



Folha de Dados

IDGED:

203/02/04/A

LOTE:

2209

AUTOR:

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICO – SRH; GOLDER ASSOCIATES; PIVOT

TÍTULO:

ESTUDOS DE ALTERNATIVA, VIABILIDADE E PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA DA BARRAGEM ARNEIROZ II

SUBTÍTULO:

TOMO II – RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS; VOLUME 3 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH



PROÁGUA

S E M I - Á R I D O

ESTUDO DE ALTERNATIVAS, VIABILIDADE E
PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA
DA BARRAGEM ARNEIROZ II

TOMO II - RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 3 - ESTUDOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS

Setembro - 2000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS, VIABILIDADE E
PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA
SELECIONADA DA BARRAGEM ARNEIROZ II**

TOMO II - RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Elaborado para

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil

Elaborado por

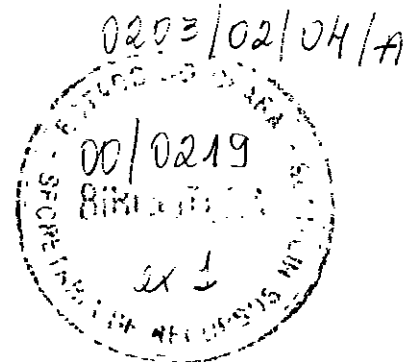
Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Mota, 699
Fortaleza – CE
Brasil

Distribuição:

02 Cópias - Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – CE
01 Cópia - Consórcio GOLDER-PIVOT

Setembro, 2000

009-5601-OS1-007



SUMÁRIO

| | | |
|----|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO .. | 01 |
| 2 | GEOMORFOLOGIA | 01 |
| | 2.1. Geomorfologia Regional. | 01 |
| | 2.2. Geomorfologia Local | 03 |
| 3. | GEOLOGIA | 03 |
| | 3.1 Geologia Regional .. | 03 |
| | 3.2 Geologia Local .. | 11 |
| 4. | GEOTECNIA... | 17 |
| | 4.1. Investigações do Barramento e Vertedouro - Sondagens e Ensaios de campo .. | 17 |
| | 4.1.1. Investigações realizadas nos estudos anteriores .. | 17 |
| | 4.1.2 Investigações realizadas no estudo atual.. | 17 |
| | 4.2. Modelo Geomecânico do maciço rochoso .. | 20 |
| | 4.2.1 Descrição Geomecânica dos Testemunhos de Sondagem .. | 20 |
| | 4.2.2 Planilhas de Classificação Geomecânica dos Testemunhos de Sondagem. | 24 |
| | 4.2.3 Elaboração de Seções Geomecânicas .. | 48 |
| | 4.2.4 Classificação Geomecânica do Maciço Rochoso .. | 48 |
| | 4.2.5 Estratos Geomecânicos do Maciço .. | 49 |
| | 4.2.6 Descontinuidades Estruturais do Maciço Rochoso .. | 49 |
| | 4.2.7 Condições de Fundação e Tratamentos previstos. | 62 |
| | 4.3 Materiais Naturais de Construção .. | 63 |
| | 4.3.1 Materiais Terrosos .. | 63 |
| | 4.3.2 Materiais Granulares .. | 70 |
| | 4.3.3 Material Pétreo .. | 72 |
| 5. | BIBLIOGRAFIA PESQUISADA.. | 72 |
| 6 | DESENHOS .. | 73 |

1. INTRODUÇÃO

A SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ, através do seu SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO – PROÁGUA, contratou o CONSÓRCIO GOLDBER-PIVOT para desenvolver o Estudo de Alternativas, Viabilidade e Projeto Básico da Alternativa Selecionada da Barragem de Arneiroz II, localizada no Rio Jaguaribe, Município de Arneiroz, situado no sudoeste do estado do Ceará

Os estudos geológico-geotécnicos levados a termo, objetivaram o levantamento das características geomecânicas da fundação da barragem, bem como a disponibilidade e as características dos materiais naturais de construção.

Os estudos geológicos de superfície envolveram trabalhos de fotointerpretação geológica, mapeamento geológico-geotécnico, reconhecimento de materiais naturais de construção e levantamentos e análise de geologia estrutural.

Os estudos geológicos de subsuperfície envolveram a execução de sondagens rotativas, sondagens a percussão, ensaios de permeabilidade *in situ* a carga constante, ensaios de perda d'água sob pressão e poços de inspeção. Uma campanha de ensaios de laboratório orientada à determinação e caracterização das propriedades físicas e geotécnicas dos materiais complementaram os estudos ora apresentados.

A análise dos resultados destes estudos e suas consequências no projeto da barragem são apresentados e discutidos no desenvolvimento deste relatório

2. GEOMORFOLOGIA

2.1 Geomorfologia Regional

A região onde se insere o empreendimento inclui, em sua parte mais baixa, setores de topografia predominantemente plana ou suavemente rampeada, que se orientam para os fundos dos vales. A fisionomia é conferida por feições de topografia aplainadas, decorrentes da pequena capacidade de incisão linear proporcionada pela rede de drenagem. As altitudes são inferiores a 200m.

À medida que as altitudes atingem cotas superiores (até 400m. ou, em raros casos, um pouco acima disso), há uma tendência generalizada para maior dissecção do relevo em feições morfológicas diversificadas. Dentre estas incluem-se formas de topos convexos, lombadas, morros, esporões e feições tabuliformes. Estas áreas, com aspecto de rampas degradadas eventualmente dissecadas, constituem patamares de acesso para os níveis elevados dos maciços residuais. Em sua maior parte, representam regiões que circundam os planaltos, marcando a transição entre estes e as terras baixas.

A vegetação predominante na região é constituída pela caatinga arbustiva aberta e pela floresta caducifolia espinhosa (caatinga arbórea).

Os solos pedológicos predominantes são os litólico eutrófico e distrófico, e o podzólico vermelho-amarelo eutrófico e distrófico bruno não cálcico.

A região, onde a semi-aridez é aguda e as caatingas têm distribuição extensiva, está inserida nas Depressões Sertanejas, com altitudes de no máximo 400 m, sendo detectadas, raramente, elevações superiores.

As litologias são representadas tanto por rochas do pré-Cambriano Superior como do pré-Cambriano Indiviso. Apesar da extrema complexidade litológica, as depressões sertanejas se apresentam como vastas superfícies de aplainamento, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente essas rochas. Este fato não invalida, porém, o trabalho de erosão diferencial, que tende a colocar em destaque rochas resistentes, dissecando ou rebaixando mais intensamente os setores de litologias menos resistentes.

A topografia do sertão nem sempre tem aspecto aplainado, que tão bem caracteriza a superfície sertaneja. Nos locais em que a rede de drenagem se adensa, assumindo um padrão dentrítico, sem qualquer controle estrutural, o sulcamento linear tende a dissecar o relevo, dando ao mesmo feições onduladas

A morfologia das depressões sertanejas se evidencia através de vastas rampas sedimentares, que partem das bases dos maciços residuais, com caimento no sentido dos fundos dos vales.

O processo evolutivo dos sedimentos está intimamente ligado às características climáticas e de vegetação das depressões sertanejas semi-áridas. A par da aguda irregularidade das precipitações pluviométricas, as amplitudes diurnas de temperatura, afóra o caráter caducifólio do revestimento florístico, têm íntima associação com os processos morfogenéticos atuantes.

O clima semi-árido, além de ser o principal fator condicionante da desagregação das rochas, contribui para impor os processos de remoção dos colúvios e de deposição deste material a jusante da área fonte. O tipo de revestimento vegetal pouco contribuiu para deter ou atenuar os efeitos do escoamento difuso ou em lençol, que tem acentuado o seu papel de agente de desgaste. O material carregado seletivamente justifica o adelgaçamento dos solos, pouco espessos em toda a região, enquanto que os detritos grosseiros, impondo obstáculos à sua remoção, depositam-se em superfície, dando à mesma o aspecto de chão pedregoso. Quando este material é revestido por colúvio, se expande às áreas cujos solos apresentam linhas de seixos sotopostos aos horizontes superficiais dos solos

Resumidamente, e em função do exposto, pode-se dizer que a região apresenta as seguintes características geomorfológicas de maior relevância: grande variação litológica; truncamento indistinto das litologias por processos de morfogênese mecânica, que tenderam a aplainar a superfície; revestimento generalizado de caatinga com capacidade mínima para diminuir a ação de desgaste dos processos de erosão; pequena espessura de manto de alteração das rochas; ocorrência freqüente de pavimentos e paleopavimentos dentríticos; pequena capacidade de erosão linear em face da intermitência dos cursos de água, o que justifica a pequena amplitude

altimétrica entre os interflúvios e os fundos de vales: presença de altos residuais nos locais de maior resistência litológica; e desenvolvimento de áreas de acumulação inundáveis à jusante das rampas sedimentares.

2.2 Geomorfologia Local

A área objeto dos estudos está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto Sertanejo que comporta-se, de um modo geral, como um patamar de acesso aos níveis mais altos, uma vez que representa um degrau intermediário entre a Depressão Sertaneja e os topos dos Planaltos e Chapadas que o circundam.

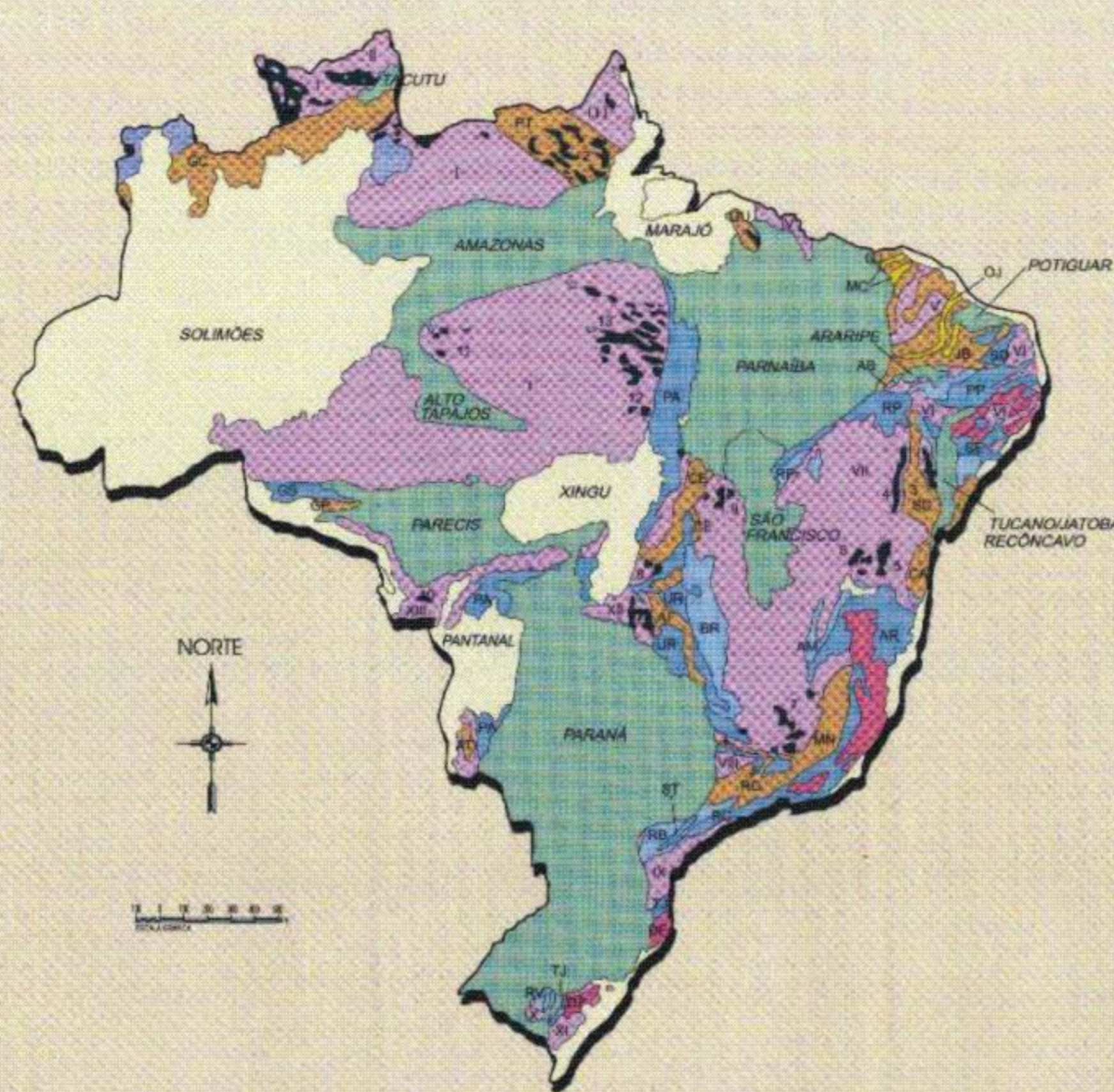
Morfologicamente caracteriza-se por uma intensa dissecação do relevo, resultando em formas predominantemente convexas e aguçadas, dispostas geralmente seguindo uma direção preferencial SO-NE e S-N. Trata-se de uma área de grandes dobramentos e falhamentos, que se refletem no relevo através de extensos alinhamentos de cristas, com escarpas íngremes e vales encaixados em “V”

O Planalto Sertanejo apresenta-se como importante centro dispersor de drenagem. Os rios que drenam este planalto possuem os cursos retilíneos, intercalados por curvas e ângulos anômalos, sendo marcados por inflexões bruscas em vários sentidos. Correm geralmente encaixados, não permitindo o desenvolvimento de planícies, salvo em pequenos trechos, principalmente nos setores em que interceptam litologias sedimentares. A maior parte do Planalto Sertanejo está incluída na categoria de “Serras Secas”, submetidas às deficiências hídricas típicas do clima semi-árido.

3. GEOLOGIA

3.1. Geologia Regional

O estado do Ceará está inserido em parte da chamada Província Borborema, conforme conceituada por Almeida e outros (1981). Do ponto de vista geotectônico esta Província possui fragmentos crustais antigos bordejados por cinturões orogenéticos de idades paleoproterozóica e meso a neoproterozóicas e por sistemas de *rifts* mesoproterozóicos, neoproterozóicos e eopaleozóicos (Figura 3.1 e Figura 3.2).

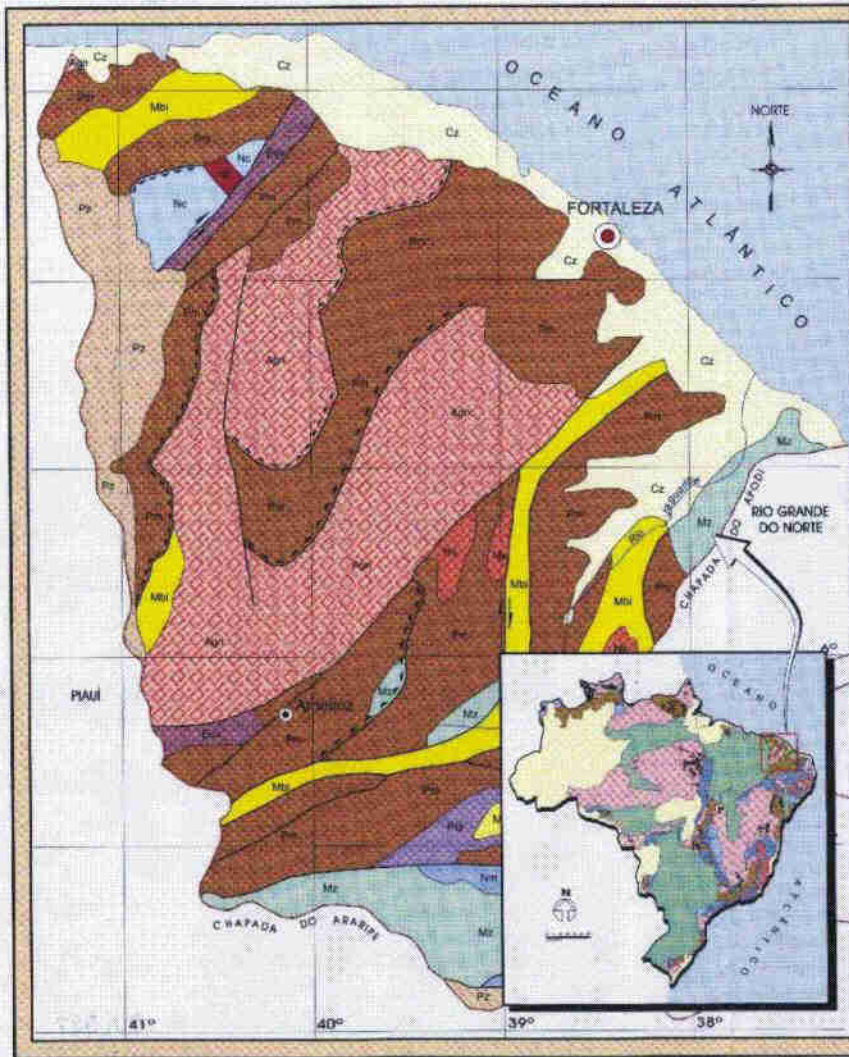


- Coberturas Cenozóicas
Cenozoic Cover
- Bacias Sedimentares Fanerozóicas
Fanerozoic Sedimentary Basins
- Granitóides Neoproterozóicos
Neoproterozoic Granitoids
- Granitóides Paleo a Mesoproterozóicos
Early to Middle Proterozoic Granitoids
- Sistemas de Riftes Meso a Neoproterozóicos
Middle to Late Proterozoic Rift Systems
OJ - Orós-Jaguaribe;
MC - Médio Carajás
- Cinturões Móveis Neoproterozóicos
Neoproterozoic Mobile Belts
SE - Sergipano;
AM - Aracaju-Macaúbas;
BR - Brasília;
RP - Rio Preto;
AB - Alto Brasília;
RB - Ribeira;
RV - Ribeira-Viçosa;
DF - Dom Feliciano
- Cinturões Móveis Meso a Neoproterozóicos
Middle to Late Proterozoic Mobile Belts
SD - São João;
PP - Paju-Paraíba;
SE - Sergipano;
RP - Riacho do Pontal;
AR - Aracaju;
RC - Ribeira-Costa;
ST - Setúba;
TJ - Tucujá;
UN - Urucui;
RG - Alto Rio Grande;
PA - Paraguai-Araguaia;
GS - Cinturão de Cisalhamento Guaporé
- Cinturões Móveis de Alto Grau Paleoproterozóicos
Early Proterozoic High Grade Mobile Belts
GC - Guiana Central;
PT - Paru-Tumucumaque;
OU - Ouricuri;
GU - Guariá;
JB - Jaguaribe;
SC - Salvador-Carnaúba;
CA - Costa Atlântica;
MN - Maripueira;
AF - Afonim;
CE - Ceará;
GP - Guaporé;
AT - Alto Terere
- Greenstones Belts e Cinturões Vulcanossedimentares Arqueanos e Paleoproterozóicos
Early Proterozoic and Archean Volcano Sedimentary and Greenstone Belts
1 - Cinturão Parana;
2 - Cinturão Paru-Tumucumaque;
3 - Greenstone belt Rio Itapicuru;
4 - Cinturão Itapicuru-Jacobina;
5 - Cinturão Contendas-Mirante;
6 - Greenstones belt Itabora-Burnado;
7 - Greenstones belt Rio das Velhas;
8 - Greenstone belt Goiás;
9 - Greenstone belt Natividade;
10 - Greenstone belt Jauru;
11 - Greenstones belt Tapajós;
12 - Greenstone belt Andaraí-Serra do Itajaí;
13 - Cinturão Itaculinas
- Núcleos e Fragmentos Cratônicos Arqueanos
(Coberturas Proterozóicas Removidas)
Archean Cratonic Nuclei and Fragments
(Proterozoic Cover Removed)
I - Craton Amazônico;
II - Núcleo Urariquera;
III - Fragmento Oiapoque;
IV - Fragmento São Luís;
V - Fragmento Tróia;
VI - Fragmentos do Nordeste;
VII - Craton São Francisco;
VIII - Maciço Guaxupé;
IX - Fragmento Linha Azuis;
X - Fragmento Taquarombó;
XI - Fragmento Pinheiro Machado, engolfado por granitos Neoproterozóicos;
XII - Maciço Goiás;
XIII - Núcleo Palma;

PRINCIPAIS FEIÇÕES TECTÔNICAS PRÉCAMBRIANAS DO BRASIL
 FIGURA 3.1

Modificado do Mapa Tectono-Geológico do Brasil, preparado pela CPRM para a Obra "Economia Mineral do Brasil" editada em 1995 pelo DNPM

000008



Cenozóico (< 65 Ma)

Cenozoico

Cz Sedimentos terciários, areolados e rochas líticas
Tertiary sediments, blocky and limest

Mesozóico (65 a 235 Ma)

Mesozoico

Mz Sequência essencialmente terrena (arenito, siltito, argilito), calcário e gresita
Mainly terrigenous sequence (sandstone, siltstone, shale, limestone and gypsifer)

Paleozóico (235 a 460 Ma)

Paleozoico

Pz Sequência essencialmente terrena (arenito, siltito, xisto, mármore, calcário e evaporitos)
Mainly terrigenous sequence (sandstone, siltstone, shale, limestone, limestone and evaporite)

Eopaleozóico (460 a 570 Ma)

Eopaleozoico

Ec Coberturas e rochas ígneas anorogênicas
Anorogenic gneiss and cover rocks

Neoproterozóico (570 a 1000 Ma)

Neoproterozoico

Nc Sequência pelito-carbonática (Calcário, dolomito, margo e xisto) e arenito localmente detritico e metamorfizado (Sub greenstich)
Pelito-carbonate sequence (Dolomite, limestone, marl and siltite), diamictite and sandstone, locally detrital and metamorphosed (Sub greenstich)

Nm Sequência filítica-metacálcica (Incluído xisto, metarenito amebiotático)
Sequence of phyllite and metacalcine (including schist, metarenite and metabasaltoid)

Np Granitoides tard e pós-tectônicos
Late to post-tectonic granitoids

Nq Granitoides São a semi-arcabóites
São or late-tectonic granitoids

Mesoproterozóico (1000 a 1800 Ma)

Mesoproterozoico

Mt Associações (meta) vulcano-sedimentares (volcânicas, bimodais, tipo rift)
Phenocrystic (meta) volcano-sedimentary associations, bimodal, rift type

Mc Sequências arcabóites com conglomerados e xisto; localmente deformadas e metamorfizadas (Sub greenstich)
Sequence of sandstone with conglomerates and shale, locally deformed and metamorphosed (Sub greenstich)

Mz Coberturas e rochas ígneas anorogênicas
Anorogenic gneiss and cover rocks

Paleoproterozóico (1800 a 2600 Ma)

Paleoproterozoico

Pa Associação de granitos, migmatito e granulito (Incluído quartzito, calcossilicatos e metabasitos)
Gneiss, migmatite and granulite (including quartzite, calcosilicates and metabasic rocks)

Pz Associações (meta) vulcano-sedimentares orogênicas, calcossilicas, tipo arco
Orogenic (meta) volcano-sedimentary associations, calcosilicates, arc type

Arqueano (>2600 Ma)

Arqueano

Ar Ortognatitos (xisto e metabasito), migmatito e granulito (incluído metabasitos, anfibolito e relíquias de rochas supracrustais)

Orthogneiss (Schist and metabasite), migmatite and granulite (including metabasic rocks, amphibolite and relics of supracrustal rocks)

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS (STRUCTURAL SYMBOLS)

Contato geológico (Geology contact)

Falta (Fault)

Falta de empuxão (Thrust fault)

Falta transcorrente (Strike-slip fault)

ZONAS DE RETRABALHAMENTO E SUPERPOSIÇÃO DE EVENTOS TECTÔNICOS

REACTIVATED ZONES: ZONES OF SUPERPOSITION OF TECTONIC EVENTS

Evento tectônico intramontano

Transamazonian tectonic event

000009

Mapa Geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000, 1998



Mapa Tectono-Geológico Simplificado do Estado do Ceará



FIGURA 3.2

Os fragmentos Crustais Antigos

Os fragmentos crustais fariam parte de um núcleo cratônico primitivo que, embora afetado pelos eventos Transamazônico e Brasileiro, preservou sua assinatura arqueana. O fragmento de maior expressão é o denominado Maciço de Tróia, sendo constituído de ortognaisses e uma associação de gnaisses variados, bimodais-félsicos e máficos, sequências de rochas supracrustais metamáficoulttramáficas, com finas intercalações de metassedimentos clástico-químicos. Dentre os principais tipos petrográficos que caracterizam esta unidade litoestratigráfica, além da ampla diversidade de gnaisses, podem ser citados leptinitos, anfíbolitos, serpentinitos ricos em cromo, tremolita-antofilita-xistos, ultrabásitos, quartzitos, quartzitos ferríferos e rochas carbonáticas/dolomíticas e grafitosas. As rochas desta sequência supracrustal são interpretadas como pertencentes a uma associação metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt*.

Bordejando os núcleos cratônicos arqueanos encontram-se os cinturões paleoproterozóicos e as faixas móveis meso a neoproterozóicas.

Os Cinturões Paleoproterozóicos

O cinturão paleoproterozóico Jaguaribeano compreende uma sequência de rochas supracrustais submetidas ao metamorfismo de fácies anfíbolito superior, onde são reconhecidos três domínios litotectônicos: domínio oeste e norte, também chamado de zona externa, domínio central ou zona interna e, domínio leste e sul.

No domínio oeste e norte predominam associações de rochas metassedimentares, originados em um ambiente de margem continental passiva, sendo representado por quartzitos, metacarbonatos, xistos e paragnaisses granatíferos, parcialmente migmatizados.

No domínio central a sequência supracrustal metassedimentar e metavulcânica foi progressivamente migmatizada, resultando na geração de granitos anatóicos (granitos do tipo S) e migmatitos, que ocorrem em associações com gnaisses aluminosos e peraluminosos.

Por fim, no domínio leste (Maciço de Rio Piranhas) e sul, predominam as suítes granitóides (ortognáissicas) envolvendo vestígios de rochas supracrustais (anfíbolitos, xistos, gnaisses, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas), localmente preservadas. Esta suíte de rochas ortognáissicas granitóides são interpretadas como derivadas de uma série calcialcalina de arco magmático tipo Andino, onde suítes sódicas dominam ao oeste e potássicas ao leste.

Em termos de tectônica, dois estilos estruturais são caracterizados para a região geológica em apreço, provavelmente referentes a dois eventos tectônicos distintos. O evento mais antigo é denominado de Transamazônico sendo responsável por uma deformação em regime compressivo, tangencial, dúctil, associado a metamorfismo de alto grau, que progrediu até a fácies anfíbolito superior. O evento mais recente é denominado de Brasileiro e caracterizado por uma tectônica transcorrente dextral, com metamorfismo de baixo grau, fácies xistoverde, restrito às proximidades das zonas de cisalhamento.

As faixas Móveis Meso a Neoproterozóicas

Os cinturões móveis meso a neoproterozóicos constituem um sistema ramificado de faixas orogênicas situado entre o domínio Jaguaribiano, consolidado no Transamazônico, e o cráton do São Francisco. Essas faixas são limitadas por expressivas zonas de cisalhamento e envolvem na sua arquitetura fragmentos arqueanos e paleoproterozóicos. Os diversos segmentos desse sistema recebem designações próprias de cinturões (ou faixas), como Seridó, Pajeú-Paraíba, Sergipano, Riacho do Pontal e Piancó-Alto Brígida. As rochas supracrustais desses cinturões compreendem duas sequências de idade mesoproterozóica (sedimentação terrígena e menos carbonática, com alguma contribuição vulcânica, e vulcanismo bimodal) e outra de idade esteniano-neoproterozóica, assentada discondantemente sobre as anteriores, sendo apenas localmente preservado, devido a subsequente ascensão e erosão. Estes cinturões, no entanto não tem distribuição significativa no estado do Ceará.

Os Rifts Mesoproterozóicos

Sucedendo à estabilização e cratonização do cinturão Jaguaribeano no Transamazônico ocorreu um importante evento extensional, que aproveitando as estruturas paleoproterozóicas existentes, acabaram por originar um sistema de *rifts* do Mesoproterozóico, onde estreitas faixas limitadas por falhas foram preenchidas por sequências metavulcanossedimentares, com vulcanismo bimodal ou do tipo félsico.

O sistema de *rift* de Orós-Jaguaribe contém uma espessa sequência vulcanossedimentar, constituída por metassedimentos psamíticos, associados a magmatismo intraplaca, sucedidos por sequência turbidítica, intrudidos por metagabros e ortognaisses graníticos. Já no segmento oriental desse sistema predominam as rochas plutonovulcânicas aos metassedimentos. O início da fase distensiva é indicada por rochas vulcânicas e subvulcânicas em 1,7Ga. O regime tectônico é transpressivo e exhibe estruturas de três fases de deformação, atingindo a segunda condições metamórficas de fácies anfíbolito, enquanto as outras duas de fácies xistoverde.

No sistema de *rift* do Médio Coreau, o *Gráben* de Martinópole é preenchido por uma sequência metassedimentar marinha, transgressiva e encerra evidências de uma tectônica transpressiva dextral, com estruturação final em forma de flor positiva. As idades radiométricas indicam influência dos eventos Uruaçuano e Brasileiro.

Os Rifts Neoproterozóicos

A reativação do sistema de falhas mesoproterozóico, em regime transcorrente, gerou bacias transtensivas do tipo *pull-apart*, afetando principalmente o sistema de *rift* do Médio Coreau. No *Graben* de Martinópole foi depositada a sequência cuprífera de Pedra Verde, que é distinguida do Grupo Martinópole, sotoposto e de idade mesoproterozóica, pelo seu menor grau de metamorfismo e deformação, sendo constituída por metapelitos e metamargas.

No *Graben* de Ubajara é preservada uma sequência sedimentar terrígeno-carbonática, marinha (grupo Ubajara), que representa um ciclo completo de sedimentação, transgressivo-regressivo

As Bacias Eopaleozóicas

As primeiras bacias do tipo *pull-apart* formadas no Fanerozóico estão ligadas à reativação, em regime rúptil, das falhas transcorrentes, sendo preenchidas por uma sequência de sedimentos molássicos continentais em ambiente oxidante. As rochas sedimentares, tipicamente de cores vermelhas, exibem intercalações de vulcânicas alcalinas, ácido a intermediário, pós-Brasiliano (datados de 520Ma a 480Ma), que por sua vez são intrudidas por granitos subvulcânicos alcalinos. Estas últimas bacias, ligadas à evolução do Evento Brasiliano (Cacoci, Jaibaras e outras menores) foram deformadas por uma tectônica vertical rúptil e/ou transcorrente, dextral.

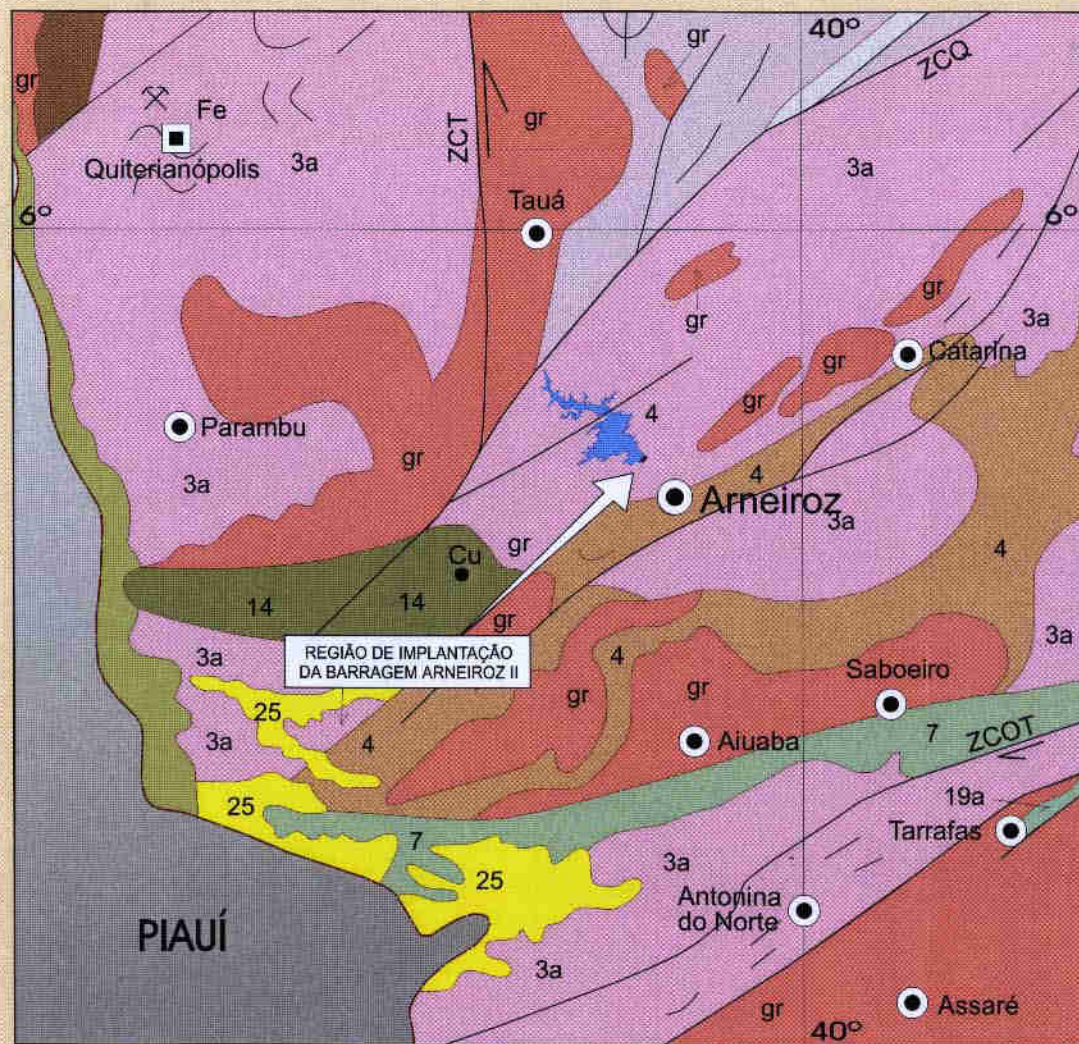
A Figura 3.3 sintetiza a estratigrafia e a Figura 3.4 a geologia e os recursos minerais simplificados do estado do Ceará.



FIGURA 3.3

| <i>Período</i> | <i>Grupo</i> | <i>Formação</i> |
|---------------------------|---|--|
| Quaternário | | Aluviões, dunas, areias, etc |
| Terciário | Barreiras | Serra do Martins |
| | | Basaltos e diabásios |
| Cretáceo | Apodi | Jandaíra e Açú |
| | Araripe | Santana Itapecuru Exu |
| | Rio do Peixe e Iguatu | |
| Jurássico | | Orozimbo Sergi e Aliança |
| Carbonífero | | Piauí e Poti |
| Devoniano | | Longá |
| | | Cabeças |
| | | Pimenteiras |
| Siluriano | | Serra Grande e Tacaratu |
| Ordoviciano | Jaibaras | Apráivel Parapuí |
| Cambriano | | Pacujá (Jucá) Massapê |
| | | Granito Meruoca |
| Pré-Cambriano* A | Bambuí | Coreau Frecheinnhas Caiçaras Trapiá |
| | Cachoeirinha | |
| | "Serido" | Seridó Surucutu Equador |
| | Salgueiro e Ceará | |
| Pré-Cambriano C | Caico e Uauá | |
| Pré-Cambriano Indiviso | Complexos Gnaiss-Migmatítico E Magmatítico-Granítico | Granitos, sienitos, gabros E dioritos |

* A divisão adotada para o Pré-Cambriano é a seguinte
Pre-Cambriano A (570 – 1 100 Ma). Pre-Cambriano B (1 100 – 1 700 Ma). Pre-Cambriano C (1 700 – 2 200 Ma) e
Pre-Cambriano D (>2 200 Ma)
FONTE Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Jaguaribe e Fortaleza Texto Explicativo MME,
Brasília, 1974

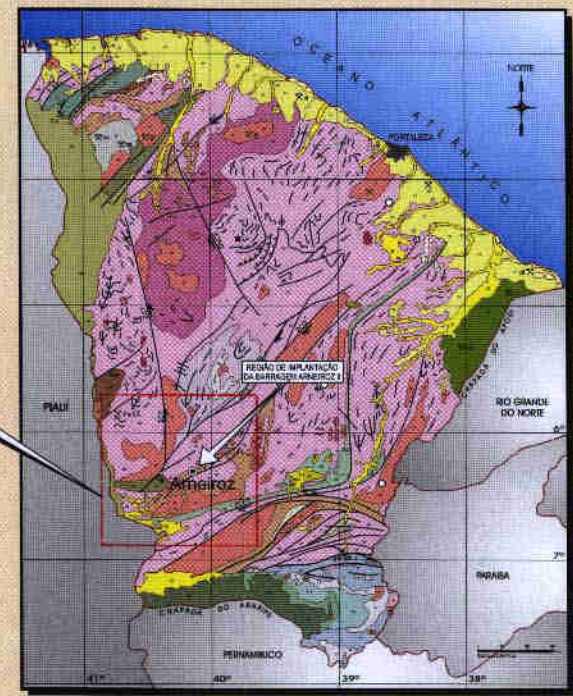


REGIÃO DE IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ARNEIROZ II

COLUNA ESTRATIGRÁFICA SIMPLIFICADA DO ESTADO DO CEARÁ

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| C | Q | 25 | Ac | 24 | D | | | |
| | TQ | 23 | M | 22 | F | 21 | | |
| | T | VA | | | | | | |
| M | K | 19 | Ap | A | 27h | 27i | | |
| | JK | 17 | RP | 18 | I | 20 | | |
| P | SD | 15 | SG | 16 | C | | | |
| | €O | 12 | GJ | 13 | RJ | 14 | GI | |
| P€ | MS | 11 | da | | | | | |
| | | 9r | 5 | GC | GO | GM | GU | SJ |
| | I | 4 | Ce | 8 | 7 | 8 | 9 | 10 |

- PRINCIPAIS JAZIDAS E DEPÓSITOS MINERAIS**
- Am - Água Mineral
 - ba - Barita
 - ca - Calcário
 - Cr - Cromo
 - Cu - Cobre
 - di - Distingido
 - Fe - Ferro
 - gp - Gipsita
 - gr - Granito Ornamental
 - mg - Magnesita
 - Mn - Manganês
 - pb - Pedra Branda
 - pg - Pegmatito
 - Ru - Rutílio
 - U.P - Urânio, Fosfato



— DIVISA INTERESTADUAL

- MUNICÍPIO DE 0 a 20.000 HAB.
- MUNICÍPIO DE 20.001 a 50.000 HAB.
- MUNICÍPIO DE 50.001 a 200.000 HAB.

BASE: Atlas do Ceará - 1997 - IFLANCE
Fundação Instituto de Planejamento do Ceará

STATUS DA CONCENTRAÇÃO

- JAZIDA MINERAL
- ⊗ MINA EM ATIVIDADE
- ⊗ MINA PARALIZADA
- DISTRITO MINERAL
- OCORRÊNCIA MINERAL

ESTRUTURAS

- CONTATO GEOLÓGICO
- ALINHAMENTO ESTRUTURAL
- DOBRA
- FALHA DE EMPURRÃO
- ZONA DE CISALHAMENTO DEXTRAL
- ZONA DE CISALHAMENTO SINISTRAL
- FALHA

Mapa Geológico Regional e de Recursos Minerais - Barragem Arneiroz II
FIGURA 3.4

000014

3.2 Geologia Local

A região do futuro barramento do açude de Arneiróz-II encontra-se predominantemente representada por rochas gnáissicas e migmatíticas que, juntamente com outras áreas pré-cambrianas, compõem o embasamento das sequências supracrustais e representariam os fragmentos crustais antigos.

As datações Rb/Sr, convencionais e isocrônicas em rocha total, efetuadas nas rochas gnáissicas indicam idades de 2.760Ma a 517Ma e as datações K/Ar em rocha total e em minerais, de 670Ma a 400Ma, que sugerem para estas rochas idades arqueanas e retrabalhamentos nos ciclos Transamazônico e Brasileiro

Os gnaisses apresentam-se, no geral, fortemente afetados pelos processos de migmatização, podendo, no entanto, apresentarem, localmente, porções leucocráticas graníticas rosadas (neossomas ?), como no furo SM-01 (FOTO-01), o que deve caracterizar condições variadas de temperaturas e pressões em torno da média.

Exibem tonalidades cinza-claro a cinza-escuro, às vezes em tons azulados, com alternância de bandas escuras milimétricas a centimétricas enriquecidas em minerais máficos intercaladas por bandas claras quartzo-feldspáticas. A granulação é principalmente equigranular média, podendo passar a equigranular fina.

O padrão estrutural é relativamente complexo com planos de foliação intensamente contorcidos, formando, dentre outros tipos, dobramentos isoclinais e recumbentes, com eixos eixos incinados, verticais e horizontais. Terminações branquiformais são frequentemente observadas, assim como zonas cisalhadas e milonitizadas (FOTO 2) A foliação principal, aqui denominada de Sn, apresenta-se, geralmente, com direção NE-SW, com caimentos suaves, cerca de 16° a 32°, ou caimentos de médio ângulo, em torno de 60°-70°, estes últimos principalmente na região do leito do rio ou, localmente, nas ombreiras (FOTO 3). Os caimentos são para NW a SE, passando pelo quadrante NE.

O caráter local do mapeamento executado aliado à falta de continuidade dos afloramentos visitados não possibilitou tecer maiores considerações estruturais a respeito das relações de geometria e gênese desta foliação com a Transcorrência Arneiroz –Senador Pompeu, a não ser pela coincidência entre o trend geral para NE tanto da foliação encontrada na área quanto da referida estrutura transcorrente e ainda, pela própria proximidade de ocorrência da estrutura.



FOTO 1 – Detalhe do testemunho do furo SM-01A mostrando porções leucocráticas do gnaíse.



FOTO 2 – Zona milonitizada no leito do rio Jaguaribe. Notar o espaçamento das fratura NW-SE. A bússola encontra-se orientada para norte.



FOTO 3 – Traço da foliação subverticalizada no leito do rio Jaguaribe.

Os indicadores cinemáticos encontrados, como sigmóides de foliação S-C e dobramentos isoclinais indicam, em planta, cinemática dextral, sendo também, no entanto, encontradas estruturas que indiquem movimento sinistral.

O sistema de juntas e fraturas apresentam quatro direções preferenciais, a saber: N86°E/65°NW, N84°W/88°SW, N48°E/85°SE e, finalmente, N14°W/89°NE. Este último conjunto, oscilando aproximadamente na direção NS, parece estar associado ao desenvolvimento de uma foliação secundária à foliação principal Sn, o que, por sua vez, denota o caráter progressivo da deformação impressa nessas rochas (Foto 4). Nas porções subsuperficiais as fraturas de ambos os conjuntos apresentam-se parcialmente abertas e preenchidas por sedimentos recentes (Fotos 5 e 6).

No leito do rio Jaguaribe os depósitos aluviais encontram-se preenchendo as calhas em torno dos afloramentos rochosos com espessuras que não devem ultrapassar 3m. Constituem-se basicamente de areias médias a grossas, com alguma quantidade de areia fina e cascalhos (Foto 7).

Além dos aluviões do leito do rio, depósitos coluvionares de espessuras extremamente reduzidas, centimétricos, podem ser encontrados nas encostas, tanto da ombreira esquerda quanto da direita. Os solos residuais e saprolíticos são também muito pouco espessos, da ordem de algumas dezenas de centímetros.

A ocorrência e distribuição dos materiais encontrados no mapeamento geológico-geotécnico local, bem como os resultados das fotointerpretações geológicas encontram-se representados no desenho II-3-02/05-000. O desenho II-3-01/05-000 refere-se às convenções e legendas adotadas neste trabalho



FOTO 4 – Desenvolvimento de uma foliação secundária indicando deformação progressiva com posterior relaxamento, abertura e preenchimento por material superficial siltoso. Notar descoloração e processos de alteração a partir das superfícies das descontinuidades.



FOTO 5 – Visão geral das fraturas leste-oeste, com aberturas superficiais e preenchimento fino (foto com vista para sudeste).



FOTO 6 – Detalhe das fraturas NS com aberturas superficiais e entulhamento por sedimentos de variada granulometria. Afloramentos nas proximidades do PT-09, leito do rio.



FOTO 7 – Visão geral do aluvião contornando os afloramentos gnáissicos do leito do rio Jaguaribe (vista para sul-sudeste).

4. GEOTECNIA

4.1 Investigações do Barramento e Vertedouro – Sondagens e Ensaios de Campo

4.1.1 Investigações Realizadas nos Estudos Anteriores

As campanhas de sondagens realizadas anteriormente à atual fase de estudos de viabilidade da barragem de Taquara estão resumidas na Tabela 4.1. Foram realizadas 18 (dezoito) sondagens rotativas num total de 231,95m perfurados. Cabe-nos aqui salientar que os dados das campanhas anteriores foram utilizados somente quando da não disponibilidade de dados recentes.

4.1.2 Investigações Realizadas no Estudo Atual

Para o desenvolvimento da atual fase de estudos foi realizada uma campanha de sondagens rotativas, sondagens a percussão e perfuração de poços de inspeção que subsidiaram os estudos de caracterização geológico-geotécnica e geomecânica aqui desenvolvidos (Tabelas 4.2 e 4.3).

TABELA 4.1
INVESTIGAÇÕES ANTERIORES À CAMPANHA ATUAL

| FURO | PROF. (m) | COORDENADAS | | COTA (m) | LOCAL / ESTACA | DATA TÉRMINO | EXECUTORA |
|---------------------------------------|--------------|----------------|--------------|----------|--|-----------------|------------|
| | | N | E | | | | |
| PRIMEIRA CAMPANHA DE SONDAGENS | | | | | | | |
| SR-1 | 10,00 | 9 307 312,2339 | 364 940,3774 | | EST 62+17,00m (EIXO) | 14/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-2 | 10,00 | 9 307 209,2534 | 364 997,9883 | | EST 57+0,00m (EIXO) | 30/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-3 | 15,00 | 9 307 071,3642 | 365 075,1283 | | EST 49+0,00m (EIXO) | 28/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-4 | 18,00 | 9 306 948,3112 | 365 143,9685 | | EST 42+0,00m (EIXO) | 24/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-5 | 18,00 | 9 306 988,3466 | 365 051,6746 | | EST 46+0,00m 60,00m Montante Aluvião | 24/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-6 | 15,00 | 9 307 056,6985 | 365 173,8548 | | EST 46+0,00m 80,00m Jusante Aluvião | 28/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-7 | 10,00 | 9 306 652,4369 | 365 180,4195 | | EST 25+12,00m (EIXO) Sangradouro | 20/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-8 | 15,00 | 9 306 234,8311 | 365 228,2755 | | EST 2+10,00m (EIXO) Sangradouro | 17/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-9 | 10,00 | 9 306 219,2750 | 365 285,1878 | | EST 2+10,00m 60,00m Jusante Od Sangradouro | 20/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-10 | 10,00 | 9 306 700,2691 | 365 198,1136 | | EST 28+3,00m (EIXO) Sangradouro | 21/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-11 | 9,00 | 9 306 632,2896 | 365 234,8077 | | EST 25+12,00m 60,00m Jusante Sangradouro | 24/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-12 | 10,00 | 9 306 593,3600 | 365 158,5353 | | EST 22+9,00m (EIXO) Sangradouro | 26/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SR-13 | 9,00 | 9 306 611,1001 | 365 292,0092 | | EST 25+12,00m (EIXO) 120,00m Jusante Sangradouro | 27/08/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SP-1 | | 9 307 034,3902 | 365 050,0011 | | EST 48+0,00m 40,00m Montante | 20/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SP-2 | | 9 307 083,2130 | 365 137,2728 | | EST 48+0,00m 60,00m Jusante | 21/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SP-3 | | 9 307 014,2590 | 365 175,8259 | | EST 44+0,00m 60,00m Jusante | 21/07/1992 | ÁGUA SOLOS |
| SP-4 | | 9 306 965,4362 | 365 088,5543 | | EST 44+0,00m 40,00m Montante | 20/07/1992 | ÁGUA SOLOS |

TABELA 4.2
QUADRO COM O RESUMO DA ATUAL FASE DE INVESTIGAÇÕES

| FURO | PROF. (m) | COORDENADAS | | COTA (m) | LOCAL/ESTACA | DATA TÉRMINO | EXECUTORA |
|--------------------------------------|--------------|----------------|--------------|----------|---|-----------------|-------------|
| | | N | E | | | | |
| SEGUNDA CAMPANHA DE SONDAGENS | | | | | | | |
| SM-01 | 10,40 | 9 307 105,4001 | 365 056,0875 | 343,72 | EST 51+0,00m (EIXO) | 08/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-01A | 20,00 | - | - | 343,89 | EST 51+2,00m (EIXO) | 30/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-02 | 11,75 | 9 307 026,8557 | 365 100,0280 | 343,45 | EST 46+0,00m (EIXO) | 04/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-03 | 10,00 | 9 307 262,4890 | 364 968,2064 | 355,38 | EST 60+0,00m (EIXO) | 26/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-04 | 4,60 | 9 306 904,6754 | 365 168,3799 | 354,98 | EST 39+10,00m (EIXO) | 06/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-05 | 7,50 | 9 307 437,2377 | 364 871,3870 | 363,81 | EST 70+0,00m (EIXO) - OE | 12/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-06 | 5,00 | 9 306 880,2640 | 365 124,7441 | 352,48 | EST 39+10,00m - 50,00m MONT - OD | 09/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-07 | 5,00 | 9 306 924,2045 | 365 203,2885 | 353,18 | EST 39+10,00m - 50,00m JUS - OD | 04/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-08 | 11,00 | 9 306 843,5853 | 365 202,5558 | 363,57 | EST 36+0,00m (EIXO) | 16/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-09 | 7,90 | 9 306 734,9571 | 365 210,9878 | 371,00 | EST 30+0,00 (EIXO) - ALTERN SANGRADOURO | 17/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-10 | 8,70 | 9 306 457,7756 | 365 157,3504 | 368,60 | EST 15+0,00m (EIXO) - OD - SANGRADOURO | 10/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-11 | 5,22 | 9 306 477,5818 | 365 192,1026 | 366,08 | EST 15+0,00m - 40,00m JUS - OD | 12/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-12 | 5,11 | 9 306 507,2911 | 365 244,2308 | 361,68 | EST 15+0,00m - 100,00m JUS - OD | 15/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-13 | 10,88 | 9 306 370,8952 | 365 206,8659 | 370,84 | EST 10+0,00m - SANGRADOURO | 07/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-14 | 7,15 | 9 306 428,0663 | 365 105,2221 | 365,96 | EST 15+0,00m - 60,00m MONT - OD - SANGR | 17/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SM-15 | 7,00 | 9 306 602,6313 | 365 193,9619 | 373,20 | EST 23+10,00m - 30,00m JUS - OD - SANGR | 22/03/2000 | MINAS SOLOS |
| SP-01 | 2,12 | 9 307 060,5086 | 365 097,9627 | 342,00 | EST 48+15,00m | 05/03/2000 | MINAS SOLOS |
| TOTAL | 139,33 | | | | | | |

TABELA 4.3

POÇOS DE INVESTIGAÇÃO EXECUTADOS

| Nº POÇO | ESTACA | PROFUNDIDADE (m) ver nota |
|----------------|---------------|----------------------------------|
| P1 | 16 + 00 | 0,60 |
| P2 | 16 + 40 | 0,68 |
| P3 | 16 + 80 | 0,36 |
| P4 | 16 + 120 | 0,60 |
| P5 | 16 + 160 | 0,20 |
| P6 | 18 + 00 | 0,64 |
| P7 | 18 + 40 | 0,00 |
| P8 | 18 + 80 | 0,52 |
| P9 | 18 + 120 | 0,10 |
| P10 | 18 + 160 | 0,30 |
| P11 | 19 + 00 | 0,86 |
| P12 | 20 + 20 | 0,80 |
| P13 | 20 + 40 | 0,30 |
| P14 | 20 + 60 | 0,46 |
| P15 | 20 + 80 | 0,50 |
| P16 | 20 + 100 | 0,70 |
| P17 | 33 - 00 | 0,60 |
| P18 | 34 - 00 | 0,30 |
| P19 | 37 - 00 | 1,20 |

Nota: Os poços foram interrompidos quando atingiu-se o topo rochoso

4.2 Modelo Geomecânico do Maciço

Para a elaboração do modelo geomecânico do maciço foram desenvolvidas as seguintes atividades: descrição dos testemunhos de sondagens, elaboração de seções geomecânicas e classificação do maciço

4.2.1 Descrição Geomecânica dos Testemunhos de Sondagens Existentes

A caracterização geotécnica dos testemunhos de sondagem, foi realizada nos furos SM-01 a SM-15 Os furos SM-16, SM-17 e SM-19, localizados em uma das alternativas para o vertedouro foram descartados devido à própria mudança na região de implantação da estrutura.

Os testemunhos de sondagens foram descritos segundo os conceitos sugeridos pela ISRM (International Society for Rock Mechanics - 1981), juntamente com as classificações de Bieniawski (1989).

A Tabela 4.4 apresenta os graus de alteração, a Tabela 4.5 os graus de resistência e a Tabela 4.6 a classificação de Bieniawski (1989), adotados na descrição dos testemunhos.

TABELA 4.4
GRAUS DE ALTERAÇÃO

| GRAU | TERMO | DESCRIÇÃO |
|-------------|------------------------------|--|
| A1 | Rocha Sã | Alteração mineralógica nula a incipiente. Minerais preservam brilho original, cor e clivagem. Eventual descoloração nas descontinuidades. Foliação visível e selada. Resistência original da rocha não afetada pela alteração. |
| A2 | Rocha Pouco Alterada | Alteração mineralógica perceptível, cores esmaecidas e perda do brilho. Leve descoloração e oxidação na matriz e ao longo das descontinuidades. Foliação visível e selada. Juntas fechadas, paredes ligeiramente alteradas. Resistência original da rocha parcialmente afetada pela alteração. |
| A3 | Rocha Moderadamente Alterada | A matriz apresenta-se descolorida, com evidências de oxidação. Juntas abertas (< 1.0 mm) e oxidadas, podendo ocorrer material mais alterado ao longo das descontinuidades. Foliação realçada pelo intemperismo. Resistência afetada pelo intemperismo. |
| A4 | Rocha Muito Alterada | Alteração mineralógica muito acentuada, alguns minerais parcialmente decompostos em argilo-minerais. Matriz totalmente oxidada e cores muito modificadas. Fraturas abertas (2 < e < 5 mm) e oxidadas, preenchidas por materiais alterados. Foliação realçada pelo intemperismo. Desplacamentos ao longo da foliação. Resistência muito afetada pela alteração. |
| A5 | Rocha Completamente Alterada | Todo o material está completamente alterado para solo estruturado. Extremamente descolorido, minerais resistentes quebrados e outros transformados em argilo-minerais. Foliação preservada. Juntas não discerníveis. Desintegra em água após um período de imersão. |

Referência: Adaptado de Brown, 1981 "Suggested Methods for Rock Characterization Testing and Monitoring" - ISRM

TABELA 4.5
GRAUS DE RESISTÊNCIA / COERÊNCIA

| GRAU | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS | RESISTÊNCIA UNIAxIAL (σ_c) ESTIMADA (Mpa) |
|-------------|---|---|--|
| R0 | Extremamente Branda e Solo Estruturado Coesivo, Rijo a Duro | <ul style="list-style-type: none"> - Penetrada pela ponta do dedo polegar - Moldada pelas mãos - Facilmente penetrada pelo canivete e martelo de geólogo - Escavada por equipamento manual | 0,25 - 1,0 |
| R1 | Muito Branda | <ul style="list-style-type: none"> - Esmigalha-se facilmente sob o impacto de martelo de geólogo - Indentada facilmente pela ponta fina do martelo de geólogo - Riscada e raspada facilmente pelo canivete - Desplacamentos ao longo da foliação sob pressão dos dedos - Bordas dos fragmentos facilmente quebradas pela pressão dos dedos - Pequenos fragmentos (2 x 2 x 2 cm) não quebram sob pressão dos dedos - Escavação por equipamentos mecanizados | 1.0 - 5,0 |
| R2 | Rocha Branda | <ul style="list-style-type: none"> - Quebra-se sob único impacto do martelo - Indentação rasa sob impacto firme da ponta fina do martelo de geólogo - As bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos - A lâmina do canivete provoca sulco acentuado na superfície do fragmento - Podem ser raspadas pelo canivete - Escavação por equipamentos mecanizados, exigindo em alguns casos, fogo de afrouxamento do maciço | 5,0 - 25,0 |
| R3 | Medianamente Resistente | <ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão podem ser quebradas sob poucos golpes firmes do martelo de geólogo - Bordas finas dos fragmentos podem ser quebradas pelas mãos com certa dificuldade - Superfície pouco riscável por lâmina de aço - Não pode ser raspada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo | 25,0 - 50,0 |
| R4 | Resistente | <ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão requerem alguns golpes do martelo para serem quebrados - Bordas dos fragmentos dificilmente quebradas pelas mãos - Superfície dificilmente riscada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo | 50,0 - 100,0 |
| R5 | Muito Resistente | <ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão requerem muitos golpes do martelo para serem quebrados - Fragmentos possuem bordas cortantes que resistem ao corte por lâmina de aço - Superfície praticamente não riscada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo | 100 - 250 |
| R6 | Extremamente Resistente | <ul style="list-style-type: none"> - Espécime somente lascados com uso do martelo | > 250 |

Referência: Adaptado de Brown. 1981 "Suggested Methods for Rock Characterization Testing and Monitoring" - ISRM

TABELA 4.6
CLASSIFICAÇÃO RMR (BIENIAWSKI, 1989)

| | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|---|--------|---|
| Resistência da rocha intacta | Índice puntiforme (MPa) | 10 | 4 - 10 | 2 - 4 | 1 - 2 | Utilizar compressão simples | | |
| | Compressão simples (MPa) | 250 | 100 - 250 | 50 - 100 | 25 - 50 | 15 - 25 | 1 - 15 | 1 |
| Peso Relativo | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| RQD (%) (Designação de Qualidade da Rocha) | | 90 - 100 | 75 - 90 | 50 - 75 | 25 - 50 | < 25 | | |
| Peso Relativo | | 20 | 17 | 13 | 8 | 3 | | |
| Espaçamento de fraturas | | > 2 m | 0,6 - 2 m | 200 - 600 mm | 60 - 200 mm | < 60mm | | |
| Peso Relativo | | 30 | 25 | 10 | 8 | 5 | | |
| Condições das fraturas | | Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas, paredes duras | Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm, paredes duras | Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles | Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas | Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas | | |
| Peso Relativo | | 30 | 25 | 20 | 10 | 0 | | |
| Água subterrânea | Infiltração em 10 m de túnel (l/min) | Nenhuma (ou) | < 1 0 | < 25 (ou) | 25 - 125 (ou) | > 125 (ou) | | |
| | Relação [pressão de água na fratura / tensão principal máxima] | 0 (ou) | < 0,1 | 0.1 - 0.2 (ou) | 0.2 - 0,5 (ou) | 0,5 (ou) | | |
| | Condições gerais | Completamente seco | | Umidade | Água sob pressão moderada | Problemas graves de água | | |
| Peso Relativo | | 10 | | 7 | 4 | 0 | | |
| Ajuste para orientação das descontinuidades | | | | | | | | |
| Direção e mergulho | | Muito favorável | Favorável | Aceitável | Desfavorável | Muito desfavorável | | |
| Peso Relativo | Túneis | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 | | |
| | Fundações | 0 | -2 | -7 | -15 | -50 | | |
| | Taludes | 0 | -2 | -25 | -50 | -60 | | |
| Classes do maciço rochoso | | | | | | | | |
| Classe | I | II | III | IV | V | | | |
| Descrição | Muito bom | Bom | Regular | Pobre | Muito pobre | | | |
| Soma dos Pesos | 100 - 81 | 80 - 61 | 60 - 41 | 40 - 21 | 20 | | | |
| Significado das classes | | | | | | | | |
| Classe | I | II | III | IV | V | | | |
| Tempo médio de auto-sustentação | 10 anos | 6 meses | 1 semana | 5 horas | 10 minutos | | | |
| Vão da seção (m) | 15 | 10 | 5 | 2,5 | 1,0 | | | |
| Coesão (KPa) | > 400 | 400 - 300 | 300 - 200 | 200 - 100 | < 100 | | | |
| Ângulo de atrito (°) | > 45 | 35 - 45 | 25 - 35 | 15 - 25 | < 15 | | | |

4.2.2 Planilhas de Classificação Geomecânica dos Testemunhos de Sondagens

A seguir são apresentadas as planilhas de classificação geomecânica dos testemunhos de sondagem da atual campanha dos estudos

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-01A
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ----
 Elevação 343,89m

Data de Execução 08/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 105,4001
 Leste 365 056,0875
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-----------------------------------|
| 0,00 | 4,30 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | Nivel d agua a 1,30m |
| 4,30 | 5,10 | Gnaisse | 100 | 0 | 7 | J | P | R-MR | OX | | U | R3 | A3 | SV | F4 | | | Fraturas com superficies oxidadas |
| | | | | | 2 | FO | P | R | OX | | U | R3 | A3 | I | F4 | | | Fragmentado de 4,80 a 5,40m |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 25 | 7 | 7 | | -7 | 8 | 43 | III | |
| 5,10 | 6,20 | Gnaisse | 100 | 18 | 13 | J | P | R-MR | OX | | U | R4 | A2 | SV,SH | F4 | | | Fragmentado de 4,80 a 5,40m |
| | | | | | 7 | FO | P | R | OX | | U | R4 | A2 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 25 | 7 | 12 | | -7 | 8 | 48 | III | |
| 6,20 | 6,70 | Gnaisse | 100 | 30 | 5 | J | P | R-MR | OX | | U | R4 | A2 | SH,I,SV | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 7 | FO | P | R | BI | | U | R4 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 7 | 12 | | -7 | 5 | 50 | II | |
| 6,70 | 7,70 | Gnaisse | 95 | 50 | 5 | J | P | R | OX | | U | R4 | A2 | SV,SH | F4 | | | Fragmentado de 7,00 a 7,60m |
| | | | | | 8 | FO | P | R | OX | | U | R4 | A2 | I,SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 7 | 12 | | -7 | 8 | 48 | III | |
| 7,70 | 8,00 | Gnaisse | 95 | 50 | 2 | J | P | R-MR | OX | | U | R4 | A2 | SV,SH | F4 | | | |
| | | | | | 2 | FO | P | R | OX | | U | R4 | A2 | I,SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 7 | 12 | | -7 | 8 | 53 | II | |
| 8,00 | 8,50 | Gnaisse | 82 | 49 | 8 | J | P | R-MR | OX | | U | R4 | A2 | SV,I,SH | F5 | | | |
| | | | | | 12 | FO | P | R | OX | | U | R4 | A2 | I,SH | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 7 | 12 | | -7 | 5 | 50 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|--|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento moe > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Junta - JL | P Planar D Dentada | P Folda R Rugosa | Arg Argila G Gaulte OX Óxido |
| Fratura Fr | Faia FL | K Slickensioed MR Muro Rugosa | CA Calcita TG Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | Acamamento A | L Lisa | S Sulfeto C Corta |
| Ved V | Fecação FO FGL | | OZ Quartzo BT Biotta |

020000

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-01 A
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 343,89m

Data de Execução 08/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 105,4001
 Leste 365 056,0875
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | até | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|-------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|
| 8,50 | 9,30 | Gnaisse | 100 | 56 | 3 | J | P | R-MR | | | U | R5 | A2 | I,SV | F3 | | | |
| | | | | | 4 | FO | P | R | OX | | U | R5 | A2 | I,SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 10 | 63 | II | |
| 9,30 | 10,40 | Gnaisse | 95 | 62 | 7 | J | P,D | R-MR | QZ | | U | R5 | A2 | I,SV | F4 | | | |
| | | | | | 12 | FO | P | R | OX | | U | R5 | A2 | I,SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 8 | 61 | II | |
| 10,40 | 11,15 | Gnaisse | 94 | 80 | 2 | J | P | R | OX | | U | R5 | A1 | SV,SH | F3 | | | |
| | | | | | 5 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 10 | 62 | II | |
| 11,15 | 13,18 | Gnaisse | 98 | 79 | 7 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SV | F3 | | | |
| | | | | | 10 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 10 | 67 | II | |
| 13,18 | 13,70 | Gnaisse | 92 | 68 | 1 | J | P | R | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| | | | | | 2 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | I,SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 13,70 | 14,50 | Gnaisse | 96 | 72 | 1 | J | P | R | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| | | | | | 2 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | I,SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 14,50 | 14,75 | Gnaisse | 90 | 35 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | I | F4 | | | |
| | | | | | 1 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 8 | 56 | II | |
| 14,75 | 15,47 | Gnaisse | 94 | 68 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| | | | | | 2 | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | I,SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 78 | II | |

009560

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-01 A
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 343,89m

Data de Execução 08/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 105,4001
 Leste 365 056,0875
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fratramento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|-------------|
| 15,47 | 16,10 | Gnaisse | 100 | 94 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | I | F2 | | | |
| | | | | | | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 20 | | | | | | 25 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 85 | II | |
| 16,10 | 16,70 | Gnaisse | 95 | 70 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 16,70 | 17,02 | Gnaisse | 100 | 72 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | I | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 17,02 | 18,00 | Gnaisse | 97 | 74 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 18,00 | 18,95 | Gnaisse | 98 | 74 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | I | F2 | | | |
| | | | | | | FO | P | R | BI | | U | R5 | A1 | SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 73 | II | |
| 18,95 | 19,70 | Gnaisse | 99 | 76 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | I | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 77 | II | |
| 19,70 | 20,00 | Gnaisse | 98 | 60 | 1 | J | P | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SV | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 77 | II | |
| 20,00 | LIMITE DA SONDADEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

000031

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho



Seção A - A
 Furo Nº SM-02
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 343,45m

Data de Execução 04/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 026,8557
 Leste 365 100,0280
 Diâmetro do Testemunho NX

| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|---------------------------|-------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|--------------------------------------|
| 0.00 | 1.60 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 1.60 | 6.25 | Gnaisse | 97 | 83 | 19 | J | P-I | MR | CL | | U | R5 | A1 | SV, SH | F2 | | | Fraturas preenchidas por material de |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 77 | II | cor verde escuro, untuoso ao tato |
| 6.25 | 11.75 | Gnaisse | 100 | 93 | 9 | J | P-I | MR | CL | | U | R5 | A1 | SV, SH | F2 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 20 | | | | | | 20 | 7 | 15 | | -7 | 25 | 80 | II | |
| 11.75 LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies esmiuçadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|
| Junta J-J | = Plana D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Geleira CX Cxico |
| Fratura Fr | C Curvado I Irregular | K Slickensides MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamto C-S | O Onzulado | L Lisa | S Sulfeto CL Clorita |
| Veio V | | | QZ Quartzo ST Sólita |

001032

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-03
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 355,38m

Data de Execução 26/03:2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 262,4890
 Leste 364 968,2064
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classo Numero | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-----------------------------------|
| 0,00 | 0,65 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,65 | 1,05 | Gnaisse | 30 | 0 | 12 | FO | P-I | R-MR | OX | | S | R2 | A3 | SH,I,SV | F5 | | | Trecho Fragmentado |
| | | | | | 8 | J | P-O | R-MR | OX | | S | R2 | A3 | SH,I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 4 | | -7 | 5 | 35 | IV | |
| 1,05 | 1,50 | Gnaisse | 85 | 18 | 13 | FO | P-C | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | Xistosidade apresenta superficies |
| | | | | | 5 | J | P-O | R-MR | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | suavemente oxidadas |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | Fraturas com superficies oxidadas |
| 1,50 | 2,50 | Gnaisse | 88 | 44 | 14 | FO | P-C | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| | | | | | 10 | J | P-I | R-MR | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 48 | III | |
| 2,50 | 3,25 | Gnaisse | 88 | 31 | 50 | FO | P-C | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | Oxidação leve nas superficies de |
| | | | | | 6 | J | P-O | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | xistosidade |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 48 | III | |
| 3,25 | 3,69 | Gnaisse | 90 | 30 | 10 | FO | O-D | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SV | F5 | | | Forte oxidação nas superficies de |
| | | | | | 1 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | SV | F5 | | | xistosidade |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 56 | III | |
| 3,69 | 4,50 | Gnaisse | 97 | 78 | 10 | FO | O-D | R-MR | OX | | S | R6 | A1 | I,SV | F5 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | R | OX | | S | R6 | A1 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 65 | II | |

| Condições das Fraturas | Valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| Junta J | P Plana D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Oxido |
| Fratura F | C Curvado I regular | K Slickensided MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto CL Corta |
| Veio V | | | CZ Quartzos B Borracha |

000033

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-03
 Inclinação VERTICAL
 Azmute ---
 Elevação 355,38m

Data de Execução 26/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 262,4890
 Leste 364 968 2064
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fratramento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|-----------------------------------|
| 4,50 | 5,50 | Gnaisse | 98 | 80 | 6 | FO | O-I | MR | OX | | S | R5 | A1 | SV | F4 | | | |
| | | | | | 5 | J | D-I | R-MR | | | S | R5 | A1 | SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 30 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 73 | II | |
| 5,50 | 6,75 | Gnaisse | 98 | 72 | 4 | FO | O-I | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SV | F3 | | | |
| | | | | | 3 | J | D-I | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SV | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 30 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 71 | II | |
| 6,75 | 7,50 | Gnaisse | 90 | 68 | 5 | FO | P-C | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| | | | | | 7 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 64 | II | |
| 7,50 | 8,75 | Gnaisse | 100 | 80 | 8 | FO | P-O | R | OX | | U | R5 | A1 | SH,I,SV | F3 | | | |
| | | | | | 2 | J | I | R-MR | OX | | U | R5 | A1 | SH,I,SV | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 30 | 7 | 15 | | -7 | 10 | 72 | II | |
| 8,75 | 9,85 | Gnaisse | 97 | 74 | 8 | FO | P-O | R-MR | | | U | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | Diminuição dos níveis de oxidação |
| | | | | | 6 | J | P | R | | | U | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | das superfícies de xistosidade |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 30 | 7 | 15 | | -7 | 8 | 66 | II | |
| 9,85 | 10,50 | Gnaisse | 96 | 65 | 9 | FO | P-O | R-MR | | | U | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | | | U | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 30 | 7 | 15 | | -7 | 8 | 66 | II | |
| 10,50 | LIMITE DA SONDA GEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

15000

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A, D - D
 Furo N° SM-04
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 354,98m

Data de Execução 06/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 904,6754
 Leste 365 168,3799
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D' agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numero | Observações |
|--------------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|---------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------------------------|
| 0.00 | 0.90 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0.90 | 1.35 | Gnaissse | 92 | 28 | 3 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F4 | | | Fragmentado de 1,05 a 1,30m |
| | | | | | 6 | FO | P-C | R | BI | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | Leve oxidação das superfícies |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 56 | III | |
| 1.35 | 4.60 | Gnaissse | 100 | 81 | 13 | J | P-I | MR | CL | | S | R5 | A1 | SV, SH | F3 | | | |
| | | | | | 5 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A1 | SV, SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 65 | II | |
| 4.60 LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas careces duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mais > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|---|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO N° 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|---|
| Junta J JU | P Planar D Dentada | F Polida R Rugosa | Arg Argila G Goije OX Oxido |
| Fratura Fr | Falha F | K S caversdec MR Muito Rugosa | CA Calcra TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Csalhamento CIS | Acamamento A | L Lsa | S Sulfeto CL Clorita |
| Veio v | Foliação FO FOL | | GZ Quartzo BT Bota |

000035

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-05
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 363,81m

Data de Execução 12/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 437,2377
 Leste 364 871,3870
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numcro | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------------------------|
| 0,00 | 1,15 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 1,15 | 1,50 | Gnaisse | 84 | 0 | 8 | FO | P-C | R | OX | | S | R3 | A3 | SV,SH | F5 | | | Oxidação leve das superfícies |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SV,SH | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 3 | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 1,50 | 2,16 | Gnaisse | 69 | 0 | 5 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SV,I,SH | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 10 | FO | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SV,I,SH | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 3 | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 2,16 | 3,20 | Gnaisse | 94 | 0 | 20 | FO | P-C | R | | | S | R4 | A2 | I,SH | F5 | | | |
| | | | | | 12 | J | P | R | | | S | R4 | A2 | I,SH | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 3 | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | |
| 3,20 | 4,50 | Gnaisse | 98 | 75 | 11 | FO | P | R | | | S | R5 | A1 | SV,I | F4 | | | |
| | | | | | 5 | J | P | R-MR | | | S | R5 | A1 | SV,I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 17 | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 63 | II | |
| 4,50 | 6,00 | Gnaisse | 98 | 89 | 13 | FO | P | R | | | S | R5 | A1 | I,SH | F4 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | R | | | S | R5 | A1 | I,SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 17 | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 63 | II | |
| 6,00 | 6,57 | Gnaisse | 96 | 26 | 12 | FO | P | R | | | S | R5 | A1 | SV,I | F5 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | | | S | R5 | A1 | SV,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | | 8 | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 51 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| S- | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

| Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-----------|-----------------|------------------------|
| Plana | Polida | Arg Argila |
| Dentada | R Rugosa | G Gcude |
| Curvado | Slickers/dec | OX Oxido |
| Irregular | MR Muito Rugosa | CA Caçita |
| Ondulada | Lisa | TQ Testemunho Quebrado |
| | | FE Ferro |
| | | S Sulfeto |
| | | CL Corta |
| | | GZ Quartz |
| | | BT Bicta |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

000030

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superficies da base do testemunho



Seção A - A
 Furo Nº SM-05
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ----
 Elevação 363,81m

Data de Execução 12/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 307 437,2377
 Leste 364 871,3870
 Diâmetro do Testemunho NX

| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classo Numero | Observações |
|----|-----|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|
|----|-----|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|--------|----|----|---|----|---|------|--|----|----|----|----|------|----|----|----|--|--|
| 6,57 | 7,50 | Gnaiss | 92 | 44 | 6 | FO | P | R-MR | | | S | R5 | A1 | SV,I | F3 | | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | | | S | R6 | A1 | SV,I | F3 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 61 | II | | |
| 7,50 | LIMITE DA SONDAJEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

0095601

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção D - D
 Furo N° SM-06
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 352,48m

Data de Execução 09/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 880,2640
 Leste 365 124,7441
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir/Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numero | Observações |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|----------|--------------|-----|---------------|----------------------|
| 0,00 | 1,75 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 1,75 | 2,15 | Gnaisse | 24 | 0 | 5 | FO | P | R | OX | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | Superfícies oxidadas |
| | | | | | 2 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 46 | III | |
| 2,15 | 5,00 | Gnaisse | 100 | 83 | 24 | FO | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I.SH | F4 | | | |
| | | | | | 9 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | SH,I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 63 | II | |
| 5,00 | LIMITE DA SONDAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 3C |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 2E |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies esmiadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO N° 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|
| Junta J | P Plana D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Oxido |
| Fratura Fr | C Curvado I Irregular | K Sickersides MR Muito Rugosa | CA Calcra TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | A Acamamento A | L Lisa | S Sulfeto CL Corta BT Bictta |
| Veio V | Folição FO FO_L | | |

000038

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção D - D
 Furo Nº SM-07
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 353,18m

Data de Execução 04/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 924,2045
 Leste 365 203,2885
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|--|
| 0,00 | 1,45 | SOLO + BLOCO ALTERADO (0,30 A ,85m) | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | V | | | |
| 1,45 | 2,80 | Gnaiss | 100 | 54 | 9 | FO | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SH | F4 | | | | |
| | | | | | 6 | J | P-O | R-MR | AR | | S | R4 | A2 | I,SV | F4 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -15 | 8 | 48 | III | | |
| 2,80 | 5,00 | Gnaiss | 100 | 77 | 10 | FO | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | | |
| | | | | | 8 | J | P-O | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F3 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 65 | II | | |
| 5,00 | LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|--|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinadas (30° < mergulho < 80°) |
| SV | Subverticais (80° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| Junta J | P Plana D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura F | C Curvado I Irregular | < Stick-sided MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto Cl Clorita |
| Veio V | | | QZ Quartzo BT Biotita |

000039

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superficies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-08
 Inclinação VERTICAL
 Azmute ---
 Elevação 363,57m

Data de Execução 16/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 843,5853
 Leste 365 202,5558
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|--------------------|
| 0,00 | 0,75 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,75 | 2,00 | Gnaisse | 40 | 0 | 18 | FO | P | R-MR | BI | | S | R2 | A4 | SH,I,SV | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 9 | J | P | R-MR | OX | | S | R2 | A4 | SH,I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 4 | | -7 | 5 | 35 | IV | |
| 2,00 | 5,00 | Gnaisse | 92 | 75 | 15 | FO | P | R | OX,BI | | S | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | |
| | | | | | 13 | J | P-I | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SH,SV | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 65 | II | |
| 5,00 | 5,90 | Gnaisse | 100 | 66 | 5 | FO | P-C | R | BI,OX | | S | R5 | A1 | SV,I,SH | F3 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SV,I,SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 66 | II | |
| 5,90 | 6,60 | Gnaisse | 100 | 69 | 4 | FO | P | R | BI,OX | | S | R5 | A1 | SH,I | F3 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SV,I | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 66 | II | |
| 6,60 | 7,45 | Gnaisse | 100 | 67 | 3 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | I,SV | F3 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 66 | II | |
| 7,45 | 11,00 | Gnaisse | 100 | 70 | 15 | FO | P | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F3 | | | |
| | | | | | 15 | J | P-O | R-MR | OX | | S | R6 | A1 | I,SV,SH | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 66 | II | |
| 11,00 | LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|--|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 5 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| S | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinações (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-------------------|---------------------|--|
| Junta J JU | P Plana □ Dentada | P Foida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura Fr | Falha FL | C Curvaco □ regular | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | Acamamento A | O Ondulado | S Sulfeto CL Clorita |
| Vedro V | Foliação FO FOL | L Lisa | QZ Quartzo BT Botta |

000040

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-09
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 371,00m

Data de Execução 17/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 734,9571
 Leste 365 210,9878
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir/Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numero | Observações |
|-----------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|----------|--------------|-----|---------------|-------------------------------|
| 0.00 | 1.35 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 1.35 | 1.65 | Gnaisse | 50 | 0 | 3 | FO | O-I | R-MR | BI | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | Oxidação leve das superfícies |
| | | | | | 1 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 25 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 51 | III | |
| 1.65 | 2.27 | Gnaisse | 92 | 42 | 8 | FO | O-I | R-MR | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 56 | III | |
| 2.27 | 2.90 | Gnaisse | 92 | 64 | 5 | FO | C-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 64 | II | |
| 2.90 | 7.90 | Gnaisse | 96 | 73 | 13 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | SH | F3 | | | |
| | | | | | 17 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 66 | II | |
| 7.90 | LIMITE DA SONDA GEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|--|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| Junta J | P Planar D Dentada | P Polca R Rugosa | A'g Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura Fr | C Clivado I Irregular | X Stickensied MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | O Ondulado | L Lisa | S Sufoeto CL Clorita |
| Ved V | Foição FO FCL | | OZ Quartz BT Bictita |

00041

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A, B - B
 Furo N° SM-10
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 368,60m

Data de Execução 10/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 457,7756
 Leste 365 157,3504
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------------------------|
| 0,00 | 0,60 | SOLO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,60 | 1,16 | Gnaiss | 92 | 20 | 13 | FO | P-O | R | OX | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | Leve oxidação das superfícies |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 1,16 | 2,11 | Gnaiss | 43 | 0 | 14 | FO | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 6 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 2,11 | 2,61 | Gnaiss | 92 | 0 | 16 | FO | P | R | BI | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 2,61 | 3,32 | Gnaiss | 100 | 60 | 5 | FO | O-I | R-MR | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 11 | J | P-I | R-MR | OX | | S | R4 | A2 | I,SH | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 58 | III | |
| 3,32 | 3,82 | Gnaiss | 100 | 38 | 6 | FO | C-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | O | R | OX | | S | R5 | A1 | SH,I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 59 | III | |
| 3,82 | 4,66 | Gnaiss | 90 | 40 | 16 | FO | P-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | SH,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 51 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO N° 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|---------------------|------------------------------|---|
| Junta J | P Planar D Denudada | P Plana R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura Fr | C Curvado Irregular | K Sickers'ed MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Fere |
| Cisalhamento CIS | O Onclado | L Lisa | S Sulfeto CL Clorita |
| Ved. V | | | GZ Quartzo BT Biotita |

000042

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A, B - B
 Furo N° SM-10
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 368,60m

Data de Execução 10/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 457,7756
 Leste 365 157,3504
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Faturamento | RMR | Classe Numero | Observações | |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|--------------------|--|
| 4,66 | 5,16 | Gnaisse | 70 | 0 | 7 | FO | P | R | OX, BI | | S | R5 | A1 | SH, I, SV | F5 | | | Trecho fragmentado | |
| | | | | | 5 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | SH, I, SV | F5 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 46 | III | | |
| 5,16 | 5,56 | Gnaisse | 87 | 25 | 10 | FO | P-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH, I | F5 | | | | |
| | | | | | 1 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I | F5 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 51 | III | | |
| 5,56 | 5,94 | Gnaisse | 76 | 0 | 6 | FO | P | R | OX, BI | | S | R5 | A1 | SH, I, SV | F5 | | | Trecho fragmentado | |
| | | | | | 5 | J | P | R | OX, BI | | S | R5 | A1 | SH, I, SV | F5 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 46 | III | | |
| 5,94 | 8,70 | Gnaisse | 92 | 40 | 22 | FO | P-O | R | | | S | R5 | A1 | SH, I | F4 | | | | |
| | | | | | 10 | J | P | R | | | S | R5 | A1 | I, SV | F4 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 59 | III | | |
| 8,70 | LIMITE DA SONDAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

600643

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção B - B
 Furo N° SM-11
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ----
 Elevação 366,08m

Data de Execução 12/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 477,5818
 Leste 365 192,1026
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|--------------------------------|
| 0,00 | 0,86 | SOLO SAPROLITICO + SAPROLITO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,86 | 1,51 | Gnaisse | 78 | 0 | 17 | FO | P-O | R | BI | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | Superfícies levemente oxidadas |
| | | | | | 7 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 1,51 | 2,12 | Gnaisse | 98 | 24 | 10 | FO | P-O | R | BI | | S | R4 | A2 | SH | F5 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | |
| 2,12 | 3,12 | Gnaisse | 100 | 65 | 12 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2-1 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | L | OX | | S | R4 | A2-1 | I | F4 | | | |
| | | | | | 2 | CIS | P | R | BI | | S | R4 | A2-1 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 56 | III | |
| 3,12 | 4,62 | Gnaisse | 94 | 30 | 31 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | L-R | OX | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 48 | III | |
| 4,62 | 5,22 | Gnaisse | 98 | 0 | 10 | FO | P | L-R | OX | | S | R4 | A2 | SV,SH,I | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 5 | J | P | L-R | OX | | S | R4 | A2 | SV,SH,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | |
| 5,22 | LIMITE DA SONDAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|--|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| S- | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| | Inclinações (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| Junta J-J | P Plana D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura Fr | C Curvada I Irregular | K Slickensided MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CS | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto C_ Clorita |
| Veio V | | | QZ Quartzo B_ Biotita |

170700

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção B - B
 Furo Nº SM-12
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 361,68m

Data de Execução 15/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 507,2911
 Leste 365 244,2308
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nível D'água | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numero | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|----------------------------------|
| 0,00 | 0,40 | SOLO RESIDUAL | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,40 | 1,00 | Gnaiss | 70 | 0 | 12 | FO | P | R | BI | | S | R3 | A3 | SH,I,SV | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 6 | J | P | R-K | OX | | S | R3 | A3 | SH,I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 10 | 10 | 7 | | | 5 | 35 | IV | |
| 1,00 | 2,02 | Gnaiss | 80 | 41 | 5 | FO | P-O | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 6 | J | P | R-K | OX | | S | R4 | A2 | SV,I | F4 | | | Oxidação parcial das superfícies |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 10 | 10 | 12 | | -15 | 5 | 30 | IV | |
| 2,02 | 2,32 | Gnaiss | 100 | 57 | 5 | FO | C | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R-K | OX | | S | R4 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 10 | 10 | 12 | | -15 | 5 | 35 | IV | |
| 2,32 | 3,43 | Gnaiss | 100 | 58 | 5 | FO | C | R | BI | | S | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | |
| | | | | | 6 | J | P | R-K | OX | | S | R5 | A1 | SV,I | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 10 | 10 | 15 | | -15 | 10 | 43 | III | |
| 3,43 | 3,92 | Gnaiss | 100 | 92 | 4 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A1 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 2 | J | P | R-K | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 20 | | | | | | 10 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 56 | III | |
| 3,92 | 4,58 | Gnaiss | 100 | 50 | 7 | FO | C-P | R | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 5 | J | P | R-K | OX | | S | R5 | A1 | SV,I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -15 | 8 | 51 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 5 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Suador zontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------|--|
| Junta J JJ | P Plana D Dentada | F Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura F- | C Curvado I Irregular | K S'ckerised MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento C,S | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto CL Clorita |
| Veic V | Foliação FC FCL | | QZ Quartzo BT Botta |

000045

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção B - B
 Furo Nº SM-12
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 361,68m

Data de Execução 15/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 507,2911
 Leste 365 244,2308
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nível D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Faturamento | RMR | Classe Numero | Observações | |
|-----------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|-------------|--|
| 4,58 | 5,11 | Gnaiss | 100 | 98 | 3 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F3 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 20 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 68 | II | | |
| 5,11 | LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

000046

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo Nº SM-13
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 370,84m

Data de Execução 07/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 370,8952
 Leste 365 206,8659
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'água | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|------|------------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|--------------------|
| 0,00 | 1,17 | SOLO + SAPROLITO | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 1,17 | 1,47 | Gnaiss | 50 | 0 | 6 | FO | P | R | BI,OX | | S | R3 | A3 | SH,I | F5 | | | Trecho fragmentado |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R3 | A3 | SH,I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 7 | | -7 | 5 | 38 | IV | |
| 1,47 | 2,52 | Gnaiss | 65 | 15 | 17 | FO | P | R | BI,OX | | S | R4 | A2 | SH | F5 | | | |
| | | | | | 5 | J | P-I | R-MR | | | S | R4 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 25 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 51 | III | |
| 2,52 | 3,43 | Gnaiss | 85 | 32 | 14 | FO | P | R | BI,OX | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 51 | III | |
| 3,43 | 4,61 | Gnaiss | 60 | 14 | 22 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH | F5 | | | |
| | | | | | 5 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | |
| 4,61 | 4,94 | Gnaiss | 100 | 55 | 4 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 2 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 8 | 56 | III | |
| 4,94 | 5,54 | Gnaiss | 100 | 18 | 9 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 43 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 3C |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 2E |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 2C |
| Superfícies estricadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura < 5 mm contínuas | 1C |
| Preenchimento maior > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|---|
| Junta J JU | P Planar D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura F | C Curvado I regular | K Slickensided MR Muito Rugosa | CA Calcário TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Casalamento CIS | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto CL Cloreto |
| Veio V | | | QZ Quartzo BT Biotina |

2000047

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção A - A
 Furo N° SM-13
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 370,84m

Data de Execução 07/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 370,8952
 Leste 365 206,8659
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D' agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Faturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|---------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|-------------|
| 5,54 | 6,35 | Gnaisse | 90 | 31 | 16 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 6 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 48 | III | |
| 6,35 | 6,96 | Gnaisse | 75 | 36 | 19 | FO | P | R | BI | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R4 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 48 | III | |
| 6,96 | 7,49 | Gnaisse | 100 | 72 | 11 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 56 | III | |
| 7,49 | 8,46 | Gnaisse | 92 | 37 | 24 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A2 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 9 | J | P | R | OX | | S | R5 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 51 | III | |
| 8,46 | 9,18 | Gnaisse | 83 | 0 | 9 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A2 | SH | F5 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | R | OX | | S | R5 | A2 | I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 46 | III | |
| 9,18 | 9,88 | Gnaisse | 90 | 59 | 7 | FO | P-C | R | | | S | R5 | A2 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | 10 | R5 | A2 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 59 | III | |
| 9,88 | 10,88 | Gnaisse | 92 | 44 | 7 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A2 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 5 | J | P | R | OX | | 10 | R5 | A2 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 54 | III | |
| 10,88 | LIMITE DA SONDAAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | |

000048

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção B - B
 Furo Nº SM-14
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 365,96m

Data de Execução 17/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 428,0663
 Leste 365 105,2221
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Faturamento | RMR | Classe Numero | Observações |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----|---------------|-------------|
| 0,00 | 0,50 | SOLO RESIDUAL | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,50 | 1,00 | Gnaiss | 94 | 0 | 6 | FO | P-O | R | BI | | S | R2 | A4 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 8 | J | P-I | R-MR | OX | | S | R2 | A4 | SH,I,SV | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 3 | | | | | | 20 | 10 | 4 | | -7 | 5 | 35 | IV | |
| 1,00 | 3,59 | Gnaiss | 97 | 42 | 29 | FO | C-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 15 | J | P-I | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | SH,I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 59 | III | |
| 3,59 | 7,15 | Gnaiss | 98 | 70 | 23 | FO | P-O | R-MR | BI | | S | R5 | A1 | SH | F4 | | | |
| | | | | | 17 | J | P | R-MR | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 25 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 64 | II | |
| 7,15 | LIMITE DA SONDAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| S- | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| Sv | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| Junta J | P Planar D Dentada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura F | C Curvado Irregular | K Slickensided MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | A Acamamento A | L Lisa | S Sulfeto C Clorita |
| Veio V | Foliação FO FOL | | CZ Quartzo B Biotita |

00049

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção C - C
 Furo Nº SM-15
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 373,20m

Data de Execução 22/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 602,6313
 Leste 365 193,9619
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classc Numero | Observações |
|-----------------------|------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|
| 0,00 | 0,65 | SOLO RESIDUAL | | | | | | | | | | R1 | A5 | | | | V | |
| 0,65 | 1,34 | Gnaiss | 92 | 50 | 8 | FO | P-C | R | BI | | S | R4 | A2 | I,SH | F5 | | | |
| | | | | | 4 | J | P-C | R | OX | | S | R4 | A2 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 12 | | -7 | 5 | 53 | III | |
| 1,34 | 1,74 | Gnaiss | 100 | 25 | 6 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | I,SH | F4 | | | |
| | | | | | 2 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 54 | III | |
| 1,74 | 3,27 | Gnaiss | 98 | 86 | 8 | FO | P | R | BI | | S | R5 | A1 | I,SH | F3 | | | |
| | | | | | 2 | J | P-C | R | OX | | 10 | R5 | A1 | I | F3 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 17 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 65 | II | |
| 3,27 | 4,37 | Gnaiss | 95 | 38 | 14 | FO | P-O | R | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F4 | | | |
| | | | | | 8 | J | P | R | OX | | 10 | R5 | A1 | I | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 54 | III | |
| 4,37 | 5,00 | Gnaiss | 98 | 48 | 12 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | SH,I | F5 | | | |
| | | | | | 3 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I | F5 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 5 | 51 | III | |
| 5,00 | 5,70 | Gnaiss | 89 | 49 | 7 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | SV,I,SH | F4 | | | |
| | | | | | 4 | J | P | R | OX | | S | R5 | A1 | I,SV | F4 | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 8 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 8 | 54 | III | |

| Condições das Fraturas | valor |
|---|-------|
| Superfícies muito rugosas não contínuas fechadas paredes duras | 30 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes duras | 25 |
| Superfícies pouco rugosas abertura < 1 mm paredes moles | 20 |
| Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 10 |
| Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas | 0 |

| Orientação das Descontinuidades | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| H | Horizontais (mergulho < 5°) |
| SH | Subhorizontais (5° < mergulho < 30°) |
| I | Inclinadas (30° < mergulho < 60°) |
| SV | Subverticais (60° < mergulho < 85°) |
| V | Verticais (mergulho > 85°) |

PROJETO ARNEIROZ II
 PROJETO Nº 009-5601
 DESCRITO CMS
 DATA 29/05/00

| Tipo de Descontinuidade | Forma | Rugosidade | Preenchimento |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| Junta J | P Planar D Derivada | P Polida R Rugosa | Arg Argila G Gouge OX Óxido |
| Fratura Fr | C Curvado Irregular | K Slickensided MR Muito Rugosa | CA Calcita TQ Testemunho Quebrado FE Ferro |
| Cisalhamento CIS | O Ondulado | L Lisa | S Sulfeto CL Clorita |
| Vec V | Falha FL | | QZ Quartzo B Biotita |
| | Acarnamento A | | |
| | Foliação FO FOL | | |

000050

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWISKI SISTEMA RMR

NOTA Sempre medir superfícies da base do testemunho

Seção C - C
 Furo N° SM-15
 Inclinação VERTICAL
 Azimute ---
 Elevação 373,20m

Data de Execução 22/03/2000
 Tipo de Sondagem MISTA
 Empresa MINAS SOLOS

Norte 9 306 602,6313
 Leste 365 193,9619
 Diâmetro do Testemunho NX



| De | ate | Tipo de Rocha | TCR (%) | RQD (%) | Numero | Tipo | Forma | Rugosidade | Preenchimento | Cond | Nivel D'agua | Resistência | Alteração | Dir /Merg | Fraturamento | RMR | Classe Numero | Observações | |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------|---------|--------|------|-------|------------|---------------|------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|---------------|-------------|--|
| 5,70 | 7,00 | Gnaissé | 98 | 59 | 12 | FO | P-C | R | BI | | S | R5 | A1 | SH.I | F3 | | | | |
| PESO RELATIVO (RMR) | | | | 13 | | | | | | 20 | 10 | 15 | | -7 | 10 | 61 | II | | |
| 7,00 | LIMITE DA SONDAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

000051

4.2.3 Elaboração de Seções Geomecânicas

Para a elaboração do modelo geomecânicos do maciço, 4 seções geomecânicas verticais foram elaboradas a partir da caracterização dos testemunhos de sondagem:

Seções Verticais

- Seção Vertical Longitudinal A-A pelo eixo da Barragem (Desenho II-3-03/04-000);
- Seção Vertical B-B Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-3-04/04-000);
- Seção Vertical C-C Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-3-04/04-000);
- Seção Vertical D-D Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-3-04/04-000);

Em cada seção vertical estão indicadas as classes geomecânicas de maciço bem como os parâmetros de classificação utilizadas.

4.2.4 Classificação Geomecânica do Maciço

Para a classificação geomecânica do maciço foi utilizada a classificação de Bieniawski apresentada na Tabela 4.6

A Tabela 4.7 apresenta a caráter ilustrativo, a correlação entre as classificações de Bieniawski e de Barton *et al* no que se refere ao RMR e aos índices de Q, bem como uma avaliação entre as classe, apesar desta última classificação não ter sido empregada na atual fase dos estudos .

TABELA 4.7

CLASSES DE MACIÇO

CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE BIENIAWISKI E BARTON

| CLASSE | I | II | III | IV | V |
|------------------|-----------|---------|----------|------------|-----------------------|
| RMR | 100 – 80 | 80 – 60 | 60 - 40 | 40 – 20 | 20 – 0 |
| ÍNDICE Q | > 48 | 48 – 10 | 10 - 0,5 | 0,5 - 0,06 | < 0,06 |
| TERMO DESCRITIVO | Muito bom | Bom | Regular | Pobre | Solo / rocha alterada |

4.2.5 Estratos Geomecânicos do Maciço

O modelo geomecânico da região de implantação da Barragem de Arneiróz-II, elaborado com base na caracterização dos testemunhos de sondagem e nas seções geomecânicas, demonstrou que existem 3 classes geomecânicas principais no maciço rochoso.

- Classe V - Estrato Superior – constituído por solo residual, saprolito e aluvião, com resistência muito branda (R1), e material extremamente alterado (A5), ocorrendo com espessuras muito reduzidas, variando de algumas dezenas de centímetros a poucos metros, nas regiões das ombreiras, a pouco mais de quatro metros na região do leito do Rio Jaguaribe.
- Classe III-IV – Estrato Intermediário - correspondendo maciço rochoso muito fraturado (F4) a extremamente fraturado (F5), composto por rochas medianamente resistentes a resistentes (R3 e R4) e pouco alteradas (A2) a medianamente alteradas (A3) Em termos práticos, o critério mais marcante para este limite de classe foi o grau de alteração por ser este mais marcante e mensurável
- Classe II – Estrato inferior correspondente ao maciço rochoso bom a muito bom, pouco fraturado, muito resistente (R5), composta por rocha sã (A1).

4.2.6 Descontinuidades Estruturais do Maciço

Quanto ao aspecto geomecânico do maciço, as descontinuidades observadas nos testemunhos de sondagem e no mapeamento de campo não apontam para zonas de fraquezas expressivas dos constituintes litológicos presentes na região de implantação da barragem.

As fraturas/juntas presentes estão na maioria dos casos seladas, ou parcialmente abertas e oxidadas, com formas curvilineares, rugosas a muito rugosas e sem preenchimento por materiais brandos que venham a comprometer a resistência do maciço

A xistosidade/foliação, da mesma forma que as fraturas/juntas, também não representa excessiva limitação das características geomecânicas do maciço rochoso, apesar do seu caráter marcante e persistente.

As estruturas levantadas em campo, apresentadas na tabela 4.8, foram analisadas e interpretadas utilizando-se os estereogramas de frequência, primeiramente separando-as quanto ao tipo (fratura e foliação). O histograma da figura 4.1 apresenta o número de medidas de cada feição estrutural levantada no mapeamento de campo. Os diagramas de frequência de pólos de todas as estruturas estão apresentadas nas figuras 4.2 e 4.3.

As atitudes obtidas do estereograma dos pólos das fraturas apontam para dois máximos de concentração com direções N84°W/88°SW e N86°E/65°NW, apresentando no entanto orientações preferenciais também nas direções N14°W/89°NE e N48°E/85°SE (Figura 4.4).

TABELA 4.8
**DADOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO NA
REGIÃO DA BARRAGEM DE ARNEIRÓZ II**

| PONTO | DIREÇÃO DO MERGULHO | MERGULHO | ESTRUTURA |
|-------|---------------------|----------|-----------|
| 4 | 332 | 26 | Sn |
| | 255 | 90 | J |
| | 209 | 62 | Sn |
| 6 | 133 | 24 | Sn |
| | 184 | 90 | J |
| | 182 | 85 | J |
| | 2 | 86 | J |
| | 110 | 84 | J |
| | 353 | 73 | J |
| 7 | 305 | 38 | Sn |
| | 46 | 58 | J |
| | 11 | 83 | J |
| 8 | 329 | 29 | Sn |
| | 309 | 40 | Sn |
| | 138 | 81 | J |
| | 108 | 56 | J |
| | 76 | 85 | J |
| | 82 | 74 | J |
| | 168 | 88 | J |
| | 348 | 80 | J |
| | 66 | 60 | J |
| | 234 | 70 | J |
| 122 | 48 | J | |
| 9 | 307 | 29 | Sn |
| | 314 | 39 | Sn |
| | 52 | 80 | J |
| | 338 | 74 | J |
| | 41 | 78 | J |
| | 55 | 75 | J |
| | 21 | 75 | J |
| 10 | 64 | 28 | E |
| | 68 | 16 | E |
| | 59 | 14 | E |
| | 121 | 76 | J |

continuação ..

| PONTO | DIREÇÃO DO MERGULHO | MERGULHO | ESTRUTURA |
|-------|---------------------|----------|-----------|
| 11 | 343 | 54 | Sn |
| | 345 | 64 | Sn |
| | 357 | 52 | Sn |
| | 78 | 86 | J |
| | 190 | 84 | J |
| | 186 | 77 | J |
| | 188 | 81 | J |
| | 29 | 86 | J |
| | 83 | 87 | J |
| | 197 | 69 | J |
| | 247 | 71 | J |
| | 224 | 84 | J |
| 12 | 113 | 44 | Sn |
| | 114 | 44 | Sn |
| | 230 | 70 | J |
| | 154 | 75 | J |
| | 51 | 74 | J |
| | 226 | 60 | J |
| | 130 | 90 | J |
| | 282 | 73 | J |
| 181 | 84 | J | |
| 13 | 355 | 64 | J |
| | 26 | 84 | J |
| | 309 | 65 | J |
| | 353 | 64 | J |
| | 19 | 80 | J |
| | 346 | 71 | J |
| | 118 | 87 | J |
| | 188 | 88 | J |
| | 185 | 88 | J |
| | 19 | 78 | J |
| | 49 | 63 | J |
| | 346 | 72 | J |
| | 210 | 73 | J |
| | 112 | 70 | J |
| 355 | 66 | J | |
| 356 | 66 | J | |

continuação

| PONTO | DIREÇÃO DO MERGULHO | MERGULHO | ESTRUTURA |
|-------|---------------------|----------|-----------|
| 13 | 33 | 77 | J |
| | 358 | 71 | J |
| | 15 | 85 | J |
| | 95 | 62 | J |
| | 134 | 72 | Sn |
| | 122 | 72 | Sn |
| | 119 | 27 | Sn |
| | 102 | 37 | Sn |
| | 126 | 30 | Sn |
| | 133 | 46 | Sn |
| | 132 | 28 | Sn |
| | 130 | 72 | Sn |
| 14 | 109 | 36 | Sn |
| | 4 | 68 | Sn |
| | 232 | 86 | J |
| | 79 | 87 | J |
| | 59 | 78 | J |
| | 265 | 65 | J |
| | 339 | 56 | J |
| | 329 | 53 | J |
| | 70 | 15 | E |
| | 62 | 17 | E |
| | 78 | 36 | E |
| | 65 | 26 | E |
| 16 | 326 | 32 | Sn |
| | 69 | 55 | J |
| | 322 | 74 | J |
| | 93 | 75 | J |
| | 122 | 33 | Sn |
| 17 | 220 | 88 | J |
| | 177 | 85 | J |
| 18 | 57 | 33 | Sn |
| | 75 | 22 | Sn |
| | 88 | 20 | Sn |
| | 74 | 82 | J |
| | 148 | 83 | J |
| | 153 | 88 | J |

continuação.

| PONTO | DIREÇÃO DO MERGULHO | MERGULHO | ESTRUTURA |
|-------|---------------------|----------|-----------|
| 20 | 121 | 29 | Sn |
| | 113 | 39 | Sn |
| | 255 | 84 | J |
| | 249 | 78 | J |
| | 146 | 46 | J |
| | 72 | 77 | J |
| 21 | 49 | 13 | E |
| | 331 | 35 | Sn |
| | 102 | 39 | Sn |
| | 186 | 74 | J |
| 23 | 99 | 85 | J |
| | 133 | 56 | J |
| | 135 | 60 | J |
| | 254 | 88 | J |
| | 213 | 78 | J |
| | 125 | 85 | J |
| | 338 | 66 | J |
| | 313 | 80 | J |
| | 215 | 65 | J |
| | 297 | 82 | J |
| | 180 | 88 | J |
| | 17 | 26 | Sn |
| | 195 | 19 | Sn |
| | 69 | 18 | Sn |
| | 348 | 26 | Sn |
| | 357 | 34 | Sn |
| 25 | 105 | 22 | Sn |
| | 34 | 26 | Sn |
| | 131 | 75 | J |
| | 138 | 86 | J |
| | 236 | 72 | J |
| | 108 | 35 | J |
| 32 | 119 | 47 | Sn |
| | 85 | 56 | Sn |
| | 357 | 75 | J |
| | 173 | 84 | J |

continuação .

| PONTO | DIREÇÃO DO MERGULHO | MERGULHO | ESTRUTURA |
|-------|---------------------|----------|-----------|
| 37 | 69 | 62 | J |
| | 237 | 60 | J |
| | 253 | 32 | Sn |
| 38 | 138 | 80 | J |
| | 312 | 85 | J |
| | 272 | 77 | J |
| 39 | 335 | 74 | J |
| | 192 | 67 | J |
| | 235 | 83 | J |
| | 306 | 80 | J |
| | 60 | 33 | Sn |
| 40 | 135 | 83 | J |
| | 230 | 40 | J |
| | 133 | 86 | J |
| | 42 | 84 | J |
| | 142 | 88 | J |
| | 43 | 39 | J |
| | 113 | 77 | J |
| | 145 | 87 | J |
| | 228 | 68 | J |
| | 238 | 59 | J |
| | 62 | 14 | Sn |
| | 62 | 13 | Sn |

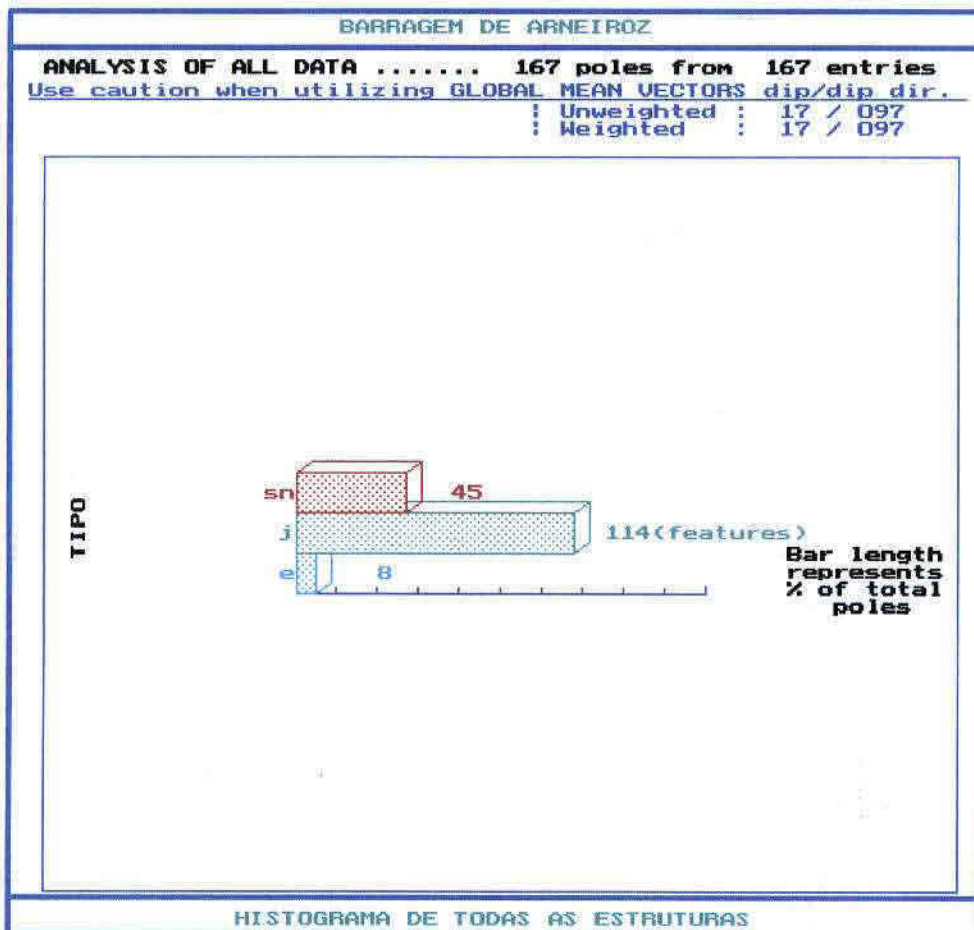


FIGURA 4.1 - Histograma com as feições observadas e o respectivo número de medidas coletadas em campo, onde "Sr" representa a foliação ou xistosidade, "j" o conjunto de fraturas e "e" a lineação mineral.

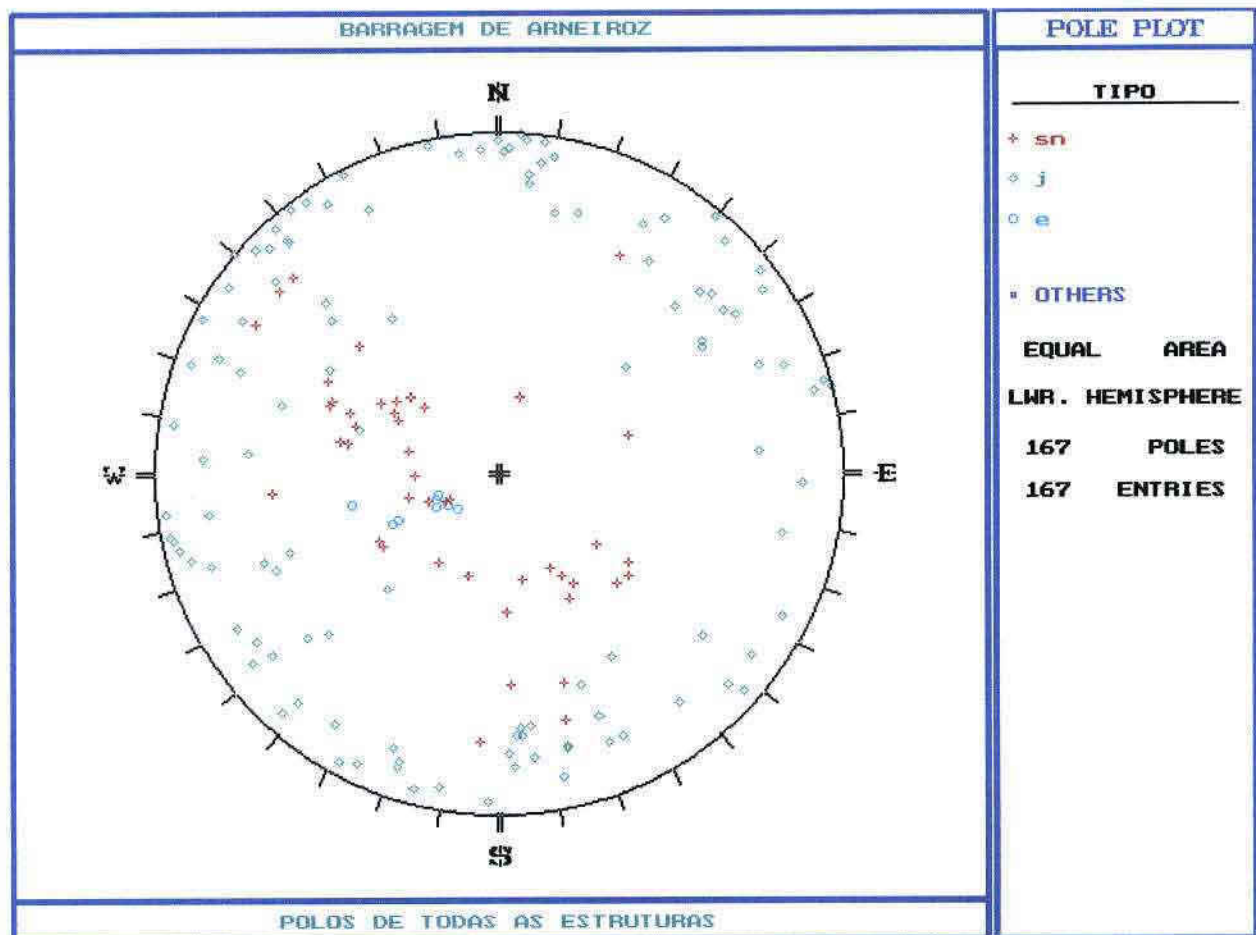


FIGURA 4.2 - Distribuição dos pólos de todas as estruturas - Desconsiderar neste caso as representações de e que referem-se a linhas.

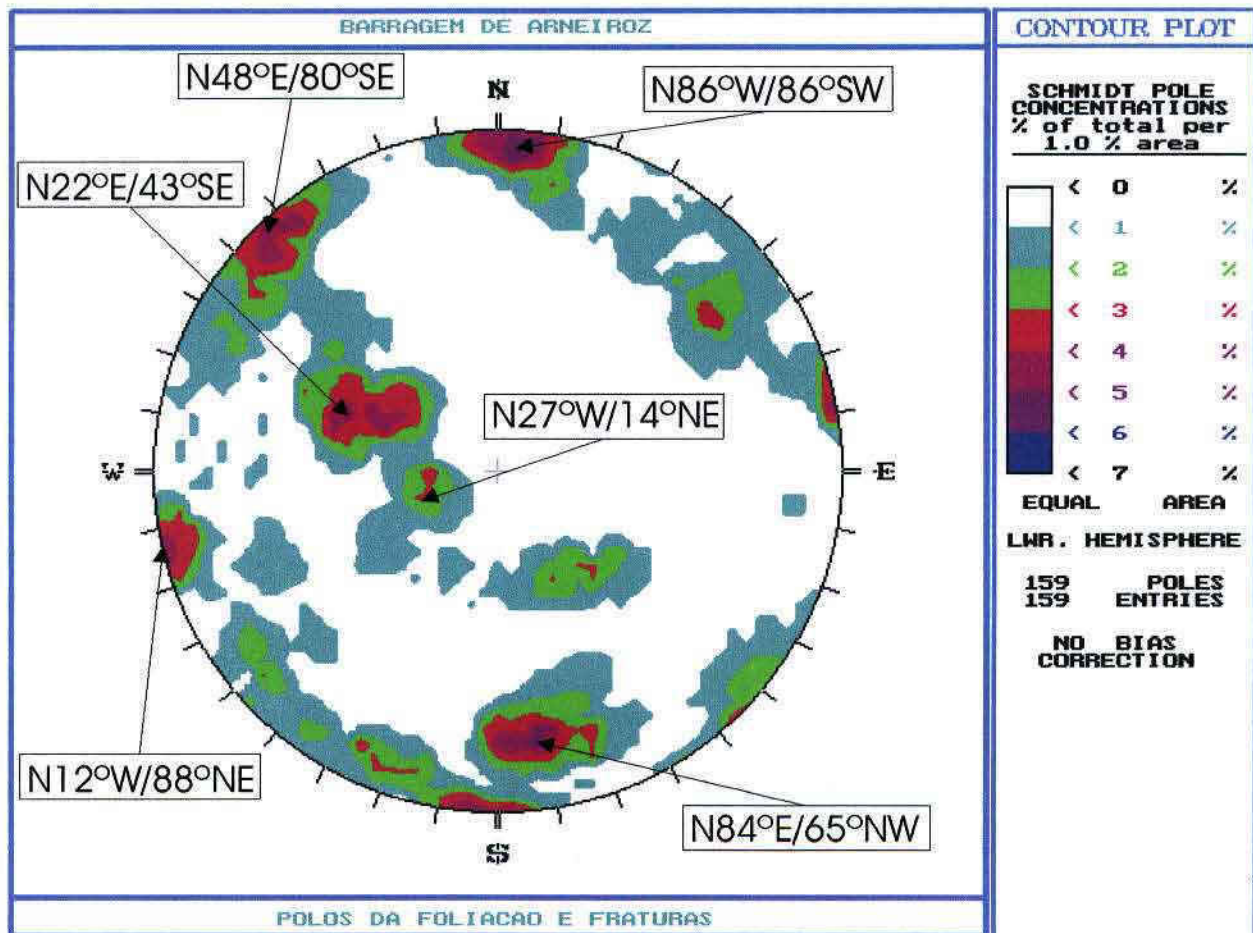


FIGURA 4.3 - Diagrama de projeção estereográfica dos pólos da foliação e das fraturas (máximo 5,66% - plano N86°W / 86°SW).

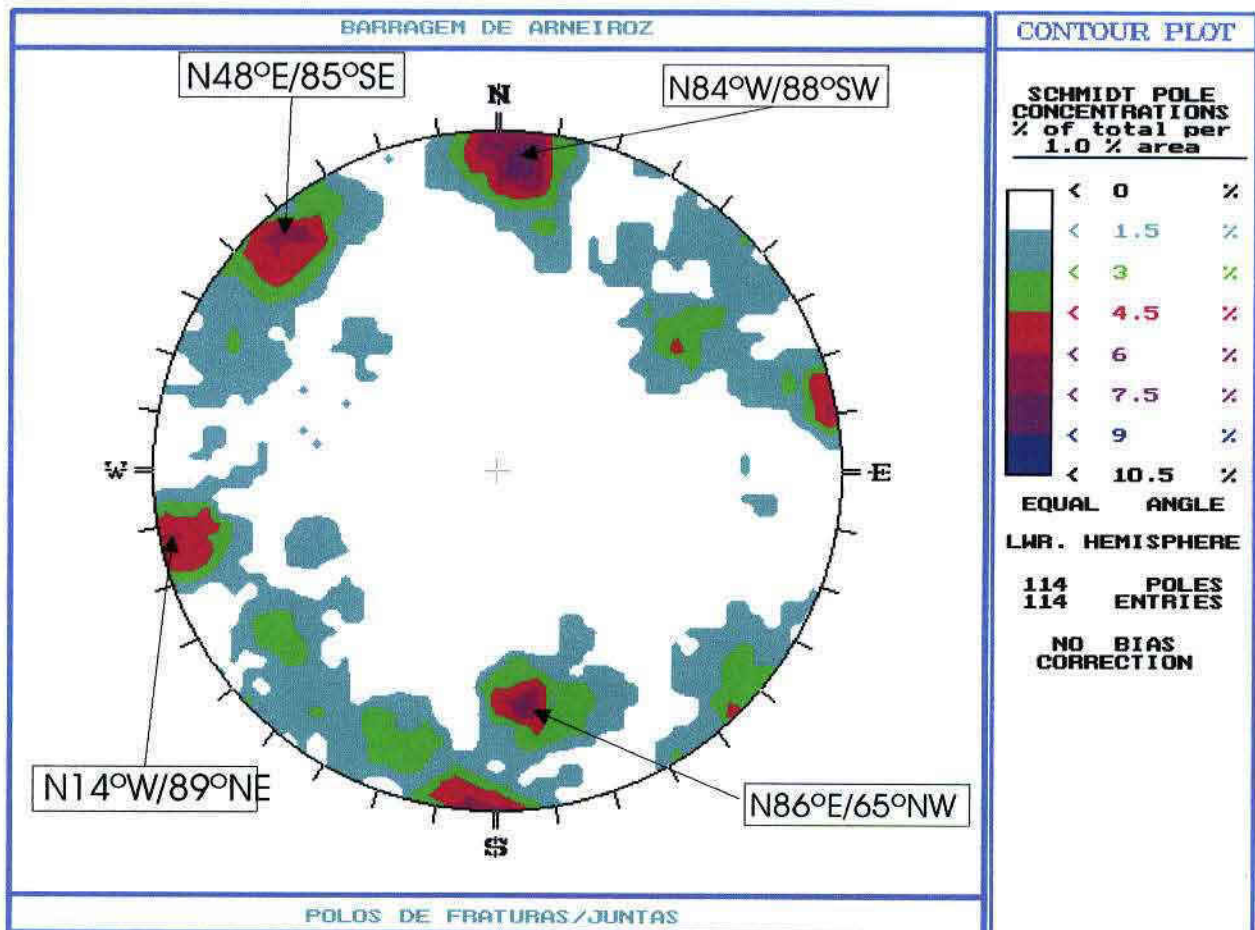


FIGURA 4.4 - Diagrama de projeção dos pólos das fraturas e juntas (máximo 7,89% - plano N84°W / 88°SW).

As atitudes de foliação, apresentaram um máximo de concentração em N27°E/30°SE e duas concentrações secundárias em N04°W/16°NE e N46°E/32°NW (Figura 4.5)

As lineações minerais são marcadas pela orientação preferencial de minerais micáceos, associados à foliação principal, e apresentaram orientação preferencial segundo N64°E/20° (Figura 4.6).

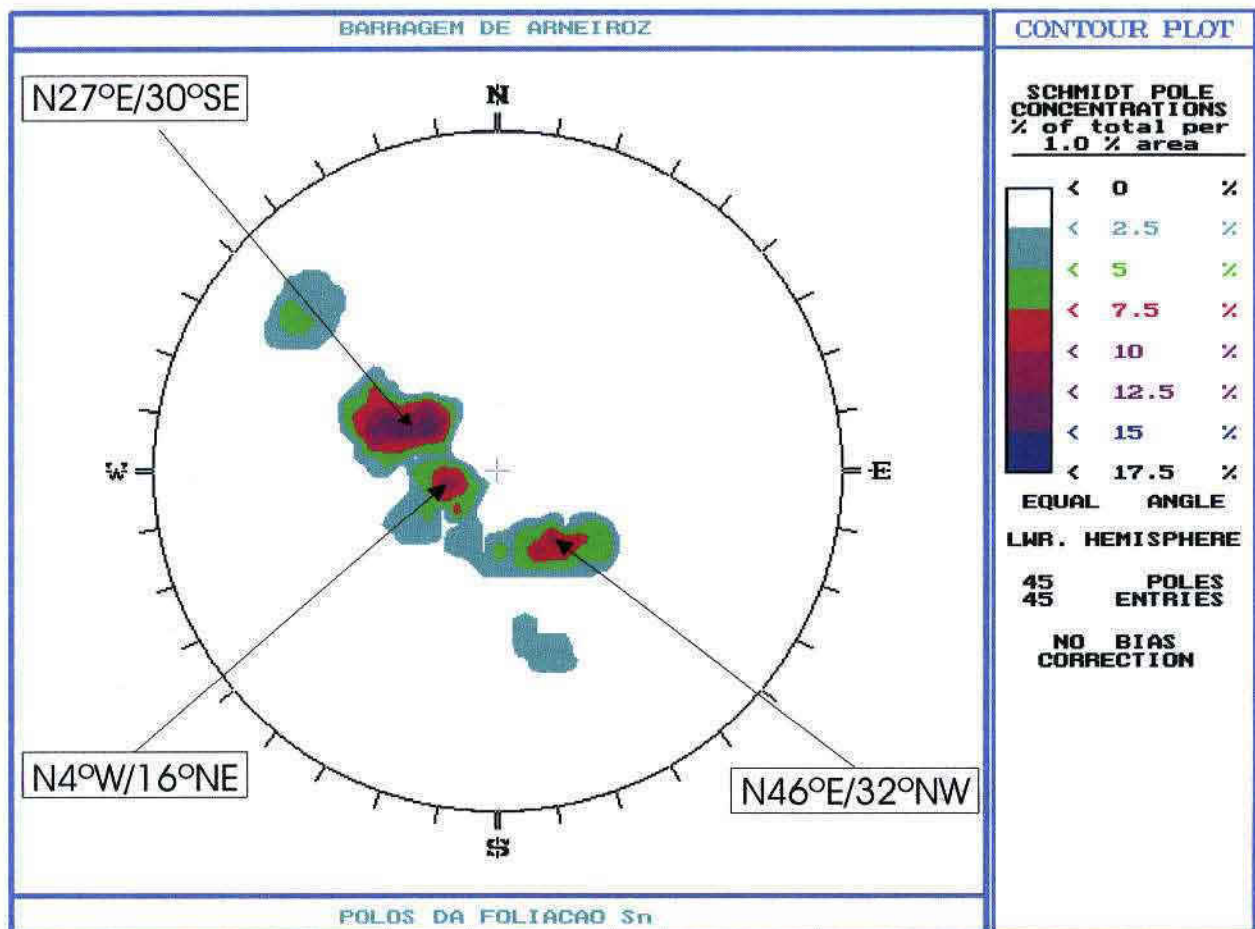


FIGURA 4.5 - Diagrama de projeção estereográfica dos pólos da foliação S₁₁ (máximo 15,56% - plano N27°E / 30°SE).

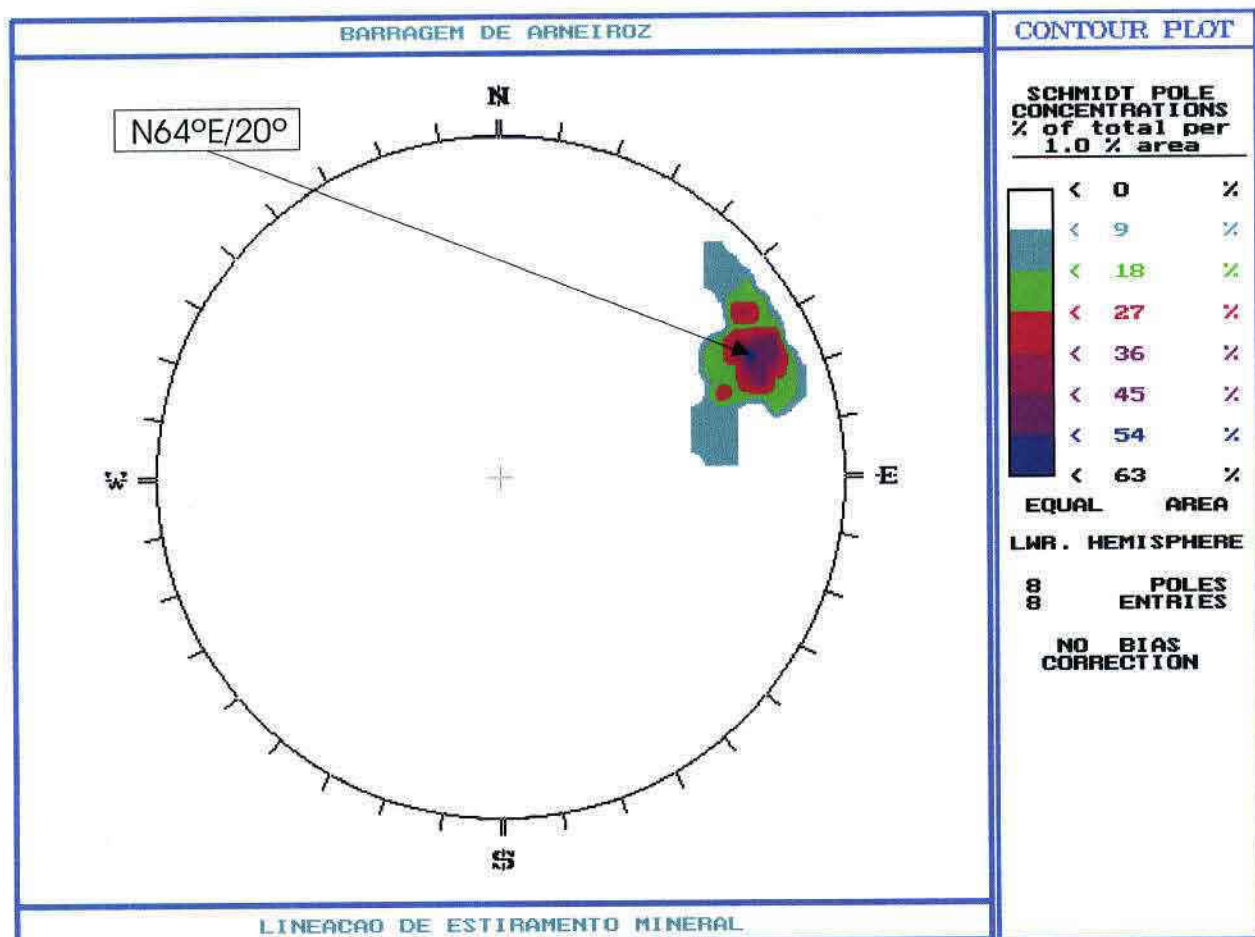


FIGURA 4.6 - Diagrama da lineação de estiramento mineral (máximo 62,5% - N64°E / 20°).

4.2.7 Condições de Fundação e Tratamentos Previstos

As condições de fundação da barragem e do vertedouro podem ser consideradas boas. O grau de fraturamento do maciço, em geral, é maior nos primeiros metros superficiais, condicionados pelo alívio de tensões gerado pela erosão do vale. Entretanto, é conveniente salientar que as sondagens e ensaios de perda de água executados não identificaram nenhuma feição geológica importante, como juntas de alívio, que pudessem condicionar maiores precauções quanto ao tratamento de fundação.

A fundação do vertedouro será constituída, parte em maciço tipo III/IV e parte em maciço tipo II. O maciço tipo III/IV, nesta região, apresenta grau de fraturamento F4 e perda de água da ordem de $2 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$, o que significa perda de água mediana. Já o maciço tipo II apresenta grau de fraturamento variável, de F1 a F4, e perdas de água variando entre zero e $1,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$, o que significa baixa perda de água. Em ambos os trechos, os resultados descritos indicam que a maior parte das fraturas se encontram fechadas.

Na ombreira direita, entre o vertedouro e o leito do rio, a barragem terá como fundação os maciços tipo III/IV e II. Nesta região, os dois tipos de maciço apresentam majoritariamente, grau de fraturamento F3. As perdas de água foram baixas, da ordem de $1,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$.

No leito do rio, o maciço apresenta grau de fraturamento F4 para o maciço tipo III/IV e grau de fraturamento F2, para o maciço tipo II. Nesta região, as perdas de água foram mais elevadas, sendo determinadas perdas da ordem de $8,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$.

Na ombreira esquerda, a barragem será apoiada no maciço tipo III/IV em toda a sua extensão. Distinguem-se para esta região dois trechos: o primeiro entre o leito do rio e a estaca 58+00, onde a perda de água foi elevada (perda da ordem de $9,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$), e o segundo da estaca 58+00 até o final da barragem, onde as perdas foram médias (perdas da ordem de $2,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$). Observa-se que a sondagem SR-01, executada na campanha de investigações do projeto elaborado pelo DNOCS em 1992, apresentou excessiva perda de água, não condizente com o restante dos ensaios executados. As perdas determinadas, da ordem de $160,0 \text{ l/mxminxkg/cm}^2$, também não se correlacionam com os graus de fraturamento e alteração do maciço tipo II. Assim sendo, os resultados deste ensaio não foram considerados.

Das condições descritas, conclui-se da necessidade de adoção de uma cortina de injeções de impermeabilização para homogeneizar as permeabilidades e eliminar os maiores valores de perda de água. Esta cortina de injeções poderá ser iniciada com os furos exploratórios espaçados a cada 6,00 m, e prosseguir fechando o espaçamento nos pontos onde os ensaios de perda de água apresentarem absorções maiores que $5 \text{ l/mxmin/kg/cm}^2$. Tendo em vista que não há nenhum condicionante geológico importante, a profundidade dos furos deverá ser de 0,4 h, sendo h a carga hidráulica sobre a fundação. Assim os furos da cortina exploratória terão profundidade máxima de 11,50 m. A esta cortina de injeções de impermeabilização deverão ser associadas duas linhas de furos rasos, uma a montante e outra a jusante, com profundidade de 4,00 m e espaçados a cada 3,00 m, para injeção de fraturas mais freqüentes, à pequena profundidade.

Com relação ao tratamento superficial de fundação da barragem, este deverá seguir, em linhas gerais, as seguintes recomendações

- **região do núcleo teórico** – o tratamento deverá ser rigoroso na região do núcleo teórico, onde deverá ser removido todo o material solto e alterado, e as fraturas preenchidas com material alterado ou erodível deverão ser escavadas até uma profundidade equivalente a três vezes a sua espessura, sendo a seguir recompostas com concreto de regularização. Depressões que não possam ser suavizadas também deverão ser preenchidas com concreto de forma a suavizar a superfície final da fundação. Os taludes existentes deverão ser abrandados para permitirem a rigorosa compactação. Após estes trabalhos, toda a região do núcleo teórico deverá ser lavada com jatos de água e ar;
- **região do tapete drenante** – o tratamento deverá incluir a regularização da superfície da rocha através de desmonte mecânico ou a fogo cuidadoso, de modo a permitir o lançamento do material drenante. Todo o material solto e alterado deverá ser removido e a região deverá ser preenchida com material do filtro;
- **região a montante do núcleo teórico** – o tratamento desta região deverá incluir a regularização da superfície e remoção das zonas de materiais muito alterados. As depressões existentes e aquelas formadas pela remoção de materiais alterados deverão ser preenchidas com o material do aterro. A superfície final desta zona deverá ser lúmpa apenas com jatos de ar

4.3 Materiais Naturais de Construção

Este item trata do estudo das fontes de obtenção, das propriedades geotécnicas e da aplicabilidade dos materiais naturais de construção às diversas partes da obra.

4.3.1. Materiais Terrosos

Próximo ao eixo do barramento, as ocorrências de solos são escassas, não tendo sido identificadas no reconhecimento de campo, nenhuma área potencialmente aproveitável como área de empréstimo. No entorno do eixo é generalizada a ocorrência de solo residual de gnaiss, cuja espessura varia de 0,50 a 1,00 m, nas ombreiras. No leito do rio ocorrem aluviões silto arenosos com espessuras variáveis, atingindo até 4,00 m.

Áreas com ocorrências de solos coluvionares, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas na área do reservatório, a distâncias que variam de 5,00 a 8,00 km. Nestas áreas, o capeamento de solo também é pouco espesso, apresentando espessura média da ordem de 0,50 m de material aproveitável. Assim, extensas áreas tiveram de ser pesquisadas, para obtenção de material em volume suficiente para execução do maciço.

A investigação dos empréstimos foi executada apoiada nos trabalhos de mapeamento geológico, que identificaram os locais onde ocorrem os depósitos mais promissores. Nestes locais foram

executados poços de investigação, distanciados a cada 200 m Assim, foram selecionadas três áreas de empréstimo, cujas características são apresentadas a seguir

Os volumes cubados nas três áreas estudadas são apresentados nas Tabelas 4.1 a 4.3. No Volume 3 A, anexo deste relatório, são apresentados o boletins de sondagem e os resultados dos ensaios geotécnicos de laboratório

TABELA 4.1

Área de Empréstimo 1 - Proprietário: Joaquim Quincas

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Área estudada | 840 126 m ² |
| Nº de poços executados | 31 |
| Espessura média do expurgo | 0,10 m |
| Espessura média de mat utilizável | 0,55 m |
| Volume de material utilizável | 457 400 m ³ |
| Volume de expurgo | 89 300 m ³ |
| Distância ao eixo da barragem | 5,45 km |

TABELA 4.2

Área de Empréstimo 2 - Proprietário: Jenival Benício

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Área estudada | 760 650 m ² |
| Nº de poços executados | 29 |
| Espessura média do expurgo | 0,10 m |
| Espessura média de mat utilizável | 0,52 m |
| Volume de material utilizável | 401 900 m ³ |
| Volume de expurgo | 83 400 m ³ |
| Distância ao eixo da barragem | 7,0 km |

TABELA 4.3

Área de Empréstimo 3 - Proprietário: Antônio Fico

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Área estudada | 1 599 295 m ² |
| Nº de poços executados | 55 |
| Espessura média do expurgo | 0,10 m |
| Espessura média de mat utilizável | 0,52 m |
| Volume de material utilizável | 792 100 m ³ |
| Volume de expurgo | 167 500 m ³ |
| Distância ao eixo da barragem | 8,63 km |

A Tabela 4.4 apresenta o resumo do volume cubado nas três áreas selecionadas

TABELA 4.4

Resumo dos volumes das áreas de empréstimo

| LOCAL | Volume (m ³) | |
|----------------------|--------------------------|---------|
| | Utilizável | Expurgo |
| Área de empréstimo 1 | 457 400 | 89 300 |
| Área de empréstimo 2 | 401 900 | 83 400 |
| Área de empréstimo 3 | 792 100 | 167 500 |
| Volume Total | 1 651 400 | 340 200 |

A localização das áreas de empréstimo e dos respectivos poços de investigação estão indicados no desenho nº II-3-05/05-000

As principais características dos solos coluvionares dos empréstimos são apresentadas nas Tabelas 4.5 a 4.7 – Resumo dos Ensaios de Caracterização, na Figura 4.7 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Curvas de Distribuição Granulométrica, na Figura 4.8 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Compactação – Proctor Normal e na Figura 4.9 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Carta de Plasticidade

TABELA 4.5

Área de Empréstimo 1 – Resumo dos Ensaios de Caracterização

| GRANULOMETRIA | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peneira | | Poço de Investigação Nº | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 4 | 8 | 14 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | 26 | 29 | 39 |
| 2" | Pé | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 1/2" | rc | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1" | en | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3/4" | ta | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1/2" | ge | 98 | 99 | 100 | 100 | 97 | 100 | 99 | 100 | 99 | 100 | 99 | 99 |
| 3/8" | m | 95 | 98 | 100 | 100 | 96 | 99 | 97 | 100 | 97 | 99 | 98 | 98 |
| Nº 4 | Pa | 92 | 92 | 97 | 100 | 93 | 98 | 95 | 95 | 91 | 96 | 97 | 93 |
| Nº 10 | ss | 86 | 86 | 93 | 99 | 88 | 94 | 90 | 86 | 90 | 96 | 85 | 85 |
| Nº 40 | an | 72 | 74 | 81 | 93 | 74 | 84 | 66 | 74 | 73 | 86 | 68 | 68 |
| Nº 200 | te | 50 | 54 | 61 | 66 | 53 | 52 | 37 | 48 | 45 | 38 | 56 | 45 |
| <0,005 | (%) | 15 | 17 | 20 | 28 | 19 | 17 | 11 | 17 | 15 | 12 | 16 | 13 |
| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | | | | | | | | | |
| Lim de Liquidez LL - (%) | | 35 | 35 | 36 | 37 | 36 | 37 | 34 | 35 | 35 | 34 | 36 | 34 |
| Lim de Plasticidade - LP (%) | | 20 | 19 | 18 | 18 | 20 | 20 | 23 | 20 | 21 | 22 | 19 | 21 |
| Índice de Plasticidade (%) | | 15 | 16 | 18 | 19 | 16 | 17 | 12 | 15 | 14 | 12 | 17 | 13 |
| CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S. | | | | | | | | | | | | | |
| Classificação U.S.C.S | | SC | CL | CL | CL | CL | CL | SC | SC | SC | SC | CL | SC |
| COMPACTAÇÃO | | | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca (máx.) - $\gamma_{d(máx)}$ | | 2,028 | 1,82 | 1,568 | 1,6 | 1,725 | 1,799 | 1,866 | 1,802 | 1,866 | 1,928 | 1,72 | 1,846 |
| Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%) | | 17,5 | 14,3 | 15,9 | 17,7 | 13,7 | 13,3 | 13 | 13,5 | 11,3 | 11,2 | 15,5 | 13,6 |
| Umidade Natural - h (%) | | 17,57 | 17,6 | 12,19 | 16,67 | 10,63 | 11,44 | 13,42 | 11,64 | 9,89 | 11,15 | 12,91 | 13,7 |

TABELA 4.6

Área de Empréstimo 2 – Resumo dos Ensaios de Caracterização

| GRANULOMETRIA | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Peneira | | Poço de Investigação Nº | | | | | | | | | |
| | | 3 | 7 | 9 | 10 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 24 |
| 2" | Porcentagem Passante (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 1/2" | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 100 |
| 1" | | 98 | 97 | 100 | 99 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 100 |
| 3/4" | | 97 | 96 | 100 | 97 | 100 | 100 | 92 | 100 | 98 | 97 |
| 1/2" | | 95 | 95 | 97 | 94 | 99 | 96 | 89 | 99 | 96 | 96 |
| 3/8" | | 93 | 94 | 96 | 92 | 97 | 93 | 87 | 98 | 95 | 94 |
| Nº 4 | | 90 | 91 | 94 | 87 | 85 | 83 | 82 | 95 | 91 | 91 |
| Nº 10 | | 84 | 86 | 92 | 80 | 70 | 71 | 73 | 91 | 84 | 87 |
| Nº 40 | | 69 | 74 | 86 | 65 | 54 | 56 | 60 | 77 | 71 | 79 |
| Nº 200 | | 40 | 49 | 63 | 51 | 41 | 37 | 39 | 53 | 56 | 62 |
| <0,005 | | 10 | 12 | 18 | 15 | 8 | 7 | 9 | 16 | 17 | |
| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | | | | | | | |
| Lim de Liquidez LL - (%) | | 29 | 30 | 32 | 31 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 |
| Lim de Plasticidade - LP (%) | | 21 | 20 | 19 | 17 | 19 | 20 | 21 | 19 | 18 | 19 |
| Índice de Plasticidade (%) | | 8 | 10 | 13 | 14 | 10 | 10 | 9 | 12 | 13 | 12 |
| CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S. | | | | | | | | | | | |
| Classificação U.S.C.S | | SC | SC | CL | CL | SC | SC | SC | CL | CL | CL |
| COMPACTAÇÃO | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca (máx.) - $\gamma_{d(máx)}$ | | 1,97 | 1,794 | 1,765 | 1,832 | 1,906 | 1,933 | 1,868 | 1,77 | 1,793 | 1,77 |
| Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%) | | 10,4 | 14,6 | 14,3 | 13,9 | 12 | 12,3 | 14,5 | 17 | 15 | 16 |
| Umidade Natural - h (%) | | 9,91 | 11,7 | 11,65 | 6,64 | 7,03 | 12,31 | 14,02 | 8,66 | 7,16 | 16,61 |

TABELA 4.7
Área de Empréstimo 3 – Resumo dos Ensaio de Caracterização

| GRANULOMETRIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| Peneira | | Poço de Investigação Nº | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 4 | 7 | 10 | 12 | 16 | 19 | 22 | 23 | 25 | 27 | 30 | 34 | 37 | 39 | 41 | 45 | 47 | 49 | 52 |
| 2" | Percentagem Passante (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 1 1/2" | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 1" | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 3/4" | | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 99 | 96 | 100 | 100 | 100 | 98 | 98 | 99 | 97 | 98 | 98 | 98 | 97 | 100 | 100 |
| 1/2" | | 100 | 95 | 99 | 100 | 100 | 99 | 92 | 99 | 100 | 100 | 98 | 98 | 97 | 93 | 95 | 92 | 96 | 93 | 98 | 100 |
| 3/8" | | 100 | 94 | 98 | 98 | 100 | 98 | 88 | 98 | 99 | 100 | 97 | 98 | 94 | 89 | 91 | 88 | 93 | 89 | 97 | 100 |
| Nº 4 | | 98 | 91 | 94 | 95 | 99 | 94 | 85 | 94 | 97 | 99 | 97 | 96 | 83 | 77 | 85 | 77 | 88 | 84 | 94 | 97 |
| Nº 10 | | 92 | 85 | 83 | 92 | 96 | 91 | 84 | 91 | 92 | 93 | 95 | 91 | 68 | 70 | 77 | 63 | 86 | 78 | 89 | 91 |
| Nº 40 | | 60 | 69 | 56 | 83 | 77 | 80 | 62 | 81 | 77 | 68 | 60 | 78 | 35 | 53 | 59 | 39 | 66 | 50 | 61 | 66 |
| Nº 200 | | 35 | 47 | 34 | 56 | 37 | 53 | 35 | 57 | 51 | 37 | 33 | 38 | 19 | 33 | 37 | 29 | 42 | 23 | 38 | 41 |
| <0,005 | 11 | 15 | 10 | 25 | 13 | 23 | 14 | 27 | 20 | 14 | 10 | 15 | 6 | 11 | 13 | 10 | 16 | 7 | 18 | 15 | |
| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lim de Liquidez LL - (%) | 34 | 38 | 34 | 38 | 36 | 37 | 34 | 39 | 39 | 35 | 33 | 33 | 29 | 31 | 35 | 31 | 36 | 30 | 35 | 35 | |
| Lim de Plasticidade - LP (%) | 23 | 22 | 23 | 21 | 22 | 20 | 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 22 | 23 | 23 | 22 | 23 | 21 | 23 | 21 | 22 | |
| Índice de Plasticidade (%) | 11 | 16 | 11 | 17 | 14 | 17 | 12 | 18 | 17 | 13 | 10 | 11 | 6 | 8 | 13 | 8 | 15 | 17 | 14 | 13 | |
| CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Classificação U S C S | SC | SC | SC | CL | SC | CL | SC | CL | CL | SC | SC | SC | SM | SC | SC | SC | SC | SM | SC | SC | |
| COMPACTAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Densidade Seca (máx) - γ_s (t/m ³) | 1,85 | 1,82 | 1,91 | 1,69 | 1,69 | 1,710 | 1,86 | 1,63 | 1,86 | 1,88 | 1,83 | 1,900 | 1,92 | 1,88 | 1,84 | 1,860 | 1,82 | 1,89 | 1,79 | 1,89 | |
| Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%) | 12,5 | 13,5 | 11,7 | 17,3 | 12 | 17 | 14 | 17,6 | 13,6 | 12,3 | 13,7 | 10,7 | 9,7 | 12,2 | 14,4 | 13,2 | 10,5 | 10,1 | 14,2 | 12,5 | |
| Umidade Natural - h (%) | 14,3 | 14,6 | 11,3 | 16,7 | 11,8 | 16,21 | 12,8 | 16 | 12,6 | 11,1 | 11,6 | 9,47 | 7,53 | 9,81 | 12,7 | 11,73 | 8,47 | 8,32 | 11,5 | 10,4 | |

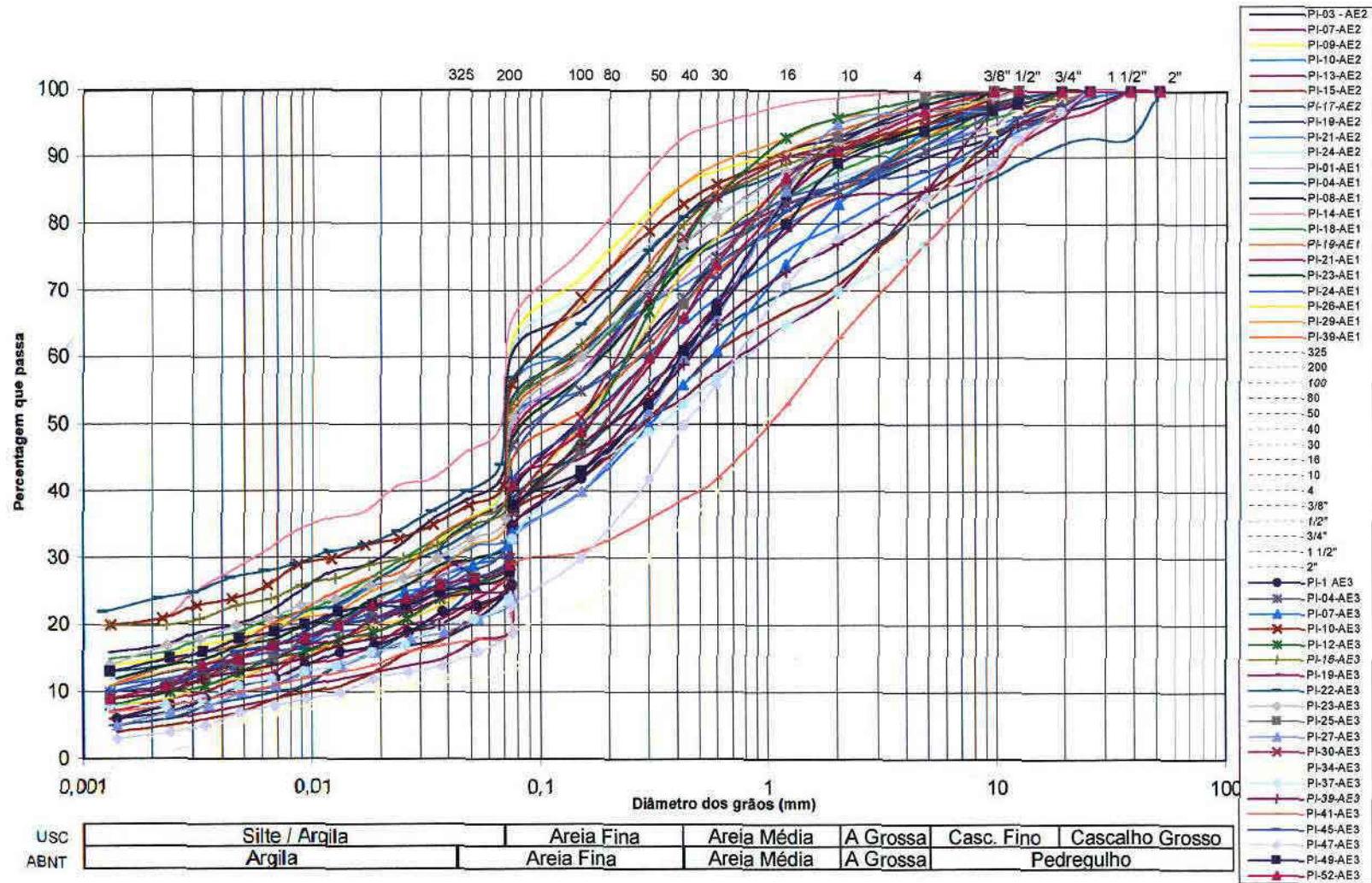


FIGURA 4.7 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Curvas de Distribuição Granulométrica

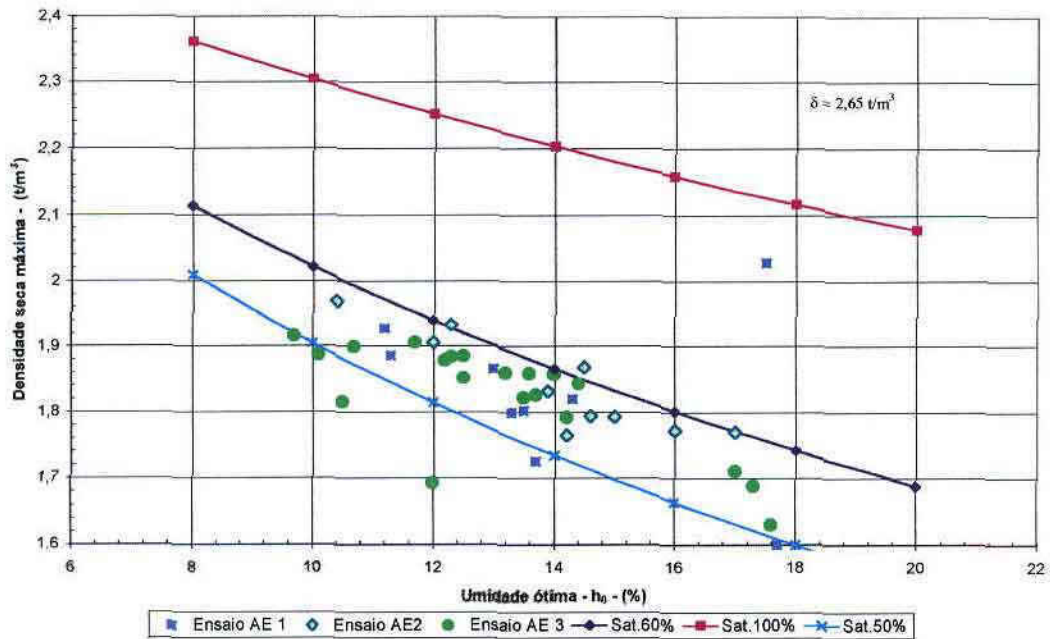


FIGURA 4.8 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Compactação Proctor Normal

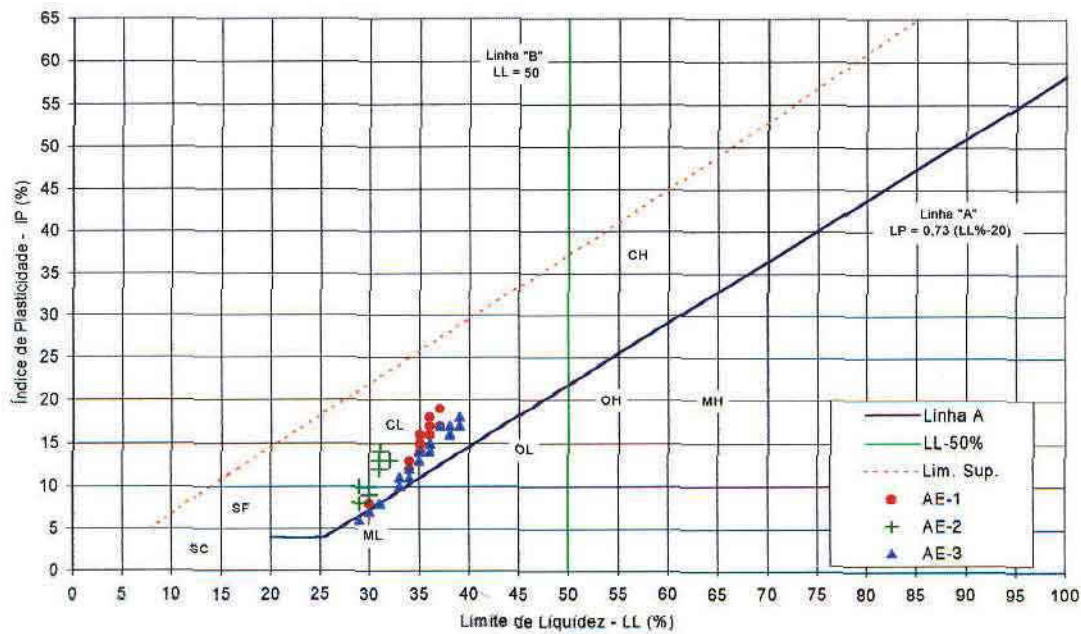


FIGURA 4.9 – Áreas de Empréstimos 1, 2 e 3 – Carta de Plasticidade

Os solos ocorrentes, classificados segundo a USCS, correspondem a solos areno argilosos e argilosos de baixa plasticidade e pouco compressíveis. A análise das curvas de distribuição granulométrica e da carta de plasticidade revela que os solos das três áreas selecionadas são razoavelmente uniformes.

No respeitante à umidade natural, esta se apresenta, em geral, inferior à umidade ótima para compactação determinada no ensaio de Proctor Normal, o que exigirá tratamento corretivo de umidificação para enquadrar os solos na faixa de umidade adequada à compactação. Salienta-se que as amostras foram coletadas nos meses de março e abril, período de chuvas na região, e que nos meses de verão, a umidade natural certamente apresentará valores mais baixos.

Quanto ao tratamento corretivo de umidificação, este poderá ser executado na praça de trabalho do maciço ou na própria área de empréstimo. É conveniente aqui salientar que, o tratamento na praça de trabalho tem o inconveniente de provocar o ressecamento superficial do solo quando as operações de gradeamento se estendem por longos períodos. Tal fato propicia a formação de películas endurecidas, que dificultam o destorroamento e o umedecimento homogêneo do material.

Os ensaios de permeabilidade, em permeâmetro de carga variável, revelaram para as áreas de empréstimo, os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade:

Empréstimo nº 1 $k = 8,53 \times 10^{-7}$

Empréstimo nº 2 $k = 7,00 \times 10^{-7}$

Empréstimo nº 3 $k = 6,18 \times 10^{-7}$

Observa-se também através da permeabilidade, uma excelente uniformidade dos solos das três áreas selecionadas como fonte de material para construção do maciço.

No respeitante à resistência ao cisalhamento, foram ensaiadas três amostras de solos compactados dos empréstimos em câmara triaxial, na condição não drenada, tanto na umidade de compactação, como na saturada. Os resultados destes ensaios forneceram valores muito baixos e discrepantes para c' e ϕ' , considerando os diversos tipos de ensaios (Q , \bar{R} , \bar{R}_{sat}). Assim sendo, estes ensaios não foram considerados. Já os ensaios de cisalhamento direto forneceram valores bastante coerentes entre os diversos ensaios realizados. O confronto entre os valores de c' e ϕ' , obtidos nos ensaios de cisalhamento direto, com dados de ensaios pesquisados na literatura, permitiram estabelecer os valores de c' e ϕ' a serem utilizados nos estudos e análises de estabilidade da Barragem Arneiroz II. Foram adotados então os valores de $c' = 20$ kPa e $\phi' = 28^\circ$.

4.3.2. Materiais Granulares

Dois extensos bancos de areia foram identificados a montante do eixo do barramento, no leito do rio. O primeiro banco de areia inicia-se a 500 m do eixo da barragem e possui extensão de 1,6 km. Este banco foi denominado Jazida nº 1, e o seu volume disponível foi estimado em 120.000 m³. O segundo banco de areia inicia-se a 3,2 km do eixo da barragem e possui extensão de 1,0 km. Este banco foi denominado Jazida nº 2 e o seu volume disponível é de 288.000 m³. O

volume total de areia disponível é de 408 000 m³. sendo suficiente para o atendimento às necessidades da obra.

A exploração da areia será bastante facilitada, considerando que, na maior parte do ano, os bancos não estão submersos.

Na Figura 4.10 são apresentadas as curvas de distribuição granulométrica da areia disponível nas Jazidas 1 e 2. A análise destas curvas mostra que os materiais dos dois bancos apresentam-se bastante uniformes, e do ponto de vista granulométrico, adequados para aplicação tanto nos filtros da barragem, quanto como agregado para concreto.

Quanto à permeabilidade, os ensaios no permeâmetro de carga constante revelaram os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade

Jazida 1 – $k = 4,75 \times 10^{-3}$ cm/s

Jazida 2 – $k = 5,36 \times 10^{-3}$ cm/s

Observa-se também para as areias das duas jazidas, um comportamento bastante uniforme, no respeitante à permeabilidade, o que as qualifica como material para construção do sistema de drenagem interna da barragem

FIGURA 4.10 – Curvas de Distribuição granulométrica da areia

As curvas granulométricas mostram que cerca de 8 % do material é maior do que a peneira nº 4, o que acarretará o seu peneiramento para aplicação nos concretos.

4.3.3 Material Pétreo

A obtenção de material pétreo, tanto para construção de uma barragem de enrocamento quanto para produção de agregados para concreto não será problema, uma vez que o capeamento de solo nas vizinhanças do barramento tem pequena espessura e diversos afloramentos de rocha foram identificados ao longo da margem direita do rio, a montante do eixo da barragem. Dentre estes afloramentos, foi identificado um de grandes proporções, distante 1,5 km do eixo da barragem, cujo volume é de 360 000 m³. No caso de se optar por uma barragem de enrocamento, será necessário complementar uma pequena parte deste volume. Para tal, será necessário explorar uma Segunda pedreira, também no lado montante do eixo. Esta pedreira poderá ser aberta na margem direita, logo no início da ombreira, onde, conforme mostraram as sondagens, o topo rochoso é bem superficial.

As características visíveis da rocha e sua correlação com litologias semelhantes permitem afirmar que a alterabilidade do gnaiss é incipiente na escala da vida útil da obra. A resistência à compressão simples é alta e a perda máxima por abrasão, determinada no ensaio de Abrasão Los Angeles, graduação F, foi de 19,5 %, bem abaixo do limite especificado pela norma NBR 6465/84 da ABNT, que é de 50%. Assim, a rocha apresenta condições de aplicação tanto para agregado graúdo para concreto, quanto para enrocamento.

5. BIBLIOGRAFIA PESQUISADA

- ALMEIDA, F.F.M , HASUI, Y , NEVES, B B B . et al, 1981 Brazilian structural provinces. an introduction Earth Sci Rev . Amsterdam, V 17, p -1-29 (Special Issue).
- BARTON, N & CHOUBEY, V 1997. The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice. Rock Mechanics nº 10
- BARTON, M.R, LIEN, R and LUNDE, J 1974 Engineering Classificationa of rock masses for the desing of tunnel support Rock Mech 6 (4), 189-239
- BIENIASWSKI, Z T 1989 Engineering rock mass classifications New York Wiley.
- BRASIL Ministério das Minas e Energia Secretaria-Geral 1974. Projeto RADAMBRASIL - Folha SB 24 – Jaguaribe. Texto Explicativo Brasília.
- BRASIL Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. 1981 Projeto RADAMBRASIL - Folha SA 24 – Fortaleza Vol. 21. Rio de Janeiro
- DNPM. 1974 Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Jaguaribe (SB-24), Folha Fortaleza (SA-24) Texto Explicativo por José Robinson Alcoforado Dantas Brasília
- FELL. R., MacGREGOR, P, STAPLEDON. D (1992) Geotechnical Engineering of Embankment Dams. Bulkema, Rotterdam

6. DESENHOS