

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇO ROCHOSO
(GRANITO BARUERI) E ESTABILIDADE DE TALUDE**

Ricardo Marques Taccola

Orientador: Prof. Dr. Marcos Egydio Silva
Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Teixeira da Cruz (Poli Civil)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/46)

SÃO PAULO
2003

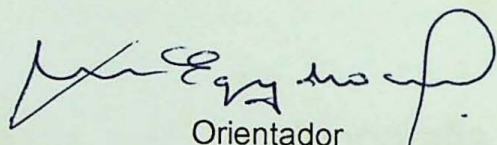
TF
T115
RM.c


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC



CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇO ROCHOSO (GRANITO BARUERI) e
ESTABILIDADE DE TALUDES

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO


Orientador
Prof. Dr. Marcos Egydio Silva


Aluno
Ricardo Marques Taccola

TF 046/2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014558



**CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇO ROCHOSO (GRANITO
DE BARUERI) E ESTABILIDADE DE TALUDES**

RICARDO MARQUES TACCOLA

Monografia de Trabalho de Formatura

Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva _____

Prof. Dr. Fábio Soares Magalhães _____

Prof. Dr. José Roberto Canuto _____

São Paulo

2003

TF
T115
RM.c

DOAÇÃO Seção _____
BIBLIOTECA _____
Graduação - 16ic
Data: 06/05/2004

CLASSIFICAÇÃO DE MACHO ROCHOSO (GRANITO)
DE BARUERI E ESTABELECIMENTO DE TALUDES

RICHARDO MARQUES TADOKI A

Relatório de Trabalho de Formatura

[Faint signatures and illegible text]

Prof. Dr. Wilson Siqueira da Silva
Prof. Dr. Roberto Siqueira da Silva
Prof. Dr. Roberto Siqueira da Silva

2004

I. Resumo

Este trabalho de formatura apresenta a classificação do maciço rochoso (Granito Barueri), segundo o método Sistema – Q (BARTON *et al.* 1974), município de Barueri – São Paulo. Atualmente, a empresa de mineração LAFARGE, explora o corpo granítico, produzindo brita, utilizada na construção civil.

O sistema Q, leva em consideração a importância relativa dos parâmetros, fornecendo dados quantitativos para a elaboração do trabalho e, por esta razão, é um dos sistemas de classificação mais utilizados atualmente.

A qualidade da rocha pode variar de $Q = 0.001$ a $Q = 1000$ em uma escala logarítmica da qualidade do maciço rochoso.

A foto interpretação regional, demonstrou lineamentos (cristas), com orientação principal NE-SW, localizado na porção norte. Têm-se também a NE, um sistema de fraturamento, com direção NW-SE. Outro sistema de fratura foi observado na parte central, cuja orientação é NE-SW e, nesta mesma área, constata-se também grandes lineamentos com direção NW-SE. Cortando estas estruturas há provavelmente um falhamento com orientação E-W.

A área estudada localiza-se entre as Unidades, Granito Aldeia da Serra e Pedreira Cantareira, Complexo Itaquí.

Foram realizadas duas campanhas de campo, sendo coletadas amostras de rocha para ensaios no IPT (Compressão Uniaxial) e lâminas delgadas (Estudo Mineralógico), medições de atitudes de juntas, espessuras, persistência, espaçamentos, preenchimentos e rugosidade. Com todas estas informações, foi possível conseguir uma qualidade de rocha, $Q = 0,83$ (próximo à superfície) e $Q = 4,15$ (profundidade 50,0 m).

Nestas condições recomenda-se uso sistemático de cambotas, fixados sem tensão e concreto projetado com armação reforçada 5,0 cm, para o primeiro Q e, cambotas, a cada 1-1,5 m e concreto projetado, com espessura 2-3,0 cm, para o segundo Q. Cabe ressaltar que estas medidas de contenção aplicam-se para obras subterrâneas.

Mineralogicamente, a rocha possui composição granítica entre sieno-granito e monzogranito.

Para a avaliação de estabilidade de taludes, optou-se pela utilização do sistema de classificação *SMR (Slope Mass Rating)* (ROMANA, 1985), cujo resultado 25,52, indicou a necessidade de contenção tipo, concreto projetado com armação sistemático, muro no pé do talude e/ou concreto reforçado e retaludamento.

Pelo método tradicional de cálculo de fator de segurança, ou seja : $FS = \frac{tg\phi}{tg\alpha}$, adotando ângulo de atrito (ϕ) da descontinuidade 30° e, ângulo de mergulho (α), têm-se 0,81, ou seja não estável.

Desta forma, pode-se concluir que ambos os métodos apresentam como resultante, uma instabilidade que deverá ser tratada adequadamente, para os devidos fins.

II. Abstract

This monograph presents the classification of the rocky massif (Barueri Granite), localized in Barueri town, in the state of São Paulo, which was characterized by the method Q System (Barton *et al.* 1974). Nowadays the granitic body is being exploited by the Lafarge enterprise, to produce pebbles which is used for the civil construction.

The Q-system is based on a numerical assessment of rock mass quality using six different parameters (RQD, number of joint sets, roughness of joint, degree of alteration, water inflow and stress condition).

The quality of the rock varies in a logarithmic scale from $Q=0.001$ to $Q=1000$.

The regional photo interpretation revealed the occurrence of linear structures at the North, which shows main orientation NE-SW. There is also at the northeast of the area a fracture system which shows a NW-SE direction. It is found in the central part of the studied area, another fracture system, which has orientation NE-SW, in this same area is established also large linear structures NW-SE. Probably all these structures are cut by a fault with E-O orientation.

The studied area is located between two units, which are Aldeia da Serra Granite and Cantareira quarry. These units comprise the Itaquí Complex.

Two stages of field work happened during the year, this work provided the collecting of data, as samples to make analysis in the IPT (Uniaxial Pressure), thin sections for mineralogical studies, as well as taking the joint's strike, thickness, persistence, filling and roughness. With all this information, has become possible, to classify the quality of the rock, $Q = 0,83$ (near surface) and $Q = 4,15$ (50 meters deep).

This condition awarns for the systematic usage of bolts (untensioned, grouted), shotcrete with reinforced mesh 5,0 cm for the first Q and, bolts, to each 1-1,5 m and shotcrete, 2-3,0 cm, thickness, for the second Q. It is good to point out that these steps of contention are applied to underground buildings.

The mineralogical composition of the rock is classified between sienite granite monzogranite.

The classification system SMR (SLOPE MASS RATING) (ROMANA, 1985), was used to define the stability of the slope. The results (25,52) indicate the necessity of containment as projected concrete with systematic frame, wall at the bottom of the slope and/or reinforced concrete.

The security factor ($SF = \tan\phi/\tan\alpha$), with friction angle (ϕ) of 30° and, dip angle (α), the result is $SF = 0.81$, which is not stable.

We can conclude that both methods show that the instability should be adequately treated for the engineer goals.

III. Agradecimentos

O período em que estive cursando Geologia, foram os melhores anos de minha vida. Não será possível aqui, descrever minhas emoções e fatos que ocorreram neste tempo. Tornei-me uma pessoa mais madura e com outros valores que certamente valerão por toda minha vida, seja profissional ou pessoal. Assim, meus agradecimentos envolvem todos os meus amigos que contribuíram para minha formação. Entretanto, alguns participaram de maneira mais intensiva e que, agora irei nomeá-los. Agradecimento especial ao meu orientador e amigos prof. Dr. Marcos Egidio Silva, prof. Dr. Caetano Juliani, pela compreensão e auxílio.

Aos colegas que me incentivaram e apoiaram em momentos difíceis, Marcelo Bárbara (Feijão), Fabiana Fernandes (Pará), Fábio Stern (Prepúcio), Gustavo Cioto (Corno), Daniel Brandão (Mordi), Daniel da Paz (Moy), Rodrigo Félix (Lêndia), Morenghi (Cha), Alexandre Miller, Renata Fátima Pinto (Rê) e Alexandre Maximiano.

Aos funcionários Henrique (Xerox), *The Flash* (Xerox), Claudionor (Xerox), Zé Carlos (Postaria), Erickson (Informática) e demais.

A Empresa de Mineração LAFARGE Ltda e, seu funcionário Adriano, pelas contribuições oferecidas.

Não poderia deixar de agradecer também às duas pessoas mais importantes para mim, meus pais, Patrocínia Marques e Gino Taccola (*in memoriam*).

	ÍNDICE
1. Introdução	7
2. Objetivos	9
3. Localização	10
3.1 ÁREA DE ESTUDO	12
4. Geologia Regional	13
5. Materiais e Métodos	17
6. Procedimentos de Classificação – Sistema Q	19
7. Procedimentos de Classificação – <i>SMR</i>	24
8. Cronograma das Atividades	27
9. Resultados Obtidos	28
9.1 INFORMAÇÕES ESTRUTURAIS	28
9.2 ANÁLISE PETROGRÁFICA	37
9.3 PARÂMETROS Q	38
9.4 PARÂMETROS <i>SMR</i>	39
10. Conclusões	40
11. Referências Bibliográficas	42

1. Introdução

Os trabalhos de Engenharia Civil, os quais se ocupam da construção dos mais variados tipos de estruturas, tais como pontes, estradas, túneis, barragens e demais tipos de edificações, incluindo áreas específicas como o suprimento de água, proteção ambiental, saneamento, desenvolvimento urbano etc., envolvem outros campos da engenharia e, em especial, da Geologia.

A Geologia de Engenharia tem como responsabilidade interpretar os dados geológicos e fornecer um modelo conceitual representando a morfologia e a classificação de cada unidade de rocha, visando dar subsídios ao projeto em vista. Avaliação da resistência e deformabilidade das rochas e suas implicações para o projeto esta sob a responsabilidade do geólogo ou geotécnico e especialistas em mecânica de rochas, que determinam sua adequação em diferentes locais.

A Geologia adquire diferentes responsabilidades em cada estágio do desenvolvimento de um projeto. Inicialmente o estudo geológico será dirigido no sentido de encontrar locais para realização do projeto, locais estes que evitem deslizamentos e falhamentos e, em cada setor, fornecer uma compreensão aproximada dos tipos de rochas, seus atributos e suas relações espaciais. Com experiência, baseando-se nos tipos de considerações a serem colocadas adiante, será então possível, antever problemas que podem ser esperados durante a construção de obras. As investigações geológicas devem fornecer também uma compreensão dos modelos de ruptura em relação a sua composição e especialmente a sua estrutura.

Os objetivos do geólogo, juntamente com o engenheiro geotécnico, visam estabelecer a resistência e propriedade de deformabilidade para as rochas e solos chaves, usando amostras representativas para testes de campo e laboratório, assim como observações do comportamento de diferentes tipos de rochas no terreno natural.

Diversos pesquisadores desenvolveram métodos de classificação de maciços rochosos, usados como suporte pra engenharia.

Os dois principais sistemas classificatórios atualmente em uso são :

- *Rock Mass Rating (RMR)*, elaborado em 1972-73 por Bieniawski, do *Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)* da África do Sul (BIENIAWSKI, 1973) ;
- *Rock Mass Quality* ou *Q – System (Q)*, elaborado em 1974 por Barton, Lien e Lunde, do *Norwegian Geotechnical Institute (NGI)*, (BARTON *et al.*, 1974, BIENIAWSKI, 1976).

Os sistemas *RMR* e *Q*, além de levar em consideração a importância relativa dos parâmetros, fornecem dados quantitativos para a elaboração do projeto e, principalmente por esta razão, são os dois sistemas atualmente mais utilizados.

Segundo BIENIAWSKI (1976), o Sistema *Q*, elaborado por Barton, Lien e Lunde, representa uma grande contribuição para o tema classificação de maciços por três principais motivos :

- ter sido elaborado através da análise de mais de duas centenas de casos históricos de túneis na Escandinávia ;
- ser um sistema quantitativo ;
- facilitar a elaboração de projetos de suporte em túneis.

Desta maneira, considerando o teor e a importância do referido projeto, a escolha da localização da área de estudo foi determinada pelas condições geológicas e geotécnicas pré-existentes.

O local escolhido para o estudo é uma pedreira, propriedade da Mineradora LAFARGE, situada no município de Barueri, a 31 Km de São Paulo, com exposição do maciço rochoso em grande escala, o que auxilia no levantamento de informações pertinentes que, são necessários para uma classificação mais exata possível e, por consequência atingem-se resultados mais próximos da realidade.

Pode-se dizer que o passo inicial para o amplo conhecimento, nos mais diversos campos, a respeito de um determinado assunto, seja a tentativa de classificação dos elementos que o constituem.

O sistema *Q*, adotado para este projeto, leva em consideração a importância relativa dos parâmetros, fornecendo dados quantitativos para a elaboração do trabalho e, por esta razão, é um dos sistemas de classificação mais utilizados atualmente. Tem sido aplicado com sucesso como uma ferramenta auxiliar em projetos de engenharia civil e mineira, principalmente em obras subterrâneas.

Realizou-se também um estudo sobre estabilidade de talude, utilizando-se o sistema *SMR*, desenvolvido por ROMANA (1985). Esta análise possui importância fundamental na medida em que auxilia os responsáveis técnicos no dimensionamento de bancadas e demais procedimentos que envolvam o tipo de empreendimento em questão.

2. Objetivos

Este trabalho de formatura, na área da Geologia Estrutural Aplicada, tem por objetivo principal a caracterização litológica e estrutural do maciço granítico de Barueri, na região da Grande São Paulo, visando fornecer uma classificação geomecânica a partir do Sistema- Q (BARTON, *et al.* 1974) o qual é baseado em uma contribuição numérica da qualidade do maciço rochoso.

Através do índice Q, é possível adotar métodos de contenção, que visam estabilizar de maneira segura as paredes de uma obra subterrânea, por exemplo, túnel.

Da mesma forma, utilizando-se do número Q e, adotando o sistema de classificação *SMR (Slope Mass Rating)* (ROMANA, 1985), para análise de taludes, chega-se a uma definição da necessidade de contenções, sugeridas pelo referido método.

Assim, este trabalho fornecerá informações geotécnicas que futuramente poderão ser utilizadas como subsídios em planejamentos de obras subterrâneas que eventualmente possam ocorrer na área em questão.

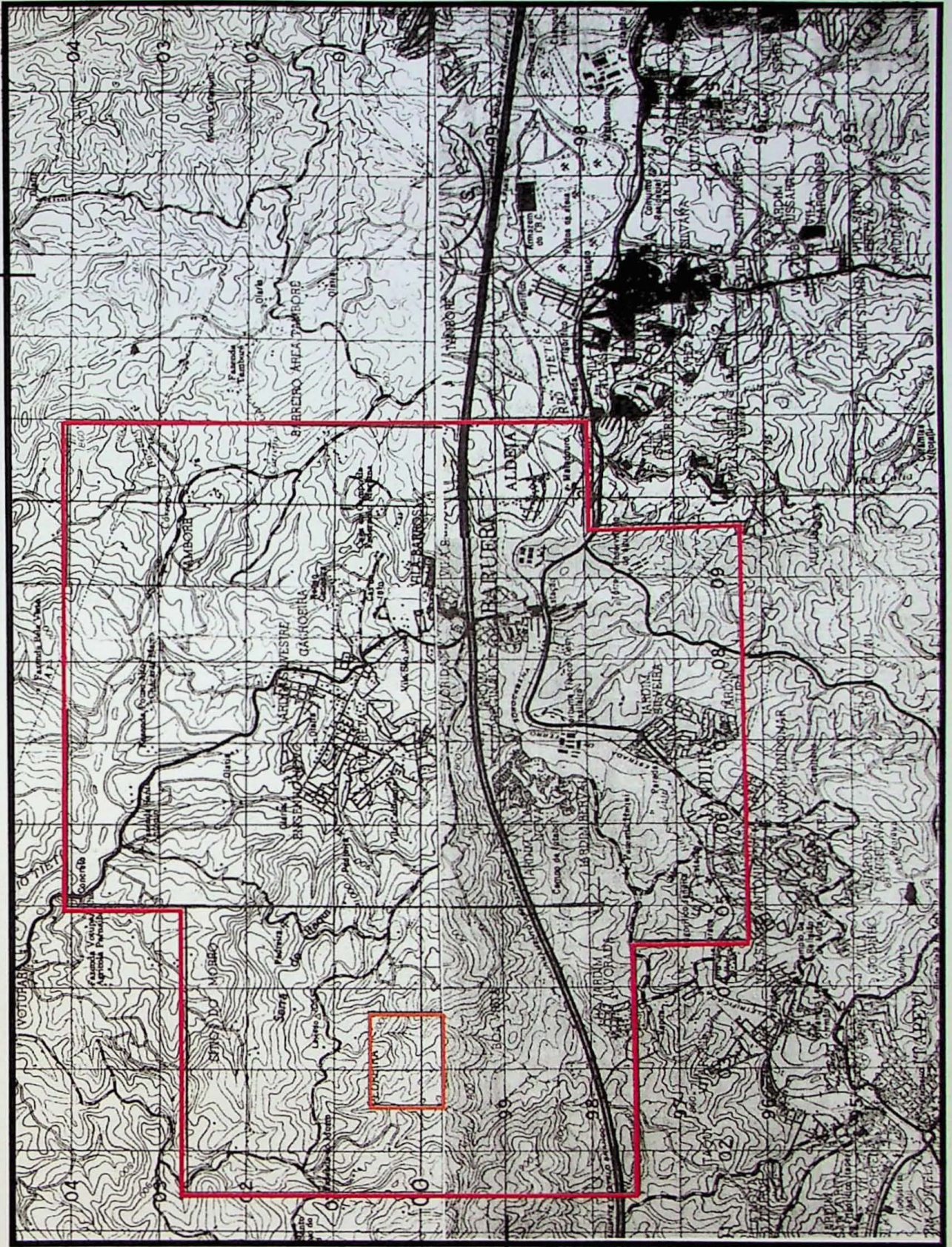
3. Localização

A área de estudo localiza-se no município de Barueri – SP, cerca de 31 Km da cidade de São Paulo. Trata-se de uma mina de granito (cava), pertencente a empresa LAFARGE. As coordenadas ($23^{\circ} 29' 29''$ S e $46^{\circ} 56' 00''$ W), delimitam os limites de propriedade **Figura 01**.

Figura 01 - Mapa Topográfico

46° 50'

1:50.000



23° 30'

LEGENDA

- Área de Estudo
- Fotos Aéreas

Escala 1:50.000

3.1 Área de Estudo

A **Foto 01**, demonstra uma vista panorâmica da cava principal, com uma área aproximada de 22.500 m² e, também as bancadas, objetos de estudo (02, 04 e 05).

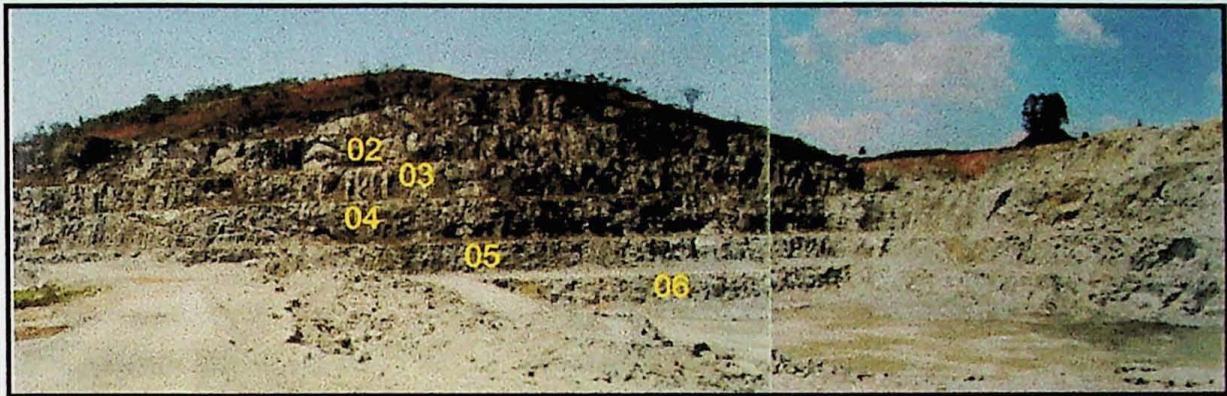


Foto 01 - Vista panorâmica
|-----| Escala 1:15,0 m

4. Geologia Regional

A área estudada, faz parte do Complexo Intrusivo Itaqui, encaixado nos metamorfitos do Grupo São Roque/ Serra do Itaberaba, nas suas porções oeste, norte e nordeste, com características intrusivas (WERNICK & FERREIRA, 1993). Na parte sul do complexo, o limite é dado pela zona de cisalhamento Taxaquara, pelo granito Itapevi e pela Bacia de São Paulo.

Segundo CORREIA (1994), o modelo evolutivo temporal proposto para o Complexo Poli – Intrusivo Itaqui, é baseado na distribuição espacial, natureza dos contatos, presença de enclaves xenolíticos e frequência dos corpos filonares. Portanto, a sequência evolutiva das unidades mais antigas para as mais novas, é a seguinte :

1. Granodiorito Barueri ;
2. Granito Pedreira Cantareira ;
3. Granito Torre ;
4. Quartzo – monzonito Cruz Preta ;
5. Granito Aldeia da Serra ;
6. Granito Mutinga ;
7. Granito Suru.

Granodiorito Barueri

Esta unidade distribui-se como uma faixa contínua espessa a norte e nordeste e como uma pequena e fina faixa a sudoeste da área. A norte e nordeste, o granodiorito Barueri limita-se com o granito Suru e com litologias do Grupo São Roque. A oeste o limite é feito com o Granito Pedreira Cantareira, na parte central com o Granito Aldeia da Serra e a leste com o Granito Mutinga. A sul, limita-se em parte com o Granito Aldeia da Serra e Pedreira Cantareira e a falha de Taxaquara e, em parte, é recoberto pelos sedimentos arenosos da Formação Itaquaquecetuba da Bacia de São Paulo. A unidade Barueri apresenta estrutura isotrópica a levemente anisotrópica e uma textura porfirítica, marcada pela presença abundante de megacristais de K-feldspato, variando de 1,5 a 8,0 cm, em uma matriz média a grossa.

Granito Aldeia da Serra

A Unidade Aldeia da Serra ocupa a parte central e sudoeste do complexo e limita-se a norte, nordeste, leste e sul pelo Granodiorito Barueri, a noroeste pelas Unidades Pedreira Cantareira, Torre e Barueri e a oeste, pelos metassedimentos do Grupo São Roque. Trata-se de um monzogranito mesocrático caracterizado por uma matriz granular média, na qual aparecem poucos megacristais de K-feldspato, medindo de 1 a 2 cm. É um granito isotrópico, que não apresenta evidências de fluxo magmático. Seus contatos com as litologias circundantes são, via de regra, abruptos ou abruptos inferidos.

Granito Pedreira Cantareira

As ocorrências mais expressivas do monzogranito Pedreira Cantareira estão localizadas a noroeste e na parte centro-sul do Complexo. A noroeste, este granito limita-se com os metassedimentos do Grupo São Roque e com os granitos Suru, Barueri, Aldeia da Serra e Torre. A ocorrência centro-sul limita-se a norte, nordeste, noroeste e sudoeste, com o granito Aldeia da Serra. A sudeste, seu limite é feito com um segmento do granito Barueri e com a zona de cisalhamento Taxaquara. O monzogranito Pedreira Cantareira é leucocrático e mostra uma matriz média a grossa, inequigranular, com megacristais de K-feldspato pouco frequentes, de dimensões variando de 2 a 8 cm.

Granito Mutinga

Esta unidade ocorre a leste da área e limita-se ao norte, leste, oeste e sudoeste, pelo granito Barueri. A sul, o seu limite é feito com os sedimentos arenosos e no extremo nordeste, com a zona de cisalhamento Vila Menck. O granito Mutinga apresenta uma matriz fina equigranular, na qual muito raramente ocorrem cristais maiores de K-feldspato. A estrutura linear é pouco nítida, ocorrendo raramente algumas orientações de megacristais e enclaves alongados. O contato do granito Mutinga com o granito Barueri é abrupto e discordante. O contato nordeste da unidade é tectônico, dado pela zona de cisalhamento Vila Menck. A sul o contato é recoberto por sedimentos arenosos.

Granito Suru

O granito Suru está localizado na porção norte do complexo, em duas ocorrências. A primeira mais a noroeste, limita-se na sua parte norte, pelos metassedimentos do Grupo

São Roque e a sul, sudeste e leste pelo granodiorito Barueri. A segunda ocorrência aparece isolada nos metassedimentos do Grupo São Roque, constituindo uma forma aproximadamente circular, mais a nordeste do complexo. Trata-se de monzogranito hololeucocrático de textura xenomórfica equigranular média. Rico em quartzo e a cor esbranquiçada, constitui característica peculiar desta unidade.

Granito Torre

Esta unidade ocorre principalmente nas regiões centro-noroeste e oeste do complexo. Os corpos possuem de 1,5 a 4,5 Km de comprimento, têm orientação leste-oeste e noroeste-sudeste e estão encaixados nos granitos Barueri e Pedreira Cantareira. É um granito leucocrático e apresenta textura equigranular fina a média.

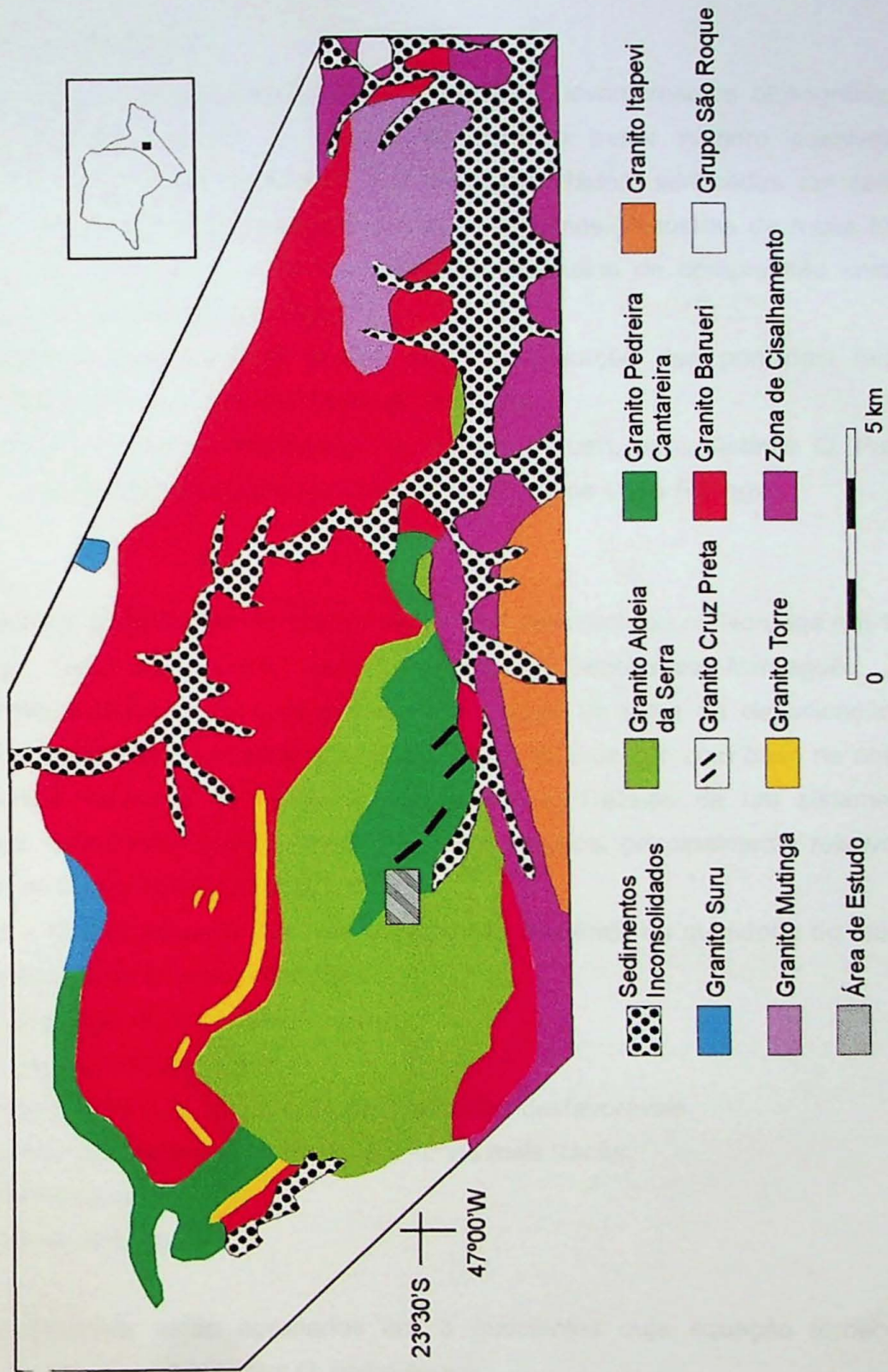
Na zona de contato do granito Torre com o granodiorito Barueri, observa-se um retalhamento do granodiorito em blocos retangulares angulosos, promovido por diques centimétricos do granito Torre.

Quartzo – Monzonito Cruz Preta

Esta unidade ocorre na forma de um conjunto de diques de orientação N60W, intrusivos no granito Pedreira Cantareira e raramente cortando o granodiorito Barueri. O quartzo-monzonito Cruz Preta mostra uma textura porfirítica com matriz granular média a fina, com megacristais de K-feldspato frequentes, variando de 0,5 a 1,5 cm. O contato com o granito Pedreira Cantareira é abrupto, discordante e normalmente retilíneo.

A **Figura 02**, demonstra o mapa geológico da região.

Figura 02 - Mapa Geológico (Retirado de Correia (1994))



5. Materiais e Métodos

Para a elaboração deste trabalho, foram necessários levantamentos bibliográficos e campanhas de campo, com o objetivo de obter o maior número possível de informações. As diversas orientações das descontinuidades, verificadas em campo, foram analisadas através de projeções em estereogramas. Amostras de rocha foram coletadas, para confecção de lâminas delgadas e ensaios de compressão uniaxial, utilizados para a classificação do maciço.

Foram utilizadas também fotos aéreas para interpretação das principais feições estruturais presentes, numa escala regional (1:25.000).

O método adotado para a classificação do maciço Barueri, foi o Sistema Q. Para o estudo de estabilidade de taludes, adotou-se o *SMR (Slope Mass Rating)*.

Sistema Q

O *Sistema Q* de classificação de maciço rochoso foi desenvolvido na Noruega em 1974 por Barton, Lien and Lunde, todos do Instituto Geotécnico Norueguês. Seu desenvolvimento representou uma grande contribuição ao tema da classificação de maciços rochosos, tendo em vista que esse sistema foi proposto com base na análise de 212 casos históricos de túneis da Escandinávia. Trata-se de um sistema de classificação quantitativo que facilita e auxilia em projetos, principalmente relativos à construção de túneis (BARTON *et al.*, 1972).

O *Sistema – Q* esta baseado em uma contribuição numérica da qualidade do maciço rochoso usando 6 parâmetros diferentes :

1. RQD (designação da qualidade da rocha).
2. Número de sistemas de juntas.
3. Aspereza da maioria da juntas e descontinuidades desfavoráveis.
4. Grau de alteração ou preenchimento das juntas mais fracas.
5. Fluxo interno de água.
6. Condições de esforços.

Estes 6 parâmetros estão agrupados em 3 quocientes cuja equação fornece a qualidade do maciço rochoso total Q, como segue :

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

onde :

RQD = designação da qualidade da rocha (*rock quality designation*);

J_n = número de famílias de descontinuidades;

J_r = rugosidade da descontinuidade mais desfavorável;

J_a = estado de alteração e preenchimento da família da descontinuidade mais desfavorável;

J_w = fluxo de água;

SRF = estado de tensão do maciço (*stress reduction factor*).

A qualidade da rocha pode variar de $Q = 0.001$ a $Q = 1000$ em uma escala logarítmica da qualidade do maciço rochoso.

Estabilidade de Taludes – SMR (Slope Mass Rating)

Com relação à avaliação da estabilidade de talude, adotou-se o sistema *SMR (Slope Mass Rating)* (ROMANA, 1985). Este sistema é um aperfeiçoamento do proposto por Bieniawski (*RMR*), sendo introduzidos quatro fatores de ajuste, relativos à atitude das descontinuidades e do talude, modos de ruptura e métodos de escavação, que permitem uma estimativa de correção para *RMR*.

Um sistema de classificação de maciços rochosos aplicável à estabilidade de taludes, segundo ROMANA (1985), deve considerar os seguintes parâmetros :

- Caracterização global do maciço (incluindo a frequência do fraturamento, o estado das descontinuidades e o fluxo de água) ;
- Relação entre a direção do talude e das descontinuidades mais significantes ;
- Diferença entre o ângulo de mergulho destas descontinuidades e do talude ;
- Relação entre o ângulo de mergulho das descontinuidades e seus valores normais de ângulo de atrito (para ruptura plana ou em cunha) ;
- Relação entre as tensões tangenciais desenvolvidas ao longo da descontinuidade com seus valores de ângulo de atrito (para tombamento).

O valor de *SMR* é obtido através do valor básico de *RMR* (não ajustado), adicionado um fator de ajuste ($F1 \times F2 \times F3$), dependente do relacionamento descontinuidade-talude, e outro ($F4$) dependente do método de escavação, conforme a expressão (ROMANA, 1985) :

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

6. Procedimentos de Classificação – Sistema Q

Para atingir a meta proposta neste trabalho, que é a classificação geomecânica a partir do Sistema – Q (BARTON, *et al.* 1974), utiliza-se as seguintes tabelas abaixo, as quais se referem aos valores numéricos de cada um dos parâmetros de classificação.

1. Índice de Qualidade da Rocha (RQD)	
Descrição	Peso Relativo
A. Muito má qualidade	0-25
B. Má qualidade	25-50
C. Qualidade regular	50-75
D. Boa qualidade	75-90
E. Excelente qualidade	90-100 %

Notas :

- (i) Quando o valor de RQD for menor ou igual a 10, incluindo 0, adota-se RQD = 10 ;
- (ii) Para o valor de RQD, intervalos de 5 são considerados suficientemente precisos

2. Índice do Número de Sistemas de Descontinuidades (J_n)	
Descrição	Peso Relativo
A. Maciço, sem ou com poucas descontinuidades	0,5 – 1,0
B. Um sistema de descontinuidade	2,0
C. Um sistema, mais descontinuidades aleatórias	3,0
D. Dois sistemas de descontinuidades	4,0
E. Dois sistemas, mais descontinuidades aleatórias	6,0
F. Três sistemas de descontinuidades	9,0
G. Três sistemas, mais descontinuidades aleatórias	12,0
H. Quatro ou mais sistemas, aleatórias, altamente fraturado, etc	15,0
I. Rocha esmagada, tipo granular	20,0

Notas:

- (i) Para intersecções, usar $(3,0 \times J_n)$

3. Índice da Rugosidade das Descontinuidades (J_r)	
a.) Contato rocha-rocha entre as paredes, sem deslocamento relativo	
b.) Contato rocha-rocha entre as paredes, deslocamento relativo menor que 10 cm	
Descrição	Peso Relativo
A. Descontinuidades não contínuas	4,0
B. Descontinuidades rugosas ou irregulares, onduladas	3,0
C. Descontinuidades lisas, onduladas	2,0
D. Descontinuidades polidas, onduladas	1,5
E. Descontinuidades rugosas ou irregulares, planas	1,5
F. Descontinuidades lisas, planas	1,0
G. Descontinuidades polidas, planas	0,5

Nota

(i) As descrições referem-se a feições de pequena e média escala, nesta ordem

c.) Não há contato rocha-rocha entre as paredes, com deslocamento relativo

H. Minerais argilosos	1,0 (nominal)
I. Rocha esmagada ou areia, pedregulho	1,0 (nominal)

Notas :

(ii) Adiciona-se 1 se o espaçamento médio da família relevante for maior que 3 m.

4. Índice de Alteração das Paredes das Juntas J_a		
Descrição	ϕ_r (aprox)	Peso Relativo
a.) Contato rocha-rocha entre as paredes, sem deslocamento relativo.		
A. Paredes sãs, preenchimento duro, impermeável, como quartzo ou epidoto	-	0,75
B. Paredes não alteradas, superfície apresentando somente descoloração	25° - 35°	1,0
C. Paredes levemente alteradas. Películas de minerais duros, partículas arnosas, rochas desintegradas não argilosas, etc	25° - 35°	2,0
D. Películas silto ou areno-argilosas, pouca fração argila (dura)	20° - 25°	3,0
E. Películas de minerais argilosos moles ou com baixo ângulo de atrito, como caolinita, mica. Também talco, gipsita e grafite e, pequenas quantidades de argilas expansivas. Películas descontínuas, espessura máxima 1-2 mm.	8° - 16°	4,0
b.) Contato rocha-rocha entre as paredes, deslocamento relativo menor que 10 cm		
F. Partículas arenosas, fragmentos de rochas não argilosas, etc	25° - 30°	25-30°
G. Preenchimento argiloso duro altamente sobre-adensado (contínuo, espessura < 5 mm)	16° - 24°	6,0
H. Preenchimento argiloso mole, pouco ou medianamente sobre-adensado (contínuo, espessura < 5 mm)	12° - 16°	8,0

I. Preenchido com minerais Expansivos, i.e montmorilonita.	6° - 12°	8,0 – 12,0
(c) Não há contato rocha-rocha entre as paredes, com deslocamento relativo		
J. Zonas de preenchimento com fragmentos de rocha ou K, rochas esmagada e argila (ver G, H, I para descrição do material argilosos)	6° - 24°	6,0 , 8,0 ou 8,0 – 12,0
L. Zonas de preenchimento silto ou areno-argilosas, pouca fração argila (não branda)	(-)	5,0
M. Zonas de preenchimento espessas de argila, contínuas (ver G, H, I para descrição do material argiloso)	6° - 24°	10,0 , 13,0 ou 13,0 – 20,0

5. Fator de Redução Devido ao Fluxo de Água J_w		
Descrição	Pressão Aproximada de Água (kg/cm ²)	Peso Relativo
A. Escavações secas ou fluxo muito baixo, i.e 5 L/min, localmente	< 1,0	1,0
B. Médio fluxo	1,0 – 2,5	0,66
C. Alto fluxo ou alta pressão em rocha competente com juntas não preenchidas	2,5 – 10,0	0,5
D. Alto fluxo ou alta pressão, considerável vazão dos preenchimentos das juntas	2,5 – 10,0	0,33
E. Excepcionalmente alto fluxo ou pressão de água forte, decaindo com o tempo	> 10,0	0,2 – 0,1
F. Excepcionalmente alto ou pressão de água contínua sem queda notável	> 10,0	0,1 – 0,05

Segundo BIENIAWSKI (1973), estes parâmetros são interpretados da seguinte forma : os dois primeiros parâmetros (R_{QD} e J_n) representam a estrutura geral do maciço rochoso, e o seu quociente é uma medida relativa do tamanho do bloco. O quociente do terceiro e do quarto parâmetros (J_r e J_a) são tidos como indicadores de esforço cisalhante entre blocos (das juntas). O quinto parâmetro (J_w) é uma medida da pressão de água, enquanto o sexto parâmetro (SRF) é uma medida de a) perda de carga no caso de zonas cisalhantes e preenchimentos de fraturas por argilas, b) tensão da rocha em rocha competente (*rock stress rocks*), e c) aumento de volume e alívio de carga em rochas “plásticas” incompetentes. Este sexto parâmetro é considerado como “esforço total”. Os quocientes do quinto e sexto parâmetros, descrevem a “tensão ativa”.

Os parâmetros J_n , J_r , e J_a são considerados mais importantes que a orientação das juntas, e se estas orientações tiverem sido incluídas, a classificação será mais precisa. Contudo, a orientação está implícita nos parâmetros J_r e J_a porque estes se aplicam às juntas mais desfavoráveis.

7. Procedimentos de Classificação – SMR

Para se obter o fator de ajuste devido ao método de escavação, F4, deve-se atentar para as seguintes condições :

- Taludes naturais : são mais estáveis devido à erosão a longo do tempo e mecanismos naturais de proteção (vegetação, crostas de dissecação, etc), F4 = +15 ;
- Pré-Corte : aumenta a estabilidade, F4 = +10 ;
- Técnicas de fogo de contorno amortecido : quando bem executadas, aumentam a estabilidade, F4 = +8 ;
- Métodos de desmonte convencional : aplicados adequadamente, não modificam a estabilidade do talude, F4 = 0 ;
- Desmonte inadequado : geralmente ocasionado pelo uso excessivo de explosivos, plano de fogo e/ou tempo de espera inadequado, prejudica a estabilidade, F4 = -8 ;
- Escavação mecânica de taludes : que pode apenas ser executada em rochas brandas e/ou muito fraturadas, usualmente por escarificação combinada com algum desmonte por explosivos preliminar. Resulta em difícil acabamento do plano do talude e não afeta sua estabilidade, F4 = 0.

Para o ajuste devido à orientação das descontinuidades :

Caso		Muito Favorável	Favorável	Aceitável	Desfavorável	Muito Desfavorável
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	> 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
T	$ (\alpha_j - \alpha_s) - 180° $					
P/T	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
P	$ \beta_j $	< 20°	20° - 30°	30° - 35°	35° - 45°	> 45°
P	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
T	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P	$\beta_j - \beta_s$	> 10°	10° - 0°	0°	0° a (-10°)	< (-10°)
T	$\beta_j - \beta_s$	< 110°	110° - 120°	> 120°	-	-
P/T	F3	0	(-6)	(-25)	(-50)	(-60)

Notas :

P, ruptura planar; T, tombamento;

α_j , direção do mergulho da descontinuidade; α_s , direção do mergulho do talude;

β_j , ângulo de mergulho da descontinuidade; β_s , ângulo de mergulho do talude.

Segundo MATTOS (1999), o fator F_1 indica o paralelismo entre a direção do talude e das descontinuidades, variando de 1,00, para sub-paralelos, a 0,15, para ângulo entre eles maior que 30° , com probabilidade de ruptura muito baixa. O F_1 , também pode ser obtido, pela relação :

$F_1 = (1 - \text{sen } A)^2$, sendo A o ângulo entre a direção da face do talude e das descontinuidades.

O fator F_2 refere-se ao ângulo de mergulho da descontinuidade, em rupturas planas. De certa maneira F_2 é uma medida da resistência ao cisalhamento da descontinuidade e seu valor varia entre 1,00 (para ângulos de mergulho maiores que 45°) e 0,15 (para ângulos de mergulho menores que 20°). Em casos de tombamento o valor atribuído a F_2 é 1,00. Entretanto, esse valor, pode ser obtido através da relação :

$$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j.$$

F_3 refere-se a relação entre os mergulhos da face do talude e das descontinuidades. No caso de ruptura planar, F_3 refere-se à probabilidade da descontinuidade estar evidente na face do talude, sendo aceitáveis quando o talude e as descontinuidades são paralelos.

A **Tabela 01**, demonstra as classes definidas pelo sistema, condições de estabilidade, tipos de ruptura e medidas de contenção, conforme sugerido por ROMANA (1985).

Tabela 01 – Descrição das classes – Sistema SMR

Classe	SMR	Descrição	Estabilidade	Rupturas	Contenção
I	81 – 100	Muito Bom	Completamente estável	Nenhuma	Nenhuma
II	61 – 80	Bom	Estável	Alguns blocos	Ocasional
III	41 – 60	Normal	Parcialmente estável	Algumas planares/muitas cunhas	Sistemática
IV	21 – 40	Ruim	Instável	Planares/grandes cunhas	Importante/corretiva
V	0 – 20	Muito Ruim	Completamente instável	Planar de grandes dimensões	Retaludamento

A **Tabela 02**, mostra as classes de estabilidade *SMR* e medidas de contenção (ROMANA, 1985).

Tabela 02 – Classes de Estabilidade e Medidas de Contenção			
Classe	SMR	Significado	Medidas de Contenção
la	91 – 100	Totalmente estável	Nenhuma
lb	81 – 90		Nenhuma. Bancadas
IIa	71 – 80	Estável	(Nenhuma). (Vala no pé do talude ou muro). Atirantamento localizado.
IIb	61 – 70		Vala no pé do talude ou muro. Telas. Atirantamento localizado ou sistemático.
IIIa	51 – 60	Parcialmente estável	Vala no pé do talude e/ou telas. Atirantamento localizado ou sistemático. Concreto projetado localizado.
IIIb	41 – 50		(Vala no pé do talude e/ou telas). Atirantamento sistemático. Chumbadores. Concreto projetado sistemático. Muro no pé do talude e/ou concreto dental.
IVa	31 – 40	Instável	Chumbadores
IVb	21 – 30		Concreto projetado sistemático. Muro no pé do talude e/ou concreto. (Retaludamento). Drenagem.
Va	11 – 20	Totalmente instável	Muro de gravidade ou ancorado. Retaludamento.
Vb	0 - 10		Escavação fisicamente impossível.

8. Cronograma das Atividades

Com relação ao cronograma proposto, conseguiu-se manter a programação dos itens propostos.

Atividades	Meses										
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Planejamento	■	■									
Levantamento e Síntese de Informações			■	■							
Campo			■	■							
Ensaio e Análises				■	■						
Relatório de Progresso						■					
Apresentação e Discussão dos Resultados							■				
Redação Final e apresentação ppt								■	■		
Apresentação Final (IGc)											■

9. Resultados Obtidos

9.1 Informações Estruturais

Através de campanhas de campo realizadas, foi possível obter informações referentes às descontinuidades, de maneira quantitativa e qualitativa. A **Tabela 03**, apresenta os dados conseguidos.

TABELA 03 - Informações Coletadas em Campo					
Fratura	Orientação	Espessura (mm)	Persistência (m)	Preenchimento	Tipo Rugosidade (JRC)
1	300;90	1,00	3,00	Solo	9
2	310;50	0,50	3,00	Solo	9
3	0;85	0,40	2 v	Solo	4
4	190;85	R-R	3 v	R-R	4
5	290;40	0,50	3,00	R-R	5
6	190;80	R-R	1,00	R-R	5
7	200;80	0,50	2 v	R-R	3
8	170;75	0,50	6 v	R-R	4
9	330;35	2,00	5 v	R-R	10
10	190;87	0,50	10,00	R-R	3
11	30;20	1,00	3 h	R-R	5
12	160;80	4,00	3 v	Pirita, qz e fd	4
13	230;85	R-R	10 v	R-R	3
14	180;90	3,00	10,00	Qz e pirita	3
15	240;80	R-R	5,00	R-R	3
16	40;80	0,50	7 v	R-R	3
17	150;70	4,00	3,00	Solo	3
18	110;55	3,00	2 h	R-R	6
19	170;75	1,50	3,00	R-R	5
20	340;66	3,00	2,00	R-R	3
21	40;90	1,00	2,00	R-R	3
22	265;85	1,50	3,00	R-R	5
23	325;85	1,50	4,00	R-R	7
24	190;85	2,00	3,00	R-R	4
25	225;60	1,50	4,00	R-R	3
26	172;80	1,50	3,00	R-R	2
27	95;65	2,00	4,00	R-R	4
28	95;90	1,00	3,00	R-R	3
29	325;82	1,00	4,00	R-R	5
30	160;10	1,50	3,00	R-R	7
31	165;25	1,50	4,00	R-R	7
32	300;30	1,50	4,00	R-R	7
33	290;30	1,00	4,50	R-R	6
34	270;85	1,50	4,00	R-R	4
35	264;85	2,00	3,00	R-R	3
36	275;85	1,50	3,50	R-R	3

37	270;80	1,50	4,00	R-R	4
38	268;85	1,00	3,50	R-R	3
39	345;70	1,50	4,00	R-R	7
40	340;80	1,50	4,50	R-R	6
41	350;78	1,00	4,00	R-R	7
42	270;85	1,00	4,50	R-R	4
43	275;85	1,50	4,00	R-R	5
44	280;86	1,00	3,00	R-R	4
45	290;87	1,00	3,50	R-R	3
46	160;80	1,50	4,00	R-R	6
47	260;80	1,50	4,00	R-R	3
48	265;80	1,50	4,00	R-R	4
49	268;80	1,00	3,50	R-R	5
50	290;90	1,50	4,00	R-R	2
51	285;90	1,00	3,00	R-R	2
52	265;85	1,00	3,50	R-R	3
53	275;85	1,50	4,00	R-R	3
54	280;85	2,00	3,50	R-R	2
55	210;20	1,50	4,00	R-R	8
56	180;20	1,00	3,00	R-R	6
57	190;20	1,50	4,00	R-R	5
58	280;82	1,00	3,50	R-R	2
59	285;80	1,50	4,00	R-R	1
60	260;90	1,00	3,50	R-R	2
61	280;90	1,50	4,00	R-R	2
62	210;77	1,50	3,50	R-R	2
63	275;85	1,50	4,00	R-R	3
64	160;80	1,00	4,00	R-R	3
65	282;90	1,50	3,50	R-R	2
66	230;30	1,50	4,00	R-R	9
67	150;70	1,50	3,50	R-R	3
68	275;85	1,00	4,00	R-R	1
69	270;85	1,00	3,50	R-R	2
70	270;90	1,50	4,00	R-R	2
71	268;85	1,50	4,00	R-R	1
72	120;50	1,00	3,50	R-R	8
73	320;40	1,00	4,00	R-R	7
74	190;15	1,50	4,00	R-R	7
75	0;75	1,50	4,00	Qz	7
76	225;80	2,00	3,50	R-R	1
77	223;85	0,50	3,00	R-R	3
78	220;85	1,00	4,00	R-R	3
79	160;80	1,50	3,50	caulim	1
80	218;87	0,50	3,50	R-R	2
81	19;85	1,00	4,00	R-R	3
82	195;65	0,50	3,50	R-R	2
83	155;75	3,00	4,00	solo + pirita	3

84	180;72	1,00	3,50	R-R	3
85	185;75	1,00	4,00	R-R	3
86	180;75	1,00	3,50	R-R	3
87	245;90	1,50	4,00	R-R	1
88	63;85	2,00	3,50	R-R	1
89	230;90	1,00	4,00	R-R	1
90	235;90	1,50	4,00	R-R	1
91	55;85	1,00	3,50	R-R	2
92	240;90	1,00	3,00	R-R	1
93	235;90	1,50	3,50	R-R	1
94	25;70	1,50	3,00	R-R	2
95	152;80	3,00	8,00	R-R	1
96	145;80	3,00	10,00	R-R	1
97	150;75	4,00	9,00	R-R	1
98	335;45	3,00	4,00	solo	2
99	285;20	2,00	3,50	solo	3
100	175;85	1,00	4,00	R-R	1
101	185;80	1,00	4,00	R-R	1
102	185;80	1,00	4,00	R-R	1
103	187;75	1,00	3,50	R-R	1
104	180;75	1,00	3,50	R-R	1
105	180;85	1,00	3,50	R-R	1
106	182;85	1,00	4,00	R-R	1
107	230;90	1,00	4,50	R-R	1
108	225;90	1,00	4,50	R-R	1
109	278;85	0,50	3,50	R-R	2
110	275;85	0,50	5,00	R-R	1
111	265;85	0,50	5,00	R-R	1
112	273;85	0,50	5,50	R-R	1
113	55;87	0,80	4,50	R-R	1
114	318;70	1,50	5,00	solo	3
115	320;35	1,00	6,00	R-R	6
116	310;30	1,00	5,00	R-R	7
117	165;80	1,50	5,00	óxido+pirita	1
118	173;80	1,50	5,00	óxido+pirita	1
119	50;85	0,50	4,50	R-R	1
120	55;87	0,50	4,50	R-R	1
121	330;50	1,00	6,00	óxido+pirita	4
122	55;85	1,50	4,50	R-R	1

R-R – Contato Rocha Rocha, v – Direção vertical, h – Direção horizontal

Através das medidas tomadas em campo, foi possível confeccionar estereogramas, cujos resultados são apresentados a seguir.

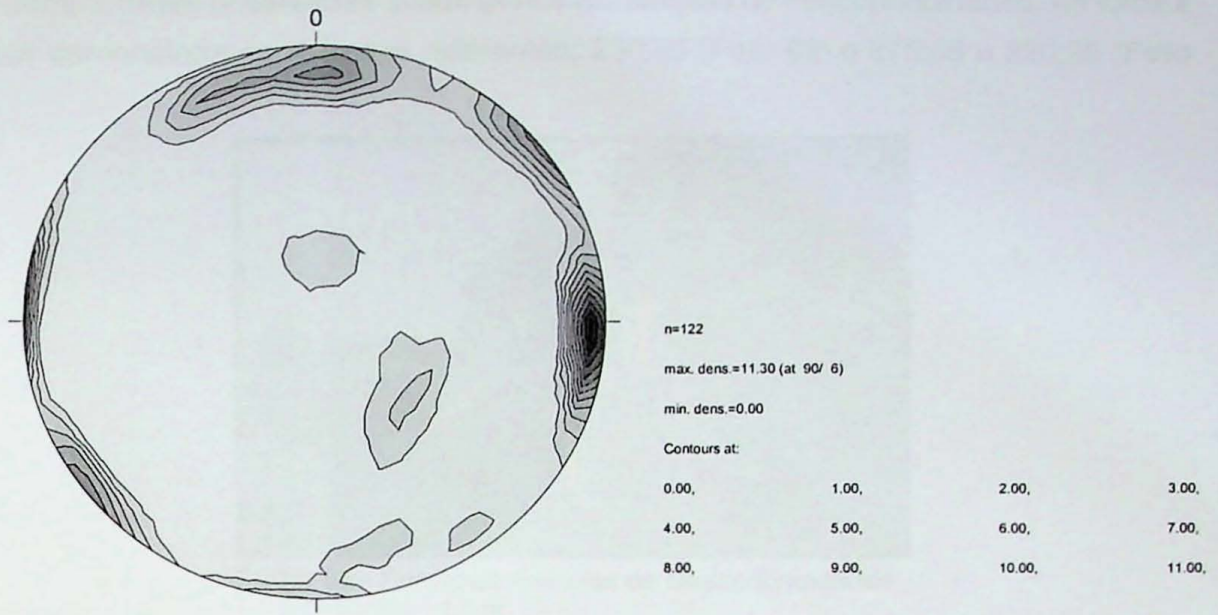


Figura 02 – Diagrama de Densidade

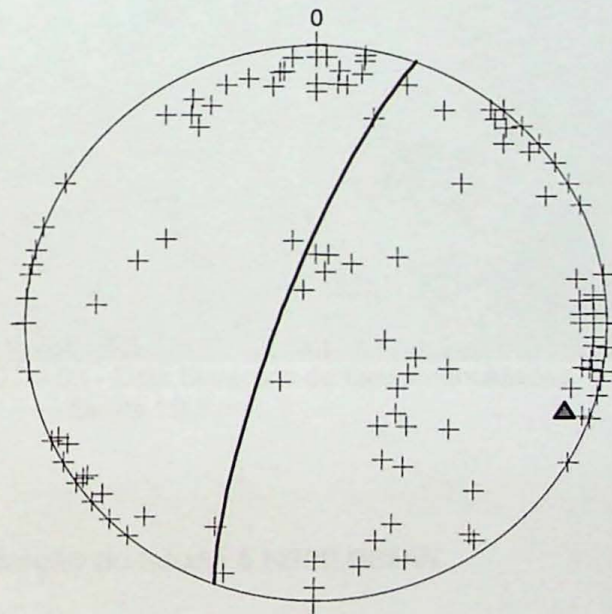


Figura 03 - Diagrama Polar, com direção e mergulho do talude

Em campo, foram observadas quatro principais famílias de descontinuidades. As fotos a seguir demonstram os sistemas relevantes, 230;85 (Foto 02) e 275;85 e 320;35 (Foto 03).

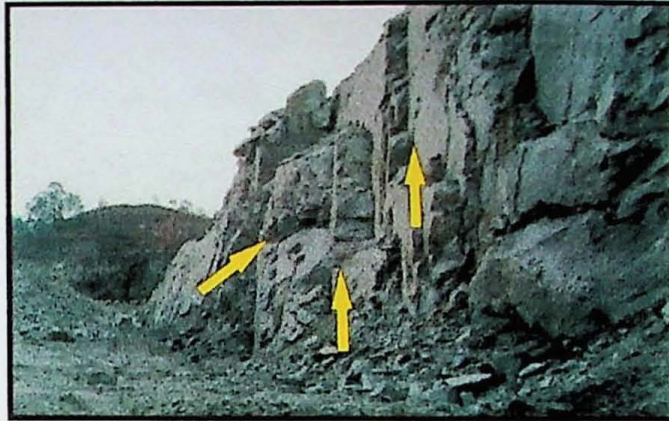


FOTO 02 - Principais Famílias de Descontinuidades
| Escala 1:1,0 m



FOTO 03 - Dois Sistemas de Descontinuidades
| Escala 1:0,5 m

Vale ressaltar que a direção do talude é N20E/85NW.

Foram observados também alguns blocos instáveis (Foto 04).










FOTO 04 - Blocos Instáveis
|-----| Escala 1:1,0 m

Fez-se também um estudo das principais feições estruturais regionais, da área do município de Barueri, através de fotos aéreas, cujos resultados são apresentados na **Figura 04**.

Figura 04 - Foto Interpretação Regional



LEGENDA

- | | | |
|--|--|---|
|  Estrada |  Caimento |  Município |
|  Drenagem |  Falha Fotointerpretada | |
|  Cristas |  Juntas | |

Escala 1:25.000

Foram realizados também ensaios de compressão uniaxial, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em amostras de rocha, coletadas em campo, cujos resultados obtidos estão demonstrados na **Tabela 04**.

Tabela 04 – Resultados dos Ensaios de Compressão Uniaxial									
Amostra		Corpo de Prova							
Número	Litologia	Nº	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Massa Específica (kg/m ³)	Módulo Dinâmico (MPa)	Força de Ruptura (kgf)	Tensão de Ruptura (MPa)
1	Granito	1	5,44	12,25	23,24	2662	55069	45887	194
2	Granito	2	5,44	11,00	23,24	2660	40602	37729	159
		3	5,44	10,53	23,24	2668	39152	38239	161
3	Granito	4	5,44	12,63	23,24	2654	45893	45887	194
		5	5,44	12,59	23,24	2638	45008	43338	183
		6	5,57	12,19	24,37	2670	44624	47926	193
Média						2659	45058	43168	181
Desvio Padrão						12	5583	4274	16
Coeficiente de Variação (%)						0	12	10	9
Número de Dados						6	6	6	6

9.2 Análise Petrográfica

Através de análise de lâmina delgada, foi possível determinar a composição da rocha objeto de estudo. A seguir, observam-se fotos, com os principais minerais que a constituem.

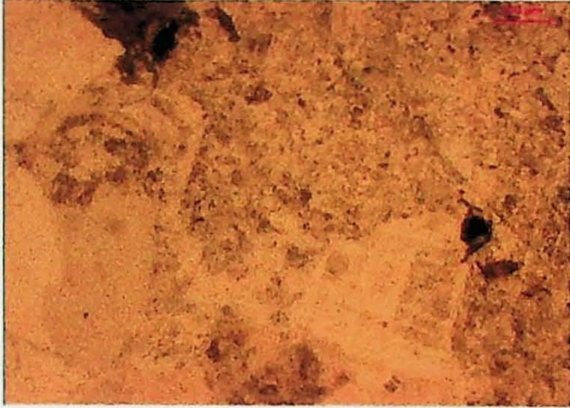


Foto 05 – Microclínio e Plagioclásio (Obj. 2,5 x)



Foto 06 – Quartzo (Extinção Ondulante (Obj. 10 x))



Desta forma, chegou-se a seguinte composição mineralógica : (35 %) Quartzo, (20 %) Feldspato (Plagioclásio), (28 %) K-Feldspato (Microclínio), (6 %) Biotita, (1 %) Anfibólio (Horneblenda), (3 %) Titanita e (7%) Opacos. Normalizando estes valores e plotando-os no diagrama QAP, obtem-se uma rocha de composição granítica entre sieno-granito e monzogranito.

9.3 Parâmetros Q

Com as informações coletadas em campo, foi possível determinar os seguintes valores para obtenção da qualidade da rocha.

RQD :

- para obtenção deste parâmetro, adotou-se a fórmula : $RQD = 115 - 3,3 J_v$ (MATTOS, 1999) onde J_v é a somatória do espaçamento médio das descontinuidades, em metros. No caso específico o J_v , foi determinado em 1,60 m, entretanto Palmstrom salienta que o RQD é igual a 100 para $J_v < 4,5$;

J_n Índice do Número de Famílias de Descontinuidades :

- Três famílias, mais descontinuidades aleatórias. Peso relativo igual a 12,0 ;

J_r Índice de Rugosidade das Descontinuidades :

- descontinuidades lisas, planas. Peso relativo igual a 1,0 ;

J_a Índice de Alteração das Paredes das Descontinuidades :

- paredes levemente alteradas. Películas de minerais duros, partículas arenosas, rochas desintegradas não-argilosas, etc. Ângulo de atrito médio – 30°. Peso relativo igual a 2,0 ;

J_w Fator de Redução devido ao Fluxo de Água :

- Escavações secas ou fluxo pequeno, < 5 l/min, localmente. Pressão de água aproximada < 1,0 kg/cm². Peso relativo 1,0 ;

Fator de Redução devido ao Estado de Tensões (SRF)

- Fraturação muito intensa, descontinuidades abertas (qualquer profundidade), peso relativo igual a 5,0 ;
- No caso de obras subterrâneas (prof. 50 m), o σ_1 é igual a 1,30 MPa e, tendo σ_c igual a 181 MPa, adota-se o valor de 1,0 para o referido parâmetro.

9.4 Parâmetros SMR

Com relação ao Sistema *SMR*, determinaram-se os seguintes parâmetros :

- (F₁) Diferença entre direção de mergulho da descontinuidade (320/35) e direção do mergulho do talude (290/85). Peso relativo igual a 0,40 ;
- (F₂) Ângulo de mergulho da descontinuidade (35°). Peso relativo, 0,70 ;
- (F₃) Diferença entre ângulo de mergulho da descontinuidade e ângulo de mergulho do talude (-50°). Peso relativo, -60,0 ;
- (F₄) Fator de ajuste devido ao método de escavação. Método de desmonte convencional. Peso relativo, 0,0.

10. Conclusões

Diante do exposto, conclui-se que, quanto a foto interpretação, observam-se lineamentos (cristas), com orientação principal NE-SW, localizado na porção norte. Vê-se também a NE, um sistema de fraturamento, com direção NW-SE. Outro sistema de fratura foi observado na parte central, cuja orientação é NE-SW e, nesta mesma área, constata-se também grandes lineamentos com direção NW-SE. Cortando estas estruturas têm-se provavelmente um falhamento com orientação E-O.

Com relação à rocha, uma análise petrográfica foi realizada em lâmina delgada e, chegou-se à conclusão de que se trata de uma rocha de composição granítica intermediária entre sieno-granito e monzogranito. Observa-se também a ocorrência de quartzo, com extinção ondulante, resultando de algum esforço exercido sobre o mineral. A área de estudo encontra-se inserida entre o Granito Aldeia da Serra e Granito Pedreira Cantareira, Complexo Itaqui.

De acordo com os estereogramas apresentados, pode-se dizer que, há três sistemas principais (230/85, 275/85 e 180/85) e mais um (320/35), este objeto de análise de estabilidade, devido ao favorecimento de direção de mergulho, com o talude (290/85).

Os parâmetros determinados para a classificação do maciço rochoso, foram utilizados na fórmula já exposta e o resultado obtido foi de $Q = 0,83$ (subsuperfície). Estimou-se também um valor de Q para uma profundidade de 50,0 m, cujo valor é de $Q = 4,15$, para tensões médias.

Com estes valores de Q , pode-se conhecer o tipo de suporte recomendado, por BARTON *et al.* (1974), para obras subterrâneas, sendo para o primeiro Q , uso sistemático de cambotas, fixadas sem tensão, a cada 1,0 m e concreto projetado, com armação reforçada 5 cm e para o segundo Q , cambotas, a cada 1 – 1,5 m e concreto projetado, com espessura de 2 – 3 cm.

Para a determinação do sistema *SMR*, deve-se fazer uma conversão do valor Q para *RMR*, BIENIAWSKI (1976). Será utilizado o primeiro Q , para este cálculo. A fórmula é : $RMR = 9 \ln Q + 44$, cujo resultado é 42,32.

Aplicando $SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$, têm-se um valor igual a 25,52. Segundo ROMANA (1985) o talude é classificado como ruim (classe IVb), instável, com probabilidade de rupturas planas e cunhas, necessitando de ações corretivas como, concreto projetado com armação sistemática, muro no pé do talude e/ou concreto reforçado e retaludamento.

Pelo método tradicional de cálculo de fator de segurança, ou seja : $FS = \frac{\text{tg}\varphi}{\text{tg}\alpha}$, adotando ângulo de atrito (φ) da descontinuidade igual a 30° e ângulo do mergulho da descontinuidade (α), têm-se 0,81, ou seja não estável.

Desta forma, pode-se concluir que ambos os métodos apresentam como resultante, uma instabilidade que deverá ser tratada adequadamente.

11. Referências Bibliográficas

- BARTON, N., LIEN, R. & LUNDE, J. 1974. Engineering classification of rock masses for design of tunnel support. *Rock Mechanics* 6(4), 189-236.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Masses. *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.* 15.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1976. " Rock Mass Classifications in Rock Engineering. " *Exploration for Rock Engineering*, ed. Z. T. Bieniawski, A. A. Balkema, Johannesburg. pp. 97 - 106.
- CORREIA, B. P. 1994. Paleomagnetismo e anisotropia de suscetibilidade magnética do Complexo Intrusivo Itaquí, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- HOEK, M. 1972. Estimando a Estabilidade de Taludes Escavados em Minas a Céu Aberto. São Paulo, APGA. 41 p. (Tradução nº 04).
- IGGSP, 1971. Mapa Topográfico. Folha Itapeverica da Serra. Região Sul do Brasil. 1:50.000.
- IGGSP, 1972. Mapa Topográfico. Folha Santana do Parnaíba. Região do Sul do Brasil. 1:50.000.
- MATTOS, A. C. Y. 1999. Sistemas de Classificação na Análise da Estabilidade de Taludes em Maciços Brandos. Unpublished Dissertação de Mestrado thesis, Universidade de São Paulo.
- ORTIGÃO, J. A. R. 2000. Análise de Estabilidade de Taludes em Rochas. In : *Manual Técnico de Encostas*. Rio de Janeiro, Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. v. 1. p. 135 – 160.
- WERNICK, E. Caracterização genética de alguns granitóides brasileiros dos estados de São Paulo e Minas Gerais e implicações geotectônicas preliminares. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.6. p. 2902-18.
- WERNICK, E.; FERREIRA, C. J. 1993. Estruturas, Arquitetura e Evolução do Complexo Granitóide Itaquí (SP). In : *GEOCIÊNCIAS*. São Paulo, UNESP. p. 89 – 106.

