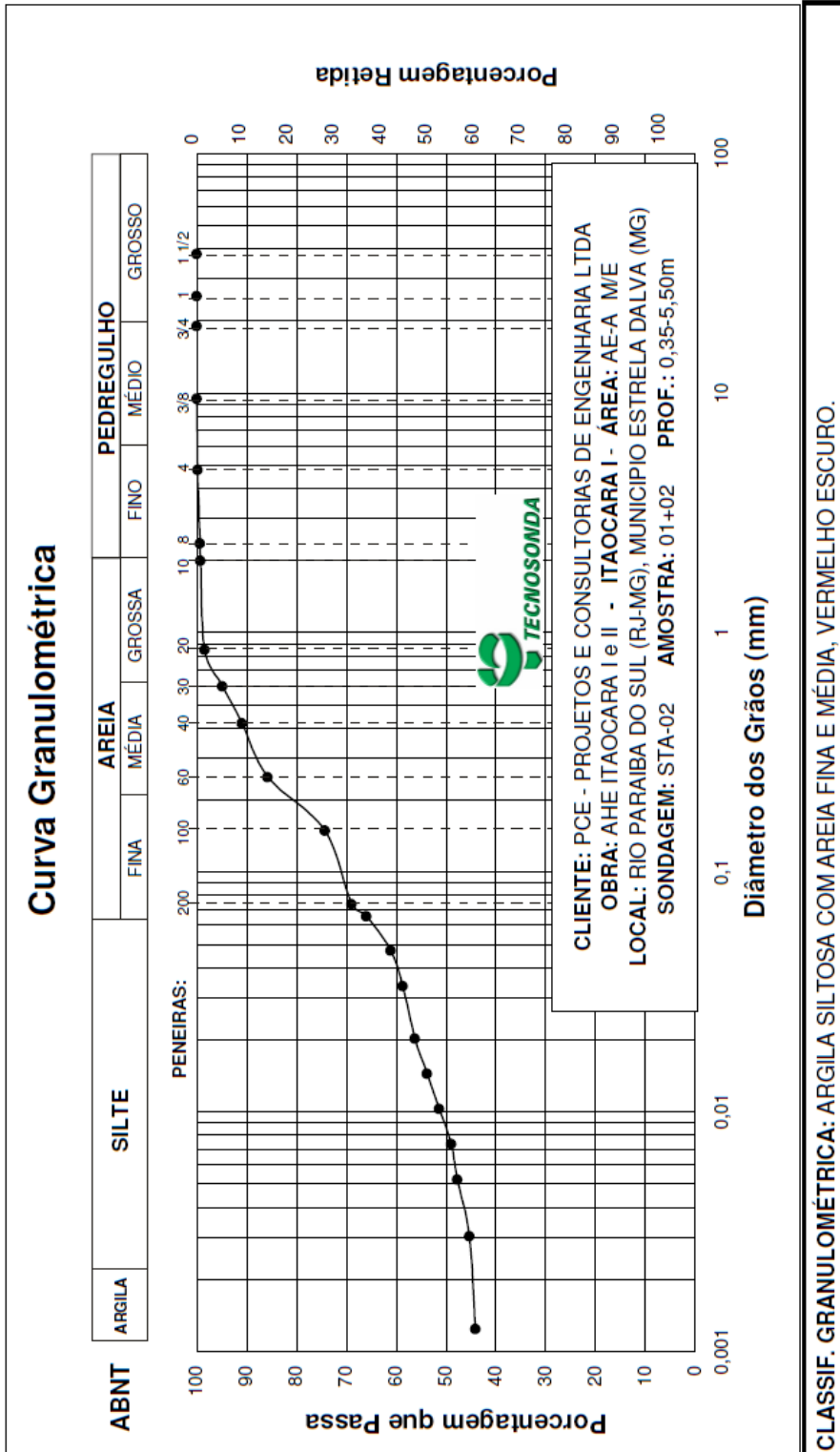
|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula nº               | 71    | 75    | 75                       | Temperatura (°C)      | 21     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 14,84 | 15,56 | 15,56                    | Picnômetro nº         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 11,18   | Cápsula e solo úmido (g) | 46,88 | 43,09 | 43,09                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 1488,82 | Cápsula e solo seco (g)  | 45,25 | 41,92 | 41,92                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,48 | 213,21 | 213,21 |
| Passando nº 10 seca (g)    | 1424,35 | Água (g)                 | 1,43  | 1,17  | 1,17                     | Pic + Água (g)        | 670,89 | 664,28 | 664,28 |
| Água (g)                   | 64,47   | Solo seco (g)            | 30,41 | 26,36 | 26,36                    | Pic + Solo + Água (g) | 700,70 | 693,91 | 693,91 |
| Amostra total seca (g)     | 1435,53 | Umidade higroscópica (%) | 4,70  | 4,44  | 4,44                     | Solo Seco (g)         | 49,25  | 48,34  | 48,34  |
|                            |         | Média h (%)              | 4,5   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
|                            |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,957 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,528  | 2,578  | 2,578  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,561  |        |        |

OBS.:

| Peneira nº | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4       | 2,28               | 0,15            | 0,15        | 99,85                        | 4,8          |
| Nº 8       | 9,56               | 0,49            | 0,64        | 99,36                        | 2,36         |
| Nº 10      | 11,18              | 0,11            | 0,75        | 99,25                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL  |                    |                   |                                 |                      |                      |              |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g): 70,00 |                    |                   | Amostra parcial seca (g): 68,97 |                      |                      |              |
| Peneira nº                       | Material retido    |                   |                                 | % passa amost. parc. | % passa amost. total | Peneira (mm) |
|                                  | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada                     |                      |                      |              |
| 16                               | 0,54               | 0,81              | 0,81                            | 99,19                | 98,45                | 0,85         |
| 30                               | 2,99               | 3,66              | 4,46                            | 95,54                | 94,82                | 0,60         |
| 40                               | 5,61               | 3,91              | 8,38                            | 91,62                | 90,94                | 0,42         |
| 50                               | 9,07               | 5,17              | 13,54                           | 86,46                | 85,81                | 0,25         |
| 100                              | 16,85              | 11,62             | 25,16                           | 74,84                | 74,28                | 0,15         |
| 200                              | 20,48              | 5,42              | 30,58                           | 69,42                | 68,90                | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,561                 |                |                           |                   |                     | Densímetro Nº       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0290                | 23             | 1,0018                    | 0,0272            | 9,56E-06            | 11,73               | 0,0657        | 65,93          |
|                                 | 1           | 1,0270                | 23             | 1,0018                    | 0,0252            | 9,56E-06            | 12,13               | 0,0472        | 61,08          |
|                                 | 2           | 1,0260                | 23             | 1,0018                    | 0,0242            | 9,56E-06            | 12,33               | 0,0337        | 58,65          |
|                                 | 5           | 1,0250                | 23             | 1,0018                    | 0,0232            | 9,56E-06            | 11,22               | 0,0203        | 56,22          |
|                                 | 10          | 1,0240                | 23             | 1,0018                    | 0,0222            | 9,56E-06            | 11,42               | 0,0145        | 53,80          |
|                                 | 20          | 1,0230                | 23             | 1,0018                    | 0,0212            | 9,56E-06            | 11,62               | 0,0103        | 51,37          |
|                                 | 40          | 1,0220                | 23             | 1,0018                    | 0,0202            | 9,56E-06            | 11,81               | 0,0074        | 48,94          |
|                                 | 80          | 1,0215                | 23             | 1,0018                    | 0,0197            | 9,56E-06            | 11,91               | 0,0052        | 47,73          |
|                                 | 240         | 1,0205                | 23             | 1,0018                    | 0,0187            | 9,56E-06            | 12,11               | 0,0030        | 45,30          |
|                                 | 1440        | 1,0200                | 23             | 1,0018                    | 0,0182            | 9,56E-06            | 12,21               | 0,0012        | 44,09          |





TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

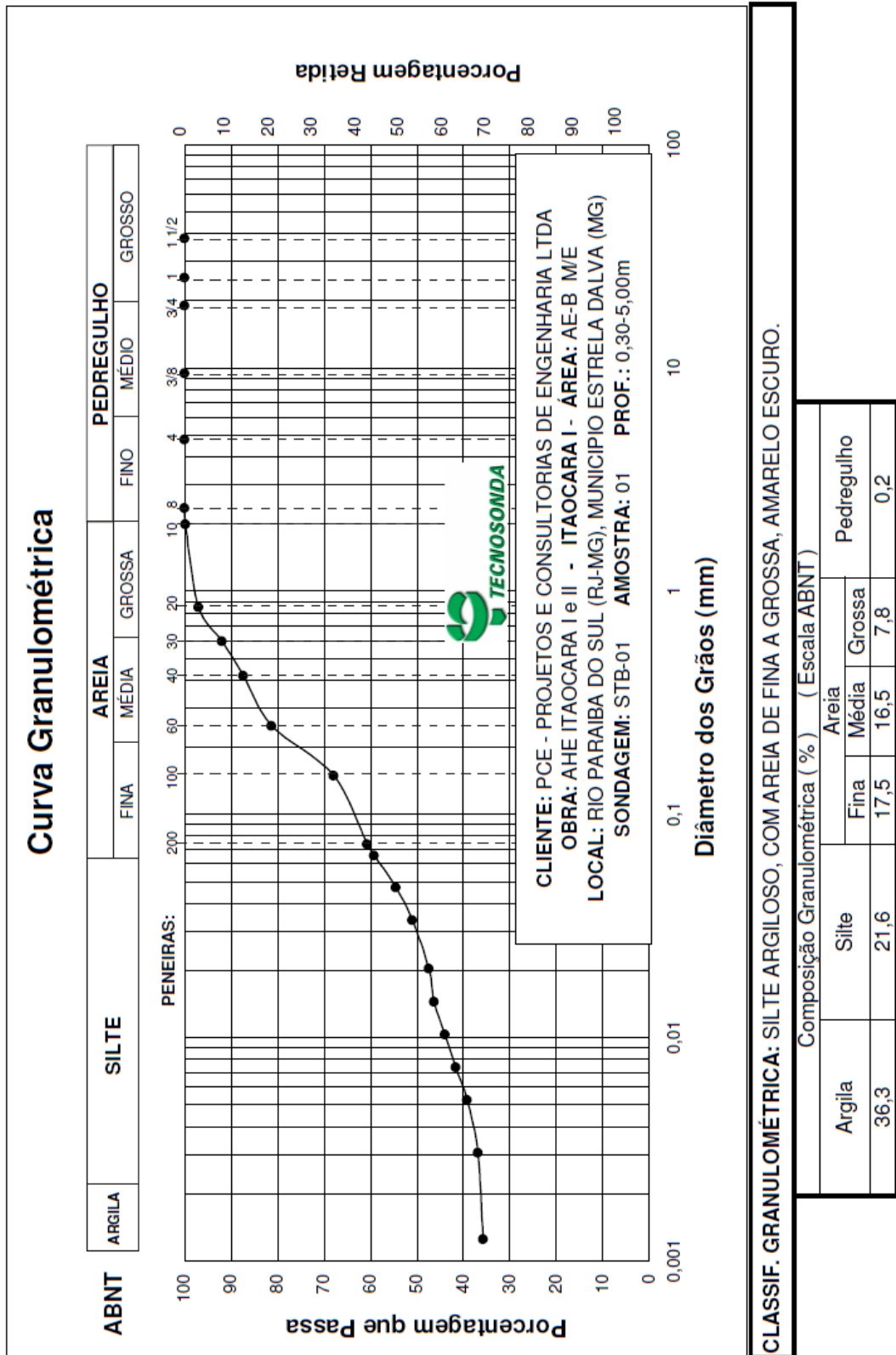
|           |        |           |           |
|-----------|--------|-----------|-----------|
| SONDAGEM  | STB-01 | Prof.:    | 0,30-5,00 |
| AMOSTRA   | 1      |           |           |
| Aluno(a): |        | Operador: |           |
|           |        | Visto:    |           |
|           |        | Data:     |           |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula n°               | 11    | 17    | 17                       | Temperatura (°C)      | 21     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00 | Peso Cápsula (g)         | 10,13 | 9,86  | 9,86                     | Picnômetro n°         | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 2,19    | Cápsula e solo úmido (g) | 39,58 | 41,33 | 41,33                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 997,81  | Cápsula e solo seco (g)  | 39,02 | 40,69 | 40,69                    | Pic + Solo Seco (g)   | 213,03 | 214,61 | 214,61 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 977,96  | Água (g)                 | 0,56  | 0,64  | 0,64                     | Pic + Água (g)        | 671,13 | 617,73 | 617,73 |
| Água (g)                   | 19,85   | Solo seco (g)            | 28,89 | 30,83 | 30,83                    | Pic + Solo + Água (g) | 701,90 | 648,43 | 648,43 |
| Amostra total seca (g)     | 980,15  | Umidade higroscópica (%) | 1,94  | 2,08  | 2,08                     | Solo Seco (g)         | 49,80  | 49,74  | 49,74  |
|                            |         | Média h (%)              | 2,0   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9980 |        |        |
| OBS.:                      |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,980 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,612  | 2,607  | 2,607  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,609  |        |        |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8                          | 0,26               | 0,03            | 0,03        | 99,97                        | 2,36         |
| N° 10                         | 2,19               | 0,19            | 0,22        | 99,78                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                       |                           |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              |                   |             |                       | Amostra parcial seca (g): | 68,61        |
| Peneira n°                      | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total     | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                           |              |
| 16                              | 1,91               | 2,78              | 2,78        | 97,22                 | 97,00                     | 0,85         |
| 30                              | 5,38               | 5,06              | 7,84        | 92,16                 | 91,96                     | 0,60         |
| 40                              | 8,55               | 4,62              | 12,46       | 87,54                 | 87,35                     | 0,42         |
| 50                              | 12,73              | 6,09              | 18,55       | 81,45                 | 81,27                     | 0,25         |
| 100                             | 21,93              | 13,41             | 31,96       | 68,04                 | 67,89                     | 0,15         |
| 200                             | 26,88              | 7,21              | 39,18       | 60,82                 | 60,69                     | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,609                 |                |                           |                   |                     | Densímetro N°       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amort. total |
|                                 | 0,5         | 1,0270                | 23             | 1,0018                    | 0,0252            | 9,56E-06            | 12,13               | 0,0658        | 59,24          |
|                                 | 1           | 1,0250                | 23             | 1,0018                    | 0,0232            | 9,56E-06            | 12,52               | 0,0473        | 54,54          |
|                                 | 2           | 1,0235                | 23             | 1,0018                    | 0,0217            | 9,56E-06            | 12,82               | 0,0338        | 51,00          |
|                                 | 5           | 1,0220                | 23             | 1,0018                    | 0,0202            | 9,56E-06            | 11,81               | 0,0205        | 47,47          |
|                                 | 10          | 1,0215                | 23             | 1,0018                    | 0,0197            | 9,56E-06            | 11,91               | 0,0146        | 46,30          |
|                                 | 20          | 1,0205                | 23             | 1,0018                    | 0,0187            | 9,56E-06            | 12,11               | 0,0104        | 43,94          |
|                                 | 40          | 1,0195                | 23             | 1,0018                    | 0,0177            | 9,56E-06            | 12,31               | 0,0074        | 41,59          |
|                                 | 80          | 1,0185                | 23             | 1,0018                    | 0,0167            | 9,56E-06            | 12,50               | 0,0053        | 39,23          |
|                                 | 240         | 1,0175                | 23             | 1,0018                    | 0,0157            | 9,56E-06            | 12,70               | 0,0031        | 36,88          |
|                                 | 1440        | 1,0170                | 23             | 1,0018                    | 0,0152            | 9,56E-06            | 12,80               | 0,0013        | 35,70          |



**TECNOSONDA S.A**

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO**

|           |           |        |       |        |            |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|------------|
| SONDAGEM  | STB-02    |        |       | Prof.: | 0,30-5,00m |
| AMOSTRA   | 1+2       |        |       |        |            |
| Aluno(a): | Operador: | Visto: | Data: |        |            |

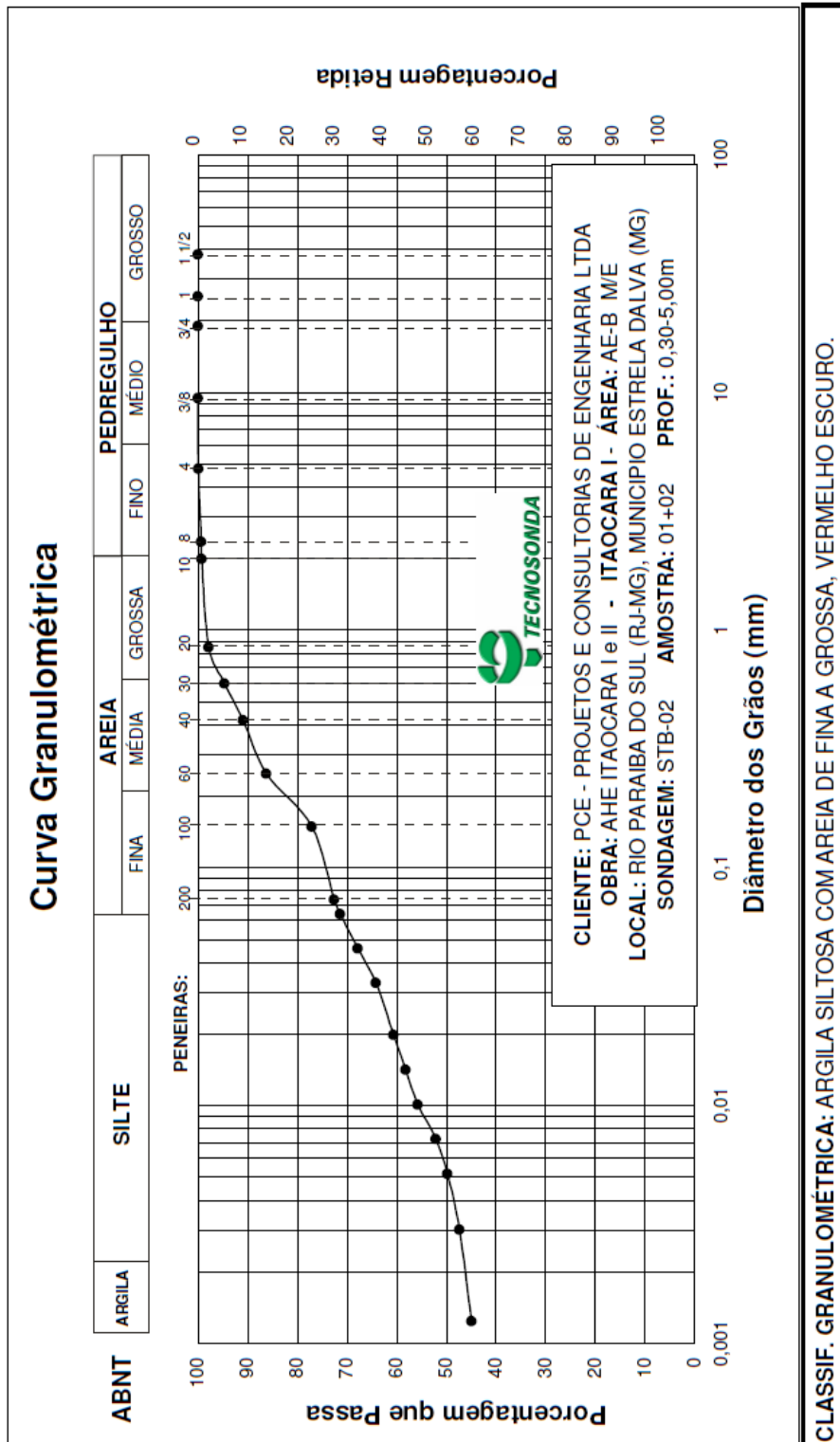
|                            |                          | Umidade Higroscópica |       |       | Densidade Real dos Grãos |        |        |        |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|-------|-------|--------------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°               | 44                   | 68    | 68    | Temperatura (°C) 21      |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | Peso Cápsula (g)         | 14,48                | 14,40 | 14,40 | Picnômetro n°            | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | Cápsula e solo úmido (g) | 43,82                | 47,21 | 47,21 | Picnômetro (g)           | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | Cápsula e solo seco (g)  | 42,80                | 46,04 | 46,04 | Pic + Solo Seco (g)      | 212,84 | 214,21 | 214,21 |
| Passando n° 10 seca (g)    | Água (g)                 | 1,02                 | 1,17  | 1,17  | Pic + Água (g)           | 671,32 | 617,58 | 617,58 |
| Água (g)                   | Solo seco (g)            | 28,32                | 31,64 | 31,64 | Pic + Solo + Água (g)    | 701,60 | 647,68 | 647,68 |
| Amostra total seca (g)     | Umidade higroscópica (%) | 3,60                 | 3,70  | 3,70  | Solo Seco (g)            | 49,61  | 49,34  | 49,34  |
|                            | Média h (%)              | 3,7                  |       |       | Fator de Correção (K)    | 0,9980 |        |        |
|                            | Fc = 100/(100+w)         | 0,985                |       |       | Densidade Real (Gs)      | 2,561  | 2,559  | 2,559  |
|                            |                          |                      |       |       | Média                    | 2,560  |        |        |

OBS.:

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 1,72               | 0,11            | 0,11        | 99,89                        | 4,8          |
| N° 8                          | 9,54               | 0,52            | 0,64        | 99,36                        | 2,36         |
| N° 10                         | 11,63              | 0,14            | 0,78        | 99,22                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |                           |                       |                       |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             | Amostra parcial seca (g): |                       | 67,52                 |              |
| Peneira n°                      | Material retido    |                   |                           | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada               |                       |                       |              |
| 16                              | 0,95               | 1,41              | 1,41                      | 98,59                 | 97,83                 | 0,85         |
| 30                              | 3,07               | 3,14              | 4,55                      | 95,45                 | 94,71                 | 0,60         |
| 40                              | 5,83               | 3,79              | 8,34                      | 91,66                 | 90,95                 | 0,42         |
| 50                              | 8,85               | 4,77              | 13,11                     | 86,89                 | 86,22                 | 0,25         |
| 100                             | 15,07              | 9,21              | 22,32                     | 77,68                 | 77,08                 | 0,15         |
| 200                             | 18,1               | 4,49              | 26,81                     | 73,19                 | 72,63                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,560                 |                | Densímetro N°             |                   |                     |                     |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0315                | 23             | 1,0018                    | 0,0297            | 9,56E-06            | 11,24               | 0,0643        | 71,41          |
|                                 | 1           | 1,0300                | 23             | 1,0018                    | 0,0282            | 9,56E-06            | 11,54               | 0,0461        | 67,80          |
|                                 | 2           | 1,0285                | 23             | 1,0018                    | 0,0267            | 9,56E-06            | 11,83               | 0,0330        | 64,18          |
|                                 | 5           | 1,0270                | 23             | 1,0018                    | 0,0252            | 9,56E-06            | 10,83               | 0,0200        | 60,57          |
|                                 | 10          | 1,0260                | 23             | 1,0018                    | 0,0242            | 9,56E-06            | 11,03               | 0,0142        | 58,17          |
|                                 | 20          | 1,0250                | 23             | 1,0018                    | 0,0232            | 9,56E-06            | 11,22               | 0,0102        | 55,76          |
|                                 | 40          | 1,0235                | 23             | 1,0018                    | 0,0217            | 9,56E-06            | 11,52               | 0,0073        | 52,15          |
|                                 | 80          | 1,0225                | 23             | 1,0018                    | 0,0207            | 9,56E-06            | 11,72               | 0,0052        | 49,74          |
|                                 | 240         | 1,0215                | 23             | 1,0018                    | 0,0197            | 9,56E-06            | 11,91               | 0,0030        | 47,34          |
|                                 | 1440        | 1,0205                | 23             | 1,0018                    | 0,0187            | 9,56E-06            | 12,11               | 0,0012        | 44,93          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

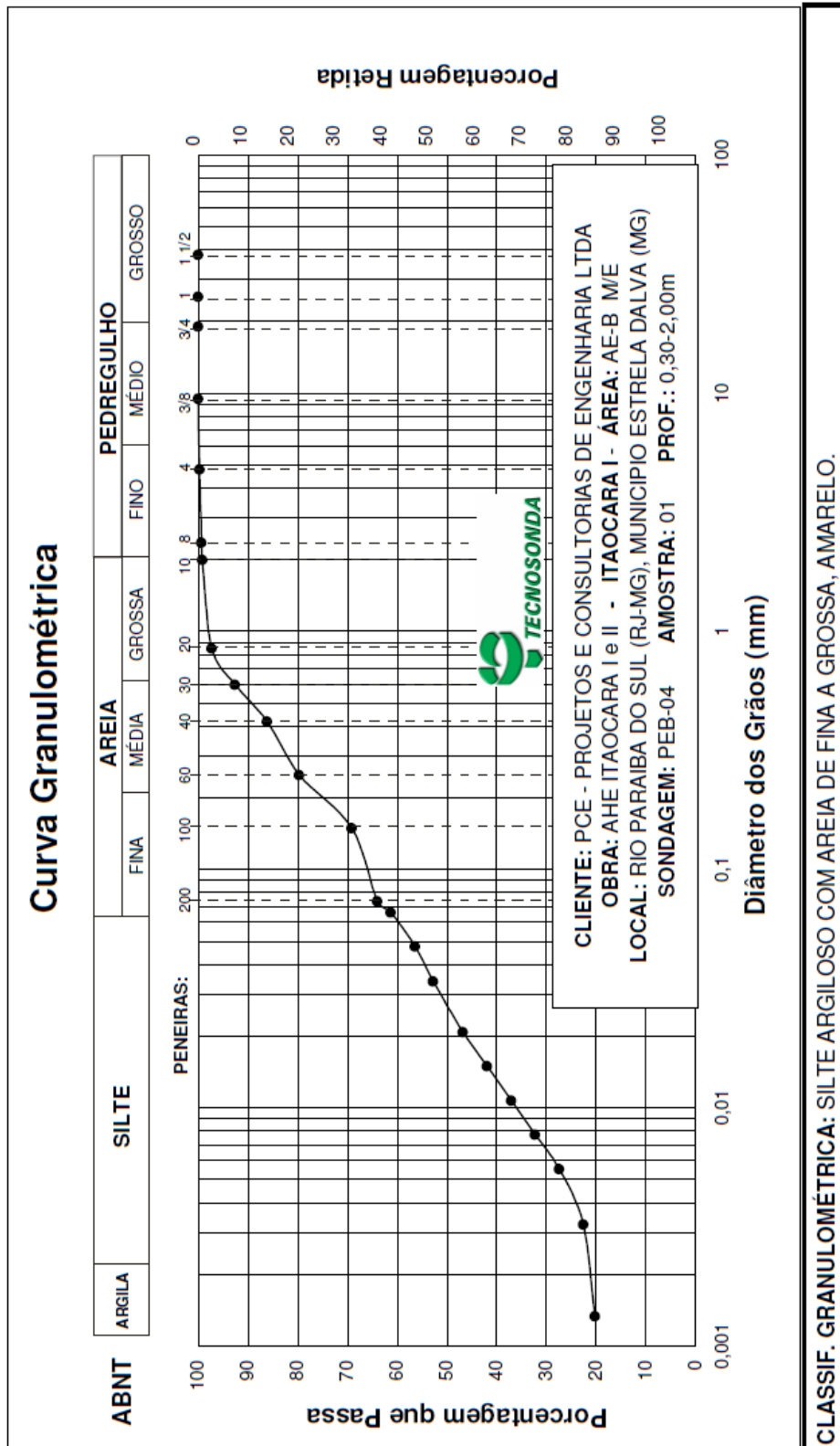
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | PEB-04 | Prof.:    | 0,30-2,00m |
| AMOSTRA   | 1      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula nº               | 18    | 23    | 23                       | Temperatura (°C)      | 22     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00 | Peso Cápsula (g)         | 9,30  | 14,66 | 14,66                    | Picnômetro nº         | 3      | 1      | 1      |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 8,85    | Cápsula e solo úmido (g) | 45,96 | 47,24 | 47,24                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 991,15  | Cápsula e solo seco (g)  | 44,56 | 46,05 | 46,05                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,82 | 214,50 | 214,50 |
| Passando nº 10 seca (g)    | 954,40  | Água (g)                 | 1,40  | 1,19  | 1,19                     | Pic + Água (g)        | 664,10 | 671,02 | 671,02 |
| Água (g)                   | 36,75   | Solo seco (g)            | 35,26 | 31,39 | 31,39                    | Pic + Solo + Água (g) | 694,20 | 701,22 | 701,22 |
| Amostra total seca (g)     | 963,25  | Umidade higroscópica (%) | 3,97  | 3,79  | 3,79                     | Solo Seco (g)         | 49,59  | 49,63  | 49,63  |
|                            |         | Média h (%)              | 3,9   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
| OBS.:                      |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,963 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,539  | 2,549  | 2,549  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,545  |        |        |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira nº                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4                          | 2,61               | 0,26            | 0,26        | 99,74                        | 4,8          |
| Nº 8                          | 6,95               | 0,43            | 0,70        | 99,31                        | 2,36         |
| Nº 10                         | 8,85               | 0,19            | 0,89        | 99,12                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                           |             |                       |                       |              |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              | Amostra parcial seca (g): |             |                       | 67,40                 |              |
| Peneira nº                      | Material retido    |                           |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial         | % acumulada |                       |                       |              |
| 16                              | 1,24               | 1,84                      | 1,84        | 98,16                 | 97,29                 | 0,85         |
| 30                              | 4,44               | 4,75                      | 6,59        | 93,41                 | 92,59                 | 0,60         |
| 40                              | 8,79               | 6,45                      | 13,04       | 86,96                 | 86,19                 | 0,42         |
| 50                              | 13,23              | 6,59                      | 19,63       | 80,37                 | 79,66                 | 0,25         |
| 100                             | 20,39              | 10,62                     | 30,25       | 69,75                 | 69,13                 | 0,15         |
| 200                             | 23,92              | 5,24                      | 35,49       | 64,51                 | 63,94                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |            |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,545      |                |                           |                   |                     | Densímetro Nº       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amort. total |
|                                | 0,5         | 1,0270     | 24             | 1,0017                    | 0,0253            | 9,34E-06            | 12,13               | 0,0664        | 61,26          |
|                                | 1           | 1,0250     | 24             | 1,0017                    | 0,0233            | 9,34E-06            | 12,52               | 0,0477        | 56,43          |
|                                | 2           | 1,0235     | 24             | 1,0017                    | 0,0218            | 9,34E-06            | 12,82               | 0,0341        | 52,80          |
|                                | 5           | 1,0210     | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06            | 12,01               | 0,0209        | 46,76          |
|                                | 10          | 1,0190     | 24             | 1,0017                    | 0,0173            | 9,34E-06            | 12,41               | 0,0150        | 41,92          |
|                                | 20          | 1,0170     | 24             | 1,0017                    | 0,0153            | 9,34E-06            | 12,80               | 0,0108        | 37,09          |
|                                | 40          | 1,0150     | 24             | 1,0017                    | 0,0133            | 9,34E-06            | 13,19               | 0,0077        | 32,25          |
|                                | 80          | 1,0130     | 24             | 1,0017                    | 0,0113            | 9,34E-06            | 13,59               | 0,0056        | 27,42          |
|                                | 240         | 1,0110     | 24             | 1,0017                    | 0,0093            | 9,34E-06            | 13,98               | 0,0033        | 22,58          |
|                                | 1440        | 1,0100     | 24             | 1,0017                    | 0,0083            | 9,34E-06            | 14,18               | 0,0013        | 20,16          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

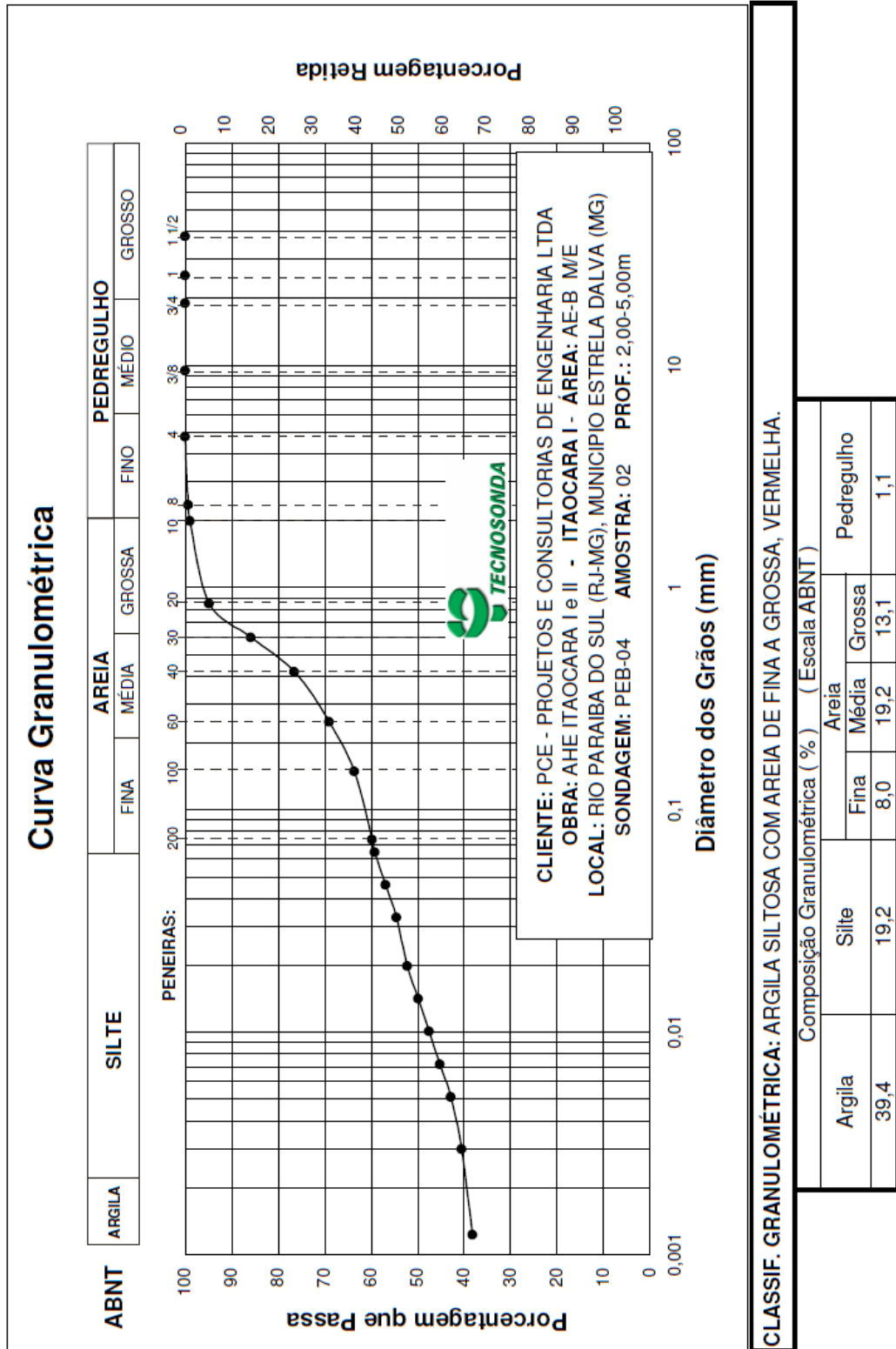
|           |           |        |       |        |            |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|------------|
| SONDAGEM  | PEB-04    |        |       | Prof.: | 2,00-5,00m |
| AMOSTRA   | 2         |        |       |        |            |
| Aluno(a): | Operador: | Visto: | Data: |        |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°           | 26                       | 32    | 32                       | Temperatura (°C) |                       | 21     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 15,28 | 14,08                    | 14,08            | Picnômetro n°         | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 10,59                | Cápsula e solo úmido (g) | 51,47 | 46,49                    | 46,49            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 989,41               | Cápsula e solo seco (g)  | 50,85 | 45,81                    | 45,81            | Pic + Solo Seco (g)   | 212,61 | 214,92 | 214,92 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 968,10               | Água (g)                 | 0,82  | 0,68                     | 0,68             | Pic + Água (g)        | 671,20 | 617,40 | 617,40 |
| Água (g)                   | 21,31                | Solo seco (g)            | 35,37 | 31,73                    | 31,73            | Pic + Solo + Água (g) | 701,71 | 648,35 | 648,35 |
| Amostra total seca (g)     | 978,69               | Umidade higroscópica (%) | 2,32  | 2,14                     | 2,14             | Solo Seco (g)         | 49,38  | 50,05  | 50,05  |
|                            |                      | Média h (%)              | 2,2   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9980 |        |        |
| <b>OBS.:</b>               |                      | Fo = 100/(100+w)         | 0,978 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,612  | 2,615  | 2,615  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,614  |        |        |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8                          | 6,42               | 0,64            | 0,64        | 99,36                        | 2,36         |
| N° 10                         | 10,59              | 0,42            | 1,06        | 98,94                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |                           |                       |                       |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             | Amostra parcial seca (g): |                       |                       | 68,49        |
| Peneira n°                      | Material retido    |                   |                           | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada               |                       |                       |              |
| 16                              | 2,85               | 4,16              | 4,16                      | 95,84                 | 94,82                 | 0,85         |
| 30                              | 9,06               | 9,07              | 13,23                     | 86,77                 | 85,85                 | 0,60         |
| 40                              | 15,51              | 9,42              | 22,64                     | 77,36                 | 76,54                 | 0,42         |
| 50                              | 20,72              | 7,61              | 30,25                     | 69,75                 | 69,01                 | 0,25         |
| 100                             | 24,43              | 5,42              | 35,67                     | 64,33                 | 63,65                 | 0,15         |
| 200                             | 27,1               | 3,90              | 39,57                     | 60,43                 | 59,79                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                 |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,614                 |                | Densímetro N°             |                   |                     |                     |               |                 |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                 |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amostr. total |
|                                 | 0,5         | 1,0270                | 24             | 1,0017                    | 0,0253            | 9,34E-06            | 12,13               | 0,0649        | 59,18           |
|                                 | 1           | 1,0260                | 24             | 1,0017                    | 0,0243            | 9,34E-06            | 12,33               | 0,0463        | 56,84           |
|                                 | 2           | 1,0250                | 24             | 1,0017                    | 0,0233            | 9,34E-06            | 12,52               | 0,0330        | 54,51           |
|                                 | 5           | 1,0240                | 24             | 1,0017                    | 0,0223            | 9,34E-06            | 11,42               | 0,0199        | 52,17           |
|                                 | 10          | 1,0230                | 24             | 1,0017                    | 0,0213            | 9,34E-06            | 11,62               | 0,0142        | 49,84           |
|                                 | 20          | 1,0220                | 24             | 1,0017                    | 0,0203            | 9,34E-06            | 11,81               | 0,0101        | 47,50           |
|                                 | 40          | 1,0210                | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06            | 12,01               | 0,0072        | 45,17           |
|                                 | 80          | 1,0200                | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06            | 12,21               | 0,0051        | 42,83           |
|                                 | 240         | 1,0190                | 24             | 1,0017                    | 0,0173            | 9,34E-06            | 12,41               | 0,0030        | 40,50           |
|                                 | 1440        | 1,0180                | 24             | 1,0017                    | 0,0163            | 9,34E-06            | 12,60               | 0,0012        | 38,16           |









TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STC-01 | Prof.:    | 1,20-5,00m |
| AMOSTRA   | 2      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°           | 73                       | 90    | 90                       | Temperatura (°C) | 21                    |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 15,22 | 13,52                    | 13,52            | Picnômetro n°         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 6,54                 | Cápsula e solo úmido (g) | 52,00 | 47,15                    | 47,15            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 993,46               | Cápsula e solo seco (g)  | 51,30 | 46,49                    | 46,49            | Pic + Solo Seco (g)   | 212,98 | 214,72 | 214,72 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 974,16               | Água (g)                 | 0,70  | 0,66                     | 0,66             | Pic + Água (g)        | 671,42 | 617,58 | 617,58 |
| Água (g)                   | 19,30                | Solo seco (g)            | 36,08 | 32,97                    | 32,97            | Pic + Solo + Água (g) | 701,76 | 648,00 | 647,98 |
| Amostra total seca (g)     | 980,70               | Umidade higroscópica (%) | 1,94  | 2,00                     | 2,00             | Solo Seco (g)         | 49,75  | 49,85  | 49,85  |
|                            |                      | Média h (%)              | 2,0   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9980 |        |        |
|                            |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,981 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,558  | 2,560  | 2,558  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,559  |        |        |

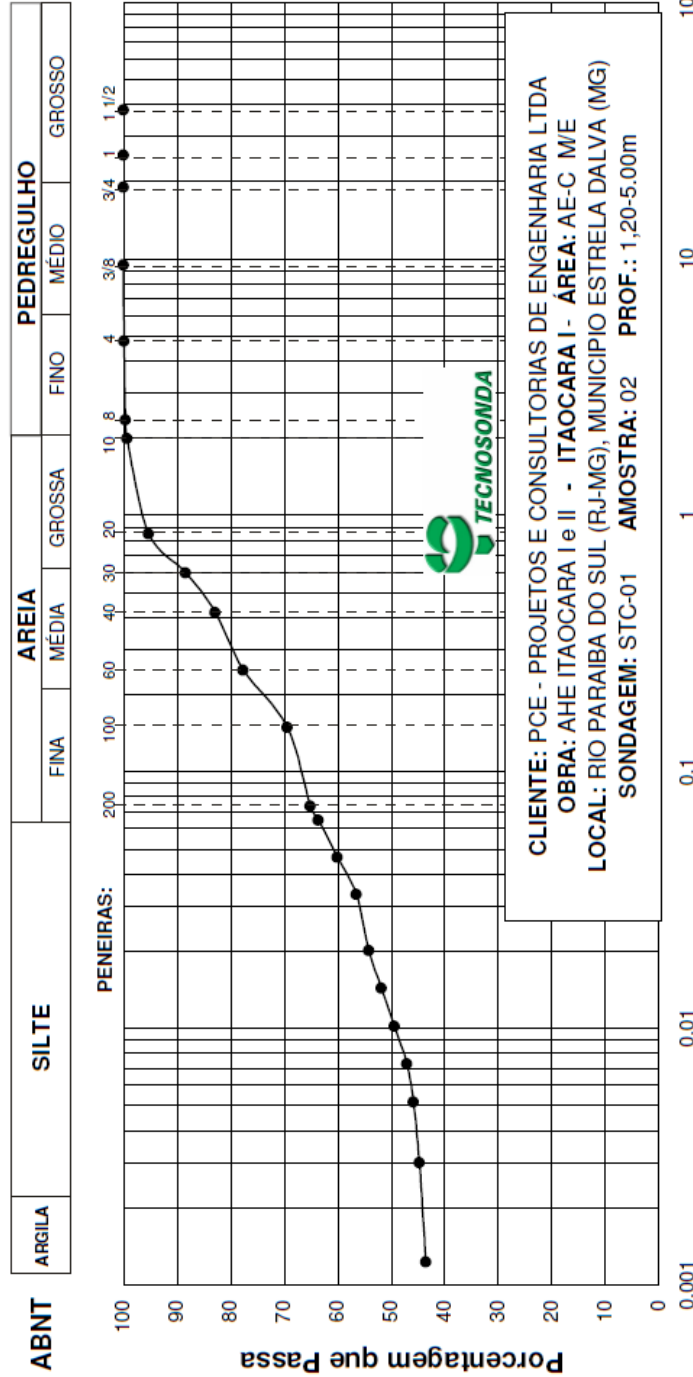
OBS.:

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,79               | 0,08            | 0,08        | 99,92                        | 4,8          |
| N° 8                          | 4,01               | 0,32            | 0,40        | 99,60                        | 2,36         |
| N° 10                         | 6,54               | 0,25            | 0,65        | 99,35                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                      |                           |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              | Material retido   |             |                      | Amostra parcial seca (g): | 68,64        |
| Peneira n°                      | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada | % passa amost. parc. | % passa amost. total      | Peneira (mm) |
|                                 |                    |                   |             |                      |                           |              |
| 30                              | 7,54               | 6,95              | 10,98       | 89,02                | 88,43                     | 0,80         |
| 40                              | 11,4               | 5,62              | 16,61       | 83,39                | 82,85                     | 0,42         |
| 50                              | 14,98              | 5,22              | 21,82       | 78,18                | 77,66                     | 0,25         |
| 100                             | 20,7               | 8,33              | 30,16       | 69,84                | 69,39                     | 0,15         |
| 200                             | 23,63              | 4,27              | 34,43       | 65,57                | 65,15                     | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                                |             |                       |                |                           |                   |                                  |                     |               |                |
|---|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> ): |             | 2,559                 |                |                           |                   |                                  | Densímetro N°       |               |                |
| Seção da proveta (cm <sup>2</sup> ):        |             | 28,32                 |                |                           |                   |                                  |                     |               |                |
| Data  | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm <sup>2</sup> ) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|   | 0,5         | 1,0285                | 24             | 1,0017                    | 0,0268            | 9,34E-06                         | 11,83               | 0,0653        | 63,65          |
|   | 1           | 1,0270                | 24             | 1,0017                    | 0,0253            | 9,34E-06                         | 12,13               | 0,0467        | 60,10          |
|   | 2           | 1,0255                | 24             | 1,0017                    | 0,0238            | 9,34E-06                         | 12,42               | 0,0334        | 56,54          |
|   | 5           | 1,0245                | 24             | 1,0017                    | 0,0228            | 9,34E-06                         | 11,32               | 0,0202        | 54,17          |
|   | 10          | 1,0235                | 24             | 1,0017                    | 0,0218            | 9,34E-06                         | 11,52               | 0,0144        | 51,80          |
|   | 20          | 1,0225                | 24             | 1,0017                    | 0,0208            | 9,34E-06                         | 11,72               | 0,0103        | 49,42          |
|   | 40          | 1,0215                | 24             | 1,0017                    | 0,0198            | 9,34E-06                         | 11,91               | 0,0073        | 47,05          |
|   | 80          | 1,0210                | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06                         | 12,01               | 0,0052        | 45,87          |
|   | 240         | 1,0205                | 24             | 1,0017                    | 0,0188            | 9,34E-06                         | 12,11               | 0,0030        | 44,68          |
|   | 1440        | 1,0200                | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06                         | 12,21               | 0,0012        | 43,49          |

### Curva Granulométrica



**CLASSIF. GRANULOMÉTRICA:** ARGILA SILTOSA COM AREIA DE FINA A GROSSA, VERMELHO ESCURO.

| Composição Granulométrica (%) (Escala ABNT) |      |       |        |            |
|---|------|-------|--------|------------|
| Argila                                      | Silt | Areia |        | Pedregulho |
|   |      | Fina  | Grossa |            |
| 44,1  | 18,6 | 11,3  | 14,4   | 0,7        |

TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

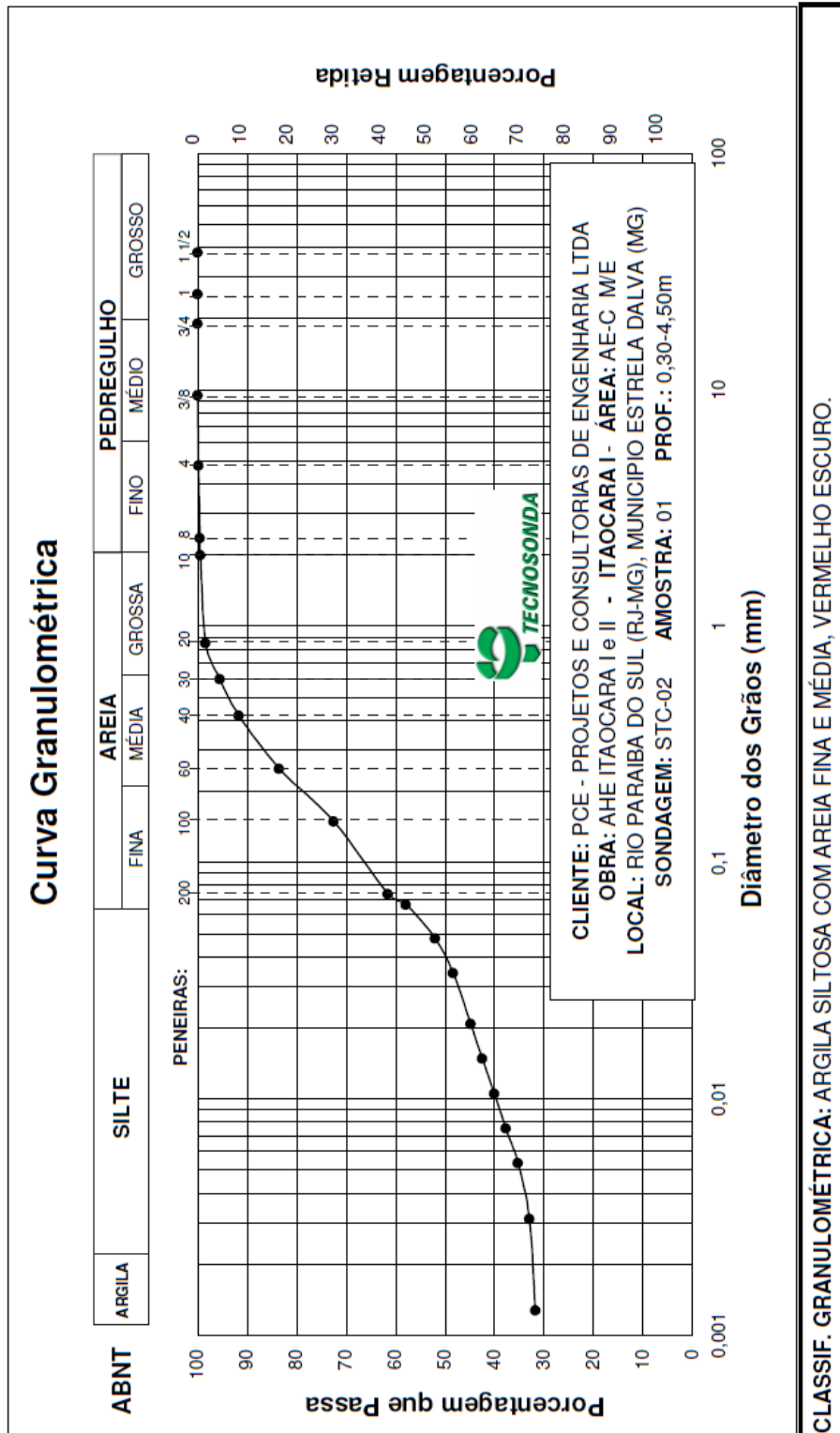
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STC-02 | Prof.:    | 0,30-4,50m |
| AMOSTRA   | 1      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula nº               | 15    | 79    | 79                       | Temperatura (°C)      | 21     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00 | Peso Cápsula (g)         | 10,16 | 14,77 | 14,77                    | Picnômetro nº         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 5,78    | Cápsula e solo úmido (g) | 39,18 | 47,01 | 47,01                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 994,22  | Cápsula e solo seco (g)  | 38,53 | 46,26 | 46,26                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,98 | 214,98 | 214,98 |
| Passando nº 10 seca (g)    | 971,38  | Água (g)                 | 0,65  | 0,75  | 0,75                     | Pic + Água (g)        | 671,50 | 664,22 | 664,22 |
| Água (g)                   | 22,84   | Solo seco (g)            | 28,37 | 31,49 | 31,49                    | Pic + Solo + Água (g) | 701,95 | 694,92 | 694,92 |
| Amostra total seca (g)     | 977,16  | Umidade higroscópica (%) | 2,29  | 2,38  | 2,38                     | Solo Seco (g)         | 49,75  | 50,11  | 50,11  |
|                            |         | Média h (%)              | 2,4   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9980 |        |        |
| OBS.:                      |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,977 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,573  | 2,576  | 2,576  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,575  |        |        |

| Peneira nº | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4       | 2,17               | 0,22            | 0,22        | 99,78                        | 4,8          |
| Nº 8       | 5,02               | 0,29            | 0,50        | 99,50                        | 2,36         |
| Nº 10      | 5,78               | 0,08            | 0,58        | 99,42                        | 2,0          |

| Peneira nº | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                       |              |
| 16         | 0,68               | 0,99              | 0,99        | 99,01                 | 98,43                 | 0,85         |
| 30         | 2,7                | 2,95              | 3,95        | 96,05                 | 95,50                 | 0,60         |
| 40         | 5,36               | 3,89              | 7,84        | 92,16                 | 91,63                 | 0,42         |
| 50         | 10,92              | 8,13              | 15,97       | 84,03                 | 83,55                 | 0,25         |
| 100        | 18,51              | 11,10             | 27,06       | 72,94                 | 72,51                 | 0,15         |
| 200        | 26,04              | 11,01             | 38,07       | 61,93                 | 61,57                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |            |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,575      |                | Densímetro Nº             |                   |                     |                     |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0260     | 24             | 1,0017                    | 0,0243            | 9,34E-06            | 12,33               | 0,0663        | 57,74          |
|                                 | 1           | 1,0235     | 24             | 1,0017                    | 0,0218            | 9,34E-06            | 12,82               | 0,0478        | 51,81          |
|                                 | 2           | 1,0220     | 24             | 1,0017                    | 0,0203            | 9,34E-06            | 13,11               | 0,0342        | 48,25          |
|                                 | 5           | 1,0205     | 24             | 1,0017                    | 0,0188            | 9,34E-06            | 12,11               | 0,0208        | 44,69          |
|                                 | 10          | 1,0195     | 24             | 1,0017                    | 0,0178            | 9,34E-06            | 12,31               | 0,0148        | 42,32          |
|                                 | 20          | 1,0185     | 24             | 1,0017                    | 0,0168            | 9,34E-06            | 12,50               | 0,0106        | 39,95          |
|                                 | 40          | 1,0175     | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06            | 12,70               | 0,0075        | 37,58          |
|                                 | 80          | 1,0165     | 24             | 1,0017                    | 0,0148            | 9,34E-06            | 12,90               | 0,0054        | 35,21          |
|                                 | 240         | 1,0155     | 24             | 1,0017                    | 0,0138            | 9,34E-06            | 13,09               | 0,0031        | 32,83          |
|                                 | 1440        | 1,0150     | 24             | 1,0017                    | 0,0133            | 9,34E-06            | 13,19               | 0,0013        | 31,65          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

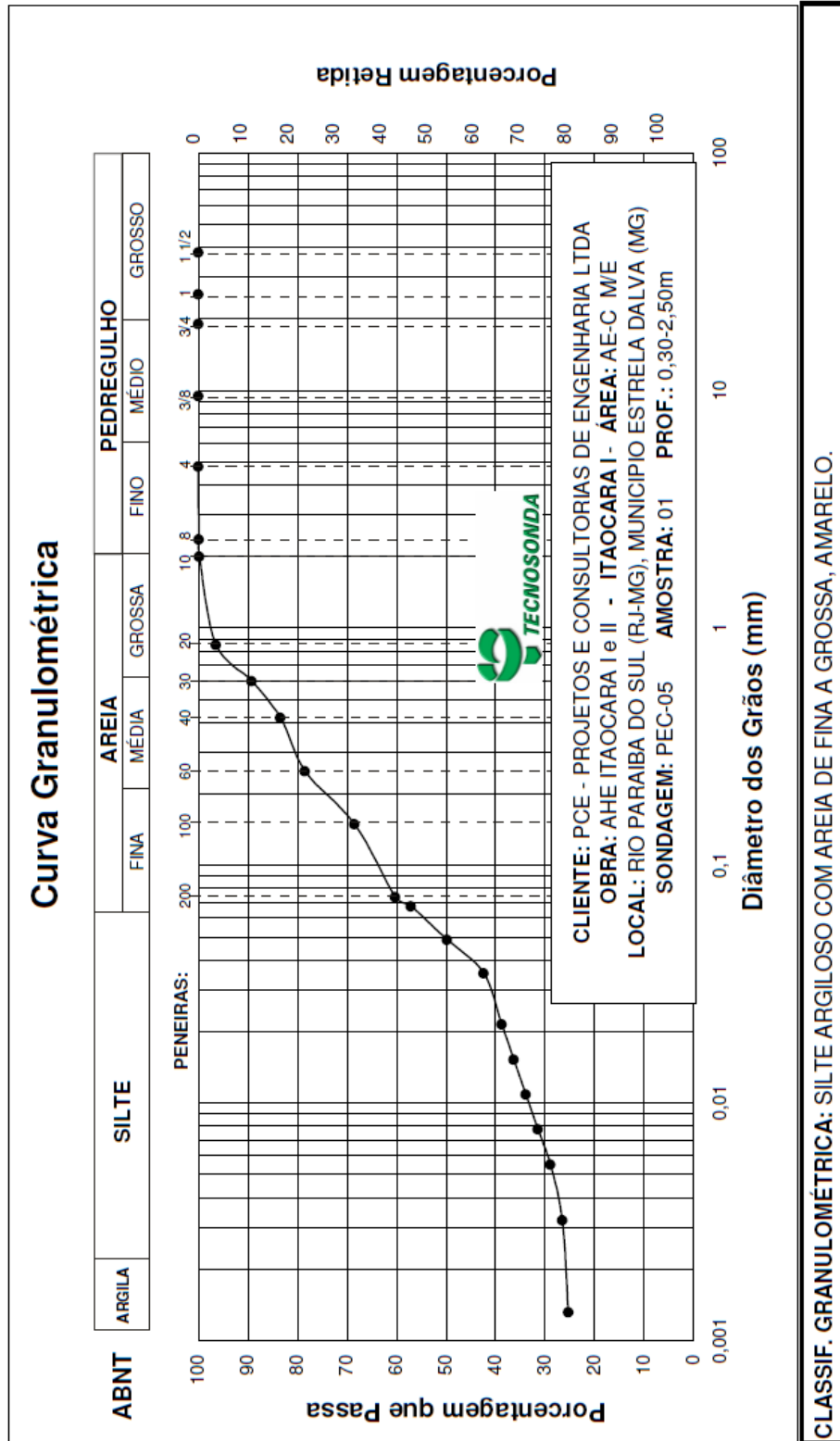
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | PEC-05 | Prof.:    | 0,30-2,50m |
| Local:    | 1      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                       |                       |        |       |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|
|                            | Cápsula n°           | 40                       | 76    | 76                       | Temperatura (°C)      | 22                    |        |       |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              |                          |       |                          | Picnômetro n°         | 1                     | 3      |       |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 1,71                 | 14,86                    | 15,78 | 15,78                    | Picnômetro (g)        | 163,23                | 164,87 |       |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 998,29               | 50,88                    | 45,32 | 45,32                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,69                | 214,44 |       |
| Passando n° 10 seca (g)    | 958,78               | 49,40                    | 44,17 | 44,17                    | Pic + Água (g)        | 670,91                | 664,30 |       |
| Água (g)                   | 39,51                | 1,48                     | 1,15  | 1,15                     | Pic + Solo + Água (g) | 700,96                | 694,38 |       |
| Amostra total seca (g)     | 960,49               | 34,74                    | 28,39 | 28,39                    | Solo Seco (g)         | 49,46                 | 49,57  |       |
|                            |                      | Umidade higroscópica (%) | 4,26  | 4,05                     | 4,05                  | Fator de Correção (K) | 0,9978 |       |
|                            |                      | Média h (%)              | 4,1   |                          |                       | Densidade Real (Gs)   | 2,543  | 2,538 |
|                            |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,960 |                          |                       | Média                 | 2,540  |       |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8                          | 0,81               | 0,08            | 0,08        | 99,92                        | 2,36         |
| N° 10                         | 1,71               | 0,09            | 0,17        | 99,83                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                       |                           |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              | Material retido   |             |                       | Amostra parcial seca (g): | 67,23        |
| Peneira n°                      | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total     | Peneira (mm) |
|                                 |                    |                   |             |                       |                           |              |
| 30                              | 7,16               | 7,27              | 10,65       | 89,35                 | 89,20                     | 0,60         |
| 40                              | 11,05              | 5,79              | 16,44       | 83,56                 | 83,42                     | 0,42         |
| 50                              | 14,36              | 4,92              | 21,36       | 78,64                 | 78,51                     | 0,25         |
| 100                             | 21,12              | 10,06             | 31,41       | 68,59                 | 68,47                     | 0,15         |
| 200                             | 26,66              | 8,24              | 39,66       | 60,34                 | 60,24                     | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |                       |                |                           |                   |                       |                      |               |                 |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,540                 |                | Densímetro N°             |                   |                       |                      |               |                 |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32                 |                |                           |                   |                       |                      |               |                 |
| Data                           | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda (cm) | Diâmetro (mm) | % amostr. total |
|                                | 0,5         | 1,0250                | 24             | 1,0017                    | 0,0233            | 9,34E-06              | 12,52                | 0,0675        | 57,06           |
|                                | 1           | 1,0220                | 24             | 1,0017                    | 0,0203            | 9,34E-06              | 13,11                | 0,0489        | 49,72           |
|                                | 2           | 1,0190                | 24             | 1,0017                    | 0,0173            | 9,34E-06              | 13,71                | 0,0353        | 42,39           |
|                                | 5           | 1,0175                | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06              | 12,70                | 0,0215        | 38,72           |
|                                | 10          | 1,0165                | 24             | 1,0017                    | 0,0148            | 9,34E-06              | 12,90                | 0,0153        | 36,28           |
|                                | 20          | 1,0155                | 24             | 1,0017                    | 0,0138            | 9,34E-06              | 13,09                | 0,0109        | 33,83           |
|                                | 40          | 1,0145                | 24             | 1,0017                    | 0,0128            | 9,34E-06              | 13,29                | 0,0078        | 31,39           |
|                                | 80          | 1,0135                | 24             | 1,0017                    | 0,0118            | 9,34E-06              | 13,49                | 0,0055        | 28,94           |
|                                | 240         | 1,0125                | 24             | 1,0017                    | 0,0108            | 9,34E-06              | 13,69                | 0,0032        | 26,50           |
|                                | 1440        | 1,0120                | 24             | 1,0017                    | 0,0103            | 9,34E-06              | 13,78                | 0,0013        | 25,28           |





TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | PEC-05 | Prof.:    | 2,50-5,00m |
| AMOSTRA   | 2      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

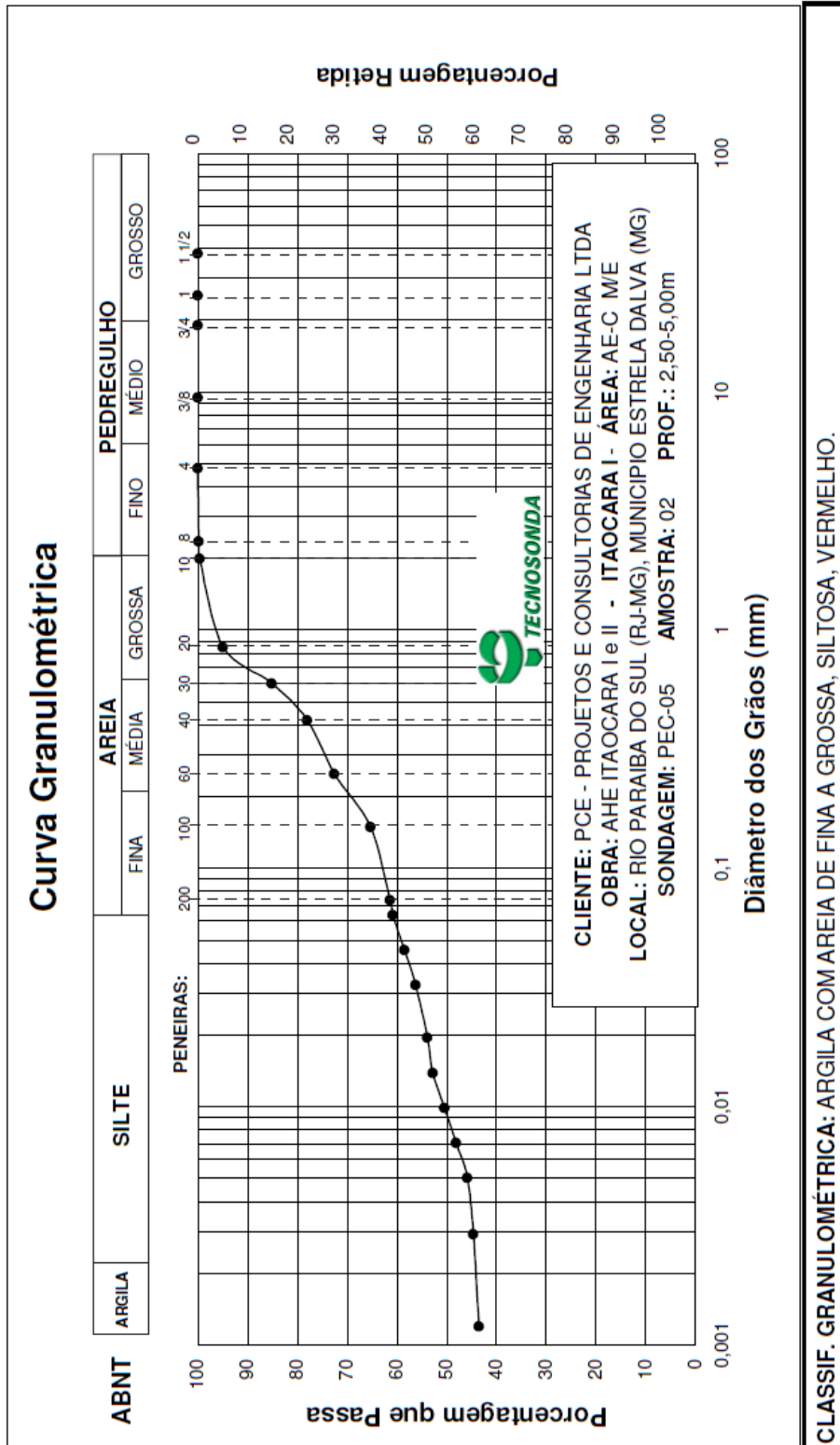
|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°           | 43                       | 55    | 55                       | Temperatura (°C) | 22                    |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 15,50 | 12,41                    | 12,41            | Picnômetro n°         | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 3,73                 | Cápsula e solo úmido (g) | 49,34 | 46,31                    | 46,31            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 996,27               | Cápsula e solo seco (g)  | 49,05 | 46,04                    | 46,04            | Pic + Solo Seco (g)   | 213,23 | 215,04 | 215,04 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 988,13               | Água (g)                 | 0,29  | 0,27                     | 0,27             | Pic + Água (g)        | 670,89 | 617,35 | 617,35 |
| Água (g)                   | 8,14                 | Solo seco (g)            | 33,55 | 33,63                    | 33,63            | Pic + Solo + Água (g) | 701,94 | 648,52 | 648,52 |
| Amostra total seca (g)     | 991,86               | Umidade higroscópica (%) | 0,86  | 0,80                     | 0,80             | Solo Seco (g)         | 50,00  | 50,17  | 50,17  |
|                            |                      | Média h (%)              | 0,8   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
|                            |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,992 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,633  | 2,635  | 2,635  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,634  |        |        |

OBS.:

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8                          | 1,76               | 0,18            | 0,18        | 99,82                        | 2,36         |
| N° 10                         | 3,73               | 0,20            | 0,37        | 99,63                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                      |                           |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              | Material retido   |             |                      | Amostra parcial seca (g): | 69,43        |
| Peneira n°                      | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada | % passa amost. parc. | % passa amost. total      | Peneira (mm) |
|                                 |                    |                   |             |                      |                           |              |
| 30                              | 10,13              | 9,85              | 14,59       | 85,41                | 85,09                     | 0,60         |
| 40                              | 15,05              | 7,09              | 21,68       | 78,32                | 78,03                     | 0,42         |
| 50                              | 18,81              | 5,42              | 27,09       | 72,91                | 72,64                     | 0,25         |
| 100                             | 23,94              | 7,39              | 34,48       | 65,52                | 65,27                     | 0,15         |
| 200                             | 26,66              | 3,92              | 38,40       | 61,60                | 61,37                     | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |                         |                |                           |                   |                       |                     |               |                |  |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------|----------------|--|
| Massa específica real (g/cm3): |             |                         |                | 2,634                     |                   |                       | Densímetro N°       |               |                |  |
| Sepção da proveta (cm2):       |             |                         |                | 28,32                     |                   |                       |                     |               |                |  |
| Data                           | Tempo (min) | Leitura do Densímetro n | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |  |
|                                | 0,5         | 1,0280                  | 24             | 1,0017                    | 0,0263            | 9,34E-06              | 11,93               | 0,0640        | 60,82          |  |
|                                | 1           | 1,0270                  | 24             | 1,0017                    | 0,0253            | 9,34E-06              | 12,13               | 0,0456        | 58,51          |  |
|                                | 2           | 1,0260                  | 24             | 1,0017                    | 0,0243            | 9,34E-06              | 12,33               | 0,0325        | 56,20          |  |
|                                | 5           | 1,0250                  | 24             | 1,0017                    | 0,0233            | 9,34E-06              | 11,22               | 0,0196        | 53,89          |  |
|                                | 10          | 1,0245                  | 24             | 1,0017                    | 0,0228            | 9,34E-06              | 11,32               | 0,0139        | 52,74          |  |
|                                | 20          | 1,0235                  | 24             | 1,0017                    | 0,0218            | 9,34E-06              | 11,52               | 0,0099        | 50,43          |  |
|                                | 40          | 1,0225                  | 24             | 1,0017                    | 0,0208            | 9,34E-06              | 11,72               | 0,0071        | 48,12          |  |
|                                | 80          | 1,0215                  | 24             | 1,0017                    | 0,0198            | 9,34E-06              | 11,91               | 0,0051        | 45,81          |  |
|                                | 240         | 1,0210                  | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06              | 12,01               | 0,0029        | 44,66          |  |
|                                | 1440        | 1,0205                  | 24             | 1,0017                    | 0,0188            | 9,34E-06              | 12,11               | 0,0012        | 43,50          |  |



**CLASSIF. GRANULOMÉTRICA:** ARGILA COM AREIA DE FINA A GROSSA, SILTOSA, VERMELHO.

| Composição Granulométrica (%) (Escala ABNT) |       |       |        |            |
|---|-------|-------|--------|------------|
| Argila                                      | Silte | Areia |        | Pedregulho |
|   |       | Fina  | Grossa |            |
| 44,2  | 16,2  | 9,0   | 14,5   | 0,4        |

TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STE-01 | Prof.:    | 0,30-5,00m |
| AMOSTRA   | 1+2    |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

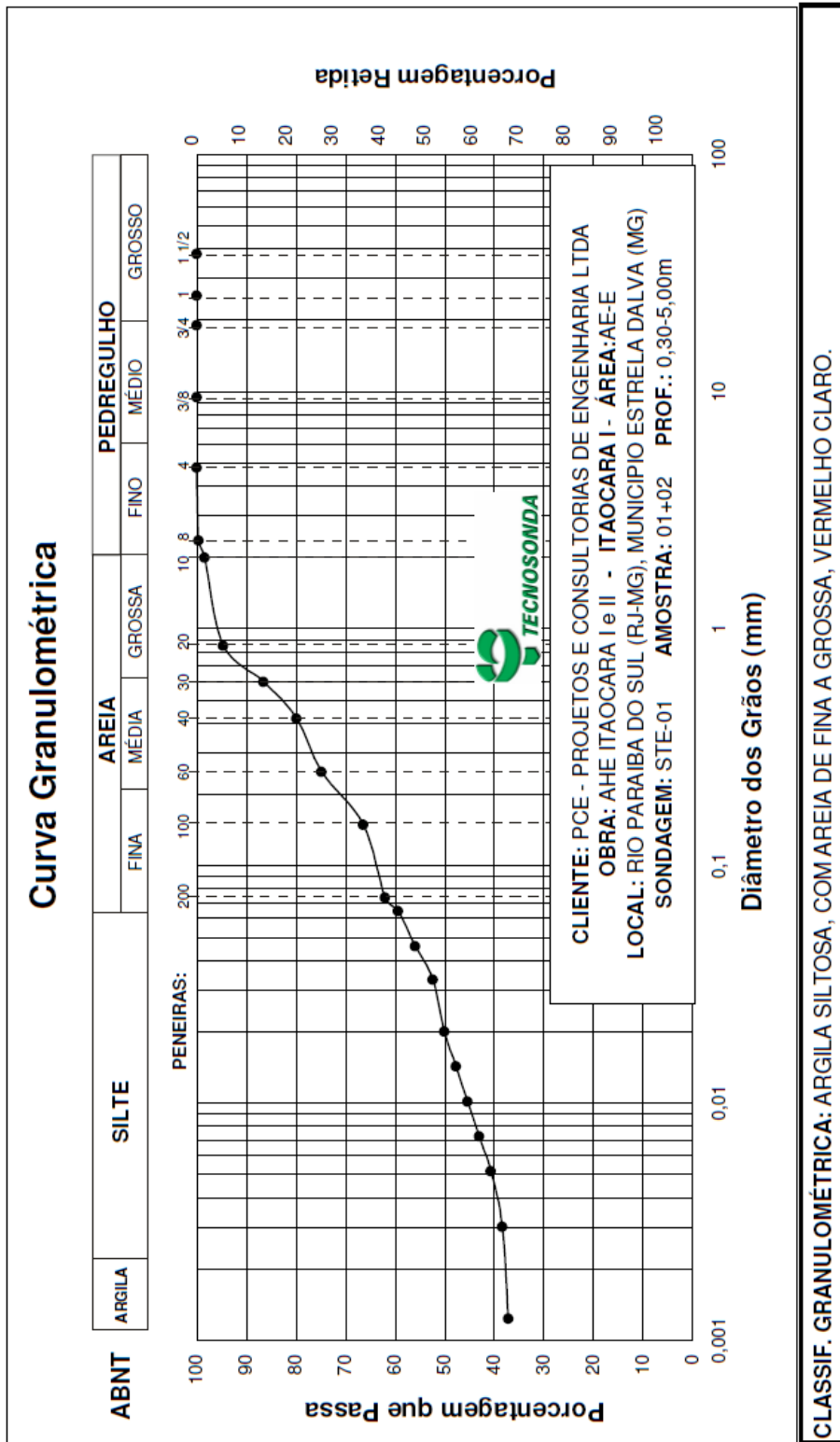
|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°           | 49                       | 69    | 69                       | Temperatura (°C) | 22                    |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00              | Peso Cápsula (g)         | 13,71 | 14,55                    | 14,55            | Picnômetro n°         | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 24,46                | Cápsula e solo úmido (g) | 41,27 | 49,87                    | 49,87            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 1475,54              | Cápsula e solo seco (g)  | 40,41 | 48,77                    | 48,77            | Pic + Solo Seco (g)   | 212,43 | 214,67 | 214,67 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 1429,56              | Água (g)                 | 0,86  | 1,10                     | 1,10             | Pic + Água (g)        | 671,09 | 617,58 | 617,58 |
| Água (g)                   | 45,98                | Solo seco (g)            | 26,70 | 34,22                    | 34,22            | Pic + Solo + Água (g) | 701,50 | 648,35 | 648,35 |
| Amostra total seca (g)     | 1454,02              | Umidade higroscópica (%) | 3,22  | 3,21                     | 3,21             | Solo Seco (g)         | 49,20  | 49,80  | 49,80  |
|                            |                      | Média h (%)              | 3,2   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9980 |        |        |
|                            |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,969 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,613  | 2,612  | 2,612  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,612  |        |        |

OBS.:

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8                          | 6,28               | 0,42            | 0,42        | 99,58                        | 2,36         |
| N° 10                         | 24,46              | 1,21            | 1,63        | 98,37                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |                           |                       |                       |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             | Amostra parcial seca (g): |                       | 67,82                 |              |
| Peneira n°                      | Material retido    |                   |                           | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada               |                       |                       |              |
| 16                              | 2,57               | 3,79              | 3,79                      | 96,21                 | 94,64                 | 0,85         |
| 30                              | 8,16               | 8,24              | 12,03                     | 87,97                 | 86,53                 | 0,60         |
| 40                              | 12,77              | 6,80              | 18,83                     | 81,17                 | 79,85                 | 0,42         |
| 50                              | 16,24              | 5,12              | 23,95                     | 76,05                 | 74,81                 | 0,25         |
| 100                             | 22,03              | 8,54              | 32,48                     | 67,52                 | 66,42                 | 0,15         |
| 200                             | 25,07              | 4,48              | 36,97                     | 63,03                 | 62,01                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |            |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,612      |                |                           |                   |                     | Densímetro N°       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                | 0,5         | 1,0270     | 24             | 1,0017                    | 0,0253            | 9,34E-06            | 12,13               | 0,0650        | 59,45          |
|                                | 1,02        | 1,0255     | 24             | 1,0017                    | 0,0238            | 9,34E-06            | 12,42               | 0,0460        | 55,93          |
|                                | 2           | 1,0240     | 24             | 1,0017                    | 0,0223            | 9,34E-06            | 12,72               | 0,0333        | 52,41          |
|                                | 5           | 1,0230     | 24             | 1,0017                    | 0,0213            | 9,34E-06            | 11,62               | 0,0201        | 50,06          |
|                                | 10          | 1,0220     | 24             | 1,0017                    | 0,0203            | 9,34E-06            | 11,81               | 0,0143        | 47,72          |
|                                | 20          | 1,0210     | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06            | 12,01               | 0,0102        | 45,37          |
|                                | 40          | 1,0200     | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06            | 12,21               | 0,0073        | 43,02          |
|                                | 80          | 1,0190     | 24             | 1,0017                    | 0,0173            | 9,34E-06            | 12,41               | 0,0052        | 40,68          |
|                                | 240         | 1,0180     | 24             | 1,0017                    | 0,0163            | 9,34E-06            | 12,60               | 0,0030        | 38,33          |
|                                | 1440        | 1,0175     | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06            | 12,70               | 0,0012        | 37,16          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STF-01 | Prof.:    | 0,30-5,00m |
| AMOSTRA   | 1+2    |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |         | Cápsula nº               | 3     | 29    | 29                       | Temperatura (°C)      | 21     |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 9,31  | 14,27 | 14,27                    | Picnômetro nº         | 1      | 2      | 2      |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 3,62    | Cápsula e solo úmido (g) | 39,33 | 45,29 | 45,29                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 1496,38 | Cápsula e solo seco (g)  | 37,92 | 43,80 | 43,80                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,18 | 215,06 | 215,06 |
| Passando nº 10 seca (g)    | 1425,03 | Água (g)                 | 1,41  | 1,49  | 1,49                     | Pic + Água (g)        | 670,99 | 617,49 | 617,49 |
| Água (g)                   | 71,35   | Solo seco (g)            | 28,61 | 29,53 | 29,53                    | Pic + Solo + Água (g) | 700,67 | 648,01 | 648,01 |
| Amostra total seca (g)     | 1428,65 | Umidade higroscópica (%) | 4,93  | 5,05  | 5,05                     | Solo Seco (g)         | 48,95  | 50,19  | 50,19  |
|                            |         | Média h (%)              | 5,0   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
|                            |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,952 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,535  | 2,546  | 2,546  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,542  |        |        |

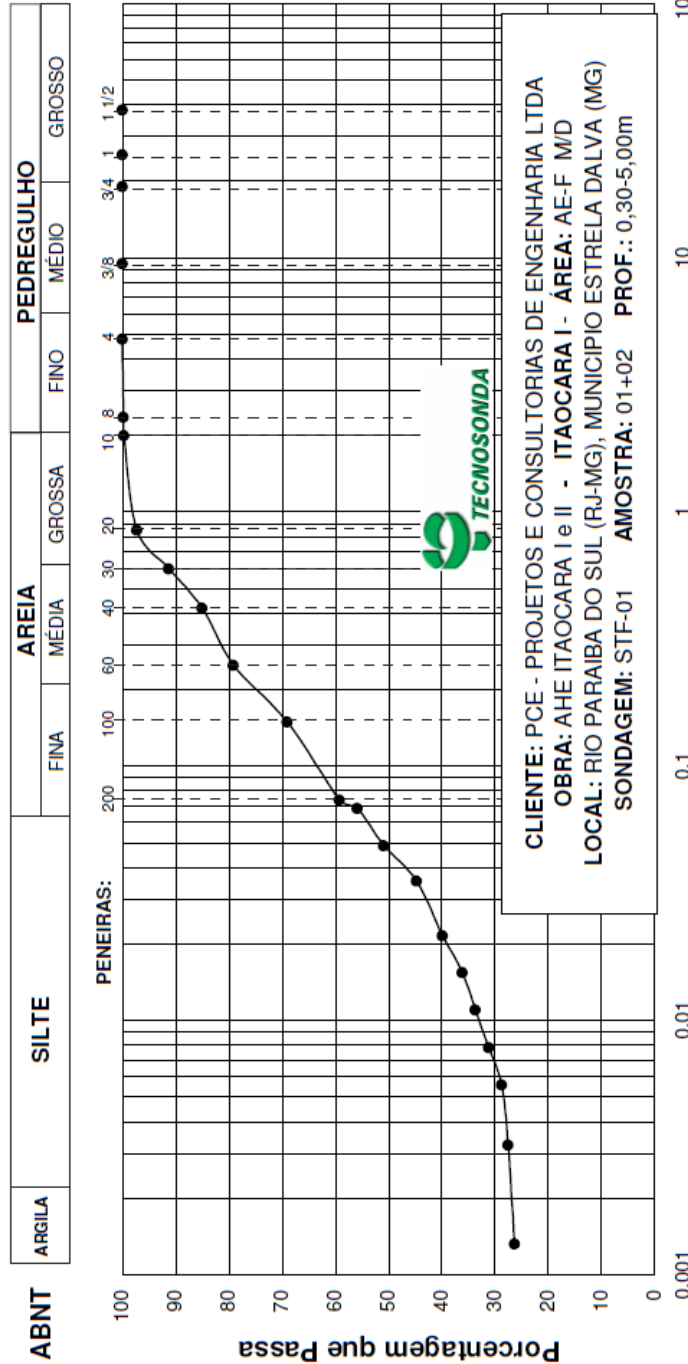
OBS.:

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira nº                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4                          | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| Nº 8                          | 3,05               | 0,20            | 0,20        | 99,80                        | 2,36         |
| Nº 10                         | 3,62               | 0,04            | 0,24        | 99,76                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                       |                           |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              |                   |             |                       | Amostra parcial seca (g): | 66,66        |
| Peneira nº                      | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total     | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                           |              |
| 16                              | 1,67               | 2,51              | 2,51        | 97,49                 | 97,26                     | 0,85         |
| 30                              | 5,66               | 5,99              | 8,49        | 91,51                 | 91,29                     | 0,60         |
| 40                              | 9,84               | 6,27              | 14,76       | 85,24                 | 85,03                     | 0,42         |
| 50                              | 13,76              | 5,88              | 20,64       | 79,36                 | 79,17                     | 0,25         |
| 100                             | 20,54              | 10,17             | 30,81       | 69,19                 | 69,02                     | 0,15         |
| 200                             | 27,09              | 9,83              | 40,64       | 59,36                 | 59,22                     | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |            |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,542      |                |                           |                   |                     | Densímetro Nº       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                | 0,5         | 1,0245     | 23             | 1,0018                    | 0,0227            | 9,56E-06            | 12,62               | 0,0686        | 55,81          |
|                                | 1,02        | 1,0225     | 23             | 1,0018                    | 0,0207            | 9,56E-06            | 13,02               | 0,0487        | 50,89          |
|                                | 2           | 1,0200     | 23             | 1,0018                    | 0,0182            | 9,56E-06            | 13,51               | 0,0355        | 44,73          |
|                                | 5           | 1,0180     | 23             | 1,0018                    | 0,0162            | 9,56E-06            | 12,60               | 0,0217        | 39,80          |
|                                | 10          | 1,0165     | 23             | 1,0018                    | 0,0147            | 9,56E-06            | 12,90               | 0,0155        | 36,11          |
|                                | 20          | 1,0155     | 23             | 1,0018                    | 0,0137            | 9,56E-06            | 13,09               | 0,0110        | 33,65          |
|                                | 40          | 1,0145     | 23             | 1,0018                    | 0,0127            | 9,56E-06            | 13,29               | 0,0079        | 31,19          |
|                                | 80          | 1,0135     | 23             | 1,0018                    | 0,0117            | 9,56E-06            | 13,49               | 0,0056        | 28,72          |
|                                | 240         | 1,0130     | 23             | 1,0018                    | 0,0112            | 9,56E-06            | 13,59               | 0,0032        | 27,49          |
|                                | 1440        | 1,0125     | 23             | 1,0018                    | 0,0107            | 9,56E-06            | 13,69               | 0,0013        | 26,26          |

### Curva Granulométrica



**CLASSIF. GRANULOMÉTRICA:** SILTE ARGILOSO COM AREIA DE FINA A GROSSA, AMARELO.

| Composição Granulométrica (%) (Escala ABNT) |      |       |        |            |
|---|------|-------|--------|------------|
|   |      | Areia |        | Pedregulho |
|   |      | Fina  | Grossa |            |
| Argila                                      | 26,8 | 20,8  | 8,5    | 0,2        |
| Silte                                       | 27,1 | 16,6  | 8,5    |            |

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO**

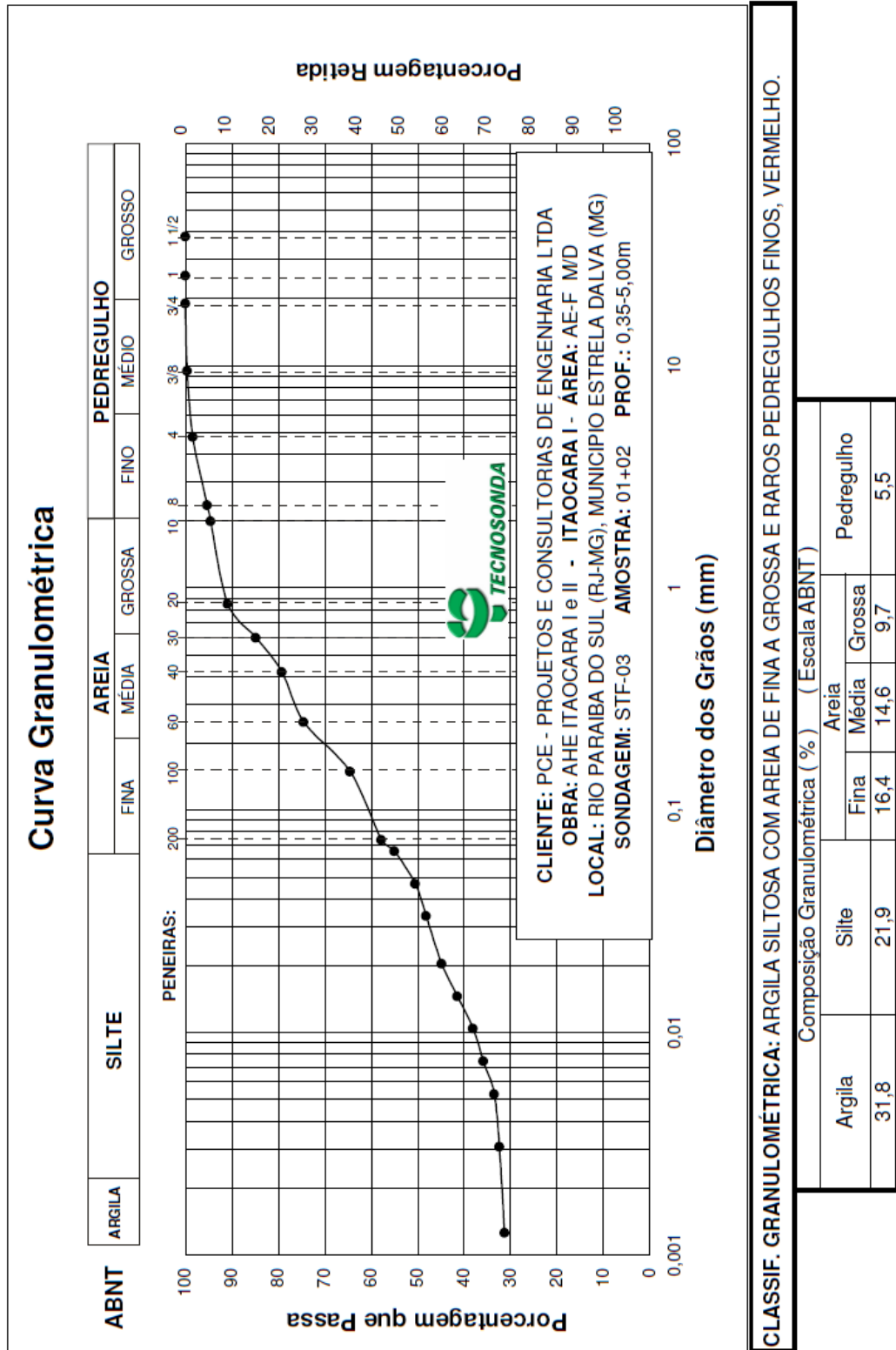
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STF-03 | Prof.:    | 0,30-5,00m |
| AMOSTRA   | 1+2    |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
|                            |         | Cápsula n°               | 18    | 23    | 23                       | Temperatura (°C)      |                      |
|                            |         |                          |       |       |                          | 23                    |                      |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 9,30  | 14,66 | 14,66                    | Picnômetro n°         | 1 2 2                |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 82,01   | Cápsula e solo úmido (g) | 40,43 | 46,17 | 46,17                    | Picnômetro (g)        | 163,23 164,87 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 1417,99 | Cápsula e solo seco (g)  | 39,46 | 45,26 | 45,26                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,43 214,10 214,10 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 1375,96 | Água (g)                 | 0,97  | 0,91  | 0,91                     | Pic + Água (g)        | 670,69 617,34 617,34 |
| Água (g)                   | 42,03   | Solo seco (g)            | 30,16 | 30,60 | 30,60                    | Pic + Solo + Água (g) | 701,04 647,63 647,63 |
| Amostra total seca (g)     | 1457,97 | Umidade higroscópica (%) | 3,22  | 2,97  | 2,97                     | Solo Seco (g)         | 49,20 49,23 49,23    |
|                            |         | Média h (%)              | 3,1   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9976               |
| OBS.:                      |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,970 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,604 2,593 2,593    |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 | 2,597                |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 5,37               | 0,36            | 0,36        | 99,64                        | 9,5          |
| N° 4                          | 24,07              | 1,25            | 1,60        | 98,40                        | 4,8          |
| N° 8                          | 70,04              | 3,06            | 4,67        | 95,33                        | 2,36         |
| N° 10                         | 82,01              | 0,80            | 5,47        | 94,53                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                       |                           |              |       |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|-------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             |             |                       | Amostra parcial seca (g): |              | 67,93 |
| Peneira n°                      | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total     | Peneira (mm) |       |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                           |              |       |
| 16                              | 2,58               | 3,80              | 3,80        | 96,20                 | 90,94                     | 0,85         |       |
| 30                              | 6,97               | 6,46              | 10,26       | 89,74                 | 84,83                     | 0,60         |       |
| 40                              | 11,01              | 5,95              | 16,21       | 83,79                 | 79,21                     | 0,42         |       |
| 50                              | 14,33              | 4,89              | 21,10       | 78,90                 | 74,59                     | 0,25         |       |
| 100                             | 21,56              | 10,64             | 31,74       | 68,26                 | 64,53                     | 0,15         |       |
| 200                             | 26,37              | 7,08              | 38,82       | 61,18                 | 57,83                     | 0,074        |       |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                       |                     |               |                 |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,597                 |                |                           |                   |                       |                     | Densímetro N° |                 |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                       |                     |               |                 |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amostr. total |
|                                 | 0,5         | 1,0260                | 24             | 1,0017                    | 0,0243            | 9,34E-06              | 12,33               | 0,0658        | 54,99           |
|                                 | 1,02        | 1,0240                | 24             | 1,0017                    | 0,0223            | 9,34E-06              | 12,72               | 0,0468        | 50,47           |
|                                 | 2           | 1,0230                | 24             | 1,0017                    | 0,0213            | 9,34E-06              | 12,92               | 0,0337        | 48,21           |
|                                 | 5           | 1,0215                | 24             | 1,0017                    | 0,0198            | 9,34E-06              | 11,91               | 0,0205        | 44,82           |
|                                 | 10          | 1,0200                | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06              | 12,21               | 0,0146        | 41,44           |
|                                 | 20          | 1,0185                | 24             | 1,0017                    | 0,0168            | 9,34E-06              | 12,50               | 0,0105        | 38,05           |
|                                 | 40          | 1,0175                | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06              | 12,70               | 0,0075        | 35,79           |
|                                 | 80          | 1,0165                | 24             | 1,0017                    | 0,0148            | 9,34E-06              | 12,90               | 0,0053        | 33,53           |
|                                 | 240         | 1,0160                | 24             | 1,0017                    | 0,0143            | 9,34E-06              | 13,00               | 0,0031        | 32,40           |
|                                 | 1440        | 1,0155                | 24             | 1,0017                    | 0,0138            | 9,34E-06              | 13,09               | 0,0013        | 31,27           |





TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

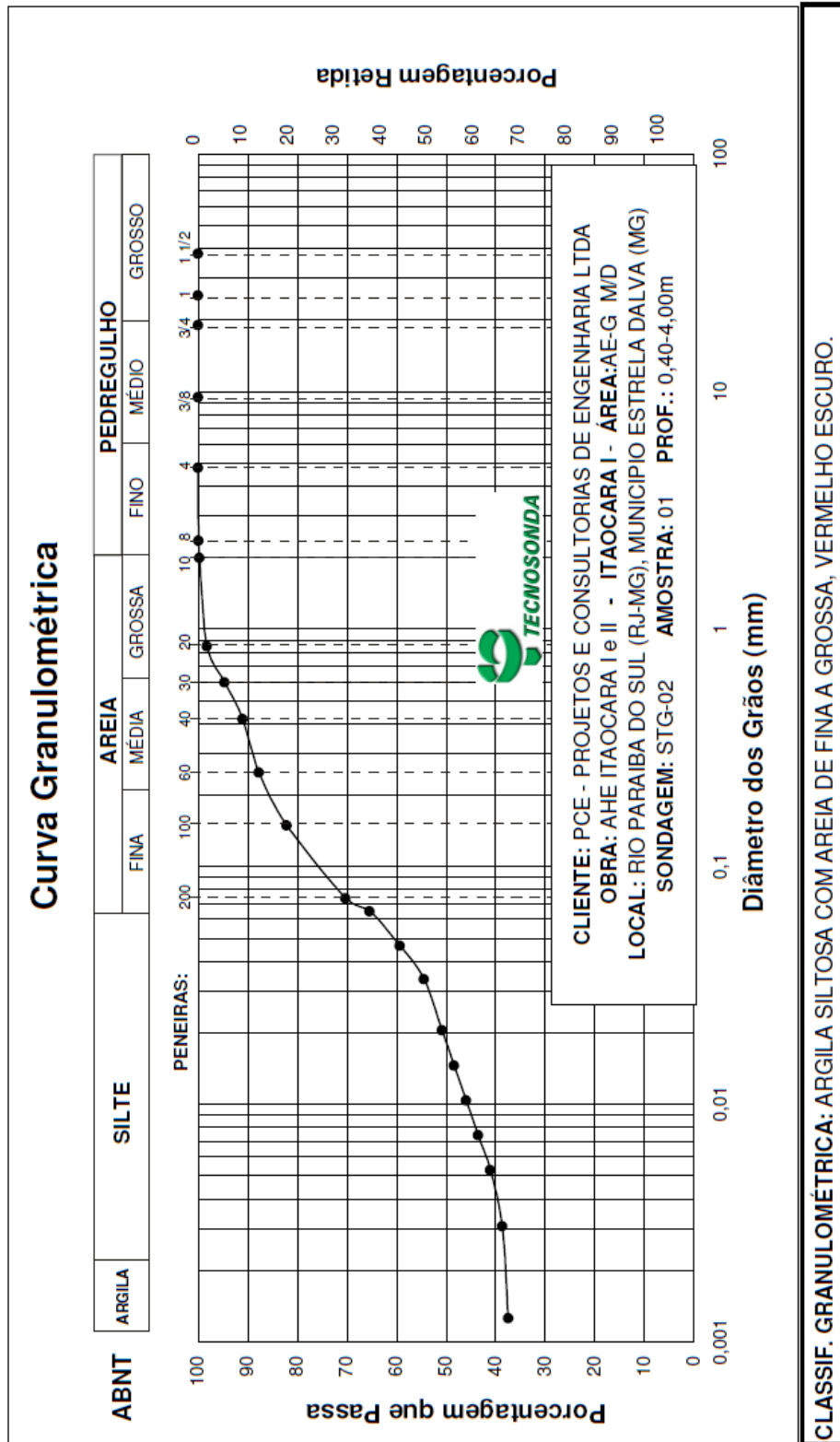
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STG-02 | Prof.:    | 2,00-3,00m |
| AMOSTRA   | 1      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula n°           | 37                       | 69    | 69                       | Temperatura (°C) | 23                    |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 13,71 | 14,55                    | 14,55            | Picnômetro n°         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 2,87                 | Cápsula e solo úmido (g) | 49,61 | 55,11                    | 55,11            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 997,13               | Cápsula e solo seco (g)  | 48,14 | 53,39                    | 53,39            | Pic + Solo Seco (g)   | 212,61 | 214,87 | 214,87 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 955,33               | Água (g)                 | 1,47  | 1,72                     | 1,72             | Pic + Água (g)        | 670,96 | 617,31 | 617,31 |
| Água (g)                   | 41,80                | Solo seco (g)            | 34,43 | 38,84                    | 38,84            | Pic + Solo + Água (g) | 700,99 | 647,85 | 647,85 |
| Amostra total seca (g)     | 958,20               | Umidade higroscópica (%) | 4,27  | 4,43                     | 4,43             | Solo Seco (g)         | 49,38  | 50,00  | 50,00  |
|                            |                      | Média h (%)              | 4,4   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
| OBS.:                      |                      | Fc = 100/(100+hw)        | 0,958 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,546  | 2,564  | 2,564  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,558  |        |        |

| Peneira n° | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 4,8          |
| N° 8       | 0,50               | 0,05            | 0,05        | 99,95                        | 2,36         |
| N° 10      | 2,87               | 0,24            | 0,29        | 99,71                        | 2,0          |

| Peneira n° | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                       |              |
| 16         | 0,98               | 1,46              | 1,46        | 98,54                 | 98,26                 | 0,85         |
| 30         | 3,41               | 3,62              | 5,08        | 94,92                 | 94,64                 | 0,60         |
| 40         | 5,84               | 3,62              | 8,71        | 91,29                 | 91,03                 | 0,42         |
| 50         | 8,03               | 3,27              | 11,97       | 88,03                 | 87,77                 | 0,25         |
| 100        | 11,83              | 5,67              | 17,64       | 82,36                 | 82,12                 | 0,15         |
| 200        | 19,84              | 11,94             | 29,58       | 70,42                 | 70,21                 | 0,074        |

| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,558                 |                | SEDIMENTAÇÃO              |                   |                       |                      |               | Densímetro N°  |  |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------|----------------|--|
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32                 |                |                           |                   |                       |                      |               |                |  |
| Data                           | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda (cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |  |
|                                | 0,5         | 1,0285                | 24             | 1,0017                    | 0,0268            | 9,34E-06              | 11,83                | 0,0653        | 65,40          |  |
|                                | 1,02        | 1,0260                | 24             | 1,0017                    | 0,0243            | 9,34E-06              | 12,33                | 0,0466        | 59,31          |  |
|                                | 2           | 1,0240                | 24             | 1,0017                    | 0,0223            | 9,34E-06              | 12,72                | 0,0338        | 54,44          |  |
|                                | 5           | 1,0225                | 24             | 1,0017                    | 0,0208            | 9,34E-06              | 11,72                | 0,0205        | 50,78          |  |
|                                | 10          | 1,0215                | 24             | 1,0017                    | 0,0198            | 9,34E-06              | 11,91                | 0,0146        | 48,35          |  |
|                                | 20          | 1,0205                | 24             | 1,0017                    | 0,0188            | 9,34E-06              | 12,11                | 0,0104        | 45,91          |  |
|                                | 40          | 1,0195                | 24             | 1,0017                    | 0,0178            | 9,34E-06              | 12,31                | 0,0074        | 43,47          |  |
|                                | 80          | 1,0185                | 24             | 1,0017                    | 0,0168            | 9,34E-06              | 12,50                | 0,0053        | 41,03          |  |
|                                | 240         | 1,0175                | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06              | 12,70                | 0,0031        | 38,60          |  |
|                                | 1440        | 1,0170                | 24             | 1,0017                    | 0,0153            | 9,34E-06              | 12,80                | 0,0013        | 37,38          |  |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

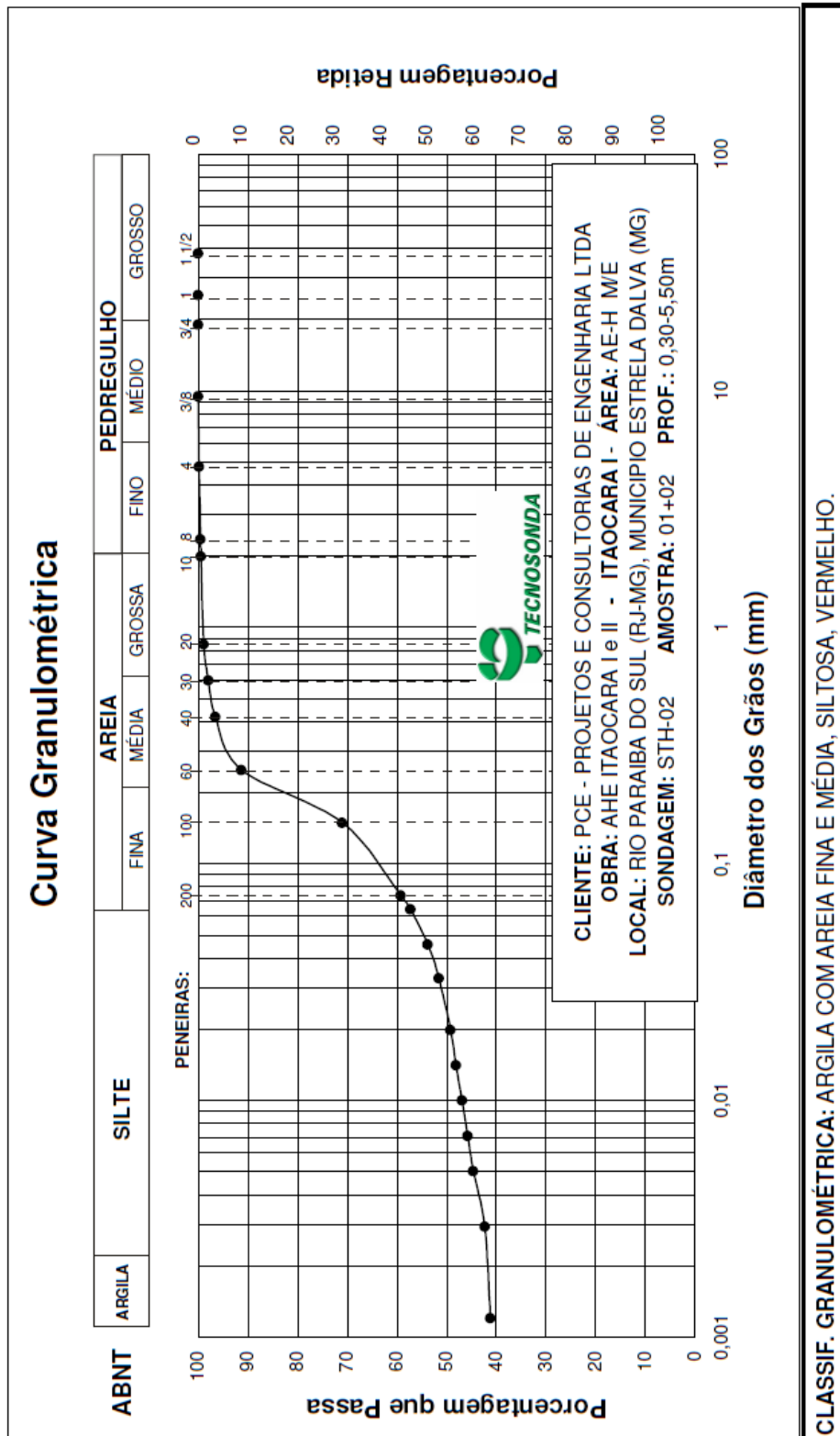
|           |           |        |       |        |            |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|------------|
| SONDAGEM  | STH-02    |        |       | Prof.: | 0,30-5,50m |
| AMOSTRA   | 1+2       |        |       |        |            |
| Aluno(a): | Operador: | Visto: | Data: |        |            |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |  |  |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--|--|
|                            |         | Cápsula nº               | 12    | 22    | 22                       | Temperatura (°C)      |  |  |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 8,79  | 16,43 | 16,43                    | Picnômetro nº         |  |  |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 8,37    | Cápsula e solo úmido (g) | 39,22 | 49,45 | 49,45                    | Picnômetro (g)        |  |  |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 1491,63 | Cápsula e solo seco (g)  | 38,90 | 49,09 | 49,09                    | Pic + Solo Seco (g)   |  |  |
| Passando nº 10 seca (g)    | 1475,58 | Água (g)                 | 0,32  | 0,38  | 0,38                     | Pic + Água (g)        |  |  |
| Água (g)                   | 16,07   | Solo seco (g)            | 30,11 | 32,66 | 32,66                    | Pic + Solo + Água (g) |  |  |
| Amostra total seca (g)     | 1483,93 | Umidade higroscópica (%) | 1,08  | 1,10  | 1,10                     | Solo Seco (g)         |  |  |
| OBS.:                      |         | Média h (%)              | 1,1   |       |                          | Fator de Correção (K) |  |  |
|                            |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,989 |       |                          | Densidade Real (Gs)   |  |  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 |  |  |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira nº                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4                          | 2,64               | 0,18            | 0,18        | 99,82                        | 4,8          |
| Nº 8                          | 7,65               | 0,33            | 0,51        | 99,49                        | 2,36         |
| Nº 10                         | 8,37               | 0,05            | 0,56        | 99,44                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                           |                      |              |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|---------------------------|----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             |             | Amostra parcial seca (g): |                      |              |
|                                 |                    | 69,25             |             |                           |                      |              |
| Peneira nº                      | Material retido    |                   |             | % passa amost. parc.      | % passa amost. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                           |                      |              |
| 16                              | 0,39               | 0,56              | 0,56        | 99,44                     | 98,88                | 0,85         |
| 30                              | 1,05               | 0,95              | 1,52        | 98,48                     | 97,93                | 0,60         |
| 40                              | 2,05               | 1,44              | 2,96        | 97,04                     | 96,50                | 0,42         |
| 50                              | 5,66               | 5,21              | 8,17        | 91,83                     | 91,31                | 0,25         |
| 100                             | 19,79              | 20,41             | 28,58       | 71,42                     | 71,02                | 0,15         |
| 200                             | 28,03              | 11,90             | 40,48       | 59,52                     | 59,19                | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |              |                |                           |                   |                       |                      |               |                |
|--------------------------------|-------------|--------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,642        |                |                           |                   |                       | Densímetro Nº        |               |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32        |                |                           |                   |                       |                      |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro n | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda (cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                | 0,5         | 1,0285       | 24             | 1,0017                    | 0,0248            | 9,34E-06              | 12,23                | 0,0646        | 57,29          |
|                                | 1,02        | 1,0250       | 24             | 1,0017                    | 0,0233            | 9,34E-06              | 12,52                | 0,0458        | 53,83          |
|                                | 2           | 1,0240       | 24             | 1,0017                    | 0,0223            | 9,34E-06              | 12,72                | 0,0330        | 51,52          |
|                                | 5           | 1,0230       | 24             | 1,0017                    | 0,0213            | 9,34E-06              | 11,82                | 0,0199        | 49,22          |
|                                | 10          | 1,0225       | 24             | 1,0017                    | 0,0208            | 9,34E-06              | 11,72                | 0,0141        | 48,06          |
|                                | 20          | 1,0220       | 24             | 1,0017                    | 0,0203            | 9,34E-06              | 11,81                | 0,0100        | 46,91          |
|                                | 40          | 1,0215       | 24             | 1,0017                    | 0,0198            | 9,34E-06              | 11,91                | 0,0071        | 45,76          |
|                                | 80          | 1,0210       | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06              | 12,01                | 0,0051        | 44,60          |
|                                | 240         | 1,0200       | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06              | 12,21                | 0,0029        | 42,30          |
|                                | 1440        | 1,0185       | 24             | 1,0017                    | 0,0178            | 9,34E-06              | 12,31                | 0,0012        | 41,15          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

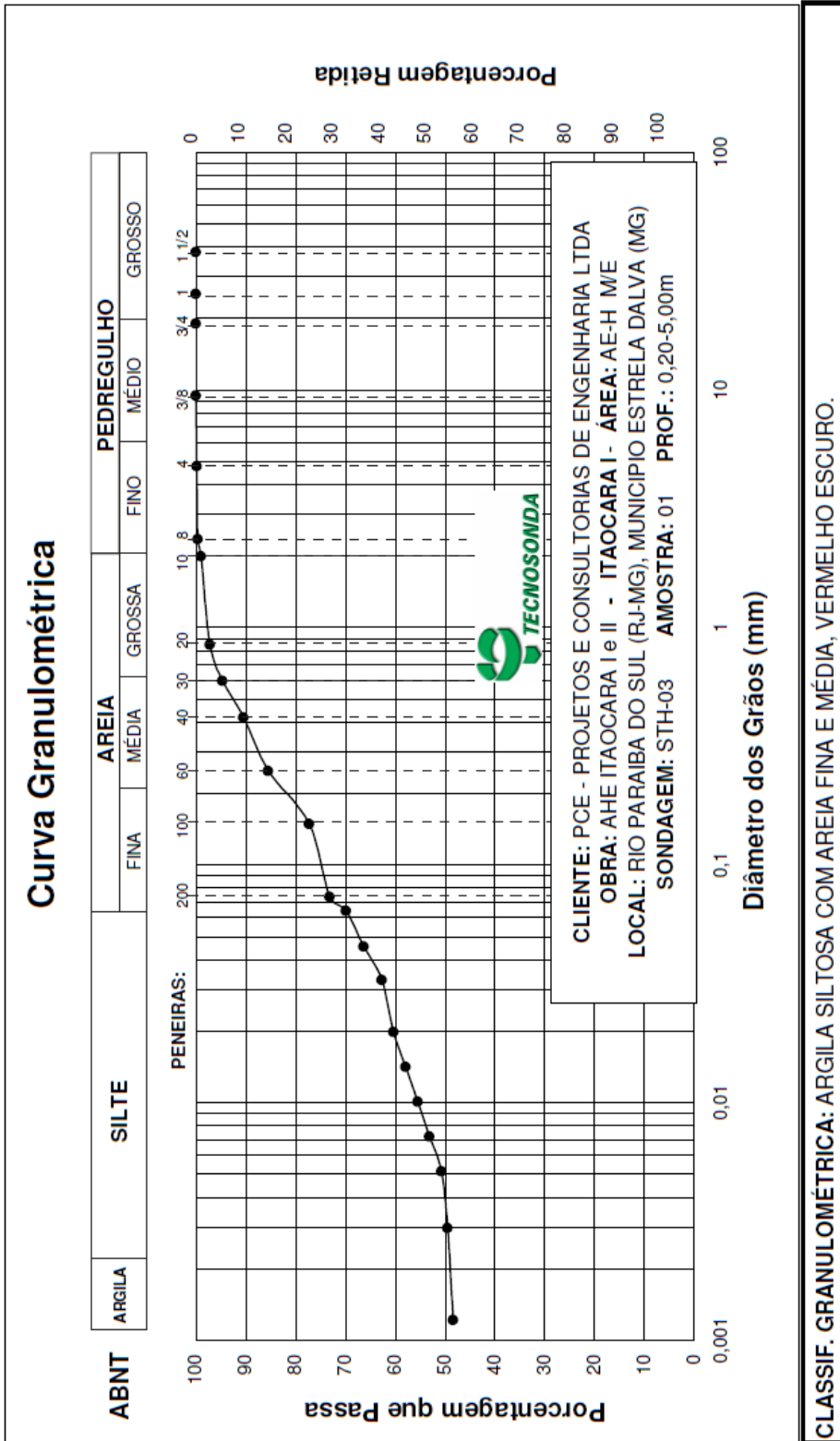
|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | STH-03 | Prof.:    | 0,20-5,00m |
| AMOSTRA   | 1      |           |            |
| Aluno(a): |        | Operador: |            |
|           |        | Visto:    |            |
|           |        | Data:     |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |                      |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
|                            | Cápsula n°           | 9                        | 41    | 41                       | Temperatura (°C) | 22                    |                      |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 14,94 | 14,85                    | 14,85            | Picnômetro n°         | 1 2 2                |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 10,47                | Cápsula e solo úmido (g) | 51,01 | 49,44                    | 49,44            | Picnômetro (g)        | 163,23 164,87 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 989,53               | Cápsula e solo seco (g)  | 49,75 | 48,22                    | 48,22            | Pic + Solo Seco (g)   | 212,94 214,45 214,45 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 954,74               | Água (g)                 | 1,26  | 1,22                     | 1,22             | Pic + Água (g)        | 671,01 664,36 664,36 |
| Água (g)                   | 34,79                | Solo seco (g)            | 34,81 | 33,37                    | 33,37            | Pic + Solo + Água (g) | 701,42 694,64 694,64 |
| Amostra total seca (g)     | 965,21               | Umidade higroscópica (%) | 3,62  | 3,66                     | 3,66             | Solo Seco (g)         | 49,71 49,58 49,58    |
|                            |                      | Média h (%)              | 3,6   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9980               |
|                            |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,965 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,570 2,564 2,564    |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,566                |

| Peneira n° | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4       | 1,64               | 0,16            | 0,16        | 99,84                        | 4,8          |
| N° 8       | 4,19               | 0,26            | 0,42        | 99,58                        | 2,36         |
| N° 10      | 10,47              | 0,63            | 1,05        | 98,95                        | 2,0          |

| Peneira n° | Material retido    |                   |             | % passa amost. parc. | % passa amost. total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                      |                      |              |
| 16         | 1,18               | 1,75              | 1,75        | 98,25                | 97,22                | 0,85         |
| 30         | 2,91               | 2,56              | 4,31        | 95,69                | 94,69                | 0,60         |
| 40         | 5,79               | 4,26              | 8,57        | 91,43                | 90,47                | 0,42         |
| 50         | 9,2                | 5,05              | 13,62       | 86,38                | 85,47                | 0,25         |
| 100        | 14,82              | 8,32              | 21,94       | 78,06                | 77,24                | 0,15         |
| 200        | 17,63              | 4,16              | 26,10       | 73,90                | 73,12                | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,566                 |                |                           |                   |                     | Densímetro N°       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0310                | 23             | 1,0018                    | 0,0292            | 9,56E-06            | 11,34               | 0,0645        | 69,89          |
|                                 | 1,02        | 1,0295                | 23             | 1,0018                    | 0,0277            | 9,56E-06            | 11,64               | 0,0457        | 66,30          |
|                                 | 2           | 1,0280                | 23             | 1,0018                    | 0,0262            | 9,56E-06            | 11,93               | 0,0331        | 62,70          |
|                                 | 5           | 1,0270                | 23             | 1,0018                    | 0,0252            | 9,56E-06            | 10,83               | 0,0199        | 60,30          |
|                                 | 10          | 1,0260                | 23             | 1,0018                    | 0,0242            | 9,56E-06            | 11,03               | 0,0142        | 57,91          |
|                                 | 20          | 1,0250                | 23             | 1,0018                    | 0,0232            | 9,56E-06            | 11,22               | 0,0101        | 55,51          |
|                                 | 40          | 1,0240                | 23             | 1,0018                    | 0,0222            | 9,56E-06            | 11,42               | 0,0072        | 53,12          |
|                                 | 80          | 1,0230                | 23             | 1,0018                    | 0,0212            | 9,56E-06            | 11,62               | 0,0052        | 50,72          |
|                                 | 240         | 1,0225                | 23             | 1,0018                    | 0,0207            | 9,56E-06            | 11,72               | 0,0030        | 49,52          |
|                                 | 1440        | 1,0220                | 23             | 1,0018                    | 0,0202            | 9,56E-06            | 11,81               | 0,0012        | 48,32          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

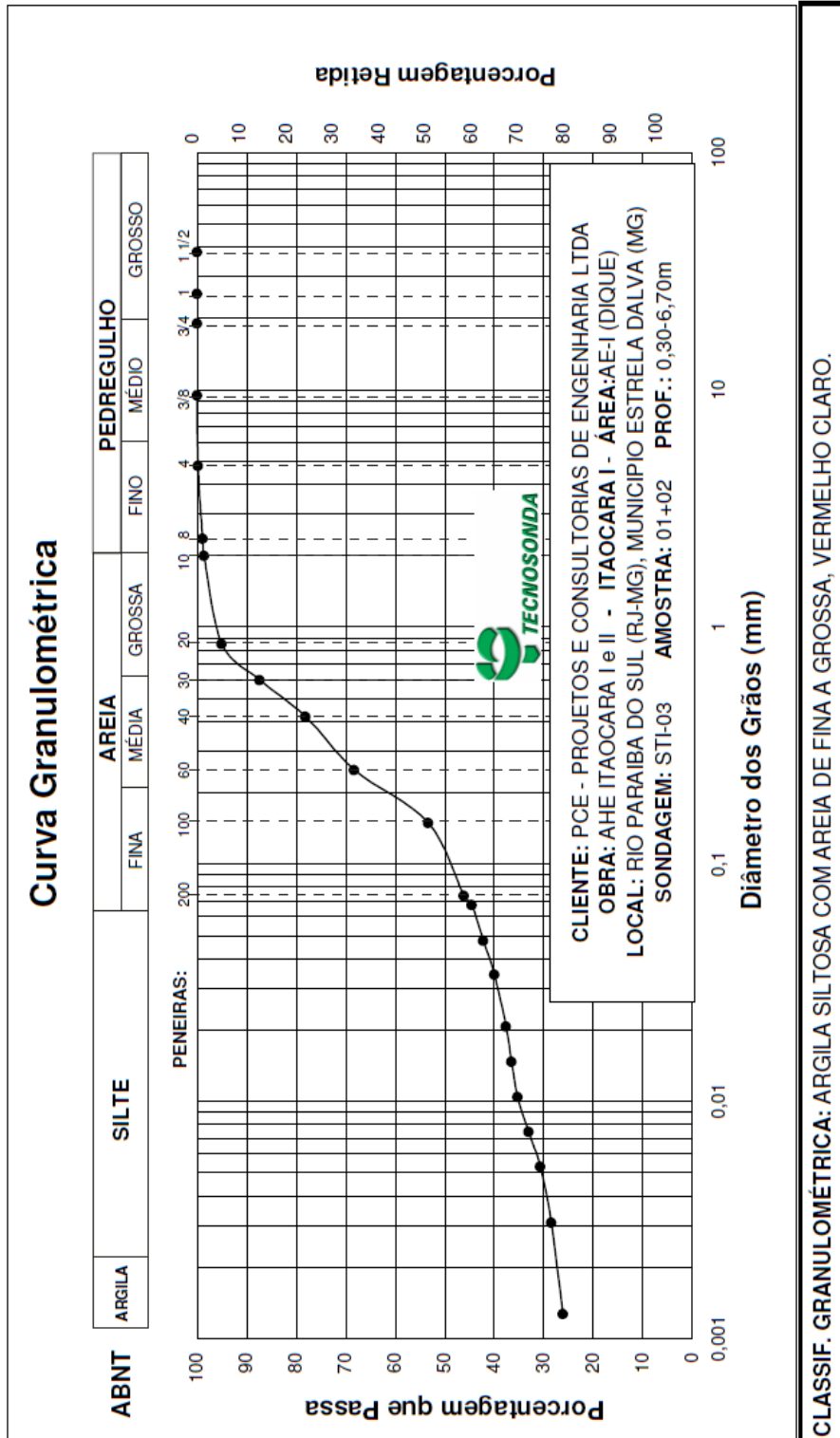
|           |           |        |            |
|-----------|-----------|--------|------------|
| SONDAGEM  | STI-03    | Prof.: | 0,30-6,70m |
| AMOSTRA   | 1+2       |        |            |
| Aluno(a): | Operador: | Visto: | Data:      |

|                            |         | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |  |  |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--|--|
|                            |         | Cápsula nº               | 16    | 30    | 39                       | Temperatura (°C)      |  |  |
| Amostra total úmida (g)    | 1500,00 | Peso Cápsula (g)         | 9,86  | 14,94 | 14,94                    | Pícnômetro nº 23      |  |  |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 21,63   | Cápsula e solo úmido (g) | 44,51 | 45,59 | 45,59                    | Pícnômetro (g)        |  |  |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 1478,37 | Cápsula e solo seco (g)  | 43,97 | 45,13 | 45,13                    | Pic + Solo Seco (g)   |  |  |
| Passando nº 10 seca (g)    | 1455,90 | Água (g)                 | 0,54  | 0,46  | 0,46                     | Pic + Água (g)        |  |  |
| Água (g)                   | 22,47   | Solo seco (g)            | 34,11 | 30,19 | 30,19                    | Pic + Solo + Água (g) |  |  |
| Amostra total seca (g)     | 1477,53 | Umidade higroscópica (%) | 1,58  | 1,52  | 1,52                     | Solo Seco (g)         |  |  |
| OBS.:                      |         | Média h (%)              | 1,5   |       |                          | Fator de Correção (K) |  |  |
|                            |         | Fc = 100/(100+w)         | 0,985 |       |                          | Densidade Real (Gs)   |  |  |
|                            |         |                          |       |       |                          | Média                 |  |  |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira nº                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4                          | 2,57               | 0,17            | 0,17        | 99,83                        | 4,8          |
| Nº 8                          | 16,41              | 0,92            | 1,09        | 98,91                        | 2,36         |
| Nº 10                         | 21,63              | 0,35            | 1,44        | 98,56                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                   |             |                       |                           |              |       |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|-------|
| Amostra parcial úmida (g):      |                    | 70,00             |             |                       | Amostra parcial seca (g): |              | 68,94 |
| Peneira nº                      | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total     | Peneira (mm) |       |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                           |              |       |
| 16                              | 2,43               | 3,53              | 3,53        | 96,47                 | 95,08                     | 0,85         |       |
| 30                              | 7,85               | 7,86              | 11,39       | 88,61                 | 87,33                     | 0,60         |       |
| 40                              | 14,29              | 9,34              | 20,73       | 79,27                 | 78,13                     | 0,42         |       |
| 50                              | 21,18              | 9,99              | 30,72       | 69,28                 | 68,28                     | 0,25         |       |
| 100                             | 31,62              | 15,14             | 45,87       | 54,13                 | 53,35                     | 0,15         |       |
| 200                             | 36,67              | 7,33              | 53,19       | 46,81                 | 46,13                     | 0,074        |       |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                       |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,832                 |                |                           |                   |                       | Densímetro Nº       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):         |             | 28,32                 |                |                           |                   |                       |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosidade (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0210                | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06              | 13,31               | 0,0676        | 44,51          |
|                                 | 1,02        | 1,0200                | 24             | 1,0017                    | 0,0183            | 9,34E-06              | 13,51               | 0,0477        | 42,21          |
|                                 | 2           | 1,0190                | 24             | 1,0017                    | 0,0173            | 9,34E-06              | 13,71               | 0,0343        | 39,91          |
|                                 | 5           | 1,0180                | 24             | 1,0017                    | 0,0163            | 9,34E-06              | 12,60               | 0,0208        | 37,60          |
|                                 | 10          | 1,0175                | 24             | 1,0017                    | 0,0158            | 9,34E-06              | 12,70               | 0,0148        | 36,45          |
|                                 | 20          | 1,0170                | 24             | 1,0017                    | 0,0153            | 9,34E-06              | 12,80               | 0,0105        | 35,30          |
|                                 | 40          | 1,0160                | 24             | 1,0017                    | 0,0143            | 9,34E-06              | 13,00               | 0,0075        | 33,00          |
|                                 | 80          | 1,0150                | 24             | 1,0017                    | 0,0133            | 9,34E-06              | 13,19               | 0,0053        | 30,70          |
|                                 | 240         | 1,0140                | 24             | 1,0017                    | 0,0123            | 9,34E-06              | 13,39               | 0,0031        | 28,40          |
|                                 | 1440        | 1,0130                | 24             | 1,0017                    | 0,0113            | 9,34E-06              | 13,59               | 0,0013        | 26,10          |



**CLASSIF. GRANULOMÉTRICA:** ARGILA SILTOSA COM AREIA DE FINA A GROSSA, VERMELHO CLARO.



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

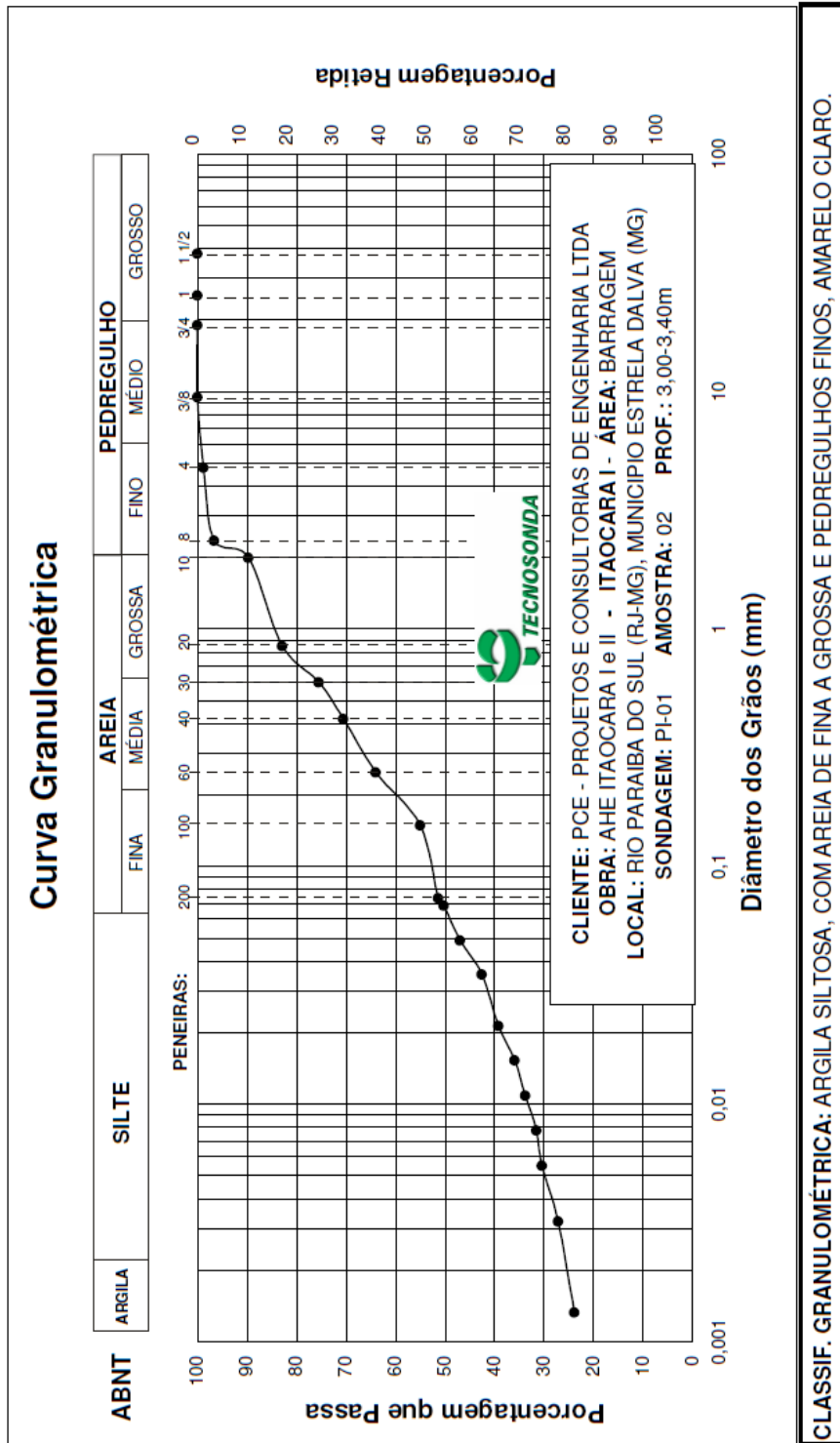
|           |       |           |            |
|-----------|-------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | PI-01 | Prof.:    | 3,00-3,40m |
| AMOSTRA   | 2     |           |            |
| Aluno(a): |       | Operador: |            |
|           |       | Visto:    |            |
|           |       | Data:     |            |

|                            | Umidade Higroscópica |                          |       | Densidade Real dos Grãos |                  |                       |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            | Cápsula nº           | 37                       | 41    | 41                       | Temperatura (°C) | 22                    |        |        |        |
| Amostra total úmida (g)    | 1000,00              | Peso Cápsula (g)         | 13,71 | 14,85                    | 14,85            | Picnômetro nº         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada nº 10 (g) | 103,19               | Cápsula e solo úmido (g) | 39,58 | 45,33                    | 45,33            | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando nº 10 úmida (g)   | 896,81               | Cápsula e solo seco (g)  | 38,82 | 44,36                    | 44,36            | Pic + Solo Seco (g)   | 213,33 | 214,87 | 214,87 |
| Passando nº 10 seca (g)    | 889,00               | Água (g)                 | 0,76  | 0,97                     | 0,97             | Pic + Água (g)        | 670,69 | 684,72 | 684,72 |
| Água (g)                   | 27,81                | Solo seco (g)            | 25,11 | 29,51                    | 29,51            | Pic + Solo + Água (g) | 700,79 | 694,78 | 694,78 |
| Amostra total seca (g)     | 972,19               | Umidade higroscópica (%) | 3,03  | 3,29                     | 3,29             | Solo Seco (g)         | 50,10  | 50,00  | 50,00  |
|                            |                      | Média h (%)              | 3,2   |                          |                  | Fator de Correção (K) | 0,9978 |        |        |
| OBS.:                      |                      | Fc = 100/(100+w)         | 0,999 |                          |                  | Densidade Real (Gs)   | 2,499  | 2,502  | 2,502  |
|                            |                      |                          |       |                          |                  | Média                 | 2,501  |        |        |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira nº                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| Nº 4                          | 12,22              | 1,22            | 1,22        | 98,78                        | 4,8          |
| Nº 8                          | 33,95              | 2,17            | 3,40        | 96,61                        | 2,36         |
| Nº 10                         | 103,19             | 6,92            | 10,32       | 89,68                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL |                    |                           |             |                      |                       |              |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g):      | 70,00              | Amostra parcial seca (g): |             |                      | 67,83                 |              |
| Peneira nº                      | Material retido    |                           |             | % passa amostr. par. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|                                 | Peso acumulado (g) | % amostra parcial         | % acumulada |                      |                       |              |
| 16                              | 5,17               | 7,62                      | 7,62        | 92,38                | 82,85                 | 0,85         |
| 30                              | 10,73              | 8,20                      | 15,82       | 84,18                | 75,49                 | 0,60         |
| 40                              | 14,45              | 5,48                      | 21,30       | 78,70                | 70,58                 | 0,42         |
| 50                              | 19,45              | 7,37                      | 28,67       | 71,33                | 63,97                 | 0,25         |
| 100                             | 26,2               | 9,95                      | 38,63       | 61,37                | 55,04                 | 0,15         |
| 200                             | 29,02              | 4,16                      | 42,78       | 57,22                | 51,31                 | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                    |             |                       |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real ( g/cm3): |             | 2,501                 |                | Densímetro Nº             |                   |                     |                     |               |                |
| Sepção da proveta (cm2):        |             | 28,32                 |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                            | Tempo (min) | Leitura do Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                 | 0,5         | 1,0245                | 24             | 1,0017                    | 0,0228            | 9,34E-06            | 12,62               | 0,0687        | 50,22          |
|                                 | 1           | 1,0230                | 24             | 1,0017                    | 0,0213            | 9,34E-06            | 12,92               | 0,0491        | 46,93          |
|                                 | 2           | 1,0210                | 24             | 1,0017                    | 0,0193            | 9,34E-06            | 13,31               | 0,0353        | 42,53          |
|                                 | 5           | 1,0195                | 24             | 1,0017                    | 0,0178            | 9,34E-06            | 12,31               | 0,0214        | 39,23          |
|                                 | 10          | 1,0180                | 24             | 1,0017                    | 0,0163            | 9,34E-06            | 12,60               | 0,0153        | 35,93          |
|                                 | 20          | 1,0170                | 24             | 1,0017                    | 0,0153            | 9,34E-06            | 12,80               | 0,0109        | 33,73          |
|                                 | 40          | 1,0160                | 24             | 1,0017                    | 0,0143            | 9,34E-06            | 13,00               | 0,0078        | 31,53          |
|                                 | 80          | 1,0155                | 24             | 1,0017                    | 0,0138            | 9,34E-06            | 13,09               | 0,0055        | 30,43          |
|                                 | 240         | 1,0140                | 24             | 1,0017                    | 0,0123            | 9,34E-06            | 13,39               | 0,0032        | 27,13          |
|                                 | 1440        | 1,0125                | 24             | 1,0017                    | 0,0108            | 9,34E-06            | 13,69               | 0,0013        | 23,84          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

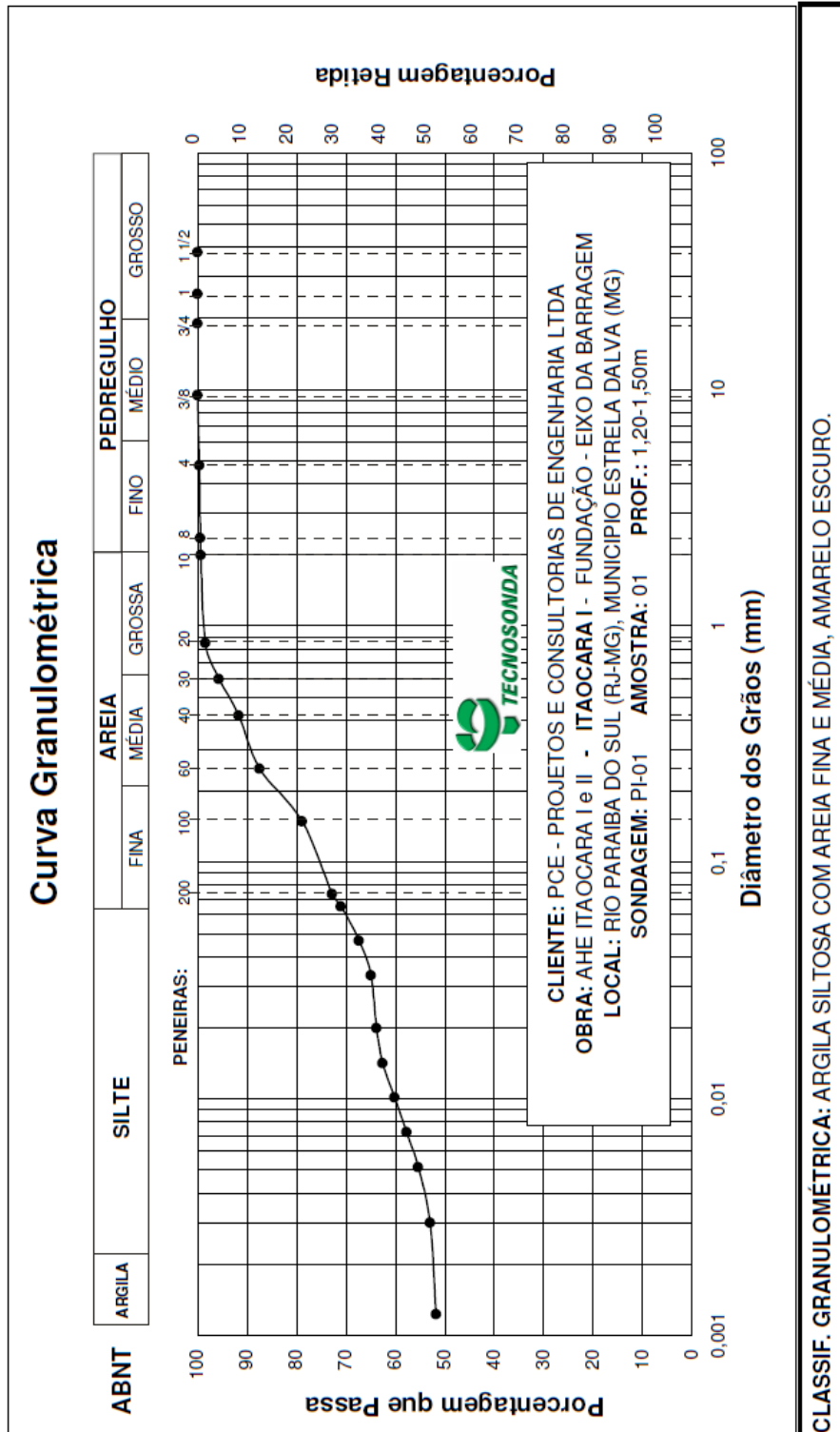
|           |       |           |              |
|-----------|-------|-----------|--------------|
| SONDAGEM  | PI-01 | Prof.:    | 1,20-1,50m   |
| Local:    | 1     |           |              |
| Aluno(a): |       | Operador: | Visto: Data: |

|                            |            | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |                      |
|----------------------------|------------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
|                            | Cápsula n° | 85                       | 1011  | 1011  | Temperatura (°C)         | 22                    |                      |
| Amostra total úmida (g)    | 1083,00    | Peso Cápsula (g)         | 14,00 | 16,15 | 16,15                    | Picnômetro n°         | 1 3 3                |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 6,96       | Cápsula e solo úmido (g) | 45,12 | 49,09 | 49,09                    | Picnômetro (g)        | 163,23 164,87 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 1076,04    | Cápsula e solo seco (g)  | 44,19 | 48,18 | 48,18                    | Pic + Solo Seco (g)   | 213,29 214,87 214,87 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 1045,50    | Água (g)                 | 0,93  | 0,91  | 0,91                     | Pic + Água (g)        | 670,73 664,31 664,31 |
| Água (g)                   | 30,54      | Solo seco (g)            | 30,19 | 32,03 | 32,03                    | Pic + Solo + Água (g) | 701,13 694,65 694,65 |
| Amostra total seca (g)     | 1052,46    | Umidade higroscópica (%) | 3,08  | 2,84  | 2,84                     | Solo Seco (g)         | 50,06 50,00 50,00    |
|                            |            | Média h (%)              | 2,9   |       | Fator de Correção (K)    | 0,9978                |                      |
| OBS.:                      |            | Fc = 100/(100+w)         | 0,972 |       | Densidade Real (Gs)      | 2,541 2,538 2,538     |                      |
|                            |            |                          |       |       | Média                    | 2,539                 |                      |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL |                    |                 |             |                              |              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
| Peneira n°                    | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|                               | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol                     | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol                         | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol                       | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 9,5          |
| N° 4                          | 3,91               | 0,36            | 0,36        | 99,64                        | 4,8          |
| N° 8                          | 6,16               | 0,21            | 0,57        | 99,43                        | 2,36         |
| N° 10                         | 6,96               | 0,07            | 0,64        | 99,36                        | 2,0          |

| PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL  |                    |                   |             |                      |                                 |              |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|---------------------------------|--------------|
| Amostra parcial úmida (g): 70,00 |                    | Material retido   |             |                      | Amostra parcial seca (g): 68,01 |              |
| Peneira n°                       | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada | % passa amost. parc. | % passa amost. total            | Peneira (mm) |
|                                  |                    |                   |             |                      |                                 |              |
| 16                               | 0,68               | 1,00              | 1,00        | 99,00                | 98,36                           | 0,85         |
| 30                               | 2,48               | 2,65              | 3,65        | 96,35                | 95,73                           | 0,60         |
| 40                               | 5,25               | 4,07              | 7,72        | 92,28                | 91,69                           | 0,42         |
| 50                               | 8,13               | 4,23              | 11,95       | 88,05                | 87,48                           | 0,25         |
| 100                              | 14,03              | 8,67              | 20,63       | 79,37                | 78,88                           | 0,15         |
| 200                              | 18,18              | 6,10              | 26,73       | 73,27                | 72,80                           | 0,074        |

| SEDIMENTAÇÃO                   |             |            |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Massa específica real (g/cm3): |             | 2,539      |                |                           |                   |                     | Densímetro N°       |               |                |
| Seção da proveta (cm2):        |             | 28,32      |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data                           | Tempo (min) | Densímetro | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispensor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|                                | 0,5         | 1,0315     | 22             | 1,0020                    | 0,0295            | 9,80E-06            | 11,24               | 0,0656        | 70,98          |
|                                | 1           | 1,0300     | 22             | 1,0020                    | 0,0280            | 9,80E-06            | 11,54               | 0,0470        | 67,37          |
|                                | 2           | 1,0290     | 22             | 1,0020                    | 0,0270            | 9,80E-06            | 11,73               | 0,0335        | 64,96          |
|                                | 5           | 1,0285     | 22             | 1,0020                    | 0,0265            | 9,80E-06            | 10,53               | 0,0201        | 63,76          |
|                                | 10          | 1,0280     | 22             | 1,0020                    | 0,0260            | 9,80E-06            | 10,63               | 0,0143        | 62,55          |
|                                | 20          | 1,0270     | 22             | 1,0020                    | 0,0250            | 9,80E-06            | 10,83               | 0,0102        | 60,15          |
|                                | 40          | 1,0260     | 22             | 1,0020                    | 0,0240            | 9,80E-06            | 11,03               | 0,0073        | 57,74          |
|                                | 80          | 1,0250     | 22             | 1,0020                    | 0,0230            | 9,80E-06            | 11,22               | 0,0052        | 55,34          |
|                                | 240         | 1,0240     | 22             | 1,0020                    | 0,0220            | 9,80E-06            | 11,42               | 0,0030        | 52,93          |
|                                | 1440        | 1,0235     | 22             | 1,0020                    | 0,0215            | 9,80E-06            | 11,52               | 0,0012        | 51,73          |



TECNOSONDA S.A

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO

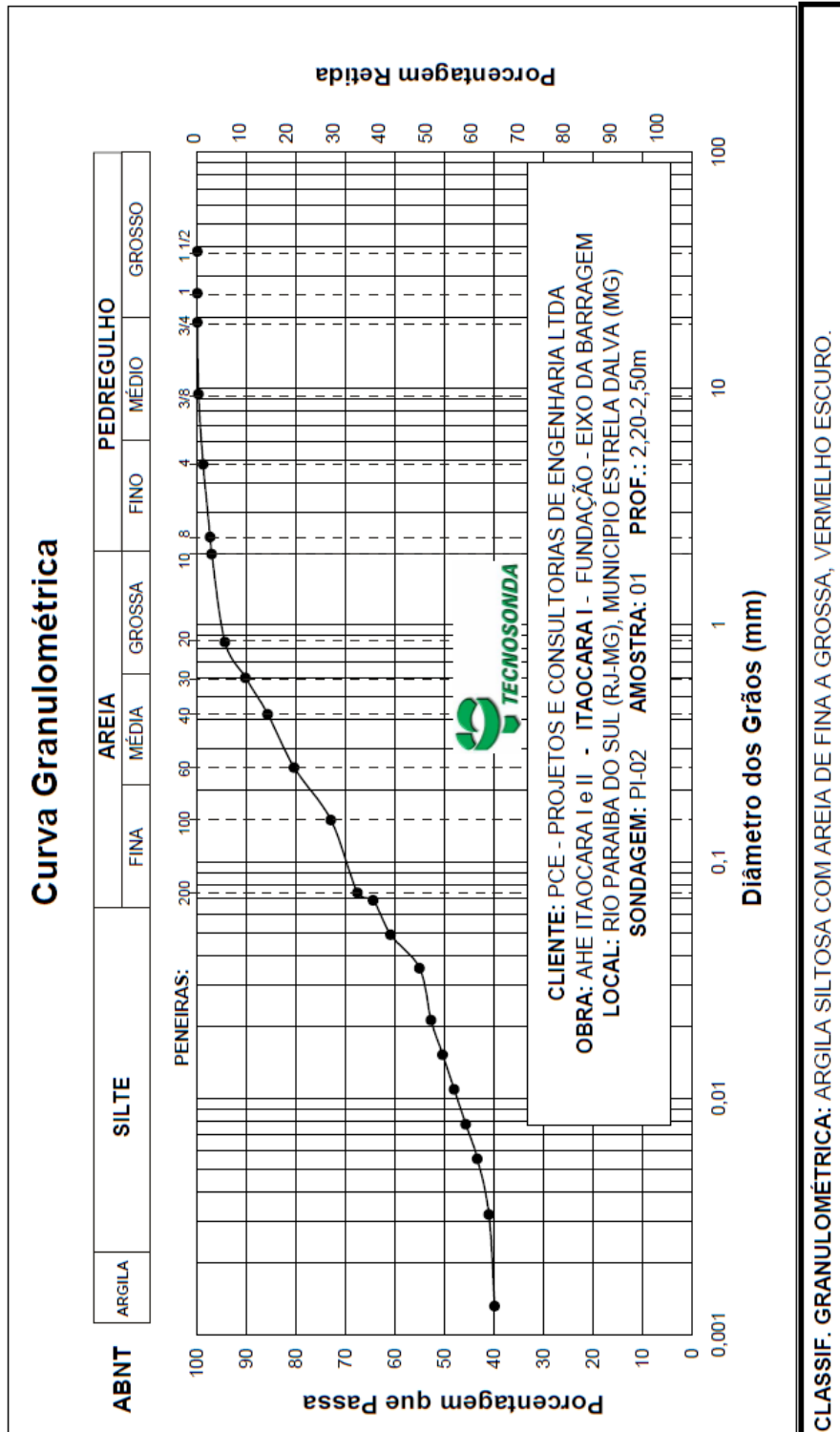
|           |       |           |            |
|-----------|-------|-----------|------------|
| SONDAGEM  | PI-02 | Prof.:    | 2,20-2,50m |
| AMOSTRA   | 1     |           |            |
| Aluno(a): |       | Operador: |            |
|           |       | Visto:    |            |
|           |       | Data:     |            |


|                            |        | Umidade Higroscópica     |       |       | Densidade Real dos Grãos |                       |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                            |        | Cápsula n°               | 40    | 79    | 79                       | Temperatura (°C)      | 19     | 19     |        |
| Amostra total úmida (g)    | 977,00 | Peso Cápsula (g)         | 14,86 | 14,77 | 14,77                    | Picnômetro n°         | 1      | 3      | 3      |
| Retida acumulada n° 10 (g) | 28,53  | Cápsula e solo úmido (g) | 46,63 | 47,65 | 47,65                    | Picnômetro (g)        | 163,23 | 164,87 | 164,87 |
| Passando n° 10 úmida (g)   | 948,47 | Cápsula e solo seco (g)  | 45,79 | 46,75 | 46,75                    | Pic + Solo Seco (g)   | 212,81 | 214,88 | 214,88 |
| Passando n° 10 seca (g)    | 922,85 | Água (g)                 | 0,84  | 0,90  | 0,90                     | Pic + Água (g)        | 671,72 | 664,50 | 664,50 |
| Água (g)                   | 25,62  | Solo seco (g)            | 31,13 | 31,98 | 31,98                    | Pic + Solo + Água (g) | 701,94 | 694,98 | 694,94 |
| Amostra total seca (g)     | 951,38 | Umidade higroscópica (%) | 2,70  | 2,81  | 2,81                     | Solo Seco (g)         | 49,58  | 50,01  | 50,01  |
|                            |        | Média h (%)              | 2,8   |       |                          | Fator de Correção (K) | 0,9984 |        |        |
| OBS.:                      |        | Fc = 100/(100+w)         | 0,973 |       |                          | Densidade Real (Gs)   | 2,557  | 2,554  | 2,551  |
|                            |        |                          |       |       |                          | Média                 | 2,554  |        |        |


| Peneira n° | Material retido    |                 |             | % que passa da amostra total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra total | % acumulada |                              |              |
| 1 1/2 pol  | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 38,1         |
| 1 pol      | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 25,4         |
| 3/4 pol    | 0,00               | 0,00            | 0,00        | 100,00                       | 19,1         |
| 3/8 pol    | 2,10               | 0,21            | 0,21        | 99,79                        | 9,5          |
| N° 4       | 11,51              | 0,96            | 1,18        | 98,82                        | 4,8          |
| N° 8       | 24,98              | 1,38            | 2,56        | 97,44                        | 2,36         |
| N° 10      | 28,53              | 0,36            | 2,92        | 97,08                        | 2,0          |

| Peneira n° | Material retido    |                   |             | % passa amostr. parc. | % passa amostr. total | Peneira (mm) |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
|            | Peso acumulado (g) | % amostra parcial | % acumulada |                       |                       |              |
| 16         | 1,86               | 2,73              | 2,73        | 97,27                 | 94,43                 | 0,85         |
| 30         | 4,76               | 4,26              | 6,99        | 93,01                 | 90,30                 | 0,60         |
| 40         | 7,91               | 4,62              | 11,61       | 88,39                 | 85,81                 | 0,42         |
| 50         | 11,67              | 5,52              | 17,13       | 82,87                 | 80,45                 | 0,25         |
| 100        | 16,88              | 7,65              | 24,78       | 75,22                 | 73,02                 | 0,15         |
| 200        | 20,64              | 5,52              | 30,30       | 69,70                 | 67,66                 | 0,074        |

|      |             | Massa específica real ( g/cm3): 2,554 |                | SEDIMENTAÇÃO              |                   |                     |                     | Densímetro N° |                |
|------|-------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
|      |             | Seção da proveta (cm2): 28,32         |                |                           |                   |                     |                     |               |                |
| Data | Tempo (min) | Leitura do Densímetro                 | Temperatura °C | Leitura em Meio Dispersor | Leitura Corrigida | Viscosida (g.s/cm2) | Altura de queda(cm) | Diâmetro (mm) | % amost. total |
|      | 0,5         | 1,0300                                | 19             | 1,0024                    | 0,0276            | 1,05E-05            | 11,54               | 0,0686        | 64,46          |
|      | 1           | 1,0285                                | 19             | 1,0024                    | 0,0261            | 1,05E-05            | 11,83               | 0,0491        | 60,95          |
|      | 2           | 1,0260                                | 19             | 1,0024                    | 0,0236            | 1,05E-05            | 12,33               | 0,0354        | 55,10          |
|      | 5           | 1,0250                                | 19             | 1,0024                    | 0,0226            | 1,05E-05            | 11,22               | 0,0214        | 52,78          |
|      | 10          | 1,0240                                | 19             | 1,0024                    | 0,0216            | 1,05E-05            | 11,42               | 0,0153        | 50,43          |
|      | 20          | 1,0230                                | 19             | 1,0024                    | 0,0206            | 1,05E-05            | 11,62               | 0,0109        | 48,09          |
|      | 40          | 1,0220                                | 19             | 1,0024                    | 0,0196            | 1,05E-05            | 11,81               | 0,0078        | 45,75          |
|      | 80          | 1,0210                                | 19             | 1,0024                    | 0,0186            | 1,05E-05            | 12,01               | 0,0055        | 43,41          |
|      | 240         | 1,0200                                | 19             | 1,0024                    | 0,0176            | 1,05E-05            | 12,21               | 0,0032        | 41,07          |
|      | 1440        | 1,0195                                | 19             | 1,0024                    | 0,0171            | 1,05E-05            | 12,31               | 0,0013        | 39,90          |



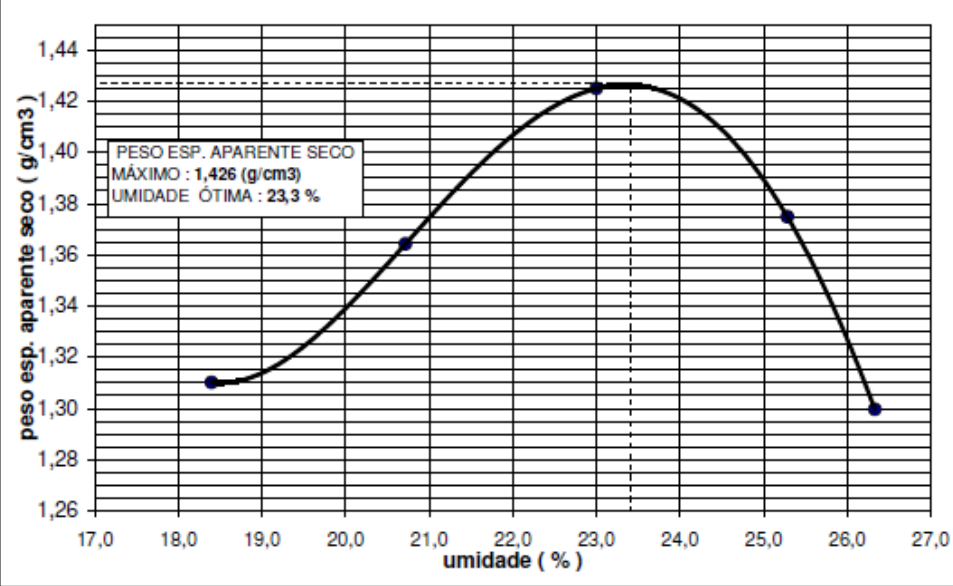
| <b>DETERMINAÇÃO DE UMIDADE NATURAL - DNER-ME 213:1994.</b>                          |             |  |       |  |         |  |       |  |
|---|-------------|--|-------|--|---------|--|-------|--|
|   |             | <b>PEC-05 AM. 02<br/>PROF.: 2,50-5,00m</b>                       |       | <b>PEC-05 AM. 01<br/>PROF.: 0,30-2,50m</b> |         | <b>STF-01 AM. 01<br/>PROF.: 0,30-4,00m</b> |       |  |
| Número da Cápsula   |             | 15   | 40    | 67   | 21      | 17   | 18    |  |
| (g)<br>O<br>S<br>W<br>P   | Total Úmido | 75,94  | 86,67 | 83,05                                      | 86,16   | 43,30                                      | 47,76 |  |
|   | Total Seco  | 64,45  | 73,93 | 71,52                                      | 73,94   | 37,70                                      | 41,27 |  |
|   | Cápsula     | 10,16  | 14,66 | 15,08                                      | 14,64   | 9,86                                       | 9,30  |  |
|   | Água        | 11,49  | 12,74 | 11,53                                      | 12,22   | 5,60                                       | 6,49  |  |
|   | Solo Seco   | 54,29  | 59,27 | 56,44                                      | 59,30   | 27,84                                      | 31,97 |  |
| Umidade (%)   |             | 21,16  | 21,49 | 20,43                                      | 20,61   | 20,11                                      | 20,30 |  |
| Umidade Média (%)   |             | 21,3   |       | 20,5                                       |         | 20,2                                       |       |  |
|   |             | <b>STF-01 AM. 02<br/>PROF.: 4,00-5,00m</b>                       |       | <b>STF-03 AM. 01<br/>PROF.: 0,35-2,30m</b> |         | <b>STF-03 AM. 02<br/>PROF.: 2,30-5,00m</b> |       |  |
| Número da Cápsula   |             | 19   | 11    | 73   | 86      | 44   | 45    |  |
| (g)<br>O<br>S<br>W<br>P   | Total Úmido | 42,63  | 41,50 | 81,72                                      | 85,03   | 80,30                                      | 86,34 |  |
|   | Total Seco  | 37,24  | 36,25 | 70,59                                      | 73,38   | 70,21                                      | 75,26 |  |
|   | Cápsula     | 9,74   | 10,13 | 15,22                                      | 15,15   | 14,48                                      | 14,00 |  |
|   | Água        | 5,39   | 5,25  | 11,13                                      | 11,65   | 10,09                                      | 11,08 |  |
|   | Solo Seco   | 27,50  | 26,12 | 55,37                                      | 58,23   | 55,73                                      | 61,26 |  |
| Umidade (%)   |             | 19,60  | 20,10 | 20,10                                      | 20,01   | 18,11                                      | 18,09 |  |
| Umidade Média (%)   |             | 19,8   |       | 20,1                                       |         | 18,1                                       |       |  |
|  |             | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA        |       |  |         |  |       |  |
|   |             | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                           |       |  |         |  |       |  |
|   |             | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG). |       |  |         |  |       |  |
| ÁREA:   |             | AMOSTRA:   |       |  | PROF.:  |  |       |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   |             | VISTO:   |       |  | APROV.: |  |       |  |

| DETERMINAÇÃO DE UMIDADE NATURAL - DNER-ME 213:1994.                                 |             |  |       |                                   |         |  |
|---|-------------|--|-------|-----------------------------------|---------|--|
|   |             | PI-01 AM. 01<br>PROF.: 1,20-1,50m                                |       | PI-02 AM. 01<br>PROF.: 2,20-2,50m |         |  |
| Número da Cápsula   |             | 15   | 21    | 24                                | 58      |  |
| (g)<br>O<br>S<br>W<br>D   | Total Úmido | 65,24  | 63,78 | 75,82                             | 78,45   |  |
|   | Total Seco  | 56,00  | 55,15 | 65,05                             | 67,42   |  |
|   | Cápsula     | 15,12  | 14,85 | 13,85                             | 16,45   |  |
|   | Água        | 9,24   | 8,63  | 10,77                             | 11,03   |  |
|   | Solo Seco   | 40,88  | 40,30 | 51,20                             | 50,97   |  |
| Umidade (%)   |             | 22,60  | 21,41 | 21,04                             | 21,64   |  |
| Umidade Média (%)   |             | 22,0   |       | 21,3                              |         |  |
| Número da Cápsula   |             |  |       |                                   |         |  |
| (g)<br>O<br>S<br>W<br>D   | Total Úmido |  |       |                                   |         |  |
|   | Total Seco  |  |       |                                   |         |  |
|   | Cápsula     |  |       |                                   |         |  |
|   | Água        |  |       |                                   |         |  |
|   | Solo Seco   |  |       |                                   |         |  |
| Umidade (%)   |             |  |       |                                   |         |  |
| Umidade Média (%)   |             |  |       |                                   |         |  |
|  |             | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA        |       |                                   |         |  |
|   |             | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                           |       |                                   |         |  |
|   |             | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO ESTRELA DALVA (MG). |       |                                   |         |  |
| ÁREA:   |             | AMOSTRA:   |       |                                   | PROF.:  |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   |             | VISTO:   |       |                                   | APROV.: |  |




| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
|---------------------------------|----------------|-------|---------|---------------|---------|-------|---------|----------------|---------|-------|--|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       |         | n° de Camadas | 3       |       |         | golpes/camadas | 26      |       |  |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2       |               | 3       |       | 4       |                | 5       |       |  |
| Molde N°                        | 3              |       | 3       |               | 3       |       | 3       |                | 3       |       |  |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73  |               | 992,73  |       | 992,73  |                | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00 |               | 2170,00 |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                    | 3710,00        |       | 3805,00 |               | 3910,00 |       | 3880,00 |                | 3800,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                    | 1300,71        |       | 1354,39 |               | 1414,60 |       | 1364,88 |                | 1290,25 |       |  |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,310          |       | 1,364   |               | 1,425   |       | 1,375   |                | 1,300   |       |  |
| Cápsula n°                      | 43             | 55    | 18      | 23            | 22      | 69    | 12      | 49             | 16      | 39    |  |
| Tara (g)                        | 15,50          | 12,41 | 9,30    | 14,66         | 16,43   | 14,55 | 8,79    | 13,71          | 9,86    | 14,94 |  |
| P.T.Úmido (g)                   | 65,87          | 55,78 | 53,44   | 67,00         | 70,36   | 69,61 | 56,00   | 59,95          | 59,53   | 67,13 |  |
| P.T.Seco (g)                    | 58,01          | 49,07 | 45,82   | 58,07         | 60,17   | 59,42 | 46,49   | 50,60          | 49,15   | 56,28 |  |
| Solo Seco (g)                   | 42,51          | 36,66 | 36,52   | 43,41         | 43,74   | 44,87 | 37,70   | 36,89          | 39,29   | 41,34 |  |
| Umidade (%)                     | 18,49          | 18,30 | 20,87   | 20,57         | 23,30   | 22,71 | 25,23   | 25,35          | 26,42   | 26,25 |  |
| h.média (%)                     | 18,4           |       | 20,7    |               | 23,0    |       | 25,3    |                | 26,3    |       |  |




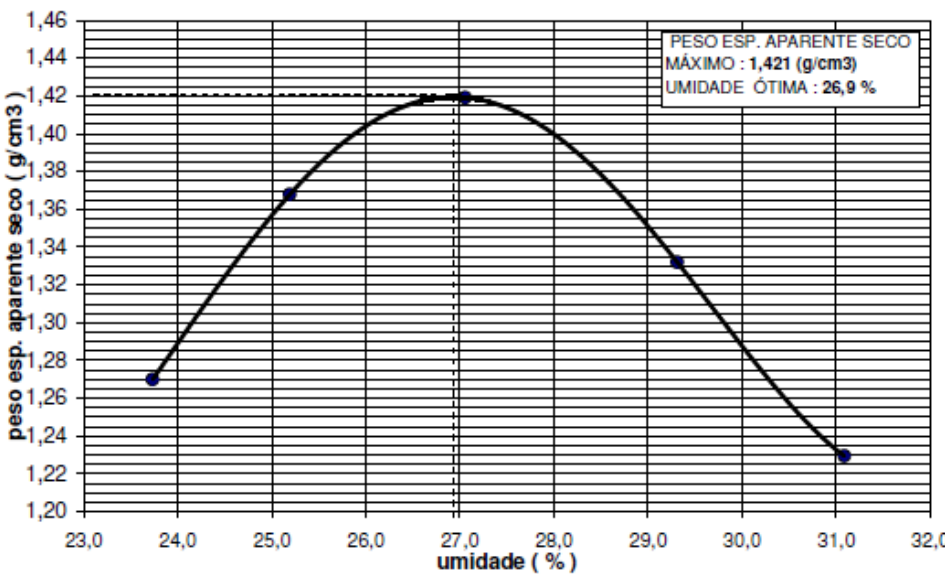
**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,426 (g/cm³)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 23,3 %**

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-A M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STA-01  | AMOSTRA:01+02   | PROF.:0,35-4,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |  |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|--|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |  |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas | 26      |       |         |       |  |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |  |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |  |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |  |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                    | 3730,00        |       | 3870,00       |       | 3960,00 |                | 3880,00 |       | 3770,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                    | 1260,78        |       | 1357,93       |       | 1408,85 |                | 1322,42 |       | 1220,58 |       |  |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,270          |       | 1,368         |       | 1,419   |                | 1,332   |       | 1,230   |       |  |
| Cápsula n°                      | 70             | 1011  | 3             | 85    | 71      | 73             | 25      | 52    | 2       | 29    |  |
| Tara (g)                        | 14,26          | 16,15 | 9,31          | 11,74 | 14,84   | 15,22          | 16,47   | 14,43 | 13,58   | 14,27 |  |
| P.T.Úmido (g)                   | 66,68          | 74,93 | 61,55         | 59,23 | 66,99   | 56,68          | 64,64   | 62,22 | 58,82   | 68,04 |  |
| P.T.Seco (g)                    | 56,72          | 63,55 | 51,01         | 49,70 | 55,85   | 47,88          | 53,72   | 51,39 | 48,15   | 55,22 |  |
| Solo Seco (g)                   | 42,46          | 47,40 | 41,70         | 37,96 | 41,01   | 32,66          | 37,25   | 36,96 | 34,57   | 40,95 |  |
| Umidade (%)                     | 23,46          | 24,01 | 25,28         | 25,11 | 27,16   | 26,94          | 29,32   | 29,30 | 30,86   | 31,31 |  |
| h.média (%)                     | 23,7           |       | 25,2          |       | 27,1    |                | 29,3    |       | 31,1    |       |  |

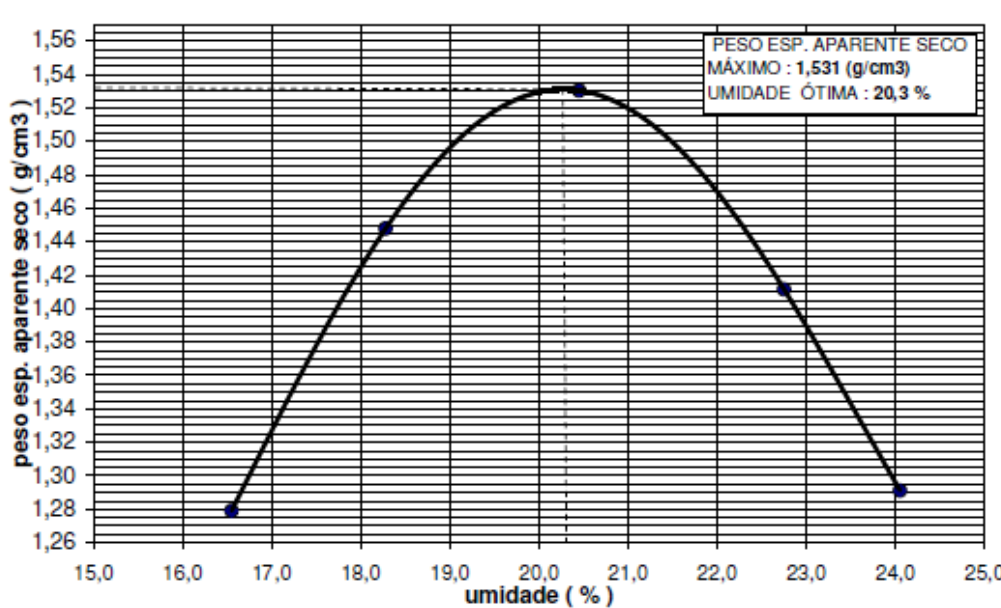
|   |   |
|---|---|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |
| ÁREA: AE-A M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |
| SONDAGEM: STA-02  | AMOSTRA: 01+02  |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | APROV.:   |


**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,421 (g/cm³)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 26,9 %**

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas | 26      |       |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3650,00        |       | 3870,00       |       | 4000,00 |                | 3890,00 |       | 3760,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1269,82        |       | 1437,27       |       | 1519,27 |                | 1401,20 |       | 1281,69 |       |
| γs (g/cm³)                      | 1,279          |       | 1,448         |       | 1,530   |                | 1,411   |       | 1,291   |       |
| Cápsula n°                      | 85             | 1011  | 1000          | 1007  | 38      | 70             | 24      | 52    | 19      | 73    |
| Tara (g)                        | 11,74          | 16,15 | 15,34         | 15,65 | 14,19   | 14,26          | 14,99   | 14,43 | 9,74    | 15,22 |
| P.T.Úmido (g)                   | 65,09          | 60,65 | 53,49         | 56,52 | 52,75   | 58,57          | 58,08   | 63,09 | 58,74   | 62,38 |
| P.T.Seco (g)                    | 57,55          | 54,30 | 47,56         | 50,24 | 46,13   | 51,13          | 50,05   | 54,12 | 49,11   | 53,36 |
| Solo Seco (g)                   | 45,81          | 38,15 | 32,22         | 34,59 | 31,94   | 36,87          | 35,06   | 39,69 | 39,37   | 38,14 |
| Umidade (%)                     | 16,46          | 16,64 | 18,40         | 18,16 | 20,73   | 20,18          | 22,90   | 22,60 | 24,46   | 23,65 |
| h.média (%)                     | 16,6           |       | 18,3          |       | 20,5    |                | 22,8    |       | 24,1    |       |

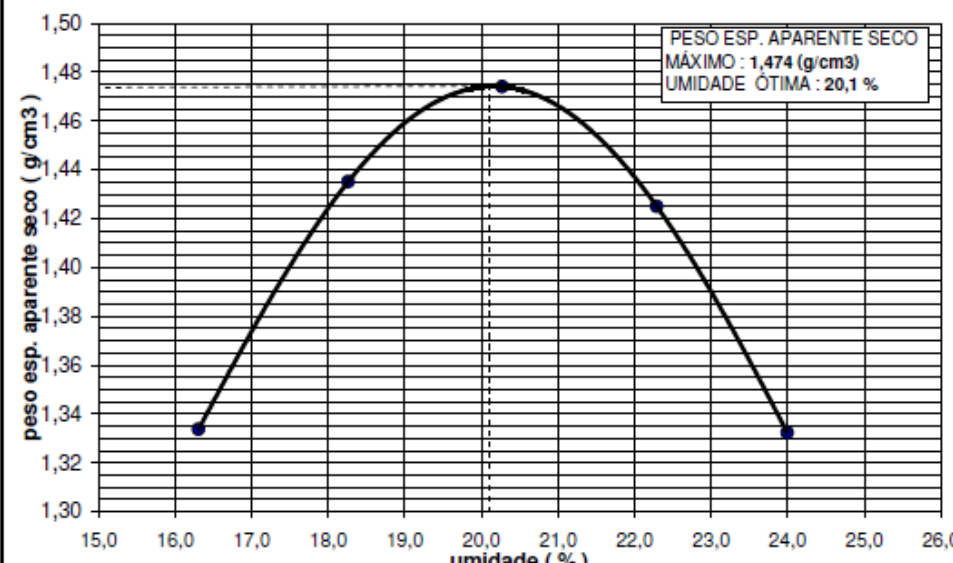


**PESO ESP. APARENTE SECO**  
**MÁXIMO : 1,531 (g/cm³)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 20,3 %**


|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-B ME   | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STB-01  | AMOSTRA:01  | PROF.:0,30-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |         |               |         |                |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------|---------|---------------|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |         |               |         |                |       |       |       |       |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |         | n° de Camadas | 3       | golpes/camadas |       | 26    |       |       |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |         |               |         |                |       |       |       |       |       |
| ENSAIO                          | 1              | 2       | 3             | 4       | 5              |       |       |       |       |       |
| Molde N°                        | 3              | 3       | 3             | 3       | 3              |       |       |       |       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         | 992,73  | 992,73        | 992,73  | 992,73         |       |       |       |       |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        | 2170,00 | 2170,00       | 2170,00 | 2170,00        |       |       |       |       |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3710,00        | 3855,00 | 3930,00       | 3900,00 | 3810,00        |       |       |       |       |       |
| Solo Seco(g)                    | 1324,07        | 1424,79 | 1463,34       | 1414,65 | 1322,63        |       |       |       |       |       |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,334          | 1,435   | 1,474         | 1,425   | 1,332          |       |       |       |       |       |
| Cápsula n°                      | 26             | 32      | 52            | 73      | 25             | 59    | 3     | 29    | 70    | 85    |
| Tara (g)                        | 15,28          | 14,08   | 14,43         | 15,22   | 16,47          | 15,51 | 9,31  | 14,27 | 14,26 | 11,74 |
| P.T.Úmido (g)                   | 66,32          | 69,63   | 64,03         | 60,76   | 60,39          | 58,09 | 59,62 | 67,16 | 69,90 | 67,51 |
| P.T.Seco (g)                    | 59,22          | 61,78   | 56,40         | 53,70   | 53,00          | 50,90 | 50,42 | 57,55 | 59,15 | 56,70 |
| Solo Seco (g)                   | 43,94          | 47,70   | 41,97         | 38,48   | 36,53          | 35,39 | 41,11 | 43,28 | 44,89 | 44,96 |
| Umidade (%)                     | 16,16          | 16,46   | 18,18         | 18,35   | 20,23          | 20,32 | 22,38 | 22,20 | 23,95 | 24,04 |
| h.média (%)                     | 16,3           |         | 18,3          |         | 20,3           |       | 22,3  |       | 24,0  |       |

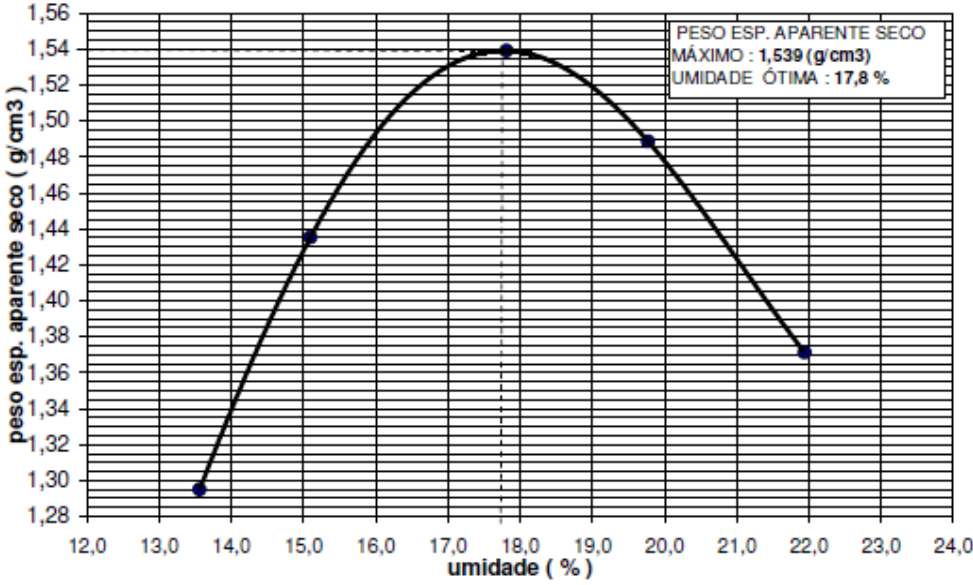


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,474 (g/cm³)  
UMIDADE ÓTIMA : 20,1 %


|   |  |                  |
|---|--|------------------|
|  | CLIENTE: PCE-PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA             |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                             |                  |
| ÁREA: AE-B /ME  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva (MG) |                  |
| SONDAGEM: STB-02  | AMOSTRA:01+02  | PROF.:0,30-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:   | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas | 26      |       |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3630,00        |       | 3810,00       |       | 3970,00 |                | 3940,00 |       | 3830,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1285,65        |       | 1424,88       |       | 1527,85 |                | 1477,84 |       | 1361,34 |       |
| γ <sub>s</sub> (g/cm³)          | 1,295          |       | 1,435         |       | 1,539   |                | 1,489   |       | 1,371   |       |
| Cápsula n°                      | 71             | 73    | 77            | 92    | 3       | 21             | 6       | 1033  | 80      | 88    |
| Tara (g)                        | 14,84          | 15,22 | 14,35         | 16,26 | 9,31    | 14,64          | 10,41   | 15,53 | 15,43   | 17,36 |
| P.T.Úmido (g)                   | 63,75          | 68,30 | 59,53         | 65,57 | 55,23   | 55,40          | 56,30   | 60,88 | 65,55   | 66,96 |
| P.T.Seco (g)                    | 57,92          | 61,95 | 53,96         | 58,72 | 48,42   | 49,12          | 48,75   | 53,37 | 56,62   | 57,95 |
| Solo Seco (g)                   | 43,08          | 46,73 | 39,61         | 42,46 | 39,11   | 34,48          | 38,34   | 37,84 | 41,19   | 40,59 |
| Umidade (%)                     | 13,53          | 13,59 | 14,06         | 16,13 | 17,41   | 18,21          | 19,69   | 19,85 | 21,68   | 22,20 |
| h.média (%)                     | 13,6           |       | 15,1          |       | 17,8    |                | 19,8    |       | 21,9    |       |

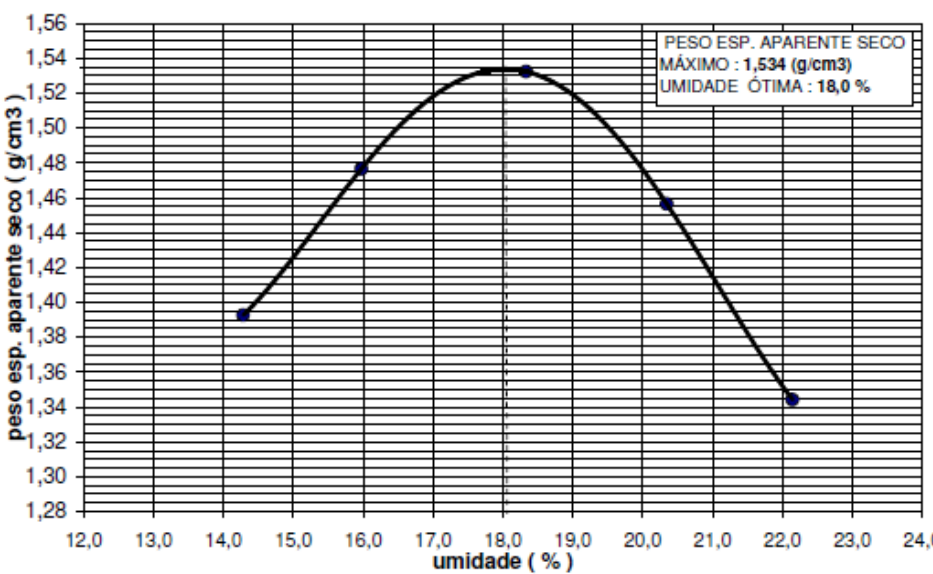



PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,539 (g/cm³)  
UMIDADE ÓTIMA : 17,8 %

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-B M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: PEB-04  | AMOSTRA:01  | PROF.:0,30-2,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|-------|----------------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas |       | 3       |       | golpes/camadas |       | 26      |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |       | 4              |       | 5       |       |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3       |       | 3              |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |       | 992,73         |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |       | 2170,00        |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3750,00        |       | 3870,00       |       | 3970,00 |       | 3910,00        |       | 3800,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1382,52        |       | 1465,81       |       | 1521,12 |       | 1445,84        |       | 1334,48 |       |
| γ <sub>s</sub> (g/cm³)          | 1,393          |       | 1,477         |       | 1,532   |       | 1,456          |       | 1,344   |       |
| Cápsula n°                      | 14             | 45    | 7             | 33    | 58      | 72    | 1              | 83    | 42      | 47    |
| Tara (g)                        | 9,30           | 14,00 | 9,84          | 16,26 | 14,94   | 15,87 | 9,02           | 15,00 | 14,94   | 14,86 |
| P.T.Úmido (g)                   | 56,19          | 68,97 | 52,54         | 71,05 | 66,95   | 80,50 | 62,56          | 85,97 | 78,44   | 70,65 |
| P.T.Seco (g)                    | 50,38          | 62,04 | 46,73         | 63,41 | 58,97   | 70,39 | 53,42          | 74,09 | 66,82   | 60,63 |
| Solo Seco (g)                   | 41,08          | 48,04 | 36,89         | 47,15 | 44,03   | 54,52 | 44,40          | 59,09 | 51,88   | 45,77 |
| Umidade (%)                     | 14,14          | 14,43 | 15,75         | 16,20 | 18,12   | 18,54 | 20,59          | 20,10 | 22,40   | 21,89 |
| h.média (%)                     | 14,3           |       | 16,0          |       | 18,3    |       | 20,3           |       | 22,1    |       |

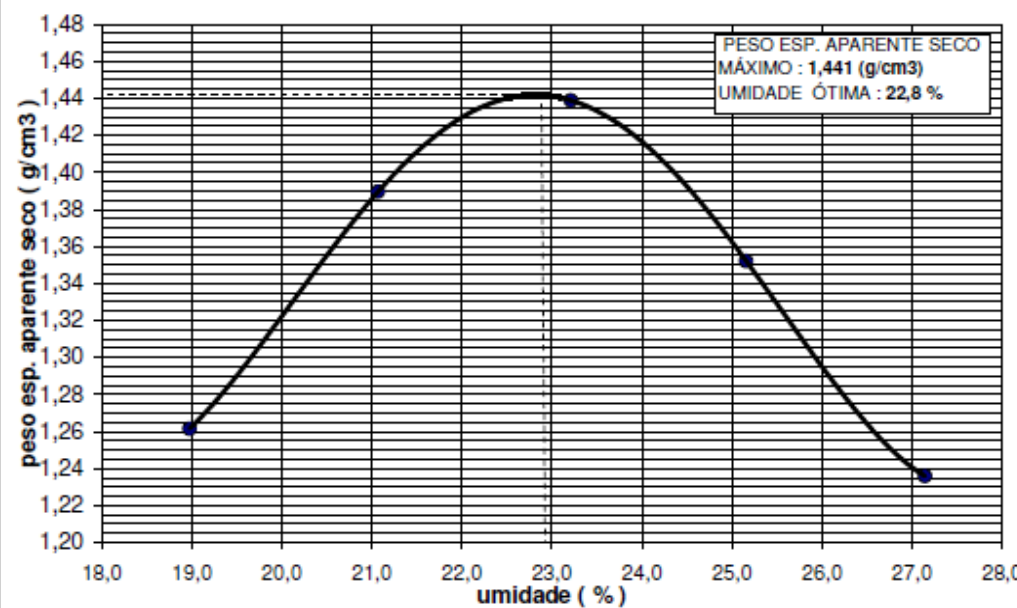
  




|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-B M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: PEB-04  | AMOSTRA:02  | PROF.:2,00-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas |         | 26    |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3660,00        |       | 3840,00       |       | 3930,00 |                | 3850,00 |       | 3730,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1252,35        |       | 1379,37       |       | 1428,44 |                | 1342,29 |       | 1226,96 |       |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,262          |       | 1,389         |       | 1,439   |                | 1,352   |       | 1,236   |       |
| Cápsula n°                      | 19             | 31    | 85            | 1011  | 54      | 82             | 68      | 75    | 4       | 36    |
| Tara (g)                        | 9,74           | 15,84 | 11,74         | 16,15 | 14,88   | 16,71          | 14,40   | 15,56 | 10,09   | 14,89 |
| P.T.Úmido (g)                   | 60,77          | 59,93 | 51,12         | 62,49 | 60,99   | 55,22          | 55,66   | 65,74 | 56,73   | 72,56 |
| P.T.Seco (g)                    | 52,64          | 52,89 | 44,28         | 54,41 | 52,31   | 47,96          | 47,23   | 55,82 | 46,82   | 60,19 |
| Solo Seco (g)                   | 42,90          | 37,05 | 32,54         | 38,26 | 37,43   | 31,25          | 32,83   | 40,26 | 36,73   | 45,30 |
| Umidade (%)                     | 18,95          | 19,00 | 21,02         | 21,12 | 23,19   | 23,23          | 25,68   | 24,64 | 26,98   | 27,31 |
| h.média (%)                     | 19,0           |       | 21,1          |       | 23,2    |                | 25,2    |       | 27,1    |       |

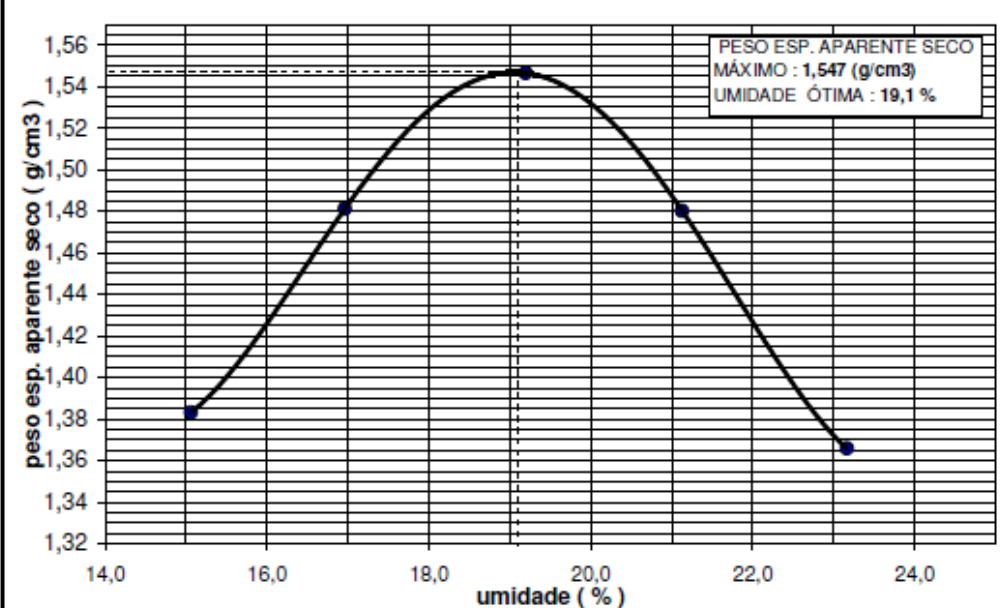


**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,441 (g/cm³)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 22,8 %**


|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-C M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STC-01  | AMOSTRA:01  | PROF.:0,30-1,20m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
|---------------------------------|----------------|-------|---------|---------------|---------|-------|---------|----------------|---------|-------|--|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       |         | n° de Camadas | 3       |       |         | golpes/camadas |         | 26    |  |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |         |               |         |       |         |                |         |       |  |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2       |               | 3       |       | 4       |                | 5       |       |  |
| Molde N°                        | 3              |       | 3       |               | 3       |       | 3       |                | 3       |       |  |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73  |               | 992,73  |       | 992,73  |                | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00 |               | 2170,00 |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                    | 3750,00        |       | 3890,00 |               | 4000,00 |       | 3950,00 |                | 3840,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                    | 1373,19        |       | 1470,55 |               | 1535,32 |       | 1469,54 |                | 1355,96 |       |  |
| γs (g/cm³)                      | 1,383          |       | 1,481   |               | 1,547   |       | 1,480   |                | 1,366   |       |  |
| Cápsula n°                      | 89             | 1020  | 22      | 63            | 85      | 1011  | 80      | 81             | 3       | 48    |  |
| Tara (g)                        | 14,67          | 15,09 | 16,43   | 14,56         | 11,74   | 16,15 | 15,43   | 15,26          | 9,31    | 15,48 |  |
| P.T.Úmido (g)                   | 76,32          | 75,11 | 63,92   | 61,89         | 59,98   | 74,38 | 69,49   | 68,99          | 53,48   | 66,41 |  |
| P.T.Seco (g)                    | 68,42          | 67,09 | 56,82   | 55,24         | 52,19   | 65,03 | 59,90   | 59,78          | 45,22   | 56,78 |  |
| Solo Seco (g)                   | 53,75          | 52,00 | 40,39   | 40,68         | 40,45   | 48,88 | 44,47   | 44,52          | 35,91   | 41,30 |  |
| Umidade (%)                     | 14,70          | 15,42 | 17,58   | 16,35         | 19,26   | 19,13 | 21,57   | 20,69          | 23,00   | 23,32 |  |
| h.média (%)                     | 15,1           |       | 17,0    |               | 19,2    |       | 21,1    |                | 23,2    |       |  |



PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,547 (g/cm3)  
UMIDADE ÓTIMA : 19,1 %

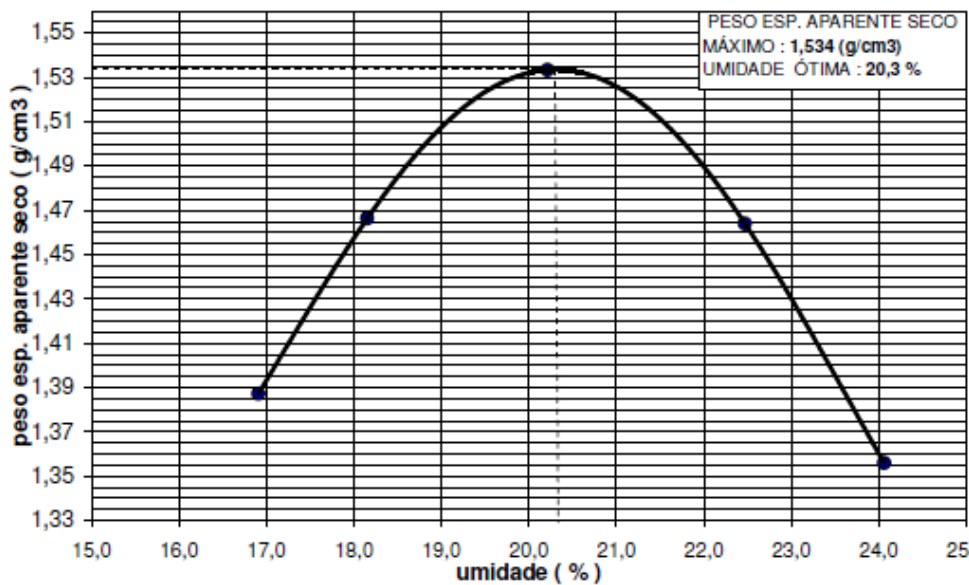
|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-C M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STC-01  | AMOSTRA:02  | PROF.:1,20-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |




| <b>ENSAIO DE COMPACTAÇÃO</b>           |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |  |
|--|----------------|-------|---------------|-------|---------|-------|----------------|-------|---------|-------|--|
| <b>CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO</b>       |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |  |
| Tipo :                                 | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas |       | 3       |       | golpes/camadas |       | 26      |       |  |
| <b>COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA</b> |                |       |               |       |         |       |                |       |         |       |  |
| ENSAIO                                 | 1              |       | 2             |       | 3       |       | 4              |       | 5       |       |  |
| Molde N°                               | 3              |       | 3             |       | 3       |       | 3              |       | 3       |       |  |
| Volume(cm <sup>3</sup> )               | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |       | 992,73         |       | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                            | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |       | 2170,00        |       | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                           | 3780,00        |       | 3890,00       |       | 4000,00 |       | 3950,00        |       | 3840,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                           | 1377,14        |       | 1455,73       |       | 1522,29 |       | 1453,42        |       | 1346,12 |       |  |
| $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )        | 1,387          |       | 1,466         |       | 1,533   |       | 1,464          |       | 1,356   |       |  |
| Cápsula n°                             | 12             | 49    | 15            | 29    | 18      | 23    | 2              | 65    | 40      | 79    |  |
| Tara (g)                               | 8,79           | 13,71 | 10,16         | 14,27 | 9,30    | 14,66 | 13,58          | 13,54 | 14,66   | 14,77 |  |
| P.T.Úmido (g)                          | 55,11          | 70,23 | 53,11         | 58,07 | 52,37   | 64,09 | 59,44          | 60,72 | 66,12   | 67,48 |  |
| P.T.Seco (g)                           | 48,10          | 62,44 | 46,58         | 51,27 | 44,92   | 56,02 | 51,02          | 52,07 | 56,04   | 57,36 |  |
| Solo Seco (g)                          | 39,31          | 48,73 | 36,42         | 37,00 | 35,62   | 41,36 | 37,44          | 38,53 | 41,38   | 42,59 |  |
| Umidade (%)                            | 17,83          | 15,99 | 17,93         | 18,38 | 20,92   | 19,51 | 22,49          | 22,45 | 24,36   | 23,76 |  |
| h.média (%)                            | 16,9           |       | 18,2          |       | 20,2    |       | 22,5           |       | 24,1    |       |  |

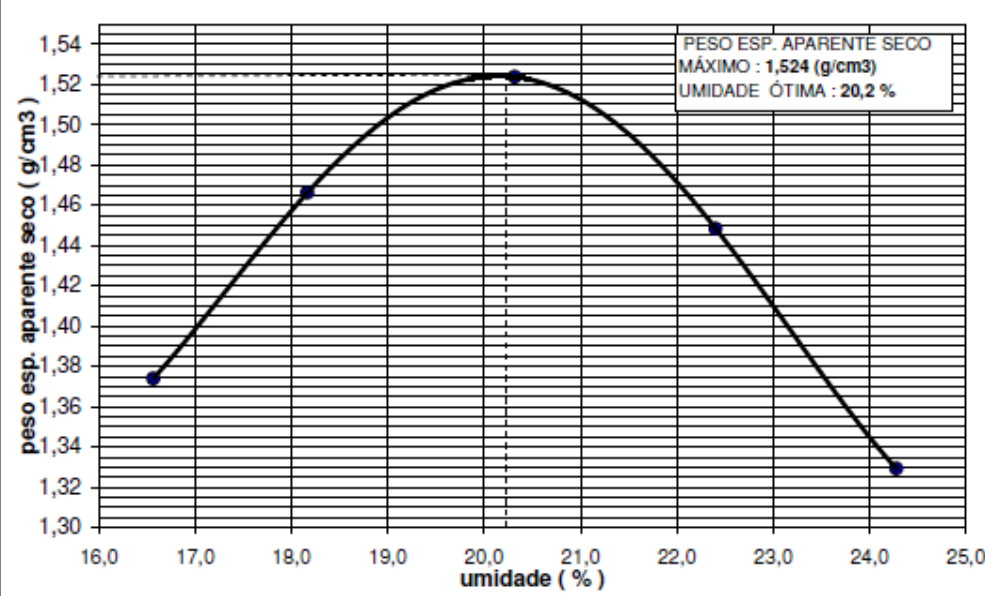
PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,534 (g/cm<sup>3</sup>)  
UMIDADE ÓTIMA : 20,3 %




|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-C M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STC-02  | AMOSTRA:01  | PROF.:0,30-4,50m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |               |         |                |         |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |               |         |                |         |       |       |       |       |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL | n° de Camadas | 3       | golpes/camadas | 26      |       |       |       |       |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |               |         |                |         |       |       |       |       |       |
| ENSAIO                          | 1              | 2             | 3       | 4              | 5       |       |       |       |       |       |
| Molde N°                        | 3              | 3             | 3       | 3              | 3       |       |       |       |       |       |
| Volume(cm <sup>3</sup> )        | 992,73         | 992,73        | 992,73  | 992,73         | 992,73  |       |       |       |       |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        | 2170,00       | 2170,00 | 2170,00        | 2170,00 |       |       |       |       |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3760,00        | 3890,00       | 3990,00 | 3930,00        | 3810,00 |       |       |       |       |       |
| Solo Seco(g)                    | 1364,02        | 1455,57       | 1512,66 | 1437,85        | 1319,62 |       |       |       |       |       |
| $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,374          | 1,466         | 1,524   | 1,448          | 1,329   |       |       |       |       |       |
| Cápsula n°                      | 77             | 92            | 35      | 59             | 44      | 53    | 75    | 82    | 16    | 39    |
| Tara (g)                        | 14,35          | 16,26         | 15,31   | 15,51          | 14,48   | 14,59 | 15,56 | 16,71 | 9,86  | 14,94 |
| P.T.Úmido (g)                   | 52,82          | 71,05         | 67,58   | 59,84          | 65,90   | 57,46 | 66,35 | 74,04 | 49,63 | 65,44 |
| P.T.Seco (g)                    | 47,25          | 63,41         | 59,55   | 53,02          | 57,29   | 50,16 | 57,05 | 63,55 | 41,88 | 55,55 |
| Solo Seco (g)                   | 32,90          | 47,15         | 44,24   | 37,51          | 42,81   | 35,57 | 41,49 | 46,84 | 32,02 | 40,61 |
| Umidade (%)                     | 16,93          | 16,20         | 18,15   | 18,18          | 20,11   | 20,52 | 22,42 | 22,40 | 24,20 | 24,35 |
| h.média (%)                     | 16,6           |               | 18,2    |                | 20,3    |       | 22,4  |       | 24,3  |       |

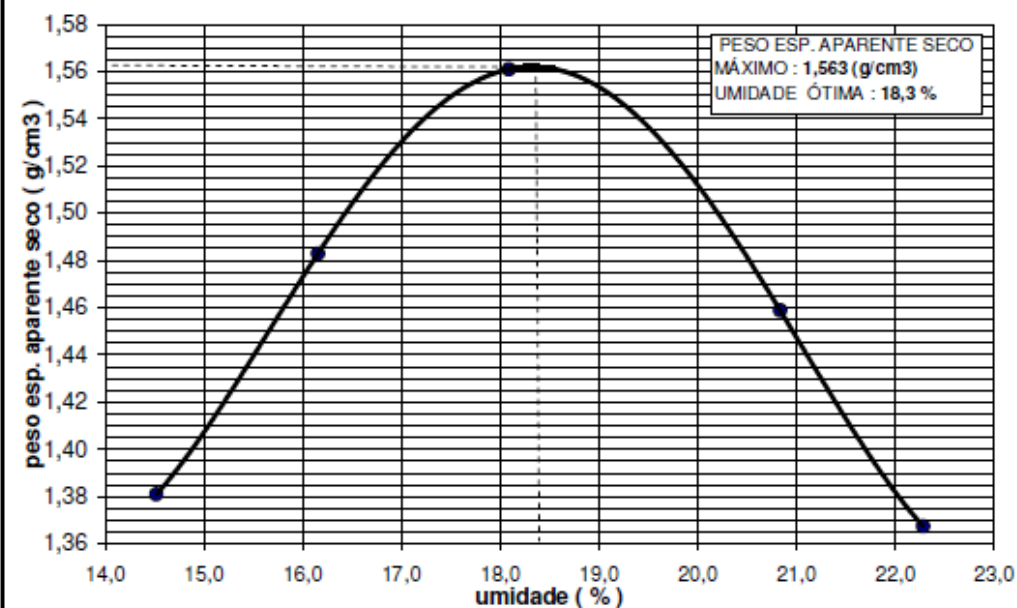


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,524 (g/cm<sup>3</sup>)  
UMIDADE ÓTIMA : 20,2 %


|   |   |
|---|---|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I - EIXO DE BARRAGEM         |
| ÁREA: AE-C M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |
| SONDAGEM: PEC-05  | AMOSTRA:01  |
|   | PROF.:0,30-2,50m  |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO: _____  |
|   | APROV.: _____   |

| <b>ENSAIO DE COMPACTAÇÃO</b>           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|--|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO</b>       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                                 | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas |         | 26    |         |       |
| <b>COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA</b> |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                                 | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                               | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                            | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                            | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                           | 3740,00        |       | 3880,00       |       | 4000,00 |                | 3920,00 |       | 3830,00 |       |
| Solo Seco(g)                           | 1370,93        |       | 1472,16       |       | 1549,67 |                | 1448,25 |       | 1357,50 |       |
| γ <sub>s</sub> (g/cm³)                 | 1,381          |       | 1,483         |       | 1,561   |                | 1,459   |       | 1,367   |       |
| Cápsula n°                             | 4              | 54    | 90            | 94    | 36      | 68             | 31      | 71    | 61      | 1033  |
| Tara (g)                               | 10,09          | 14,88 | 14,48         | 16,23 | 14,89   | 14,40          | 15,84   | 14,84 | 14,10   | 15,53 |
| P.T.Úmido (g)                          | 62,74          | 65,95 | 63,71         | 65,93 | 65,37   | 62,36          | 65,95   | 57,43 | 68,29   | 75,33 |
| P.T.Seco (g)                           | 56,10          | 59,44 | 57,03         | 58,85 | 57,63   | 55,02          | 57,40   | 50,01 | 58,49   | 64,35 |
| Solo Seco (g)                          | 46,01          | 44,56 | 42,55         | 42,62 | 42,74   | 40,62          | 41,56   | 35,17 | 44,39   | 48,82 |
| Umidade (%)                            | 14,43          | 14,61 | 15,70         | 16,61 | 18,11   | 18,07          | 20,57   | 21,10 | 22,08   | 22,49 |
| h.média (%)                            | 14,5           |       | 16,2          |       | 18,1    |                | 20,8    |       | 22,3    |       |

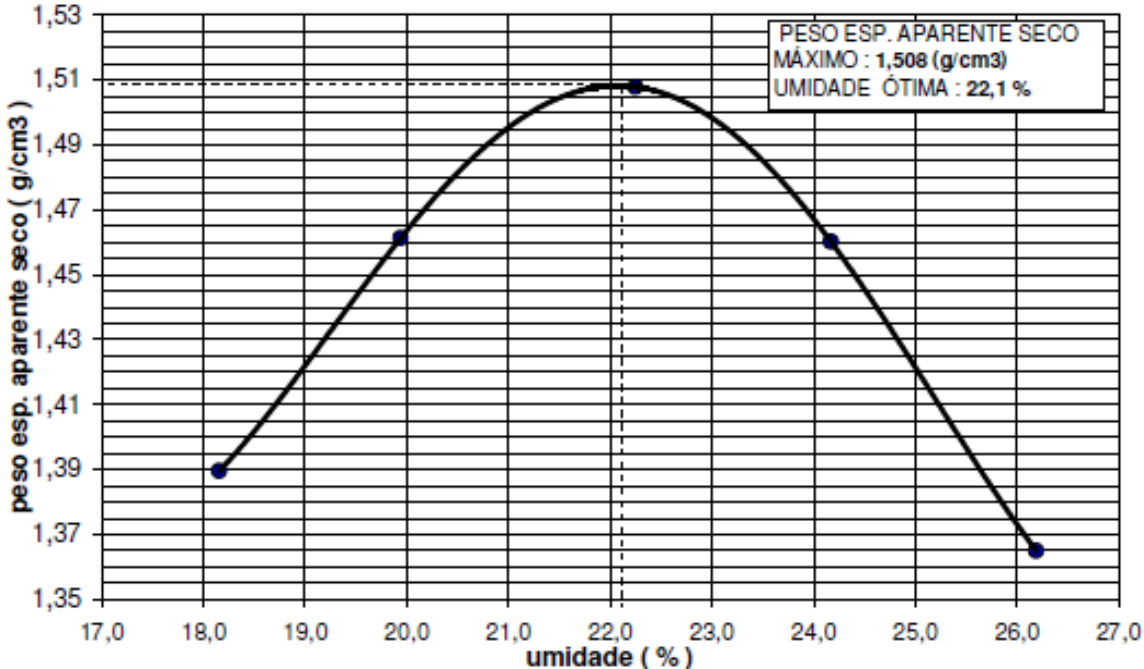


**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,563 (g/cm³)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 18,3 %**


|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I - EIXO DE BARRAGEM         |                  |
| ÁREA: AE-C M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: PEC-05  | AMOSTRA:02  | PROF.:2,50-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |  |
|---------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|--|
| ENSAIO                          | 1       |       | 2       |       | 3       |       | 4       |       | 5       |       |  |
| Molde N <sup>o</sup>            | 3       |       | 3       |       | 3       |       | 3       |       | 3       |       |  |
| Volume(cm <sup>3</sup> )        | 992,73  |       | 992,73  |       | 992,73  |       | 992,73  |       | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                     | 2170,00 |       | 2170,00 |       | 2170,00 |       | 2170,00 |       | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                    | 3800,00 |       | 3910,00 |       | 4000,00 |       | 3970,00 |       | 3880,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                    | 1379,54 |       | 1450,72 |       | 1496,95 |       | 1449,64 |       | 1355,12 |       |  |
| $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,390   |       | 1,461   |       | 1,508   |       | 1,460   |       | 1,365   |       |  |
| Cápsula n <sup>o</sup>          | 2       | 63    | 19      | 31    | 4       | 36    | 6       | 21    | 28      | 67    |  |
| Tara (g)                        | 13,58   | 14,56 | 9,74    | 15,84 | 10,09   | 14,89 | 10,41   | 14,64 | 14,54   | 15,08 |  |
| P.T.Úmido (g)                   | 60,70   | 71,72 | 60,77   | 57,32 | 52,85   | 58,18 | 52,37   | 55,64 | 59,11   | 64,09 |  |
| P.T.Seco (g)                    | 53,49   | 62,90 | 52,34   | 50,38 | 45,02   | 50,35 | 44,06   | 47,80 | 49,85   | 53,93 |  |
| Solo Seco (g)                   | 39,91   | 48,34 | 42,60   | 34,54 | 34,93   | 35,46 | 33,65   | 33,16 | 35,31   | 38,85 |  |
| Umidade (%)                     | 18,07   | 18,25 | 19,79   | 20,09 | 22,42   | 22,08 | 24,70   | 23,64 | 26,22   | 26,15 |  |
| h.média (%)                     | 18,2    |       | 19,9    |       | 22,2    |       | 24,2    |       | 26,2    |       |  |

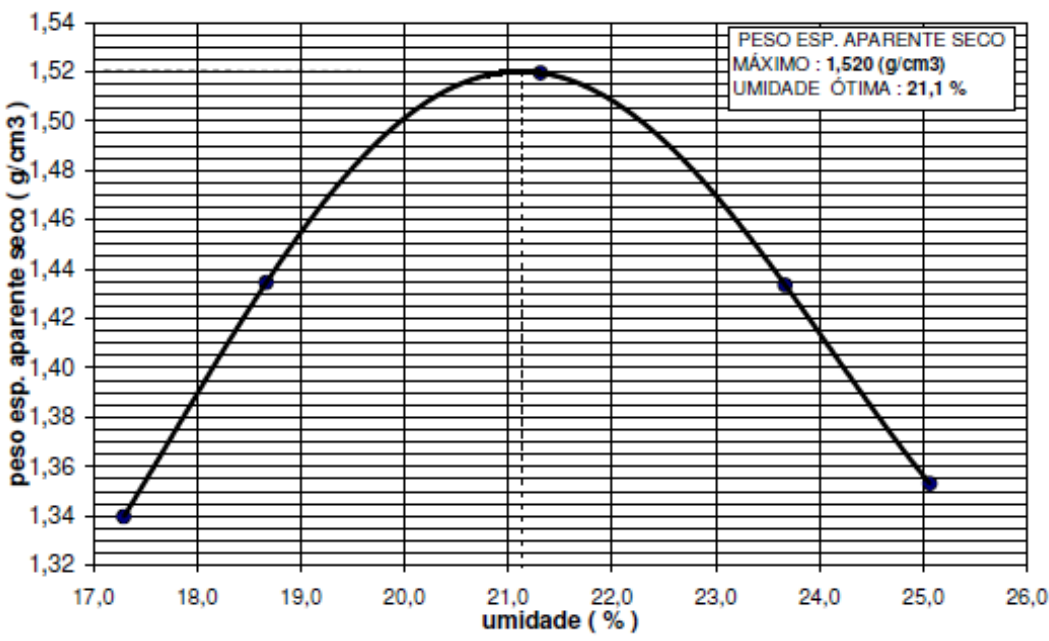


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,508 (g/cm<sup>3</sup>)  
UMIDADE ÓTIMA : 22,1 %


|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE-PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                             |                   |
| ÁREA: AE-E M/D  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva (MG) |                   |
| SONDAGEM: STE-01  | AMOSTRA: 01+02   | PROF.: 0,30-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:   | APROV.:           |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO               |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|-------------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                              | PROCTOR NORMAL |       | nº de Camadas | 3     |         | golpes/camadas | 26      |       |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA     |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                              | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde Nº                            | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm <sup>3</sup> )            | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                         | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                        | 3730,00        |       | 3860,00       |       | 4000,00 |                | 3930,00 |       | 3850,00 |       |
| Solo Seco(g)                        | 1329,96        |       | 1424,13       |       | 1508,50 |                | 1423,13 |       | 1343,31 |       |
| γ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,340          |       | 1,435         |       | 1,520   |                | 1,434   |       | 1,353   |       |
| Cápsula nº                          | 35             | 50    | 54            | 82    | 68      | 75             | 44      | 59    | 53      | 63    |
| Tara (g)                            | 15,31          | 16,54 | 14,88         | 16,71 | 14,40   | 15,56          | 14,80   | 15,51 | 14,59   | 14,56 |
| P.T.Úmido (g)                       | 64,45          | 73,24 | 61,53         | 59,08 | 60,09   | 58,10          | 58,36   | 61,34 | 72,14   | 60,82 |
| P.T.Seco (g)                        | 57,29          | 64,78 | 54,24         | 52,37 | 52,07   | 50,62          | 50,03   | 52,56 | 60,58   | 51,57 |
| Solo Seco (g)                       | 41,98          | 48,24 | 39,36         | 35,66 | 37,67   | 35,06          | 35,23   | 37,05 | 45,99   | 37,01 |
| Umidade (%)                         | 17,06          | 17,54 | 18,52         | 18,82 | 21,29   | 21,33          | 23,64   | 23,70 | 25,14   | 24,99 |
| h.média (%)                         | 17,3           |       | 18,7          |       | 21,3    |                | 23,7    |       | 25,1    |       |

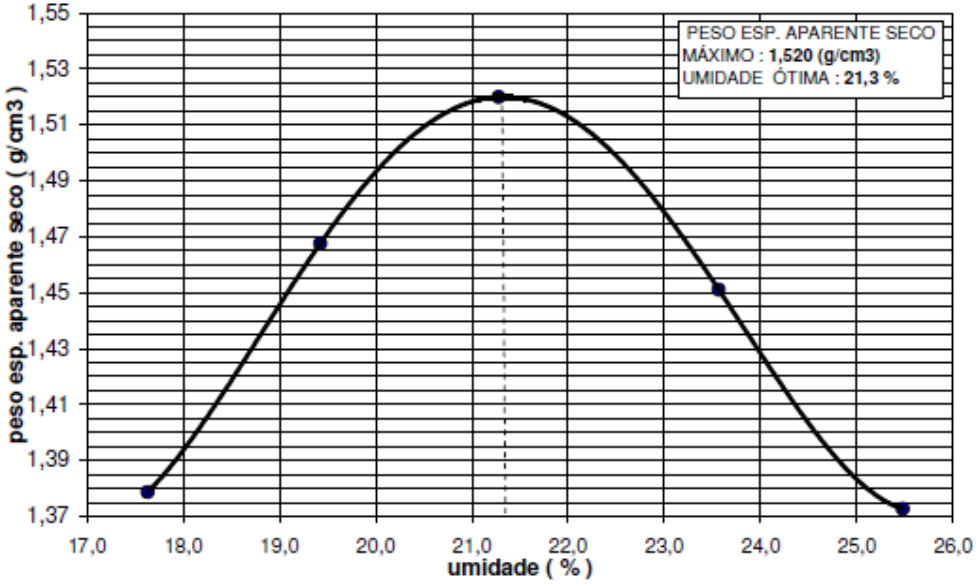


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,520 (g/cm<sup>3</sup>)  
UMIDADE ÓTIMA : 21,1 %


|   |  |
|---|--|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA<br>OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I |
| ÁREA: AE-F M/D  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG)                                  |
| SONDAGEM: STF-01  | AMOSTRA: 01+02   |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | PROF.: 0,30-5,00m  |
| VISTO:  | APROV.:  |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |         |               |         |       |                |       |         |       |  |
|---------------------------------|----------------|-------|---------|---------------|---------|-------|----------------|-------|---------|-------|--|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |         |               |         |       |                |       |         |       |  |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       |         | n° de Camadas | 3       |       | golpes/camadas |       | 26      |       |  |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |         |               |         |       |                |       |         |       |  |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2       |               | 3       |       | 4              |       | 5       |       |  |
| Molde N°                        | 3              |       | 3       |               | 3       |       | 3              |       | 3       |       |  |
| Volume(cm <sup>3</sup> )        | 992,73         |       | 992,73  |               | 992,73  |       | 992,73         |       | 992,73  |       |  |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00 |               | 2170,00 |       | 2170,00        |       | 2170,00 |       |  |
| P.T.Úmido(g)                    | 3780,00        |       | 3910,00 |               | 4000,00 |       | 3950,00        |       | 3880,00 |       |  |
| Solo Seco(g)                    | 1368,69        |       | 1456,97 |               | 1508,92 |       | 1440,54        |       | 1362,81 |       |  |
| $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,379          |       | 1,468   |               | 1,520   |       | 1,451          |       | 1,373   |       |  |
| Cápsula n°                      | 34             | 87    | 28      | 67            | 6       | 21    | 4              | 36    | 19      | 31    |  |
| Tara (g)                        | 15,04          | 15,21 | 14,54   | 15,08         | 10,41   | 14,64 | 10,09          | 14,89 | 9,74    | 15,84 |  |
| P.T.Úmido (g)                   | 67,87          | 63,14 | 52,77   | 57,47         | 57,14   | 60,98 | 59,95          | 70,82 | 73,63   | 70,94 |  |
| P.T.Seco (g)                    | 59,86          | 56,04 | 46,52   | 50,61         | 48,89   | 52,90 | 50,40          | 60,20 | 60,65   | 59,76 |  |
| Solo Seco (g)                   | 44,82          | 40,83 | 31,98   | 35,53         | 38,48   | 38,26 | 40,31          | 45,31 | 50,91   | 43,92 |  |
| Umidade (%)                     | 17,87          | 17,39 | 19,54   | 19,31         | 21,44   | 21,12 | 23,69          | 23,44 | 25,50   | 25,46 |  |
| h.média (%)                     | 17,6           |       | 19,4    |               | 21,3    |       | 23,6           |       | 25,5    |       |  |

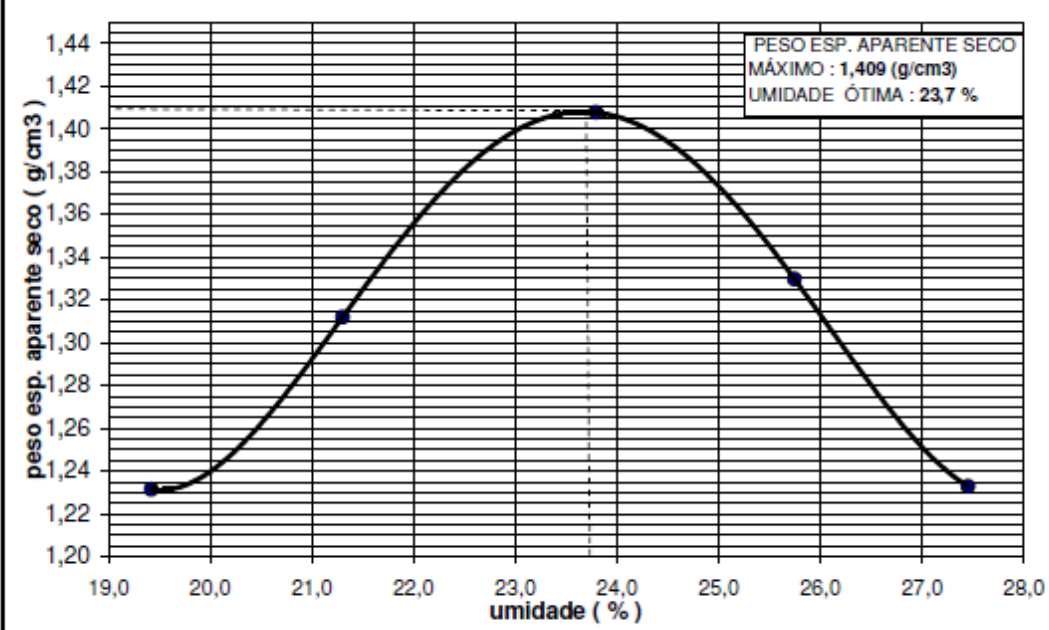


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,520 (g/cm<sup>3</sup>)  
UMIDADE ÓTIMA : 21,3 %


|   |   |
|---|---|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |
| ÁREA: AE-F M/D  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |
| SONDAGEM: STF-03  | AMOSTRA:01+02   |
|   | PROF.:0,35-5,00m  |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO: APROV.:  |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |                |       |         |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |                |       |         |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     | golpes/camadas | 26    |         |       |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |                |       |         |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3              |       | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                        | 3              |       | 3             |       | 3              |       | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                     | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73         |       | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00        |       | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3630,00        |       | 3750,00       |       | 3900,00        |       | 3830,00 |       | 3730,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1222,55        |       | 1302,51       |       | 1397,46        |       | 1320,11 |       | 1223,98 |       |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,232          |       | 1,312         |       | 1,408          |       | 1,330   |       | 1,233   |       |
| Cápsula n°                      | 75             | 82    | 89            | 1020  | 77             | 92    | 3       | 6     | 21      | 48    |
| Tara (g)                        | 15,56          | 16,71 | 14,67         | 15,09 | 14,35          | 16,26 | 9,31    | 10,47 | 14,64   | 15,48 |
| P.T.Úmido (g)                   | 64,33          | 65,58 | 66,01         | 66,70 | 58,34          | 59,21 | 56,82   | 53,95 | 69,54   | 53,64 |
| P.T.Seco (g)                    | 56,41          | 57,62 | 58,91         | 57,72 | 49,94          | 50,90 | 46,97   | 45,16 | 57,73   | 45,41 |
| Solo Seco (g)                   | 40,85          | 40,91 | 42,24         | 42,63 | 35,59          | 34,64 | 37,66   | 34,69 | 43,09   | 29,93 |
| Umidade (%)                     | 19,39          | 19,46 | 21,54         | 21,06 | 23,60          | 23,99 | 26,16   | 25,34 | 27,41   | 27,50 |
| h.média (%)                     | 19,4           |       | 21,3          |       | 23,8           |       | 25,7    |       | 27,5    |       |

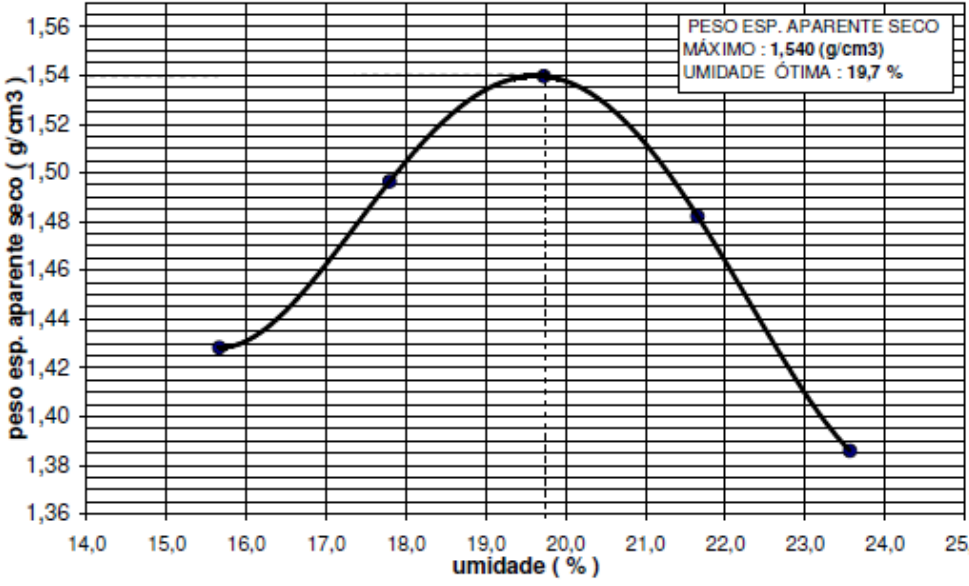


PESO ESP. APARENTE SECO  
MÁXIMO : 1,409 (g/cm³)  
UMIDADE ÓTIMA : 23,7 %


|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                   |
| ÁREA: AE-G M/D  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                   |
| SONDAGEM: STG-02  | AMOSTRA:02  | PROF.: 2,00-3,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:           |

| <b>ENSAIO DE COMPACTAÇÃO</b>           |         |                |               |       |         |                |         |       |         |       |
|--|---------|----------------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO</b>       |         |                |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                                 |         | PROCTOR NORMAL | n° de Camadas |       | 3       | golpes/camadas |         | 26    |         |       |
| <b>COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA</b> |         |                |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                                 | 1       |                | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                               | 3       |                | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm³)                            | 992,73  |                | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                            | 2170,00 |                | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                           | 3810,00 |                | 3920,00       |       | 4000,00 |                | 3960,00 |       | 3870,00 |       |
| Solo Seco(g)                           | 1417,94 |                | 1485,62       |       | 1528,46 |                | 1471,40 |       | 1375,81 |       |
| $\gamma_s$ (g/cm³)                     | 1,428   |                | 1,497         |       | 1,540   |                | 1,482   |       | 1,386   |       |
| Cápsula n°                             | 93      | 94             | 54            | 1017  | 61      | 74             | 1006    | 1036  | 11      | 17    |
| Tara (g)                               | 16,24   | 16,23          | 14,88         | 14,13 | 14,10   | 14,63          | 13,46   | 16,03 | 10,13   | 9,86  |
| P.T.Úmido (g)                          | 67,74   | 73,42          | 80,96         | 80,83 | 62,85   | 56,43          | 65,70   | 69,13 | 57,43   | 55,69 |
| P.T.Seco (g)                           | 60,89   | 65,54          | 71,08         | 70,65 | 54,82   | 49,54          | 56,47   | 59,61 | 48,41   | 46,95 |
| Solo Seco (g)                          | 44,65   | 49,31          | 56,20         | 56,52 | 40,72   | 34,91          | 43,01   | 43,58 | 38,28   | 37,09 |
| Umidade (%)                            | 15,34   | 15,98          | 17,58         | 18,01 | 19,72   | 19,74          | 21,46   | 21,84 | 23,56   | 23,56 |
| h.média (%)                            | 15,7    |                | 17,8          |       | 19,7    |                | 21,7    |       | 23,6    |       |



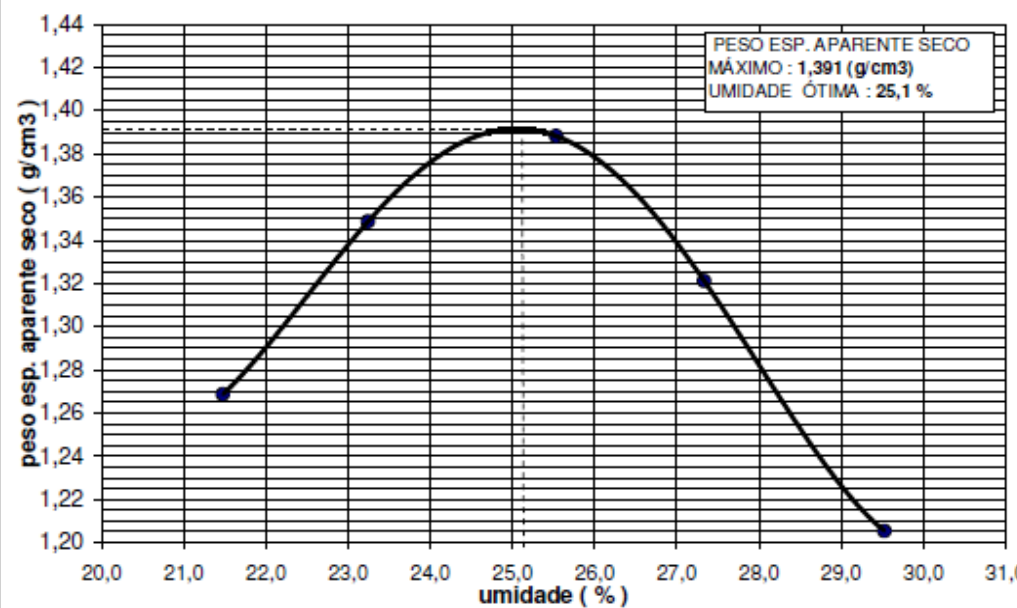
**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,540 (g/cm³)  
UMIDADE ÓTIMA : 19,7 %**

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE-PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                             |                   |
| ÁREA: AE-H M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva (MG) |                   |
| SONDAGEM: STH-02  | AMOSTRA: 01+02   | PROF.: 0,30-5,50m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:   | APROV.:           |




| <b>ENSAIO DE COMPACTAÇÃO</b>           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|--|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO</b>       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                                 | PROCTOR NORMAL |       | n° de Camadas | 3     |         | golpes/camadas |         | 26    |         |       |
| <b>COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA</b> |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                                 | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N°                               | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm <sup>3</sup> )               | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                            | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                           | 3700,00        |       | 3820,00       |       | 3900,00 |                | 3840,00 |       | 3720,00 |       |
| Solo Seco(g)                           | 1259,50        |       | 1338,83       |       | 1378,15 |                | 1311,52 |       | 1196,66 |       |
| γs (g/cm <sup>3</sup> )                | 1,269          |       | 1,349         |       | 1,388   |                | 1,321   |       | 1,205   |       |
| Cápsula n°                             | 24             | 70    | 48            | 52    | 38      | 93             | 1000    | 1007  | 61      | 74    |
| Tara (g)                               | 14,99          | 14,26 | 15,48         | 14,43 | 14,19   | 16,24          | 15,34   | 15,65 | 14,10   | 14,63 |
| P.T.Úmido (g)                          | 71,32          | 62,60 | 64,59         | 53,14 | 56,51   | 61,31          | 63,46   | 55,20 | 62,40   | 61,70 |
| P.T.Seco (g)                           | 61,18          | 54,21 | 55,09         | 46,03 | 48,01   | 52,03          | 53,07   | 46,76 | 51,42   | 50,94 |
| Solo Seco (g)                          | 46,19          | 39,95 | 39,61         | 31,60 | 33,82   | 35,79          | 37,73   | 31,11 | 37,32   | 36,31 |
| Umidade (%)                            | 21,95          | 21,00 | 23,98         | 22,50 | 25,13   | 25,93          | 27,54   | 27,13 | 29,42   | 29,63 |
| h.média (%)                            | 21,5           |       | 23,2          |       | 25,5    |                | 27,3    |       | 29,5    |       |

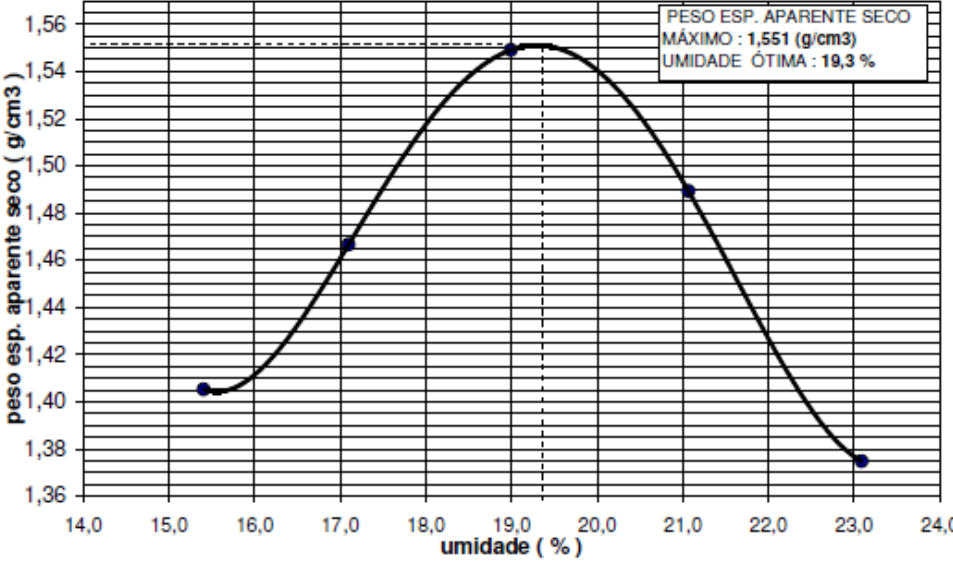


**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,391 (g/cm<sup>3</sup>)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 25,1 %**


|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                            |                  |
| ÁREA: AE-H M/E  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: STH-03  | AMOSTRA:01  | PROF.:0,20-5,00m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |         |                |         |       |               |       |         |       |                |       |    |
|---------------------------------|---------|----------------|---------|-------|---------------|-------|---------|-------|----------------|-------|----|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |         |                |         |       |               |       |         |       |                |       |    |
| Tipo :                          |         | PROCTOR NORMAL |         |       | n° de Camadas |       | 3       |       | golpes/camadas |       | 26 |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |         |                |         |       |               |       |         |       |                |       |    |
| ENSAIO                          | 1       |                | 2       |       | 3             |       | 4       |       | 5              |       |    |
| Molde N°                        | 3       |                | 3       |       | 3             |       | 3       |       | 3              |       |    |
| Volume(cm³)                     | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73        |       | 992,73  |       | 992,73         |       |    |
| P. molde(g)                     | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00       |       | 2170,00 |       | 2170,00        |       |    |
| P.T.Úmido(g)                    | 3780,00 |                | 3875,00 |       | 4000,00       |       | 3960,00 |       | 3850,00        |       |    |
| Solo Seco(g)                    | 1395,08 |                | 1456,02 |       | 1537,88       |       | 1478,54 |       | 1364,86        |       |    |
| $\gamma_s$ (g/cm³)              | 1,405   |                | 1,467   |       | 1,549         |       | 1,489   |       | 1,375          |       |    |
| Cápsula n°                      | 44      | 68             | 71      | 75    | 35            | 50    | 53      | 82    | 34             | 87    |    |
| Tara (g)                        | 14,48   | 14,40          | 14,84   | 15,56 | 15,31         | 16,54 | 14,59   | 16,71 | 15,04          | 15,21 |    |
| P.T.Úmido (g)                   | 65,33   | 69,23          | 60,81   | 59,09 | 52,30         | 55,92 | 68,32   | 70,91 | 72,04          | 71,60 |    |
| P.T.Seco (g)                    | 58,45   | 62,01          | 54,09   | 52,74 | 46,38         | 49,65 | 59,09   | 61,36 | 61,34          | 61,03 |    |
| Solo Seco (g)                   | 43,97   | 47,61          | 39,25   | 37,18 | 31,07         | 33,11 | 44,50   | 44,65 | 46,30          | 45,82 |    |
| Umidade (%)                     | 15,65   | 15,16          | 17,12   | 17,08 | 19,05         | 18,94 | 20,74   | 21,39 | 23,11          | 23,07 |    |
| h.média (%)                     | 15,4    |                | 17,1    |       | 19,0          |       | 21,1    |       | 23,1           |       |    |

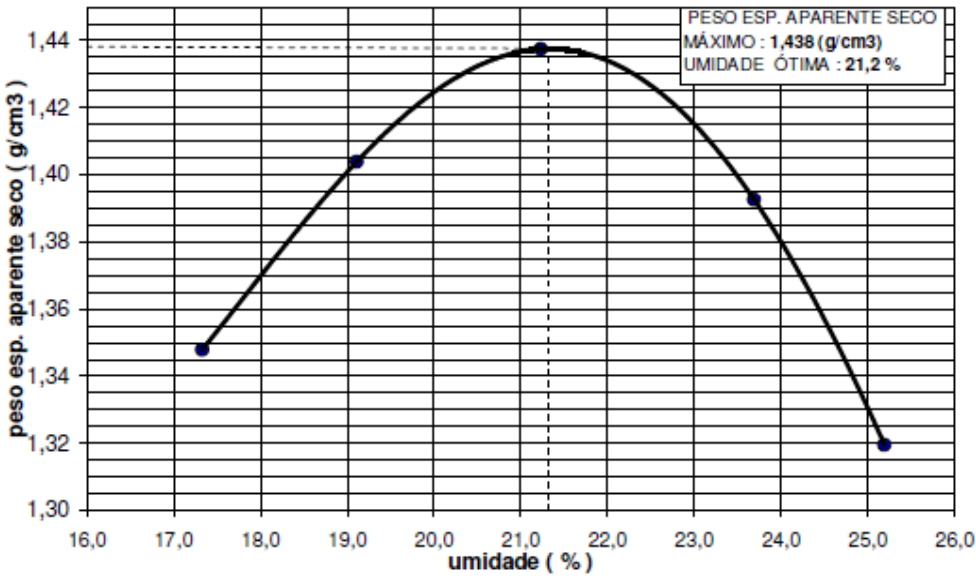


PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,551 (g/cm³)  
 UMIDADE ÓTIMA : 19,3 %


|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
|  | CLIENTE: PCE-PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA             |                   |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I (FUNDAÇÃO)                  |                   |
| ÁREA: AE-I ( DIQUE )  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva (MG) |                   |
| SONDAGEM: STI-03  | AMOSTRA: 01+02   | PROF.: 0,30-6,70m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:   | APROV.:           |


| ENSAIO DE COMPACTAÇÃO           |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|-------|
| CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO       |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| Tipo :                          | PROCTOR NORMAL |       | nº de Camadas | 3     |         | golpes/camadas | 26      |       |         |       |
| COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA |                |       |               |       |         |                |         |       |         |       |
| ENSAIO                          | 1              |       | 2             |       | 3       |                | 4       |       | 5       |       |
| Molde N <sup>o</sup>            | 3              |       | 3             |       | 3       |                | 3       |       | 3       |       |
| Volume(cm <sup>3</sup> )        | 992,73         |       | 992,73        |       | 992,73  |                | 992,73  |       | 992,73  |       |
| P. molde(g)                     | 2170,00        |       | 2170,00       |       | 2170,00 |                | 2170,00 |       | 2170,00 |       |
| P.T.Úmido(g)                    | 3740,00        |       | 3830,00       |       | 3900,00 |                | 3880,00 |       | 3810,00 |       |
| Solo Seco(g)                    | 1338,12        |       | 1393,69       |       | 1427,02 |                | 1382,51 |       | 1310,00 |       |
| $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,348          |       | 1,404         |       | 1,437   |                | 1,393   |       | 1,320   |       |
| Cápsula n <sup>o</sup>          | 24             | 73    | 38            | 70    | 6       | 19             | 74      | 93    | 21      | 52    |
| Tara (g)                        | 14,99          | 15,22 | 14,19         | 14,26 | 10,41   | 9,74           | 14,63   | 16,24 | 14,64   | 14,43 |
| P.T.Úmido (g)                   | 68,41          | 64,42 | 63,99         | 64,70 | 49,46   | 47,14          | 68,97   | 68,42 | 55,99   | 57,25 |
| P.T.Seco (g)                    | 60,47          | 57,20 | 55,91         | 56,70 | 42,59   | 40,62          | 58,57   | 58,42 | 47,80   | 48,50 |
| Solo Seco (g)                   | 45,48          | 41,98 | 41,72         | 42,44 | 32,18   | 30,88          | 43,94   | 42,18 | 33,16   | 34,07 |
| Umidade (%)                     | 17,46          | 17,20 | 19,37         | 18,85 | 21,35   | 21,11          | 23,67   | 23,71 | 24,70   | 25,68 |
| h.média (%)                     | 17,3           |       | 19,1          |       | 21,2    |                | 23,7    |       | 25,2    |       |




**PESO ESP. APARENTE SECO MÁXIMO : 1,438 (g/cm<sup>3</sup>)**  
**UMIDADE ÓTIMA : 21,2 %**

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
|  | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE ENGENHARIA LTDA          |                  |
|   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I - EIXO DE BARRAGEM         |                  |
| ÁREA: FUNDAÇÃO  | LOCAL: Rio Paraíba do Sul (RJ-MG), Município de Estrela Dalva(MG) |                  |
| SONDAGEM: PI-01   | AMOSTRA:02  | PROF.:3,00-3,40m |
| PREFIXO: RJ - 595 T   | VISTO:  | APROV.:          |

| ENSAIO DE PERMEABILIDADE - CARGA VARIÁVEL   |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
|---|--------|---|-------------------------------|---------|------------------|--|--------|-------------------|----------|-------------------|-------|--|
| <b>PERMEÂMETRO</b>  |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| N° 3  |        |   | ALTURA (cm): 12,8             |         |                  | DIÂMETRO (cm): 10,10   |        |                   |          |                   |       |  |
| ÁREA (cm²): 80,12   |        |   | VOLUME (cm³): 992,73          |         |                  | ÁREA DA BURETA (cm²): 0,126  |        |                   |          |                   |       |  |
| <b>DADOS DA AMOSTRA</b>   |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| PESO DO SOLO ÚMIDO (g): 1,750   |        |   | UMIDADE MÉDIA ANTES (%): 23,0 |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| PESO ESPECÍFICO UMIDO (g/cm³): 1,763  |        |   | SATURAÇÃO ANTES (%): 76       |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| PESO ESPECÍFICO SECO (g/cm³): 1,433   |        |   | DENSIDADE DOS GRÃOS: 2,541    |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| CLASSIFICAÇÃO: ARGILA SILTOSA COM AREIA DE FINA A GROSSA, VERMELHO ESCURO.  |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| DETERM.   | L (cm) | Δt (seg)  | h0 (cm)                       | h1 (cm) | h0/h1            | Log h0/h1  | t (°c) | Kt °C (cm/seg.)   | CORREÇÃO | K 20 °C (cm/seg.) | e     |  |
| 1   | 12,8   | 4200  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,61E-07          | 0,910    | 4,19E-07          | 0,773 |  |
| 2   | 12,8   | 4200  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,61E-07          | 0,910    | 4,19E-07          | 0,773 |  |
| 3   | 12,8   | 4220  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,58E-07          | 0,910    | 4,17E-07          | 0,773 |  |
| 4   | 12,8   | 4200  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,61E-07          | 0,910    | 4,19E-07          | 0,773 |  |
| 5   | 12,8   | 4210  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,6E-07           | 0,910    | 4,18E-07          | 0,773 |  |
| 6   | 12,8   | 4210  | 32,70                         | 29,70   | 1,10101          | 0,04179  | 24     | 4,6E-07           | 0,910    | 4,18E-07          | 0,773 |  |
|   |        |   |                               |         |                  |  |        |                   | MÉDIA    | 4,19E-07          | 0,773 |  |
| <b>MÉTODO B</b>   |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| $K_t = \frac{aL}{A(t_1 - t_0)} \quad \text{Log} \frac{h_0}{h_1}$  |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| a = área da bureta<br>L = comprimento da amostra<br>A = área da amostra<br>t0 = tempo inicial<br>t1 = tempo final<br>h0 = carga hidráulica inicial<br>h1 = carga hidráulica final |        |   |                               |         |                  | K20 °C = coeficiente de permeabilidade a 20 °C<br>Kt °C = coeficiente de permeabilidade a t °C |        |                   |          |                   |       |  |
| AMOSTRA MOLDADA NA UMIDADE ÓTIMA - GC = 100%  |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
|    |        | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
|   |        | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                    |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG).   |        |   |                               |         |                  |  |        |                   |          |                   |       |  |
| ÁREA: AE-A - M/E  |        | SONDAGEM: STA-01  |                               |         | AMOSTRA: 01 e 02 |  |        | PROF.: 0,35-4,00m |          |                   |       |  |
| PREFIXO: RJ 595 T   |        |   |                               | VISTO:  |                  |  |        | APROV.:           |          |                   |       |  |



| ENSAIO DE PERMEABILIDADE - CARGA VARIÁVEL   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|---|-------------------|---|---------|---------|----------------------|--|--------|-------------------|----------|-------------------|-------|
| <b>PERMEÂMETRO</b>  |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| Nº 3  | ALTURA (cm): 12,8 |   |         |         | DIÂMETRO (cm): 10,10 |  |        |                   |          |                   |       |
| ÁREA (cm²):   | 80,12             | VOLUME (cm³): 992,73  |         |         |                      | ÁREA DA BURETA (cm²): 0,126  |        |                   |          |                   |       |
| <b>DADOS DA AMOSTRA</b>   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| PESO DO SOLO ÚMIDO  |                   | (g):  | 1,770   |         |                      | UMIDADE MÉDIA ANTES (%)  |        | 23,5              |          |                   |       |
| PESO ESPECÍFICO ÚMIDO   |                   | (g/cm³):  | 1,783   |         |                      | SATURAÇÃO ANTES (%)  |        | 79                |          |                   |       |
| PESO ESPECÍFICO SECO  |                   | (g/cm³):  | 1,444   |         |                      | DENSIDADE DOS GRÃOS  |        | 2,539             |          |                   |       |
| CLASSIFICAÇÃO: ARGILA SILTOSA COM AREIA FINA E MÉDIA, AMARELO ESCURO.   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| DETERM.   | L (cm)            | Δt (seg)  | h0 (cm) | h1 (cm) | h0/h1                | Log h0/h1  | t (°c) | Kt °C (cm/seg.)   | CORREÇÃO | K 20 °C (cm/seg.) | e     |
| 1   | 12,8              | 120   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,61E-05          | 0,910    | 1,47E-05          | 0,758 |
| 2   | 12,8              | 122   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,59E-05          | 0,910    | 1,44E-05          | 0,758 |
| 3   | 12,8              | 120   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,61E-05          | 0,910    | 1,47E-05          | 0,758 |
| 4   | 12,8              | 120   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,61E-05          | 0,910    | 1,47E-05          | 0,758 |
| 5   | 12,8              | 121   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,6E-05           | 0,910    | 1,46E-05          | 0,758 |
| 6   | 12,8              | 122   | 35,00   | 30,00   | 1,16667              | 0,04179  | 24     | 1,59E-05          | 0,910    | 1,44E-05          | 0,758 |
|   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   | MÉDIA    | 1,46E-05          | 0,758 |
| <b>MÉTODO B</b>   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| $Kt = \frac{aL}{A(t_1-t_0)} \quad \text{Log} \frac{h_0}{h_1}$   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| a = área da bureta<br>L = comprimento da amostra<br>A = área da amostra<br>t0 = tempo inicial<br>t1 = tempo final<br>h0 = carga hidráulica inicial<br>h1 = carga hidráulica final |                   |   |         |         |                      | K20 °C = coeficiente de permeabilidade a 20 °C<br>Kt °C = coeficiente de permeabilidade a t °C |        |                   |          |                   |       |
| <b>AMOSTRA TALHADA EM BLOCO INDEFORMADO</b>   |                   |   |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|    |                   | CLIENTE: PCE - PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA           |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   | OBRA: AHE ITAOCARA I e II - ITAOCARA I                              |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
|   |                   | LOCAL: RIO PARAIBA DO SUL (RJ-MG), MUNICÍPIO DE ESTRELA DALVA (MG). |         |         |                      |  |        |                   |          |                   |       |
| ÁREA: FUNDAÇÃO  |                   | SONDAGEM: PI-01   |         |         | AMOSTRA: 01          |  |        | PROF.: 1,20-1,50m |          |                   |       |
| PREFIXO: RJ 595 T   |                   |   |         | VISTO:  |                      |  |        | APROV.:           |          |                   |       |





|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATORIO DE ENSAIO | Nº: | 02             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 23109          |
| FOLHA               | Nº: | 01/01          |

A : ITAOCARA ENERGIA LTDA.  
 Referência : N/D  
 Amostra : AM 01, AM 02 e AM 3 - Areia Natural - Procedente: Rio Paraíba do Sul – AHE Itaocara I;  
 ROCHA: Procedência Pedreira 4 AHE Itaocara I.  
 Amostras coletadas e transportadas pelo Interessado em 09/04/2009.


**ANÁLISE DE AGREGADO (NBR-7211/05 - ABNT)**

| ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR NM248 | PENEIRAS               |        | AREIA NATURAL (AM 01) |         | AREIA NATURAL (AM 02) |         | AREIA NATURAL (AM 03) |         | ROCHA    |         |
|------------------------------------|------------------------|--------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|----------|---------|
|                                    | Nº                     | mm     | % Retida              | % Acum. | % Retida              | % Acum. | % Retida              | % Acum. | % Retida | % Acum. |
|                                    | 3"                     | (75)   | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 2 1/4"                 | (63)   | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 2"                     | (50)   | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 1 1/2"                 | (37,5) | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 1 1/4"                 | (31,5) | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 1"                     | (25)   | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 3/4"                   | (19)   | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 1/2"                   | (12,5) | -                     | -       | -                     | -       | -                     | -       | -        | -       |
|                                    | 3/8"                   | (9,5)  | -                     | -       | -                     | -       | 0                     | 0       | -        | -       |
|                                    | 1/4"                   | (6,3)  | -                     | -       | 0                     | 0       | 0                     | 0       | -        | -       |
|                                    | Nº. 4                  | (4,75) | 0                     | 0       | 0                     | 0       | 0                     | 0       | -        | -       |
|                                    | Nº. 8                  | (2,36) | 0                     | 0       | 0                     | 0       | 0                     | 0       | -        | -       |
|                                    | Nº. 16                 | (1,18) | 3                     | 3       | 6                     | 6       | 5                     | 5       | -        | -       |
|                                    | Nº. 30                 | (0,60) | 41                    | 41      | 38                    | 44      | 44                    | 49      | -        | -       |
|                                    | Nº. 50                 | (0,30) | 45                    | 89      | 47                    | 91      | 43                    | 92      | -        | -       |
|                                    | Nº. 100                | (0,15) | 10                    | 99      | 8                     | 99      | 7                     | 99      | -        | -       |
|                                    | FUNDO                  |        | 1                     | 100     | 0                     | 99      | 1                     | 100     | -        | -       |
|                                    | MÓDULO DE FINURA       |        | 2,35                  |         | 2,40                  |         | 2,45                  |         | -        |         |
|                                    | DIM. MÁX. CARACT. (mm) |        | 1,18                  |         | 2,36                  |         | 1,18                  |         | -        |         |

• A Areia Natural AM 01: Não se enquadra nos limites recomendados da NBR 7211/05 da ABNT.  
 • A Areia Natural AM 02: Se enquadra na zona utilizável dos limites recomendados da NBR 7211/05 da ABNT.  
 • A Areia Natural AM 03: Se enquadra na zona utilizável dos limites recomendados da NBR 7211/05 da ABNT.

| NORMA     | TIPO DE ENSAIO                      | UNIDADE           | AREIA NATURAL (AM 01) | AREIA NATURAL (AM 02) | AREIA NATURAL (AM 03) | ROCHA |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| NBR-NM 52 | MASSA ESPECÍFICA                    | g/cm <sup>3</sup> | 2,62                  | 2,59                  | 2,61                  | 2,76  |
| NBR-NM 52 | MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA      | g/cm <sup>3</sup> | 2,58                  | 2,52                  | 2,57                  | 2,73  |
| NBR-NM 52 | MASSA ESP. SATURADA SUPERF. SECA    | g/cm <sup>3</sup> | 2,59                  | 2,55                  | 2,60                  | 2,74  |
| NBR-NM 30 | ABSORÇÃO DE AGREGADO MIÚDO          | %                 | 0,7                   | 1,2                   | 0,7                   | 0,5   |
| NBR-NM 45 | MASSA UNITÁRIA EM ESTADO SOLTO      | Kg/m <sup>3</sup> | 1,490                 | 1,290                 | 1,360                 | -     |
| NBR-NM 45 | UMIDADE EM QUE SE ENCONTRA          | %                 | 0                     | 0                     | 0                     | -     |
| NBR-NM 45 | MASSA UNITÁRIA EST. COMPACTADO SECO | Kg/m <sup>3</sup> | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-NM 53 | ABSORÇÃO DE AGREGADO GRAUÍDO        | %                 | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-NM 53 | MASSA ESPECÍFICA SECA               | g/cm <sup>3</sup> | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-NM 53 | MASSA ESP. SATURADA SUPERF. SECA    | g/cm <sup>3</sup> | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-NM 53 | MASSA ESPECÍFICA APARENTE           | g/cm <sup>3</sup> | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-NM 51 | ABRASÃO LOS ANGELES                 | %                 | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR 9936  | MATERIAIS CARBONOSOS                | %                 | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-7809  | ÍNDICE DE FORMA                     | -                 | -                     | -                     | -                     | -     |
| NBR-7218  | TORRÕES DE ARGILA E MAT. FRIÁVEIS   | %                 | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                   | -     |
| NBR-NM 46 | MATERIAL PULVERULENTO               | %                 | 0,2                   | 0,5                   | 0,3                   | -     |
| NBR-NM 49 | IMPUREZA ORGÂNICA                   | Índice de cor     | Mais Clara            | Mais Clara            | Mais Clara            | -     |

OBS: As amostras analisadas atendem as especificações da NBR 7211/05, da ABNT, quanto aos ensaios realizados.  
 Data do ensaio: 15/04/2009 à 17/04/2009  
 Rio de Janeiro, 24 de Abril de 2009.

  
 Sérgio Luiz Alves  
 Técnico de Qualidade e Laboratório  
 Empresa Concremat

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA DOCUMENTO.  
 RUA EUCLIDES DA CUNHA, 108 – SÃO CRISTÓVÃO CEP.: 20840-080 – TEL.: (0XX21) 3880 - 4000 – FAX.: (0XX21) 2588-2703  
 ECLAB051 - REV 05\_05





2.5.8.001.1632/2811/09

Rio de Janeiro,  
29 de Maio de 2009

**À**  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168 – Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Ensaio de Permeabilidade à Carga Constante

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 01.

- Local da coleta: Rio Paraiba do Sul
- Data da coleta: 09/04/2009

Amostra coletada e transportada pela Concremat, identificada como pedido de ensaio n.º 23109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP n.º 107.684/ Rel. n.º 47), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo Cesar Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 47             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/02          |

|                      |   |                                       |
|----------------------|---|---------------------------------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | : | 47                                    |
| INTERESSADO          | : | Concremat Engenharia e Tecnologia S/A |
| REFERÊNCIA           | : | Diversas Obras - Rio de Janeiro       |
| NATUREZA DO TRABALHO | : | Permeabilidade à carga constante.     |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PREVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563 -0059  
ECLAB271 - REV 08\_04



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 47             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 02/02          |

## 1 – OBJETIVO

Determinar o coeficiente de permeabilidade à carga constante com 70% de grau de compactação das amostras entregue no laboratório.

## 2 – AMOSTRA

Amostra de areia natural, fornecida pelo Rio Paraíba do Sul. Coletada em Itaocara I em 09/04/09, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 12/05/09.

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.109 e centro de custo 2.5.8.001.1632 do Rio de Janeiro.

## 3 – METODOLOGIA

A metodologia empregada na realização dos ensaios é prescrita pela norma da ABNT:

- NBR 13292 : Determinação do coeficiente de permeabilidade à carga constante em laboratório.

## 4 – RESULTADOS OBTIDOS

| CARACTERÍSTICAS                    |                      | AMOSTRA DE AREIA NATURAL |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Densidade máxima                   | (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,700                    |
| Densidade mínima                   | (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,322                    |
| Densidade aparente seca            | (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,566                    |
| Índice de vazios                   |                      | 0,54                     |
| Coeficiente de permeabilidade 20°C | (cm/seg)             | 5,5 x 10 <sup>-2</sup>   |
| Grau de compactação                | (%)                  | 70,0                     |
| Massa específica dos grãos         | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2,653                    |

São Paulo, 26 de Maio de 2009.

  
**Heloisa Bolorino Pires**  
 Diretora - Divisão Laboratórios  
 Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
 Empresas Concremat

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
 RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059  
 ECLAB271 - REV 08 04



Rio de Janeiro,  
23 de Julho de 2009

**A**  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Análise Petrográfica de Agregados e Composição Mineralógica

A/C: Sr Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 02.

- Local da Coleta: Itaocara I
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Areia (Amostra 01, 02, 03)
- Fornecedor: Rio Paraíba do Sul

Amostra coletada e transportada pelo Interessado, identificada como pedido de ensaio n.º 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP n.º 107.684/ Rel. n.º 17), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Paulo Cesar Alves  
Tecnólogo, Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 17             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/03          |

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | : | 17  |
| INTERESSADO          | : | Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.                      |
| REFERÊNCIA           | : | Diversas Obras - Rio de Janeiro                             |
| NATUREZA DO TRABALHO | : | Análise petrográfica de agregados e composição mineralógica |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES DOCUMENTOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434 - CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO / SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059  
ECLA8271 - REV 08\_04



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 17             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 02/03          |

#### 1 - OBJETIVO

Caracterizar mineralogicamente e petrograficamente o agregado miúdo referente a uma amostra de areia – Mistura 1, 2 e 3, com ênfase na reatividade álcali-agregado.

#### 2 - AMOSTRA

Amostra de areia (mistura das amostras 01, 02 e 03), procedente do Rio Paraíba do Sul. Coletada na Itaocara I em 09/04/09, transportados e entregue pelo interessado em nosso laboratório 12/05/09.

#### 3 – METODOLOGIA

As metodologias empregadas foram:

- NBR 7398/92 – Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado para concreto.
- NBR 7211/83 - Agregado para concreto - Especificação.
- NBR 15577-4/08 - Agregado - Reatividade álcali-agregado

Os ensaios foram realizados em laboratório da Associação Brasileira de Cimento Portland cujos resultados estão apresentados no relatório 55934.

A avaliação das características petrográficas foram realizadas primeiramente ao microscópio estereoscópico (lupa) de luz refletida, foi determinado na amostra após peneiramento a úmido na malha de 0,15 mm para eliminação da porção argilosa.

#### 4 - RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 1 - Análise Petrográfica:

| TABELA 1 – SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS |             |  |
|--|-------------|--|
| Cor ( seca )   |             | Amarronzada  |
| Mineralogia  | Principal   | Quartzo  |
|  | Subordinada | Mica, feldspato, fragmento de rocha (granítica e quartzito), fragmento de concha, turmalina e opacos |
|  | Deletéria   | > 5% de quartzo microcristalino e sílex  |
| Grau de arredondamento                               |             | Subanguloso  |
| Grau de esfericidade                                 |             | Baixa  |
| Superfície dos grãos                                 |             | Fosca (algumas películas ferruginosas)   |
| Alteração  |             | Poucas nos feldspatos e micas  |
| Reatividade potencial com álcalis                    |             | Potencialmente Reativa   |



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 17             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 03/03          |

Tabela 2 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

| FRAÇÕES<br>(mm) | MINERAIS |           |                        |   |                                       |      |        |
|-----------------|----------|-----------|------------------------|---|---------------------------------------|------|--------|
|                 | Quartzo  | Feldspato | Fragmentos<br>de Rocha | Agregados<br>Limoníticos<br>e Argilosos | Quartzo<br>microcristalino<br>e Sílex | Mica | Outros |
| 4,8 – 2,4       | 69,8     | 3,2       | 0,0                    | 6,3                                     | 9,5                                   | 1,6  | 9,5    |
| 2,4 – 1,2       | 90,0     | 0,8       | 1,4                    | 0,0                                     | 4,6                                   | 2,4  | 0,8    |
| 1,2 – 0,6       | 89,6     | 0,4       | 0,6                    | 0,0                                     | 4,0                                   | 5,2  | 0,2    |
| 0,6 – 0,3       | 88,2     | 0,0       | 0,6                    | 0,0                                     | 5,2                                   | 5,6  | 0,4    |
| 0,3 – 0,15      | 84,8     | 0,0       | 0,4                    | 0,4                                     | 3,0                                   | 9,2  | 2,2    |

Obs.: A amostra foi primeiramente peneirada e separada em frações granulométricas. Cada uma destas frações foi observada ao microscópio estereoscópio para uma avaliação de sua mineralogia através de contagem simples de no mínimo 500 grãos, tendo sido lavada para melhor observação microscópica.

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise petrográfica revelou que a amostra de areia é composta principalmente por quartzo.

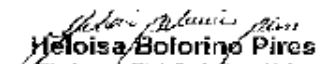
Os grãos são predominantemente subangulosos, apresentam esfericidade baixa, superfície normalmente fosca, com algumas impregnações ferruginosas. Essas características permitem classificar essa areia como de boa qualidade para uso em concreto. Porém deve-se levar em consideração a grande ocorrência de mica na fração abaixo de 1,2 mm, que pode representar negativamente nas propriedades reológicas do concreto, além da presença de fragmentos de conchas, na fração 2,4 mm, no qual se recomenda a realização de ensaios de determinação de sais, cloretos e sulfatos, como medida de precaução para assegurar a durabilidade do concreto.

A amostra de areia foi considerada potencialmente reativa, com relação a sua reatividade frente aos álcalis do concreto, por apresentar alta ocorrência de quartzo microcristalino e sílex.

Entretanto, deve-se considerar que o grau de reatividade dessa amostra só poderá ser avaliado através de ensaios específicos de desempenho.

Neste sentido, sugere-se a realização de ensaios de reatividade álcali-agregado tal como prescrito pela NBR 15577-4, a partir do qual e levando-se em consideração as condições de exposição da estrutura de concreto, seu tipo e nível de responsabilidade e o teor de álcalis do concreto poderão ser tomadas as medidas preventivas necessárias para evitar a ocorrência de manifestações patológicas devidas à reação álcali-agregado.

São Paulo, 30 de junho de 2009.

  
**Heloisa Bolorino Pires**  
 Diretora - Divisão Laboratórios  
 Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
 Empresas Concremat



Rio de Janeiro,  
30 de Setembro de 2009

**A**  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Análise Petrográfica de Agregados

A/C: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 01.

- Local da Coleta: Rio Paraíba do Sul
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Rocha (Pedreira 04)
- Fornecedor: AHE Itaocara I

Amostra coletada e transportada pelo Interessado, identificada como pedido de ensaio nº 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP nº 110.723/ Rel. nº 01), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo César Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat





|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/03          |

|                      |   |                                    |
|----------------------|---|------------------------------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | : | 01                                 |
| INTERESSADO          | : | Itaocara Energia Ltda              |
| REFERÊNCIA           | : | n/d                                |
| NATUREZA DO TRABALHO | : | Análise petrográfica de agregados. |

E EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES DOCUMENTOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP : 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059  
ECLAB576 - REV 08\_08



|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO Nº:     | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO Nº:    | 110.723        |
| PÁGINA Nº:              | 02/03          |

## 1 - OBJETIVO

Caracterizar petrograficamente as amostras de agregados com atenção especial a sua reatividade potencial com relação à reação álcali-agregado.

## 2 - AMOSTRA

Foi analisada 01 (uma) amostra de rocha conforme segue:

| MATERIAL           | LOCAL DE COLETA    | PROCEDÊNCIA |
|--------------------|--------------------|-------------|
| Rocha – Itaocara I | Rio Paraíba do Sul | Pedreira 4  |

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.109 do Rio de Janeiro.

## 3 – METODOLOGIA

A metodologia empregada foi:

- NBR 15577-3/08 – Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto

- NBR 15577-4/08 – Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

Os ensaios foram realizados em laboratório da Associação Brasileira de Cimento Portland cujos resultados estão apresentados nos relatórios nº 57839.

A análise petrográfica da amostra foi feita primeiramente ao microscópio estereoscópico, sendo complementadas por observações de lâminas delgadas ao microscópio óptico de luz transmitida.

## 4 - RESULTADOS OBTIDOS

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos:

| TABELA 1 - AMOSTRA 01 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DA ROCHA. |             |   |
|---|-------------|---|
| Mineralogia   | Principal   | Quartzo e feldspatos (plagioclásio e microclínio).  |
|   | Subordinada | Sericita, clorita, titanita, biotita e opacos.  |
|   | Deletéria   | Quartzo microcristalino - > 5%, quartzo com extinção ondulante (30°): >5% e feldspatos alterados - < 5%.  |
| Cor   |             | Cinza com faixas claras.  |
| Estrutura   |             | Foliada.  |
| Textura   |             | Granolepdoblástica (formada pela intercalação de faixas ricas em ricas em grânulos (quartzo e feldspato) com micas.   |
| Granulação  |             | Média a fina.   |
| Feldspatos (mirmequitas e perpitais)  |             | < 1%.   |
| Estado de alteração   |             | Pouco alterada (feldspatos sericitizados; e biotitas alteradas para clorita).   |
| Deformação do agregado  |             | Quartzo deformado (ângulo de extinção ondulante de 30°); Minerais tendendo a sombra de pressão; feldspatos com clivagens curvas; pontos com minerais de granulometria menor, triturados, bordejando cristais maiores; pontos com minerais tendendo a poligonização, indicando a recristalização da rocha e minerais estirados segundo a orientação preferencial da rocha. |
| Propriedade físico-mecânica   |             | Rocha muito coerente.   |
| Forma dos fragmentos  |             | Hipidiomórficos (grãos parcialmente limitados por faces do mineral) a xenomórficos (grãos desprovidos de limitação pelas faces do mineral).   |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES DOCUMENTOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059  
ECLA576 - REV 08\_08



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PÁGINA              | Nº: | 03/03          |

| TABELA 1 - AMOSTRA 01 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DA ROCHA. |                             |
|---|-----------------------------|
| Tipo de rocha   | Metamórfica.                |
| Classificação petrográfica  | Biotita Gnaiss Cataclassado |
| Reatividade potencial   | Potencialmente Reativa.     |

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A amostra foi considerada potencialmente reativa, com relação a sua reatividade frente aos álcalis do concreto, segundo a análise petrográfica. A reatividade dessa amostra de rocha refere-se à ocorrência de feldspatos alterados, quartzo microcristalino e quartzo deformado.

Esses minerais deletérios ocorrem de forma significativa, com frequência de 5% na amostra.

No entanto, deve-se considerar que o grau de reatividade só poderá ser avaliado através de ensaios específicos de desempenhos.

Nesse sentido, sugere-se a realização de ensaios de reatividade álcalis-agregado tais como a NBR 15577-4 a partir do qual e levando-se em consideração as condições de exposição da estrutura de concreto, seu tipo e nível de responsabilidade e o teor de álcalis do concreto poderão ser tomadas medidas preventivas necessárias para evitar a ocorrência de manifestações patológicas devidas a reação álcalis-agregado.

São Paulo, 29 de Setembro de 2009.

  
**Heloisa Bolorino Pires**  
Diretora - Divisão Laboratórios  
Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
Empresas Concremat



2.5.8.001.1632/2871/09

Rio de Janeiro,  
03 de Julho de 2009

À  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA.**  
Av. Marechal Floriano nº 168, Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Reatividade Álcali-Agregado (Parte 04)

A/C.: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 03.

- Local da coleta: Rio Paraíba do Sul
- Data da coleta: 12/05/2009
- Amostra: Areia
- Fornecedor: Rio Paraíba do Sul

Amostra coletada e transportada pela Concremat, identificada como pedido de ensaio nº 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP nº 107.684/ Rel. nº 84), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo César Alves  
Tecnólogo, Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 84             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/05          |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b>  | 84  |
| <b>INTERESSADO</b>          | Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.  |
| <b>REFERÊNCIA</b>           | Diversas Obras - Rio de Janeiro   |
| <b>NATUREZA DO TRABALHO</b> | NBR 15577-4 – Reatividade álcali-agregado- Parte 4 -<br>Determinação da expansão em barras de argamassa pelo<br>método acelerado. |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO.  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO/SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC (011) 5563-0059  
ECLAB687 – REV 11-06



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 84             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 02/05          |

### 1 – OBJETIVO

Determinar a suscetibilidade de um agregado participar da reação expansiva álcali-silica na presença dos íons hidroxila associados aos álcalis (sódio e potássio), fazendo-se uso de um cimento padrão, através da variação de comprimento de barras de argamassa pelo método acelerado.

### 2 – METODOLOGIA

O método empregado para a execução do ensaio é o prescrito na norma:

NBR 15577-4/08 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

A metodologia especifica a mistura de cada combinação de cimento-agregado (traço unitário) na seguinte proporção: 1: 2,25 (cimento padrão: agregado) e relação água/cimento de 0,47.

### 3 – AMOSTRA

Materiais coletados na Itaocara I, transportados e entregue pelo interessado em nosso laboratório 12/05/09, conforme abaixo relacionado:

| MATERIAIS EMPREGADOS |                    |                             |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| Material             | Fornecedor         | Data de Amostragem / Coleta |
| Cimento padrão       | ABCP               | n/d                         |
| Areia                | Rio Paraíba do Sul | 09/04/09                    |

| IDENTIFICAÇÃO DOS TRAÇOS ANALISADOS |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Identificação do traço              | Materiais              |
| 1                                   | Cimento padrão + Areia |

| INFORMAÇÕES ADICIONAIS              |                              |                         |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Cimento padrão                      |                              |                         |                              |
| Expansão em autoclave               | ASTM C 151                   | 0,02%                   | < 0,20%                      |
| Equivalente alcalino                | -                            | 0,92%                   | (0,90±0,10)%                 |
| Área específica Blaine              | NBR NM 78                    | 4890 cm <sup>2</sup> /g | (4900±200)cm <sup>2</sup> /g |
| Agregados                           |                              |                         |                              |
| Equipamento utilizado na preparação | Britador de mandíbulas       |                         |                              |
|                                     | Moinho pulverizador a discos |                         |                              |

Obs.: Ensaio referente ao pedido nº 23.109 do centro de custo 2.5.8.001.1632 do Rio de Janeiro. Data da moldagem: 27/05/09.



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 84             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 03/05          |

#### 4 – RESULTADOS OBTIDOS

As amostras analisadas apresentaram os seguintes resultados:

| Traço | VARIÇÃO DIMENSIONAL MÉDIA EM SOLUÇÃO ALCALINA (1 N NaOH) (%) |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | Idade de cura em solução alcalina (dias)                     |         |         |         |         |         |         |         |
|       | 03 dias  | 07 dias | 09 dias | 14 dias | 19 dias | 22 dias | 26 dias | 28 dias |
| 01    | 0,01   | 0,02    | 0,03    | 0,04    | 0,05    | 0,07    | 0,08    | 0,10    |

1. Anexo gráfico de variação dimensional de cada amostra ao longo do período de observações.

#### 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

A NBR 15577-1/08 – Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto, no item 5.3, apresenta limites indicativos de avaliação da reação álcali-agregado conforme segue:

| REATIVIDADE            | EXPANSÃO (%) AOS 28 DIAS EM SOLUÇÃO AGRESSIVA |
|------------------------|---|
| Potencialmente inócuo  | < 0,19  |
| Potencialmente reativo | ≥ 0,19  |

Para agregados potencialmente inócuos: caso se deseje a confirmação deste resultado, o ensaio de longa duração dos prismas de concreto (NBR 15577-6), pode ser realizado, prevalecendo o seu resultado.

Para agregados potencialmente reativos, pode-se realizar os seguintes procedimentos:

- Execução do ensaio em prismas de concreto (NBR 15577-6), para confirmação ou não da potencialidade reativa do agregado, prevalecendo o seu resultado sobre o resultado do ensaio acelerado;
- Avaliar a mitigação da expansão (NBR 15577-5) de acordo com a intensidade da ação preventiva;
- Verificar a possibilidade de uso de outro agregado, reiniciando o processo de avaliação (desde análise petrográfica dos agregados até os ensaios de expansão das barras de argamassa ou prismas de concreto).

São Paulo, 30 de Junho de 2009.

  
**Tecg.<sup>a</sup> Celina Miki Yokoyama**  
 Coordenadora do Laboratório de SP das  
 Empresas Concremat

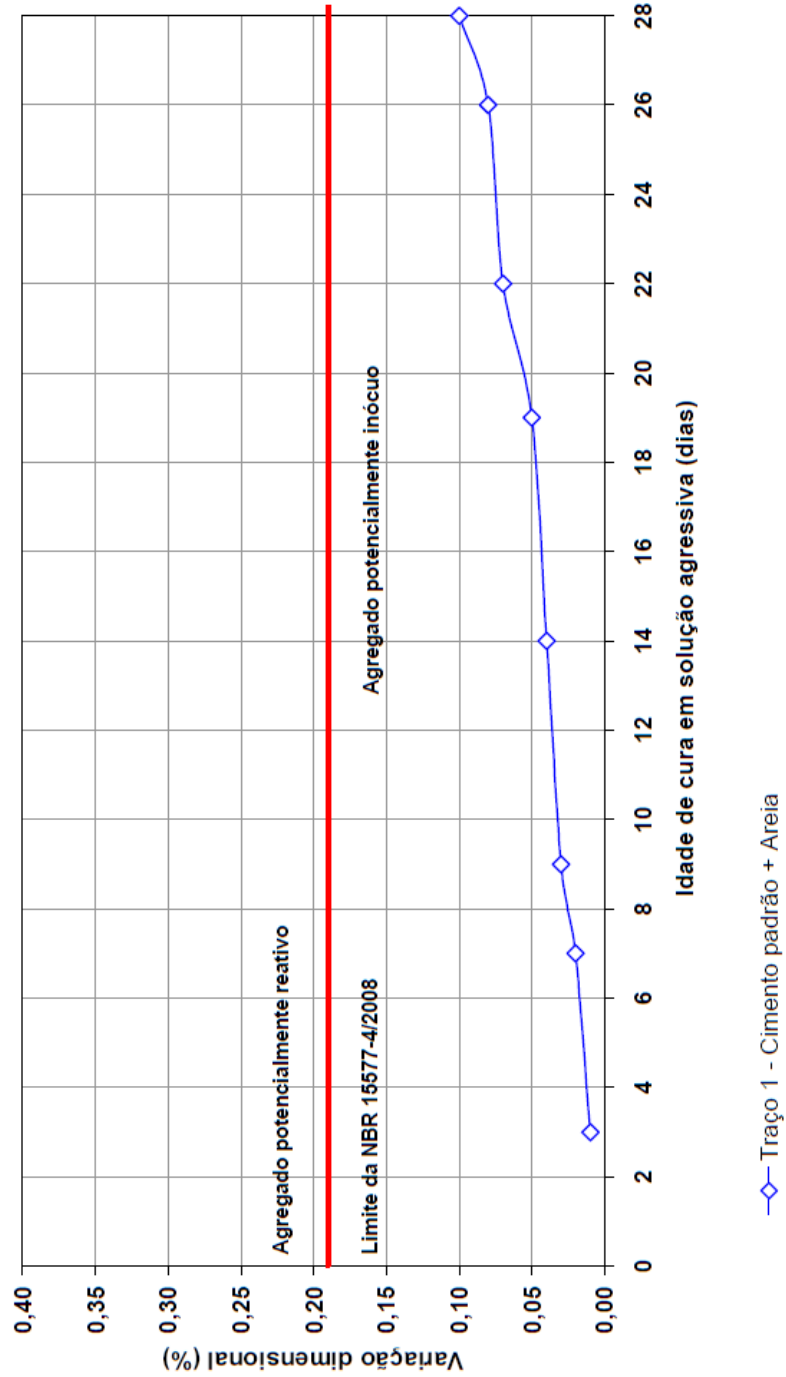
## **ANEXO**



Relatório Nº.: 84  
 C. Custo Nº.: 2.3.8.001.0127  
 P. Ensaio Nº.: 107.684  
 Página Nº.: 05/05

### ANEXO

#### Varição dimensional ao longo do tempo





2.5.8.001.1632/3047/09

Rio de Janeiro,  
07 de Outubro de 2009

À  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA.**  
Av. Marechal Floriano nº 168, Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Reatividade Álcali-Agregado (Parte 04)

A/C.: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 02.

- Local da coleta: Rio Paraíba do Sul
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Rocha
- Fornecedor: AHE Itaocara I

Amostra coletada e transportada pela Concremat, identificada como pedido de ensaio n.º 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP n.º 110.723/ Rel. n.º 01), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo César Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/05          |

|                      |  |
|----------------------|--|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | 01   |
| INTERESSADO          | Itaacara Energia Ltda  |
| REFERÊNCIA           | n/d  |
| NATUREZA DO TRABALHO | NBR 15577-4 – Reatividade álcali-agregado- Parte 4 -<br>Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO.  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC (011) 5563-0059  
ECLAB687 – REV 11-08



|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO Nº:     | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO Nº:    | 110.723        |
| PÁGINA Nº:              | 02/05          |

### 1 – OBJETIVO

Determinar a suscetibilidade de um agregado participar da reação expansiva álcali-silica na presença dos íons hidroxila associados aos álcalis (sódio e potássio), fazendo-se uso de um cimento padrão, através da variação de comprimento de barras de argamassa pelo método acelerado.

### 2 – METODOLOGIA

O método empregado para a execução do ensaio é o prescrito na norma:  
NBR 15577-4/08 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.  
A metodologia especifica a mistura de cada combinação de cimento-agregado (traço unitário) na seguinte proporção: 1: 2,25 (cimento padrão: agregado) e relação água/cimento de 0,47.

### 3 – AMOSTRA

Materiais coletados em Itaocara I, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 15/08/09, conforme abaixo relacionado:

| MATERIAIS EMPREGADOS |                    |                             |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| Material             | Fornecedor         | Data de Amostragem / Coleta |
| Cimento padrão       | ABCP               | n/d                         |
| Rocha                | Rio Paraíba do Sul | 09/04/09                    |

| IDENTIFICAÇÃO DOS TRAÇOS ANALISADOS |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Identificação do traço              | Materiais              |
| 1                                   | Cimento padrão + Rocha |

| INFORMAÇÕES ADICIONAIS              |            |                              |                              |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| Cimento padrão                      |            |                              |                              |
| Expansão em autoclave               | ASTM C 151 | 0,02%                        | < 0,20%                      |
| Equivalente alcalino                | -          | 0,92%                        | (0,90±0,10)%                 |
| Área específica Blaine              | NBR NM 78  | 4890 cm <sup>2</sup> /g      | (4900±200)cm <sup>2</sup> /g |
| Agregados                           |            |                              |                              |
| Equipamento utilizado na preparação |            | Britador de mandíbulas       |                              |
|                                     |            | Moinho pulverizador a discos |                              |

Obs.: Data da moldagem: 31/08/09. Ensaio referente ao pedido 23.109 do Rio de Janeiro.

### 4 – RESULTADOS OBTIDOS

As amostras analisadas apresentaram os seguintes resultados:

| Traço  | VARIACÃO DIMENSIONAL MÉDIA EM SOLUÇÃO ALCALINA (1 N NaOH) (%) |         |         |         |         |         |         |         |
|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | Idade de cura em solução alcalina (dias)                      |         |         |         |         |         |         |         |
|  | 03 dias   | 07 dias | 10 dias | 14 dias | 18 dias | 21 dias | 28 dias | 28 dias |
| 01   | 0,01  | 0,01    | 0,03    | 0,04    | 0,05    | 0,06    | 0,08    | 0,09    |
| 1. Anexo gráfico de variação dimensional de cada amostra ao longo do período de observações. |   |         |         |         |         |         |         |         |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO.  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC (011) 5563-0059  
ECLAB687 – REV 11-08



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PÁGINA              | Nº: | 03/05          |

## 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

A NBR 15577-1/08 – Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto, no item 5.3, apresenta limites indicativos de avaliação da reação álcali-agregado conforme segue:

| REATIVIDADE            | EXPANSÃO (%) AOS 28 DIAS EM SOLUÇÃO AGRESSIVA |
|------------------------|---|
| Potencialmente inócuo  | < 0,19  |
| Potencialmente reativo | ≥ 0,19  |

Para agregados potencialmente inócuos: caso se deseje a confirmação deste resultado, o ensaio de longa duração dos prismas de concreto (NBR 15577-6), pode ser realizado, prevalecendo o seu resultado.

Para agregados potencialmente reativos, pode-se realizar os seguintes procedimentos:

- Execução do ensaio em prismas de concreto (NBR 15577-6), para confirmação ou não da potencialidade reativa do agregado, prevalecendo o seu resultado sobre o resultado do ensaio acelerado;
- Avaliar a mitigação da expansão (NBR 15577-5) de acordo com a intensidade da ação preventiva;
- Verificar a possibilidade de uso de outro agregado, reiniciando o processo de avaliação (desde análise petrográfica dos agregados até os ensaios de expansão das barras de argamassa ou prismas de concreto).

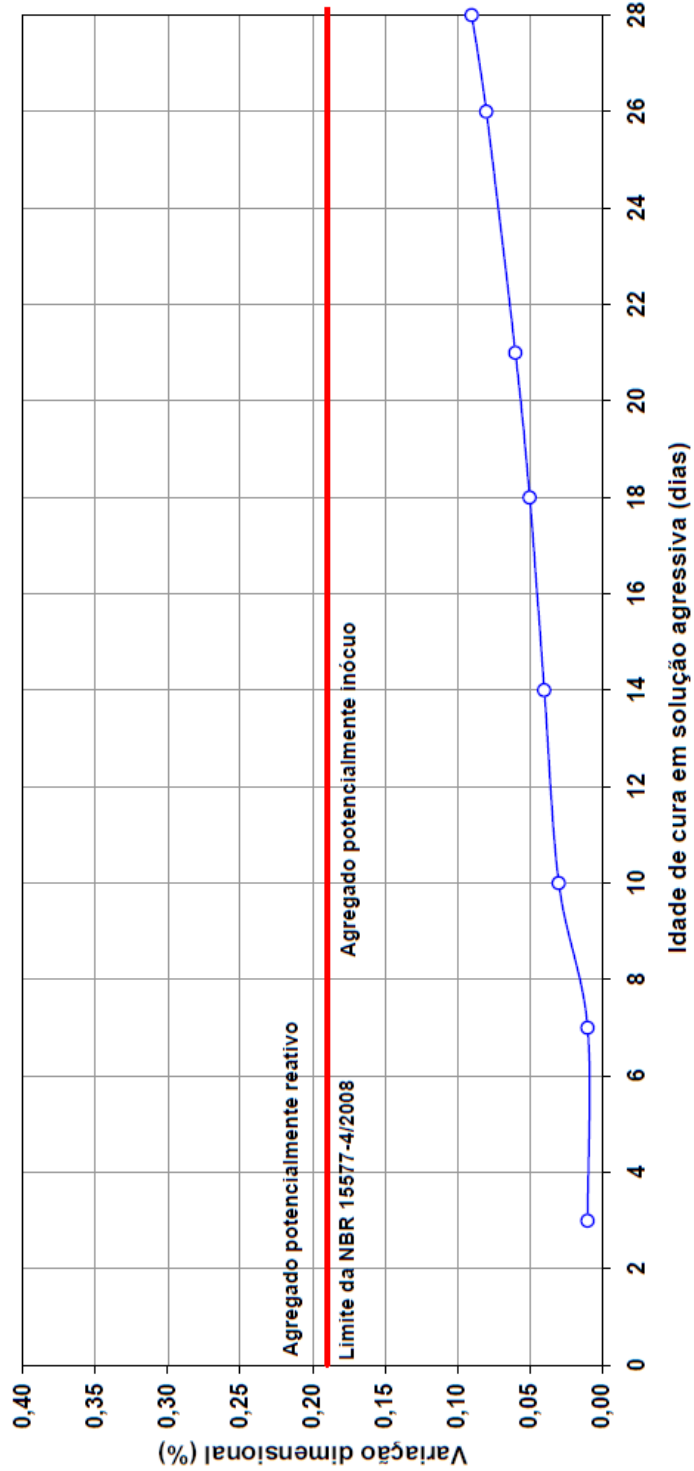
São Paulo, 01 de Outubro de 2009.

  
 Tecg.ª Celina Miki Yokoyama  
 Coordenadora do Laboratório de SP das  
 Empresas Concremat

## **ANEXO**

Relatório Nº: 01  
 C. Custo Nº: 2.5.8.001.1632  
 P. Ensaio Nº: 110.723  
 Página Nº: 05/05

**ANEXO**  
**Varição dimensional ao longo do tempo**



Traço 1 - Cimento padrão + Rocha



2.5.8.001.1632/2801/09

Rio de Janeiro,  
09 de Setembro de 2009

À  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168 – Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Determinação da Composição Granulométrica de Solos

A/C.: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 01.

- Local da coleta: Rio Paraíba do Sul
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Areia (Mistura)
- Procedência: AHE Itaocara I Estrela D'alva - MG

Amostra coletada e transportada pelo Interessado, identificada como pedido de ensaio nº 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP nº 107.684/ Rel. nº 76), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo Cesar Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat





ENSAIO NBR 10208



CRL 0037

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 75             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/02          |

A : Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.  
Referência : Diversas Obras - Rio de Janeiro  
Procedência : Rio Paraíba do Sul.  
Amostra : Areia. Coletada em Itaocara I em 09/04/09, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 12/05/09.

**DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SOLOS (NBR-7181/88)**

| DETERMINAÇÃO POR PENEIRAMENTO |          |                              | DETERMINAÇÃO POR SEDIMENTAÇÃO |                                  |
|-------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Nº                            | ABERTURA | % QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL | DIÂMETRO DO GRÃO (mm)         | % MENOR QUE O Ø NA AMOSTRA TOTAL |
| -                             | 75.0 mm  | -                            | 0,070                         | 5,4                              |
| -                             | 50.0 mm  | -                            | 0,057                         | 3,5                              |
| -                             | 37.5 mm  | -                            | 0,040                         | 2,8                              |
| -                             | 25.0 mm  | -                            | 0,028                         | 2,1                              |
| -                             | 19.0 mm  | -                            | 0,020                         | 1,5                              |
| -                             | 9.5 mm   | -                            | -                             | -                                |
| 4                             | 4.75 mm  | 100                          | -                             | -                                |
| 10                            | 2.00 mm  | 99,3                         | -                             | -                                |
| 16                            | 1.18 mm  | 98,2                         | -                             | -                                |
| 30                            | 600 µm   | 66,2                         | -                             | -                                |
| 40                            | 425 µm   | 43,2                         | -                             | -                                |
| 60                            | 250 µm   | 11,6                         | -                             | -                                |
| 100                           | 150 µm   | 8,0                          | -                             | -                                |
| 200                           | 75 µm    | 6,3                          | -                             | -                                |

Densidade real = 2,653 g/cm<sup>3</sup>  
Classificação NBR 6502/95

|                      | % |                       | %    |
|----------------------|---|-----------------------|------|
| Pedregulho grosso    | % | entre 60,00 e 20,00mm | -    |
| Pedregulho médio     | % | entre 20,00 e 6,00mm  | -    |
| Pedregulho fino      | % | entre 6,00 e 2,00mm   | 0,7  |
| Areia grossa         | % | entre 2,00 e 0,60mm   | 33,1 |
| Areia média          | % | entre 0,60 e 0,20mm   | 55,9 |
| Areia fina           | % | entre 0,20 e 0,06mm   | 6,4  |
| Finos (silte+argila) | % | < 0,06mm              | 3,9  |

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.109 e centro de custo 2.5.8.001.1632 do Rio de Janeiro. O ensaio foi encerrado no diâmetro de 0,020mm por motivo de repetição de leitura.

São Paulo, 24 de Agosto de 2009.

*Heloisa Bolorino Pires*  
**Heloisa Bolorino Pires**  
Diretora / Divisão Laboratórios  
Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
Empresas Concremat

Este relatório cancela e substitui o anteriormente emitido em 26/05/09.

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>É expressamente proibida a reprodução parcial deste documento sem prévia autorização.</p> | <p>Rua Madre Emilie de Villeneuve, 434<br/> CEP 04367-090 São Paulo-SP<br/> PABX (11) 5567-1900   FAX (11) 5563-6640   SAC (11) 5563-0039</p> | <p>ECLAB 021<br/> REV 07_08<br/> "1"</p> |
|--|---|--|





Rio de Janeiro,  
04 de Junho de 2009

À  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA.**  
Avenida Marechal Floriano nº. 168, Térreo - Protocolo.  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Determinação do Teor de Sais Solúveis, Cloreto e Sulfatos

A/C.: Sr. Hamilton Bezerra

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 02.

- Local da coleta: Rio Paraíba do Sul
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Areia (Mistura)
- Fornecedor: AHE Itaocara I Estrela D' alva – MG

Amostra coletada e transportada pela Concremat, identificada como pedido de ensaio nº 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP nº 107.684/ Rel. nº 241), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Saulo Cesar Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 241            |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/02          |

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | : | 241   |
| INTERESSADO          | : | Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.                                      |
| REFERÊNCIA           | : | Diversas Obras - Rio de Janeiro   |
| NATUREZA DO TRABALHO | : | NBR – 9917/09 - Determinação do Teor de Sais Solúveis, Cloretos e Sulfatos. |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP : 04367-090 - SÃO PAULO /SP - FONE: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 – SAC – (011) 5563-0059.  
ECLAB125A - REV 03\_09



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 241            |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 107.684        |
| PÁGINA              | Nº: | 02/02          |

## 1- OBJETIVO

Determinar o teor de sais, cloretos e sulfatos solúveis na amostra de agregado.

## 2- AMOSTRA

Amostra de areia, fornecida pelo Rio Paraíba do Sul, coletada em Itaocara I em 09/04/09, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 12/05/09.

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.109 do centro de custo 2.5.8.001.1632 do Rio de Janeiro. Amostra analisada no período de 18/05/09 a 26/05/09.

## 3- METODOLOGIA

A metodologia de ensaio empregada é a prescrita pela norma:

NBR-9917/09 : Agregados para Concreto - Determinação de Sais, Cloretos e Sulfatos Solúveis.

## 4- RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos na análise química são:

| TEOR DE CLORETO (CL) % | TEOR DE SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) % | TEOR DE SAIS % |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 0,00                   | 0,01                                  | 0,22           |

## 5- ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os valores limites para as determinações realizadas com a amostra enviada, não se encontram normalizadas em nosso País. A título de referência segue as recomendações de limites máximos contidos na Norma Sul-Africana SABS - 1083/76.

| TEOR DE CLORETO (CL) % | TEOR DE SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) % | TEOR DE SAIS % |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 0,01                   | 0,05                                  | 0,20           |

Salientamos, no entanto, que tais limites referem-se aos teores presentes na massa de amostra analisada importando conhecer, através de uma ponderação, os teores totais da massa de concreto.

São Paulo, 28 de maio de 2009.

  
**Heloisa Bolorino Pires**  
 Diretora / Divisão Laboratórios  
 Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
 Empresas Concremat



Rio de Janeiro,  
13 de Outubro de 2009

**A**  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168, Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 2.5.8.001.1632

Referência: Determinação da Abrasão Los Angeles e ciclagem acelerada com etilenoglicol

A/C: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 01.

- Local da Coleta: Rio Paraíba do Sul – Itaocara I
- Data da coleta: 09/04/2009
- Amostra: Rocha Pedreira
- Fornecedor: AHE Itaocara I

Amostra coletada e transportada pelo Interessado, identificada como pedido de ensaio n.º 23.109 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP n.º 110.723/ Rel. n.º 01), motivo pelo qual pedimos para que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Sergio Cesar Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/02          |

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| RELATÓRIO DE ENSAIO  | : | 01   |
| INTERESSADO          | : | Itaocara Energia Ltda  |
| REFERÊNCIA           | : | n/d  |
| NATUREZA DO TRABALHO | : | Determinar a Abrasão Los Angeles e ciclagem acelerada com etilenoglicol do material. |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE,434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - FONE: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563 -0059  
ECLAB271 - REV 08\_04



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATORIO DE ENSAIO | Nº: | 01             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.5.8.001.1632 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 110.723        |
| PAGINA              | Nº: | 02/02          |

## 1 - OBJETIVO

Determinar o Abrasão Los Angeles e ciclagem acelerada com etilenoglicol do material.

## 2 - AMOSTRA

Amostra de Pedreira 4, fornecida pela Rio Paraíba do Sul - Itaocara I em 09/04/09, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 15/08/09.

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.109 do Rio de Janeiro.

## 3 - METODOLOGIA

A amostra foi analisada conforme as prescrições das normas da ABNT:

- NBR NM 51/01 : Agregados Graúdos – Abrasão Los Angeles.
- NBR 12697/92 : Agregados – Ciclagem acelerada com etilenoglicol.

## 4 - RESULTADOS OBTIDOS


| NORMA        | TIPO DE ENSAIO                       | UNIDADE             | ROCHA SR 01                          |          |          |          |   |   |
|--------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|---|---|
|              |                                      |                     | Análise quantitativa                 |          |          |          |   |   |
| NBR 12697/92 | Ciclagem acelerada com etilenoglicol | (%)                 | 1º Ciclo                             | 2º Ciclo | 3º Ciclo | 4º Ciclo | 5º Ciclo                                | 6º Ciclo                                |
|              |                                      |                     | 0,08                                 | 0,08     | 0,08     | 0,08     | 0,12                                    | 0,20                                    |
|              |                                      | Análise qualitativa |                                      |          |          |          |   |   |
|              |                                      |                     | 1º Ciclo                             | 2º Ciclo | 3º Ciclo | 4º Ciclo | 5º Ciclo                                | 6º ciclo                                |
|              |                                      |                     | 1 partícula apresentou desintegração |          |          |          | 2 partículas apresentaram desintegração | 2 partículas apresentaram desintegração |
| NBR-NM 51/01 | Abrasão Los Angeles                  | (%)                 | 32                                   |          |          |          |   |   |

Obs.: Ensaio de ciclagem: nº de partículas > que 19mm: 10 pedras.

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A amostra analisada atende as especificações do interessado, quanto aos ensaios realizados.

São Paulo, 09 de outubro de 2009.

  
**Heloisa Bolorino Pires**  
 Diretora - Divisão Laboratórios  
 Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
 Empresas Concremat

Este relatório cancela e substitui o anteriormente emitido em 17/09/09.

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
 RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - FONE: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059  
 ECLAB271 - REV 08\_04





2.5.8.001.1632/2862/09

Rio de Janeiro,  
19 de Junho de 2009.

**À**  
**ITAOCARA ENERGIA LTDA**  
Av. Marechal Floriano nº 168 – Térreo - Protocolo  
Centro de custo: 258.001.1632

Referência: Avaliação de Agressividade da Água

A/C.: Sr. Hamilton Bezerra

Prezados Senhores,

Estamos enviando o Relatório de Ensaio n.º 02.

- Local da coleta: Rio Paraíba do Sul – Itaocara I
- Data da coleta: 21/05/2009

Amostra coletada e transportada pelo Interessado, identificada como pedido de ensaio nº 23.416 (Pedido RJ). Por motivos internos, este ensaio foi realizado no laboratório de São Paulo onde recebeu uma identificação diferente da nossa (Pedido SP nº 108.018/ Rel. 54), motivo pelo qual pedimos que esta carta continue anexada ao relatório a seguir.

Sem mais para o momento, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Sérgio César Alves  
Tecnólogo Coordenador  
Área de Negócio Inspeções e Laboratórios  
Empresas Concremat



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 54             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 108.018        |
| PÁGINA              | Nº: | 01/03          |

|                             |   |  |
|-----------------------------|---|--|
| <b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b>  | : | 54   |
| <b>INTERESSADO</b>          | : | Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.   |
| <b>REFERÊNCIA</b>           | : | Diversas Obras - Rio de Janeiro  |
| <b>NATUREZA DO TRABALHO</b> | : | Avaliação de Agressividade da Água quando em contato com Concretos e Argamassas. |

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES DOCUMENTOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434 - CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO / SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059.  
ECLAB126 - REV 08\_08



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 54             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 108.018        |
| PAGINA              | Nº: | 02/03          |

#### 1- OBJETIVO

Verificar a agressividade da amostra de água quando em contato com concretos e argamassas.

#### 2- AMOSTRA

Amostra de água, coletada no Rio Paraíba do Sul – Itaocara I em 21/05/09 às 12:00hs, transportada e entregue pelo interessado em nosso laboratório em 22/05/09.

Obs.: Ensaio referente ao pedido 23.416 do centro de custo 2.5.8.001.1632 do Rio de Janeiro. Amostra analisada no período de 22/05/09 a 15/06/09.

#### 3- METODOLOGIA

As metodologias aplicadas nas diversas determinações são as descritas pelas normas:

- Boletim 25 IPT – Determinação de agressividade das águas e dos solos ao concreto
- CETESB L 1007/88 - Águas
- NBR 10664/89 – Águas – Determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico

#### 4- RESULTADOS OBTIDOS

A análise química da amostra apresentou os seguintes resultados:

| PARÂMETROS                   | EXPRESSO COMO     | mg/l  |
|------------------------------|-------------------|-------|
| Alcalinidade Bicarbonato     | CaCO <sub>3</sub> | 27,44 |
| Alcalinidade Carbonato       | CaCO <sub>3</sub> | 0,00  |
| Alcalinidade Hidróxido       | CaCO <sub>3</sub> | 0,00  |
| Cloretos                     | Cl                | 8,23  |
| Dureza Total                 | CaCO <sub>3</sub> | 24,00 |
| Dureza Cálcica               | CaCO <sub>3</sub> | 18,00 |
| Dureza de Magnésio           | CaCO <sub>3</sub> | 5,04  |
| Oxigênio Consumido           | O <sub>2</sub>    | 1,06  |
| Óxido Cálcio                 | CaO               | 10,15 |
| Óxido Magnésio               | MgO               | 2,39  |
| Sólidos Dissolvidos          | -                 | 41,80 |
| Sulfatos                     | SO <sub>4</sub>   | 7,20  |
| Anidrido Carbônico Agressivo | CO <sub>2</sub>   | 24,20 |
| pH                           | -                 | 6,95  |



|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| RELATÓRIO DE ENSAIO | Nº: | 54             |
| CENTRO DE CUSTO     | Nº: | 2.3.8.001.0127 |
| PEDIDO DE ENSAIO    | Nº: | 108.018        |
| PÁGINA              | Nº: | 03/03          |

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS


Os resultados obtidos na análise química nos permitem a seguinte avaliação quanto a sua agressividade quando em contato com concretos:

| FENÔMENO OBSERVADO NO CONCRETO  | PARÂMETROS ANALISADOS                                   | GRAU DE AGRESSIVIDADE |
|---|---|-----------------------|
| Lixiviação incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante | Resíduo, CO <sub>2</sub> , pH, óxido de cálcio          | Muito forte           |
| Lixiviação acompanhada de carbonatação ou troca iônica                  | CO <sub>2</sub> , pH, Dureza cálcica, óxido de magnésio | Fraca                 |
| Expansão por formação de gipsita ou etringita acompanhada de lixiviação | Sulfatos, cloretos, amônio, magnésio                    | Nula                  |

## 6 - OBSERVAÇÕES

A amostra de água analisada pode ser considerada agressiva quando em contato com concretos segundo a norma CETESB L1-007/88.

São Paulo, 16 de junho de 2009.

  
**Heloisa Botorino Pires**  
Diretora - Divisão Laboratórios  
Área de Negócios Inspeções e Laboratório  
Empresas Concremat

É EXPRESSAMENTE PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DOCUMENTO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO  
RUA MADRE EMILIE DE VILLENEUVE, 434-CEP.: 04367-090 - SÃO PAULO /SP - PABX: (011) 5567-1900 - FAX: (011) 5563-6640 - SAC - (011) 5563-0059.  
ECLAB126 - REV 08\_08

## RESUMO DOS RESULTADOS

Como resumo dos resultados tem-se:

### a) Solos das Áreas de Empréstimo

Em relação à granulometria, todas as amostras de solo apresentaram mais de 50% das partículas passantes na peneira #200 e porcentagens de argila (grãos menores que 0,002 mm) maiores que 30%. A classificação granulométrica de praticamente todas as áreas de empréstimo indicou a predominância de solo argiloso, com presença de silte, de areia fina a grossa e pequena porcentagem de pedregulho.

O Limite de Liquidez (LL) variou de 38% a 64% e o Índice de Plasticidade (IP) variou entre 16% e 38%. Plotando-se estes valores no gráfico de Plasticidade de Casagrande, verificou-se que as amostras de solo situam-se acima da linha A.

Pelo Sistema de Classificação Unificada dos Solos (USCS) a classificação predominante das amostras ensaiadas é CL (Argila de baixa plasticidade) e eventual CH (Argila de alta plasticidade).

A partir dos ensaios de compactação Proctor Normal, o peso específico seco máximo e a umidade ótima foram de  $15 \pm 1 \text{ kN/m}^3$  e  $21 \pm 4 \%$ , respectivamente.

O coeficiente médio de permeabilidade, obtido através de ensaios de permeabilidade de carga variável, foi de  $3,5 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ , medido na direção vertical em relação às camadas de compactação.

Em princípio, todas as áreas de empréstimo poderiam ser usadas para fornecimento de material terroso do aterro da barragem, devendo ser feitas, na fase do projeto executivo, investigações complementares para delimitação de áreas de solos utilizáveis na região central da barragem e nos espaldares, reservando-se o material menos permeável para o núcleo.

Os parâmetros de resistência efetiva para o aterro da Barragem de Terra foram estimados através da literatura e de obras executadas com materiais semelhantes. Dessa forma foram adotados os seguintes valores para o projeto:

- Solo residual de granito compactado na umidade ótima:

$$\begin{aligned} \text{Coesão (c')} &= 15 \text{ kPa} \\ \text{Ângulo de Atrito (\phi')} &= 26^\circ \end{aligned}$$

Estes parâmetros, quando aplicados na análise da estabilidade da barragem de Itaocara, nos estudos de viabilidade, com altura superior à de Itaocara I, forneceram Fatores de Segurança satisfatórios. Supõe-se que os parâmetros que devem ter sido usados no primeiro projeto tenham se baseado em ensaios de resistência ao cisalhamento executados em amostras de jazida semelhantes às atuais, visto tratar-se da mesma área onde se projeta Itaocara I.



**Tabela I.1**  
**Resultados dos Ensaios de Laboratório - Material Terroso - Áreas de Empréstimo (Amostras deformadas)**

| LOCALIZAÇÃO                        | AMOSTRAS    |              |              | ENSAIOS - MATERIAIS TERROSOS (RESPONSÁVEL: TECNOSONDA) |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        |            |   |                 |                         |          |
|------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--|-------|-------|-------|--------|---------------------------------|------------|--------|--------|--------|------------|---|-----------------|-------------------------|----------|
|                                    |             |              |              | Granulometria (%)                                      |       |       |       |        |                                 | Pedregulho | LL (%) | LP (%) | IP (%) | Clas. USCS | Peso Esp. Sólidos $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Umidade Natural | Compact. Normal Proctor |          |
|                                    | Área        | Furos        | Prof.        | Argila   | Silte | Areia |       |        | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) |            |        |        |        |            |   |                 | $w_{ot}$ (%)            |          |
|                                    |             |              |              |  |       | Fina  | Média | Grossa |                                 |            |        |        |        |            |   |                 |                         |          |
| Área de Empréstimo Margem Esquerda | AE-A        | STA-01       | 0,35 a 1,5 m | 38,0   | 18,4  | 12,5  | 19,4  | 9,8    | 2,0                             | 49,2       | 23,0   | 26,2   | CL     | 25,51      | 14,5  | 14,26           | 23,3                    | 4,19E-07 |
|                                    |             |              | 1,5 a 4,0 m  |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        |            | 21,7  |                 |                         |          |
|                                    | STA-02      | 0,3 a 4,2 m  | 44,7         | 19,9   | 16,2  | 14,0  | 4,4   | 0,7    | 50,3                            | 24,8       | 25,5   | CL/CH  | 25,31  | 23,7       | 14,21   | 26,9            | -                       |          |
|                                    |             | 4,2 a 5,5 m  |              |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        | 24,7       |   |                 | -                       |          |
|                                    | AE-B        | STB-01       | 0,3 a 5,0 m  | 36,5   | 21,6  | 17,5  | 16,5  | 7,8    | 0,2                             | 42,0       | 22,5   | 19,5   | CL     | 26,19      | 19,2  | 15,31           | 20,3                    | -        |
|                                    |             |              | 0,3 a 1,5 m  |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        |            | 22,4  |                 |                         |          |
|                                    |             | 1,5 a 5,0 m  | 46,2         | 24,4   | 11,6  | 12,5  | 4,5   | 0,8    | 53,3                            | 23,3       | 30,0   | CH     | 25,69  | 23,9       | 14,74   | 20,1            | 2,96E-07                |          |
|                                    | PEB-04      | 0,3 a 2,0 m  | 21,3         | 38,5   | 15,3  | 17,5  | 6,5   | 0,9    | 41,1                            | 24,6       | 16,5   | CL     | 25,55  | 20,3       | 15,39   | 17,8            | -                       |          |
|                                    |             | 2,0 a 5,0 m  | 39,4         | 19,2   | 8,0   | 19,2  | 13,1  | 1,1    | 46,6                            | 23,0       | 23,6   | CL     | 26,24  | 18,0       | 15,34   | 18,0            | -                       |          |
|                                    | AE-C        | STC-01       | 0,3 a 1,2 m  | 39,4   | 24,4  | 17,3  | 12,1  | 6,1    | 0,8                             | 45,2       | 23,8   | 21,4   | CL     | 26,03      | 19,7  | 14,41           | 22,8                    | -        |
|                                    |             |              | 1,2 a 5,0 m  | 44,1   | 18,6  | 11,3  | 14,4  | 10,9   | 0,7                             | 47,6       | 20,6   | 27,0   | CL     | 25,69      | 21,2  | 15,47           | 19,1                    | -        |
|                                    |             | STC-02       | 0,3 a 4,5 m  | 32,3   | 23,7  | 22,7  | 16,8  | 3,9    | 0,6                             | 38,8       | 22,6   | 16,2   | CL     | 25,80      | -   | 15,34           | 20,3                    | -        |
|                                    |             |              | 0,3 a 2,5 m  | 25,8   | 28,5  | 19,7  | 15,1  | 10,6   | 0,2                             | 45,0       | 29,1   | 15,9   | ML     | 25,50      | 20,5  | 15,24           | 20,2                    | -        |
|                                    | 2,5 a 5,0 m | 44,2         | 16,2         | 9,0  | 15,7  | 14,5  | 0,4   | 44,5   | 17,8                            | 26,7       | CL     | 26,43  | 21,3   | 15,63      | 18,3  | -               |                         |          |
| AE-H                               | STH-02      | 0,3 a 4,5 m  | 41,8         | 14,7   | 25,9  | 15,5  | 1,5   | 0,6    | 37,6                            | 20,2       | 17,4   | CL     | 26,52  | 13,7       | 15,40   | 19,7            | -                       |          |
|                                    |             | 4,5 a 5,5 m  |              |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        | 7,5        |   |                 | -                       |          |
| STH-03                             | 0,2 a 5,0 m | 49,0         | 20,2         | 12,7   | 12,8  | 4,3   | 1,0   | 52,2   | 27,2                            | 25,0       | CH     | 25,75  | 21,4   | 13,91      | 25,1  | -               |                         |          |
| Área de Empréstimo Margem Direita  | AE-E        | STE-01       | 0,3 a 3,8 m  | 37,8   | 20,8  | 12,5  | 15,4  | 11,8   | 1,6                             | 49,8       | 20,3   | 29,5   | CL/CH  | 26,22      | 21,8  | 15,08           | 22,1                    | -        |
|                                    |             |              | 3,8 a 5,0 m  |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        |            | 19,9  |                 |                         | -        |
|                                    | STF-01      | 0,3 a 4,0 m  | 26,8         | 27,1   | 20,8  | 16,6  | 8,5   | 0,2    | 63,8                            | 25,7       | 38,1   | CH     | 25,51  | 20,2       | 15,20   | 21,1            | -                       |          |
|                                    |             | 4,0 a 5,0 m  |              |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        | 19,8       |   |                 | -                       |          |
|                                    | STF-03      | 0,35 a 2,3 m | 31,8         | 21,9   | 16,4  | 14,6  | 9,7   | 5,5    | 46,4                            | 23,6       | 22,8   | CL     | 26,07  | 20,1       | 15,20   | 21,3            | -                       |          |
|                                    |             | 2,3 a 5,0 m  |              |  |       |       |       |        |                                 |            |        |        |        | 18,1       |   |                 | -                       |          |
| AE-G                               | STG-02      | 2,0 a 3,0 m  | 38,0         | 25,9   | 21,4  | 9,3   | 5,1   | 0,3    | 51,4                            | 24,9       | 26,5   | CH     | 25,65  | -          | 14,09   | 23,7            | -                       |          |

**Tabela I.2**  
**Resultados dos Ensaios de Laboratório - Material Terroso - Fundação da Barragem de Terra (Amostras indeformadas)**

| LOCALIZAÇÃO | AMOSTRAS      |       |             | ENSAIOS - MATERIAIS TERROSOS (RESPONSÁVEL: TECNOSONDA) |       |       |       |        |     |            |      |      |    |            |                         |                 |
|-------------|---------------|-------|-------------|--|-------|-------|-------|--------|-----|------------|------|------|----|------------|-------------------------|-----------------|
|             |               |       |             | Granulometria  |       |       |       |        |     | Pedregulho | LL   | LP   | IP | Clas. USCS | Peso Espec. dos Sólidos | Umidade Natural |
|             | Área          | Furos | Prof.       | Argila   | Silte | Areia |       |        |     |            |      |      |    |            |                         |                 |
|             |               |       |             |  |       | Fina  | Média | Grossa |     |            |      |      |    |            |                         |                 |
| Fundação    | Eixo Barragem | PI-01 | 1,2 a 1,5 m | 52,4   | 17,6  | 13,7  | 12,0  | 3,6    | 0,6 | 46,9       | 21,3 | 25,6 | CL | 25,490     | 22,0                    | 1,46E-05        |
|             |               | PI-02 | 2,2 a 2,5 m | 40,4   | 22,6  | 14,1  | 13,1  | 6,8    | 2,9 | 45,7       | 21,4 | 24,3 | CL | 25,640     | 21,3                    | 1,75E-05        |

c) Areias e Cascalhos

Ao longo da calha do rio Paraíba do Sul podem ser encontrados 3 depósitos aluviais, composto por areia fofa, granulometria média a grossa, sendo a Jazida 01 localizada a montante da barragem e as Jazidas 02 e 03 a jusante. As amostras coletadas nas jazidas para realização de ensaios de laboratório foram identificadas como Amostra 01, 02 e 03, respectivamente.

Nas Tabelas I.3 e I.4, são apresentados os resultados dos ensaios de laboratório.

**Tabela I.3**  
**Resultados dos Ensaios de Laboratório – Areias e Cascalho**

| AREIAS E CASCALHOS (CONCREMAT)                            |  |            |            |            |                        |
|---|--|------------|------------|------------|------------------------|
| Ensaio  |  | Amostra 01 | Amostra 02 | Amostra 03 | Mistura                |
| Composição granulométrica (% retida Acumulada)            | 3/8"                                   | -          | -          | 0,00       | -                      |
|   | 1/4"                                   | -          | 0,00       | 0,00       | -                      |
|   | # n° 4                                 | 0,00       | 0,00       | 0,00       | -                      |
|   | # n° 8                                 | 0,00       | 0,00       | 0,00       | -                      |
|   | # n° 16                                | 3,00       | 6,00       | 5,00       | -                      |
|   | # n° 30                                | 41,00      | 44,00      | 49,00      | -                      |
|   | # n° 50                                | 89,00      | 91,00      | 92,00      | -                      |
|   | # n° 100                               | 99,00      | 99,00      | 99,00      | -                      |
|   | Fundo                                  | 100,00     | 99,00      | 100,00     | -                      |
| Módulo de Finura  |  | 2,35       | 2,40       | 2,45       | -                      |
| Dim. Máx. Carac.(m)                                       |  | 1,18       | 2,36       | 1,18       | -                      |
| Impurezas orgânicas (Índice de Cor)                       |  | Mais Clara | Mais Clara | Mais Clara | -                      |
| Material pulverulento (%)                                 |  | 0,20       | 0,50       | 0,30       | -                      |
| Argila e materiais friáveis                               |  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | -                      |
| Absorção de água (Absorção de Agregado Miúdo - %)         |  | 0,70       | 1,20       | 0,70       | -                      |
| Massa específica (g/cm³)                                  |  | 2,62       | 2,59       | 2,61       | -                      |
| Massa unitária solta seca (kg/m³)                         |  | 1,49       | 1,29       | 1,36       | -                      |
| Teor de argila por sedimentação (% de Finos)              |  | -          | -          | -          | 3,90                   |
| Permeabilidade - carga constante                          | Dens. Máxima (g/cm³)                   | -          | -          | -          | 1,700                  |
|   | Dens. Mínima (g/cm³)                   | -          | -          | -          | 1,322                  |
|   | Dens. Apar. Seca (g/cm³)               | -          | -          | -          | 1,566                  |
|   | Índice de Vazios                       | -          | -          | -          | 0,540                  |
|   | Coefficiente Permeabilidade 20° (cm/s) | -          | -          | -          | 5,5 x 10 <sup>-2</sup> |
|   | Grau de Compacidade (%)                | -          | -          | -          | 70,0                   |
| Massa Especifica dos grãos (g/cm³)                        |  | -          | -          | -          | 2,653                  |
| Reatividade potencial do álcali agregado ensaio acelerado |  | -          | -          | -          | Inócuo                 |
| Teor de Cloreto (CL) - %                                  |  | -          | -          | -          | 0,00                   |
| Teor de Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) - %                   |  | -          | -          | -          | 0,01                   |
| Teor de Sais - %  |  | -          | -          | -          | 0,22                   |



**Tabela I.4**  
**Composição Mineralógica – Areias e Cascalho**

| FRAÇÕES<br>(mm) | AREIA (MINERAIS) |           |                        |   |                                       |      |        |
|-----------------|------------------|-----------|------------------------|---|---------------------------------------|------|--------|
|                 | Quartzo          | Feldspato | Fragmentos<br>de rocha | Agregados<br>Limoníticos e<br>Argilosos | Quartzo<br>microcristalino e<br>Sílex | Mica | Outros |
| 4,8 – 2,4       | 69,8             | 3,2       | 0,0                    | 6,3                                     | 9,5                                   | 1,6  | 9,5    |
| 2,4 – 1,2       | 90,0             | 0,8       | 1,4                    | 0,0                                     | 4,6                                   | 2,4  | 0,8    |
| 1,2 – 0,6       | 89,6             | 0,4       | 0,6                    | 0,0                                     | 4,0                                   | 5,2  | 0,2    |
| 0,6 – 0,3       | 88,2             | 0,0       | 0,6                    | 0,0                                     | 5,2                                   | 5,6  | 0,4    |
| 0,3 – 0,15      | 84,8             | 0,0       | 0,4                    | 0,4                                     | 3,0                                   | 9,2  | 2,2    |

O coeficiente permeabilidade da areia obtido através de ensaio de permeabilidade de carga constante foi de  $5 \times 10^{-2}$  cm/s, valor este considerado aceitável para utilização como filtro e transição da barragem.

Os resultados completos são apresentados no desenho PJ0722-B-T03-GR-DE-103.

As análises visando a aplicação como agregado de concreto estão apresentadas no documento PJ0722-B-E00-GR-RL-001 - RELATÓRIO TECNOLÓGICO DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO, TIPOS E CLASSES DE CONCRETO.

#### d) Rocha

Na área do AHE Itaocara I observa-se a ocorrência de afloramentos rochosos na margem direita. Além disso, a análise de testemunhos de sondagem comprova a presença do maciço rochoso em profundidade no local das obras de concreto.

Para os ensaios realizados em material rochoso, foram coletadas amostras da Pedreira 4 situada na margem direita. O resumo dos resultados destes ensaios está apresentado na Tabela I.5, enquanto que os resultados completos estão apresentados no desenho PJ0722-B-T03-GR-DE-103.

**Tabela I.5**  
**Resultados dos Ensaios de Laboratório – Rocha**

| ROCHA (CONCREMAT)  |                        |      |
|--|------------------------|------|
| Ensaio   | Amostra                |      |
| Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )                          | 2,76                   |      |
| Massa Específica Aparente Seca (g/cm <sup>3</sup> )            | 2,73                   |      |
| Massa Específica Saturada Superfície Seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2,74                   |      |
| Absorção de Agregado Graúdo (%)                                | 0,50                   |      |
| Abrasão Los Angeles  | 32                     |      |
| Reatividade potencial do álcali-agregado (ensaio acelerado)    | Inócuo                 |      |
| Ciclagem acelerada com etileno-glicol                          | 1º Ciclo               | 0,08 |
|  | 2º Ciclo               | 0,08 |
|  | 3º Ciclo               | 0,08 |
|  | 4º Ciclo               | 0,08 |
|  | 5º Ciclo               | 0,12 |
|  | 6º Ciclo               | 0,20 |
|  | Nº partículas > 19 mm  | 10   |
|  | Nº partículas afetadas | 2    |

## **ANEXO II FOTOS**



**Foto 1 – Vista da margem direita para montante na região do eixo.**



**Foto 2 – Vista da margem direita para a margem esquerda no eixo do barramento.**



**Foto 3 – Vista da margem direita para a margem esquerda no eixo do barramento.**



**Foto 4 - Vista da margem direita para jusante na região do eixo.**



**Foto 5 - Vista de montante pra jusante da ombreira esquerda do barramento.**



**Foto 6 - Vista da margem esquerda para jusante na região do eixo.**



**Foto 7 – Vista da margem esquerda para a margem direita no eixo do barramento.**



**Foto 8 – Vista da margem esquerda para a margem direita no eixo do barramento.**



**Foto 9 – Vista da margem esquerda para montante na região do eixo.**



**Foto 10 – Vista da ombreira direita. Notar afloramento de rocha.**





**Foto 11 – Afloramento de rocha na ombreira direita.**



**Foto 12 – Afloramento de rocha na ombreira direita.**



**Foto 13 – Afloramento de granitóide na área da Pedreira 4.**



**Foto 14 – Poço de Inspeção (PI-02) na margem esquerda.**



Foto 15 – Inspeção de poço (PEC-05) na margem esquerda.

**ANEXO III  
BLOCO DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA  
COMPARTIMENTAÇÃO DO MACIÇO  
ROCHOSO NA ÁREA DO EIXO**