

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SUGESTÃO DE MÉTODO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICO-
GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAgens
ROTATIVAS

Ivandra Cristina Silva de Mattos

Orientador: Prof. Dr. Fábio Taioli
Co-Orientador: MSc. Wilson Shoji Iyomasa

Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO
1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900002928

SUGESTÃO DE MÉTODO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICO-
GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAGENS
ROTATIVAS

Ivandra Cristina Silva de Mattos

Orientador: Prof. Dr. Fábio Taioli

Co-Orientador: MSc. Wilson Shoji Iyomasa



Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO
1998

TF
MH44-1
ICS.8

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SUGESTÃO DE MÓDULO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICA
GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAJES
ROTATIVAS

ivanete Chelina Silva de Mattos

Orientador: Prof. Dr. Fábio Tadini
Co-Orientador: MSc. Wilson Spofford

Monografia de Trabalho de Conclusão

SÃO PAULO
1996

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Fábio Taioli e Wilson Shoji Iyomasa, pelas discussões, sugestões e críticas, visando um bom andamento e apresentação do trabalho.

À amiga e geóloga Amarilis, pelas inúmeras horas de discussões, sugestões e revisão final deste trabalho.

Ao amigo e técnico Aroldo, pela ajuda e paciência durante todo o período de estágio e desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo e geólogo Fábio Magalhães, pela preocupação e sugestões.

Ao engenheiro Kenji e técnico Brito, pela iniciação e acompanhamento na introdução dos dados no programa *Maclog*.

A todos os amigos que direta ou indiretamente me encorajaram na realização deste trabalho, em especial, ao meu grupo de cinco anos de trabalhos na geologia, Luciano, Alexandre, Pedro, Valéria e Rosely.

Ao IPT que proporcionou este trabalho e quase toda minha experiência profissional nesta área.

Ao José, pela compreensão e apoio durante todo o período de faculdade e incentivo na realização deste projeto.

A minha família, em especial ao meu pai Ivan e minha mãe Sandra que sempre souberam ter paciência durante os períodos de ausência.

SUMÁRIO

	pg.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
I. INTRODUÇÃO.....	1
I.1. Objetivos e Relevância do Projeto.....	1
I.2. Método de Trabalho.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
II.1. Método de Execução de Sondagem Rotativa.....	2
II.2. Parâmetros Geológico-Geotécnicos.....	4
II.2.1. Litologia.....	4
II.2.2. Grau de Alteração.....	5
II.2.3. Grau de Coerência.....	8
II.2.4. Recuperação de Testemunhos.....	10
II.2.5. Descontinuidades.....	11
II.2.6. Frequência de Fraturas.....	11
II.2.7. <i>Rock Quality Designation</i> (RQD).....	12
II.2.8. Orientação.....	14
II.2.9. Rugosidade.....	14
II.2.10. Estado de Alteração das Paredes.....	15
II.2.11. Tipo de Preenchimento.....	16
II.2.12. Abertura e Persistência.....	16
II.3. Classificações Geomecânicas.....	17
II.3.1. Classificação de Terzaghi (1946).....	19
II.3.2. Classificação de Barton, Lien e Lunde (1974) – Sistema Q.....	19
II.3.3. Classificação de Bieniawski (1976) – Sistema RMR.....	24
II.3.4. Classificação de Rocha (1976).....	26
III. SUGESTÃO DE MÉTODO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAGENS ROTATIVAS.....	27
III.1. Preparação dos Testemunhos de Sondagens.....	27
III.1.1 Litologia.....	32
III.1.2. Grau de Alteração.....	33
III.1.3. Grau de Coerência.....	34
III.1.4. Recuperação.....	34

III.1.5. <i>Rock Quality Designation (RQD)</i>	35
III.2. Descontinuidades.....	37
III.2.1. Frequência das Fraturas.....	37
III.2.2. Orientação.....	38
III.2.3. Rugosidade.....	40
III.2.4. Tipo de Preenchimento e Estado de Alteração das Paredes.....	41
IV. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA PROPOSTA.....	43
IV.1. RQD adaptado – IQR.....	43
IV.2. Índice do Número de Famílias de Fraturas – Jn.....	44
IV.3. Índice de Rugosidade das Paredes das Descontinuidades – Jr.....	44
IV.4. Índice de Alteração das Paredes das Fraturas – Ja.....	45
IV.5. Índice de Ação da Água Subterrânea – Jw.....	46
IV.6. Índice de Influência do Estado de Tensões do Maciço (SRF).....	46
V. RESULTADOS OBTIDOS.....	46
VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	47
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO	
TABELA 1 – Grau de alteração (modificado de GONÇALVES, 1994).....	2
TABELA 2 – Grau de alteração (modificado de GONÇALVES, 1994).....	2
TABELA 3 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 4 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 5 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 6 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 7 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 8 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 9 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 10 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 11 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 12 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 13 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 14 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 15 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 16 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 17 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 18 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 19 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 20 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 21 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 22 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 23 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 24 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 25 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 26 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 27 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 28 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 29 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 30 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 31 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 32 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3
TABELA 33 – Índice de alteração das paredes e tipo de preenchimento.....	3

LISTA DE TABELAS

	pg.
TABELA 1 – Classificação dos tipos de rochas ígneas (adaptado de MATULA, 1981).....	4
TABELA 2 – Classificação dos tipos de rochas metamórficas (adaptado de MATULA, 1981).....	5
TABELA 3 – Classificação dos tipos de rochas sedimentares (adaptado de MATULA, 1981).....	5
TABELA 4 – Grau de alteração (modificado de OLIVEIRA, 1969).....	6
TABELA 5 – Grau de alteração (GUIDICINI <i>et al.</i> , 1974).....	6
TABELA 6 – Termos para descrição do grau de alteração (MATULA, 1981).....	7
TABELA 7 – Graus de alteração (IPT, 1997).....	7
TABELA 8 – Grau de alteração proposto por SERRA e OJIMA, 1998.....	7
TABELA 9 – Grau de coerência (GUIDICINI <i>et al.</i> , 1972).....	8
TABELA 10 – Comparação entre as terminologias propostas para grau de coerência (SOARES, 1991).....	8
TABELA 11 – Novas terminologias empregadas para grau de coerência das rochas (SOARES, 1991).....	9
TABELA 12 – Graus de coerência para rochas brandas (SOARES, 1991).....	9
TABELA 13 – Grau de coerência – determinação quantitativa (SOARES, 1991).....	9
TABELA 14 – Graus de coerência (modificado BARTON, 1988 <i>apud</i> IPT, 1997).....	10
TABELA 15 – Grau de fraturamento (VAZ, 1969; OLIVEIRA, 1969; CAMARGO, 1969).....	11
TABELA 16 – Grau de fraturamento proposto por GUIDICINI <i>et al.</i> , 1972.....	12
TABELA 17 – Grau de fraturamento (IPT, 1997 modificado de BIENIAWSKI, 1973).....	12
TABELA 18 – Relação dos intervalos de RQD e qualidade de rocha (RUIZ, 1971).....	13
TABELA 19 – Estado de alteração das paredes e tipo de preenchimento das descontinuidades (IPT, 1997).....	16
TABELA 20 – Tipos de preenchimento de descontinuidades (SERRA e OJIMA, 1998).....	16
TABELA 21 – Quadro comparativo de critérios empregados nas classificações geomecânicas (modificado de VAZ, 1982).....	18
TABELA 22 – Índice de qualidade de rocha (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	20
TABELA 23 – Índice do número de famílias de descontinuidades – Jn (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	20
TABELA 24 – Índice de rugosidade das fraturas – Jr (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	21
TABELA 25 – Índice de alteração das paredes das fraturas – Ja (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	21
TABELA 26 – Índice de afluência da água – Jw (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	22
TABELA 27 – Índice do estado de tensões do maciço – SRF (BARTON <i>et al.</i> , 1974).....	22
TABELA 28 – Classificação do maciço rochoso – Q (GRIMSTAD & BARTON, 1993 <i>apud</i> IPT, 1997).....	23
TABELA 29 – Classificação geomecânica de BIENIAWSKI (1976).....	25
TABELA 30 – Graus de alteração (modificado de SERRA e OJIMA, 1998).....	33
TABELA 31 – Valores de Jn adotado, por maciço, grau de alteração (IPT, 1998a).....	44
TABELA 32 – Valores de Jr adotados para classificação do maciço rochoso (IPT, 1998a).....	44
TABELA 33 – Valores de Ja e Jw adotados (IPT, 1998a).....	45

LISTA DE FIGURAS

	pg.
FIGURA 1 – Instalação típica de uma sondagem rotativa (ABGE, 1980).....	3
FIGURA 2 – Procedimento para cálculo de RQD (ASTM, 1988).....	13
FIGURA 3 – Perfis de rugosidade (BARTON e CHOUBEY, 1977).....	15
FIGURA 4 – Ábaco com sugestões de suporte (GRIMSTAD & BARTON, 1988 <i>apud</i> IPT, 1997).....	23
FIGURA 5 – Classificação geomecânica de maciços rochosos aplicada a túneis e minerações subterrâneas (BIENIAWSKI, 1984).....	26
FIGURA 6 – Gráfico relacionando o espaçamento das fraturas e a resistência a compressão uniaxial das rochas (modificado de BIENIAWSKI, 1973).....	38
FIGURA 7 – Esquema de medidas de orientação (vista de perfil e em planta).....	39
FIGURA 8 – Relação entre JRC x Jr (BARTON, 1988 <i>apud</i> IPT, 1998a).....	45

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 01 e 02).....	28
FOTO 2 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 03 e 04)	28
FOTO 3 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 05 e 06)	28
FOTO 4 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 07 e 08)	29
FOTO 5 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 09 e 10)	29
FOTO 6 – Exemplo de calha de madeira para descrição de sondagem.....	30
FOTO 7 – Montagem da manobra 29,22/30,52 do furo SR-05, caixa nº 08 (gnaisse biotítico)	30
FOTO 8 – Montagem da manobra 19,56/20,62 do furo SR-01, caixa nº 04 (gnaisse granítico)	31
FOTO 9 – Marca da mola retentora (SR-03, caixa nº 06)	32
FOTO 10 – Fratura original, preenchida com material oxidado.....	36
FOTO 11 – Quebra mecânica em gnaisse bandado, no detalhe observar o encaixe perfeito entre as duas peças (SR-03, caixa nº 08)	36
FOTO 12 – Caixa de testemunhos de sondagem apresentando manobras com baixos valores de RQD e recuperação (SR-03, caixa nº 06)	37
FOTO 13 – Perfil de rugosidade (R8/R9) em fratura subvertical, gnaisse bandado (SR-06, caixa nº 09)	40

FOTO 14 – Perfil de uma rugosidade subvertical, muito rugosa (R8/R9), SR-06, caixa nº 09	40
FOTO 15 – Fratura pouco rugosa (polida) e preenchida de material oxidado, filonito (SR-07, caixa nº 08)	41
FOTO 16 – Fratura subvertical, com paredes muito alteradas e com preenchimento de material argiloso e oxidado.....	42
FOTO 17 – Fraturas sub-horizontais com alteração incipiente e com preenchimento de material oxidado.....	42

RESUMO

A utilização de testemunhos de sondagens rotativas para a investigação de maciços rochosos é prática usual e imprescindível em obras de engenharia. A descrição apropriada destes testemunhos permite uma prévia avaliação da qualidade do maciço e preve zonas mais suscetíveis a colapsos ou outros problemas de estabilidade.

As descrições homogêneas e padronizadas de sondagens rotativas é uma necessidade atual na área de geologia de engenharia pois, além de facilitar a comunicação entre os profissionais, poderá auxiliar na aplicação dos sistemas de classificação geomecânica.

Este trabalho apresenta um roteiro para descrição de testemunhos de sondagens rotativas, visando a homogeneização e padronização das caracterizações realizadas no meio técnico.

A elaboração deste roteiro fundamentou-se em uma revisão bibliográfica detalhada dos principais parâmetros geológico-geotécnicos e de classificações geomecânicas, descrições de sondagens rotativas e a apresentação de perfis individuais de sondagens utilizando-se o programa *Maclog*, desenvolvido pelo IPT.

ABSTRACT

The borehole core logging is largely used during the investigation phase of a rock mass. The appropriate core description allows a previous evaluation of both, the quality of the rock mass and the location of eventual unstable portions.

It is common sense that a homogeneous and standardized description of the rock cores will facilitate the communication in the Engineering Geology area and, additionally, might allow the application of the geomechanical classifications.

This paper presents a suggestion of a procedure to describe the rock cores, aimed to standardize such description in the Geology Engineering area.

The present procedure is based on the technical literature available on the main geological-geotechnical parameters and on the geomechanical classifications. Several rock core descriptions were carried out and are presented, as example, using the *Maclog* software developed by IPT.

I. INTRODUÇÃO

A Geologia de Engenharia no Brasil tem se desenvolvido significativamente nos últimos 30 anos graças, em grande parte, à construção de grandes obras, tais como barragens, túneis, estradas, metrô, projetos de irrigação, etc, e mais recentemente, devido aos trabalhos ambientais. Ao mesmo tempo, nota-se que a sondagem rotativa ainda é o método mais empregado nas campanhas de investigação direta em sub-superfície. A grande aplicabilidade deste método deve-se ao fato de permitir a amostragem do maciço rochoso em profundidade, e conseqüentemente, fornecer informações referentes aos litotipos presentes e suas características intrínsecas, tais como: alteração, coerência, etc; possibilitando ainda determinar a presença de eventuais estruturas geológicas.

No entanto, apesar da destacada importância desse método de caracterização do maciço rochoso, a descrição de testemunhos de sondagens é realizada, geralmente, sem uma uniformidade de critérios difundidos no meio técnico. Destaca-se, assim a importância de uma padronização destes critérios, possibilitando o levantamento das características e parâmetros relativos ao maciço de maneira uniforme, podendo inclusive servir como dados de entrada na aplicação de classificações geomecânicas.

I.1. OBJETIVO E RELEVÂNCIA DO PROJETO

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação de um manual com roteiro para descrição detalhada de testemunhos de sondagens rotativas, com base nas características e parâmetros inerentes à rocha, muito discutidos na literatura, e conseqüentemente permitir uma homogeneização das descrições entre as várias empresas e/ou profissionais e o emprego adequado dos diferentes sistemas de classificação geomecânica.

I.2. MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho adotado consistiu em 4 etapas, descritas a seguir:

1ª etapa – pesquisa bibliográfica para conhecimento e aprofundamento dos conceitos e parâmetros geológico-geotécnicos comumente aplicados nas descrições de sondagens;

2ª etapa – descrição de testemunhos de 74 sondagens rotativas realizadas para investigação de túnel na cidade de São Paulo, visando a sistematização de parâmetros geológico-geotécnicos para aplicação das classificações geomecânicas;

3ª etapa – tratamento e apresentação dos dados obtidos durante a descrição dos testemunhos das sondagens, empregando-se o programa Maclog, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Divisão de Geologia;

4ª etapa – elaboração de um “roteiro para descrição geológica-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas”.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica envolveu principalmente os seguintes temas: revisão do método e execução de sondagem rotativa; a determinação dos parâmetros geológico-geotécnicos a partir de testemunhos de sondagens e classificações geomecânicas.

II.1. Método de Execução de Sondagem Rotativa

As bibliografias consultadas mostraram que algumas instituições e autores já abordaram de alguma maneira os aspectos relacionados ao estudo proposto, porém de forma efetiva não se apresentou nenhuma proposta completa para padronização da descrição de testemunhos de sondagens rotativas, sendo que, na sua maioria, os trabalhos enfocam apenas discussões sobre os parâmetros recomendados. Dentre os diversos autores pesquisados destacam-se os seguintes: MATULA (1981), VAZ (1982), ABGE (1983), BERBERIAN (1986), ABGE (1990), SERRA (1991) e MACIEL (1994).

A Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1990) através da publicação “Diretrizes para execução de sondagens”, propõe as etapas a serem seguidas durante a execução de uma sondagem, bem como os ensaios a serem realizados para a melhor caracterização do maciço rochoso; além dos cuidados a serem tomados na amostragem dos testemunhos e como deve ser a apresentação desses resultados. Este manual indica as características mínimas necessárias dos equipamentos utilizados na execução de sondagens rotativas: tripé, sonda, bomba d’água, motor, tubo de revestimento, coroas, luvas alargadoras, hastes, barrilete, retentores de testemunhos e outros acessórios (FIGURA 1). Ressalta-se que nesta publicação, além da apresentação dos procedimentos de amostragem do maciço rochoso, são indicados os cuidados de armazenagem, porém não aborda os critérios e parâmetros geológico-geotécnicos necessários para uma descrição adequada dos testemunhos de sondagens.

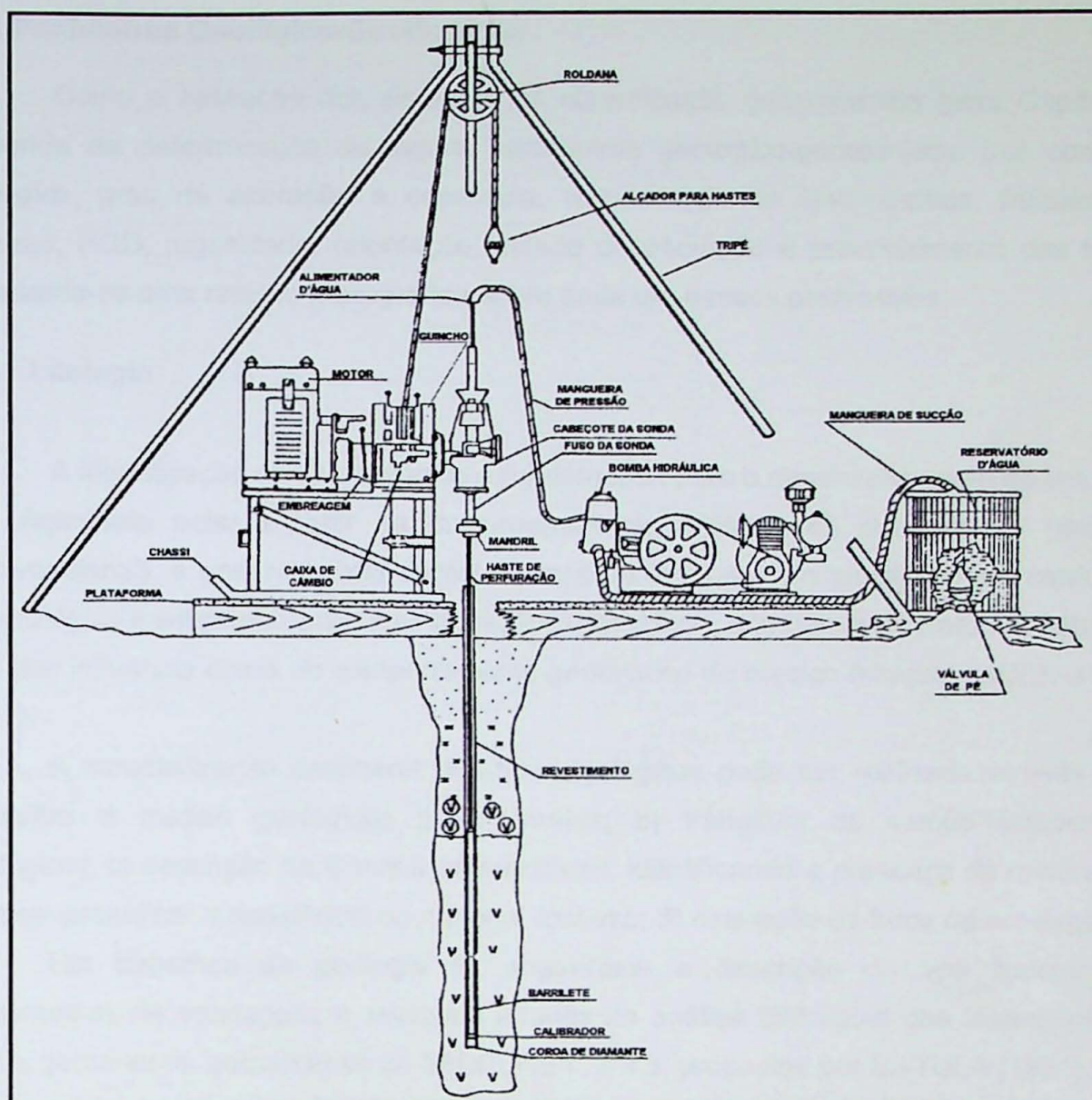


FIGURA 1- Instalação típica de uma sondagem rotativa (ABGE, 1980).

SERRA (1991) descreveu detalhadamente o método de execução de sondagem rotativa, afirmando que se trata de uma das técnicas mais apropriadas para investigação geológica-geotécnica de campo em sub-superfície. Ressalta, também, a importância da descrição pormenorizada de testemunhos de sondagens que fornecem informações valiosas sobre o maciço rochoso, e pode ser realizada através da caracterização tátil-visual, e complementada pela execução de ensaios de laboratório (compressão simples, triaxial, entre outros), com amostras retiradas do próprio testemunho.

MACIEL (1994) mostra uma visão geral dos métodos mais utilizados para investigação geológica-geotécnica e define a sondagem rotativa como uma técnica que consiste no uso de um conjunto moto-mecanizado, projetado para a obtenção de amostras contínuas de materiais rochosos. O autor também relata de forma sucinta, alguns parâmetros que podem ser obtidos pela análise dos testemunhos, como a recuperação e *Rock Quality Designation* (RQD).

II.2. Parâmetros Geológico-Geotécnicos

Como a aplicação dos sistemas de classificação geomecânica (vide Capítulo II.3) depende da determinação de alguns parâmetros geológico-geotécnicos, tais como: tipo litológico, grau de alteração e coerência, recuperação de testemunhos, frequência de fraturas, RQD, rugosidade, orientação, estado de alteração e preenchimento das fraturas, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre cada um desses parâmetros.

II.2.1.Litologia

A identificação do tipo litológico é fundamental para o desenvolvimento de um projeto de engenharia pois, a partir da compreensão do contexto de sua gênese (textural e deformacional), é possível obter características de interesse ao projeto como, composição mineralógica e eventuais estruturas (foliação, xistosidade, acamamento, fraturas, falhas, etc) que têm influência direta no comportamento geotécnico do maciço rochoso (HOEK e BRAY, 1981).

A caracterização detalhada dos tipos litológicos pode ser realizada através de: a) consultas a mapas geológicos pré-existent; b) trabalhos de campo (mapeamento geológico), c) descrição de lâminas petrográficas, identificando a presença de minerais que possam prejudicar a resistência do material rochoso; d) execução de furos de sondagem.

Em trabalhos de geologia de engenharia a descrição do tipo litológico, em testemunhos de sondagem, é realizada através da análise tátil-visual dos testemunhos de rocha, geralmente, adotando-se as TABELAS 1, 2 e 3, propostas por MATULA (1981).

TABELA 1 - Classificação dos tipos de rochas ígneas (adaptado de MATULA, 1981).

GRUPO GENÉTICO		PIROCLÁSTICA	ÍGNEAS				
Estrutura		MACIÇA					
Composição		Pelo menos 50% dos grãos são de rochas ígneas	Quartzo, feldspato, micas e minerais máficos		Feldspatos e minerais máficos	Minerais máficos	
			Ácida	Intermediária	Básica	Ultrabásica	
Tamanho dos grãos (mm)	60	Grãos arredondados AGLOMERADO	PEGMATITO			PIROXENITO PERIDOTITO	
	2	Grãos angulares BRECHA VULCÂNICA	GRANITO	DIORITO	GABRO DIABÁSIO		
	0,06	TUFO					
	0,002	Grãos finos TUFO	RIOLITO	ANDESITO	BASALTO		
		Grãos muito finos TUFO					
	Vidro Amorfo		VIDRO VULCÂNICO				

TABELA 2 - Classificação dos tipos de rochas metamórficas (adaptado de MATULA, 1981).

GRUPO GENÉTICO		METAMÓRFICO	
Estrutura		FOLIADA	MACIÇA
Composição		Quartzo, feldspato, micas e minerais máficos	Quartzo, feldspato, micas, minerais máficos e carbonatos
Tamanho dos grãos (mm)	60	BRECHA TECTÔNICA	
		MIGMATITO GNAISSE	HORNFELS MÁRMORE GRANULITO QUARTZITO
	2	ANFIBOLITO	
		XISTO FILITO ARDÓSIA	
	0,06		
	0,02	MILONITO	

TABELA 3 - Classificação dos tipos de rochas sedimentares (adaptado de MATULA, 1981).

GRUPO GENÉTICO		SEDIMENTOS DETRÍTICOS						QUÍMICA/ORGÂNICA
Estrutura		Estratificada						
Composição		Grãos de rocha, quartzo, feldspato e minerais argilosos			Pelo menos 50% dos grãos são de carbonato			
Tamanho dos grãos (mm)	60	RUDÁCEAS	Grãos de fragmentos de rocha		ROCHAS CALCÁRIAS	CALCI-RUDITO	Rochas salinas: HALITA ANIDRITA GIPSO	
	2		Grãos arredondados CONGLOMERADO					
			0,06	Grãos Angulosos BRECHA		CALCI-ARENITO	Rochas calcárias: CALCÁRIO DOLOMITO	
	ARENOSAS	Grãos são principalmente fragmentos de minerais						
		ARENITO: Grãos são principalmente minerais						
	0,002	ARGILOSAS OU LUTÁCEAS	FOLHELHO	SILTITO: 50% de partículas finas		MARGA	CALCI-SILTITO	Rochas silicáticas: CHERT SILEXITO
	ARGILITO: 50% de grãos muito finos			CALCI-LUTITO				
								Rochas carbonáceas: LINHITO CARVÃO

II.2.2. Grau de Alteração

É um consenso no meio técnico, que o grau de alteração é o conjunto de modificações físicas e químicas, decorrentes da ação do intemperismo, que resultam na degradação da rocha e de suas características mecânicas.

A avaliação deste parâmetro pode ser realizada através da análise macroscópica das propriedades físicas e químicas da rocha, tais como: brilho, cor, presença de minerais alterados, bordas de alteração, porosidade e coesão entre os grãos.

Para descrição do grau de alteração ou intemperismo das rochas existem algumas sugestões elaboradas por diversos autores, e dentre elas destacam-se os seguintes

trabalhos: OLIVEIRA (1969), CAMARGO (1969), GUIDICINI *et al.*, (1972), MATULA (1981), IPT (1997) e SERRA e OJIMA (1998).

No final da década de 60, OLIVEIRA (1969) e CAMARGO (1969), durante a análise de rochas basálticas, da Barragem de Ilha Solteira, utilizaram para a classificação do maciço rochoso, os critérios adotados pelo IPT, nos anos 60 (TABELA 4).

TABELA 4 – Grau de alteração (modificada de OLIVEIRA, 1969).

GRAU DE ALTERAÇÃO	SIGLA	CARACTERÍSTICAS
Rocha praticamente sã	s	- Sã propriamente dita. - Não apresenta vestígios de ter sofrido alterações físicas e químicas dos minerais. - Quando pouco fraturada pode ser escavada a fogo.
	pa	- Pouco alterada ou quase sã. - Apresenta sinais de alterações incipientes dos minerais: em geral é ligeiramente descolorida, apresenta praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha sã.
	mda	- Rocha medianamente alterada - Apresenta-se com os minerais medianamente alterados; é bastante descolorida e suas propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha pouco alterada. - Rocha bastante resistente e quebra-se com relativa dificuldade sob a ação do martelo. - Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo. - É uma rocha adequada para fundação de obra de concreto.
Rocha moderadamente alterada	mta	- Apresenta-se com os minerais muito alterados, às vezes pulverizados e friáveis. - Suas propriedades físicas e mecânicas são acentuadamente inferiores às da rocha medianamente alterada - Quebra-se facilmente com as mãos. - É escavável a picareta.
Rocha extremamente alterada	ea	- Decomposta ou solo de alteração de rocha. - Solo mantém ainda as estruturas da rocha original. - Escavável a enxada.

Com a grande aplicação deste parâmetro nas obras de engenharia, GUIDICINI *et al.*, (1972) observaram a necessidade do desenvolvimento de uma nova classificação para descrição do grau de alteração, mais simplificada. Porém de tão resumida, apresenta como principal deficiência a omissão da descrição sucinta dos atributos principais da rocha para o seu respectivo grau de alteração (TABELA 5).

TABELA 5 – Grau de alteração (GUIDICINI *et al.*, 1972).

SÍMBOLO	ROCHA
A1	Sã ou praticamente sã
A2	Alterada
A3	Muito Alterada

Após 10 anos, MATULA (1981) propôs uma outra tabela para interpretação do grau de alteração, estipulando valores de porcentagem para a alteração (TABELA 6).

TABELA 6 – Termos para descrição do grau de alteração (MATULA, 1981).

TERMO	VARIAÇÃO DO GRAU DE ALTERAÇÃO (%)
Rocha Fresca	0
Ligeiramente Alterada	0-10
Moderadamente Alterada	10 – 35
Altamente Alterada	35 – 75
Extremamente Alterada	> 75

A análise inicial deste critério, mostra o problema enfrentado pelos diversos autores em caracterizar o grau de alteração.

Para GUIDICINI *et al.*, (1972) este parâmetro é considerado de difícil definição e dependente diretamente do conhecimento do geólogo ou técnico, pois trata-se de um dado qualitativo. Entretanto, atualmente, este critério continua sendo descrito qualitativamente.

Recentemente, alguns trabalhos foram elaborados, IPT (1997) e SERRA e OJIMA (1998), propondo uma classificação mais adequada para descrever o grau de alteração das rochas, com base em análises tátil-visuais, porém nenhuma proposta tenta quantificá-lo com valores de ensaios laboratoriais (TABELA 7 e 8). É muito importante destacar que, essas classificações são aplicáveis a qualquer tipo litológico (com exceção das rochas sedimentares), diferente do que ocorria nos anos 60 e 70, em que cada classificação era elaborada para um caso específico de obra.

TABELA 7 - Graus de alteração (IPT, 1997).

SIGLA	ROCHA	CARACTERÍSTICAS
A1	Sã	- Macroscopicamente não há indícios de alterações física e/ou química dos minerais. - Minerais apresentam brilho.
A2	Pouco Alterada	- Alteração incipiente dos minerais. - Em geral, a rocha exibe pouco descoloração.
A3	Medianamente Alterada	- Minerais medianamente alterados, geralmente não apresentam brilho. - Rocha bastante descolorida.
A4	Muito Alterada	Minerais muito alterados, por vezes pulverulentos e friáveis, totalmente sem brilho.

TABELA 8 – Grau de alteração proposto por SERRA e OJIMA (1998).

SIGLAS	DENOMINAÇÕES	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA
A1 W1 RS	Rocha sã ou praticamente sã	- Apresenta minerais sem vestígios de alterações ou com alterações físicas e químicas incipientes. - A rocha é ligeiramente descolorida.
A2 W2 RAD	Rocha medianamente alterada	- Apresenta minerais medianamente alterados - A rocha é bastante descolorida.
A3 W3 RAM	Rocha muito alterada	Apresenta minerais muito alterados, por vezes pulverizados e friáveis.
A4 W4 REA	Rocha extremamente alterada	- Apresenta minerais totalmente alterados. - A rocha é intensamente descolorida, gradando para cores de solo.

Apesar de todas as ressalvas apresentadas, o grau de alteração, atualmente, é considerado um parâmetro semi-quantitativo, associado à resistência mecânica do maciço rochoso (IPT, 1997).

II.2.3. Grau de Coerência

A maioria das definições de coerência são baseadas nas características de resistência ao impacto (tenacidade), resistência ao risco (dureza) e friabilidade das rochas. É também um parâmetro aplicado com frequência para todos os tipos de rocha (ígneas, metamórficas e sedimentares) e é considerado, igualmente ao grau de alteração, um parâmetro semi-quantitativo associado à resistência mecânica das rochas. Pelo fato de estar intimamente ligado à resistência do maciço rochoso, este parâmetro foi objeto de estudo de diversos autores, dentre eles: GUIDICINI *et al.*, (1972), SOARES (1991) e IPT (1997).

Segundo GUIDICINI *et al.*, (1972), a coerência pode ser caracterizada pela análise tátil-visual, com auxílio de testes expeditos e resistência ao impacto de martelo e ao risco com lâmina de aço (TABELA 9).

TABELA 9 – Grau de coerência (GUIDICINI *et al.*, 1972).

SIGLAS	DENOMINAÇÕES	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA
C1	Muito Coerente	- Quebra com dificuldade ao golpe de martelo. - O fragmento possui bordas cortantes que resistem ao corte de lâmina de aço - Superfície dificilmente riscável por lâmina de aço.
C2	Coerente	- Quebra com relativa dificuldade ao golpe de martelo. - O fragmento possui bordas cortantes que podem ser abatidas pelo corte com lâmina de aço. - Superfície riscável com lâmina de aço.
C3	Pouco Coerente	- Quebra-se com facilidade ao golpe de martelo. - Bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos. - A lâmina de aço provoca sulcos acentuados na superfície do fragmento.
C4	Friável	- Esfarela ao golpe de martelo. - Desagrega sob pressão dos dedos.

Ainda neste ano, GUIDICINI *et al.*, efetuaram modificações nos termos empregados, propondo o uso de denominações mais adequadas ao parâmetro, evitando a sobreposição de conceitos com os termos também utilizados em Mecânica de Solos (TABELA 10).

TABELA 10 – Comparação entre as terminologias propostas para grau de coerência (SOARES, 1991).

SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO ANTERIOR (1970)	DENOMINAÇÃO MODIFICADA (1972)
C1	Muito Consistente	Muito Coerente
C2	Consistente	Coerente
C3	Quebradiça	Pouco Coerente
C4	Friável	Friável

No final da década de 70, o IPT revê essas terminologias empregadas por GUIDICINI *et al.*, (1972), sem entretanto propor qualquer mudanças nas características já empregadas (TABELA 11).

TABELA 11 – Novas terminologias empregadas para grau de coerência das rochas (SOARES, 1991).

SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO APLICADA POR IPT (1979)
C1	Coerente
C2	Medianamente Coerente
C3	Pouco Coerente
C4	Incoerente

SOARES (1991) desenvolveu um equipamento para quantificar os diferentes graus de coerência em rochas brandas, correlacionando-os com a resistência a compressão simples, provocando um “desgaste” sobre os testemunhos de rocha, através de um movimento de rotação e da ação de uma ferramenta cortante (TABELA 12 e 13).

TABELA 12 – Grau de coerência para rochas brandas (SOARES, 1991).

SIGLAS	DENOMINAÇÕES	VALORES DE C (g)	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA
C1	Coerente	<0,1	- Superfície dificilmente riscável por ponta de aço. Sulco produzido normalmente mostra profundidade inferior 1mm. - Quebra com dificuldade ao golpe de martelo produzindo poucos fragmentos de bordas cortantes
C2	Medianamente Coerente	0,1 – 0,4	- Superfície riscável por ponta de aço. O sulco produzido apresenta geralmente profundidades entre 1 e 2mm. - Quebra com relativa facilidade ao golpe de martelo, produzindo fragmentos com bordas quebradiças por pressão dos dedos.
C3	Pouco Coerente	0,4 – 1,4	- Superfície facilmente riscável durante o ensaio. Os sulcos apresentam profundidade entre 2 e 4mm. - Quebra com muita facilidade ao golpe de martelo (esfarela), produzindo fragmentos que podem ser partidos manualmente.
C4	Incoerente	>1,4	- Superfície profundamente riscável por ponta de aço, mostrando profundidades acima de 4mm. - Quebra facilmente com pressão dos dedos, desagregando-se.

TABELA 13 – Grau de coerência – determinação quantitativa (SOARES, 1991).

SIGLAS	VALORES DE C (g)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES – RCS (MPa)
C1	<0,1	> 20,0
C2	0,1-0,4	20,0 – 10,0
C3	0,4 – 1,4	10,0 – 5,0
C4	>1,4	<5,0

Em recente trabalho para a investigação de túnel na cidade de São Paulo, o IPT (1997), utilizou a classificação de coerência, subdividida em 5 graus, relacionando a descrição tátil-visual com os valores de resistência à compressão uniaxial, quando disponíveis (TABELA 14).

A diferença básica entre as tabelas propostas por SOARES (1991) e IPT (1997), é que a primeira é aplicável apenas para rochas brandas, e a segunda pode ser utilizada para qualquer tipo de rocha.

TABELA 14 - Graus de coerência (modificado de BARTON, 1988 *apud* IPT, 1997)

SIGLA	ROCHA	CARACTERÍSTICAS	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO UNIAXIAL (MPa)	
C1	Extremamente Resistente	• Amostras podem apenas ser lascadas com o martelo de geólogo.	R6	>250
	Muito Resistente	• Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se.	R5	100-250
C2	Resistente	• Amostras requerem mais de um golpe de martelo para serem quebradas.	R4	50-100
C3	Medianamente Resistente	• Não pode ser riscada com canivete. • Amostras podem ser fraturadas com um único golpe de martelo de geólogo.	R3	25-50
C4	Rocha Branda	• Pode ser riscada por canivete com dificuldade. • Amostra pode ser marcada por firme pancada com a ponta do martelo de geólogo.	R2	5-25
C5	Muito Branda	• Amostra esmigalha-se com o impacto da ponta do martelo de geólogo. • Pode ser raspada por canivete.	R1	1,0-5,0
	Extremamente Branda	• Amostra pode ser marcada pela unha	Ro	0,25-1,0

II.2.4. Recuperação de Testemunhos

A recuperação pode ser obtida pela relação entre o somatório dos comprimentos dos testemunhos de sondagens recuperados e o comprimento do avanço da perfuração, ou seja, para cada manobra efetuada.

Durante a análise deste parâmetro, é importante a determinação do início e término de cada manobra, para que possam ser inferidas zonas de perda de material ou fraturamento intenso. Para tal observação sugere-se uma análise criteriosa das marcas deixadas durante a perfuração, tais como ranhuras provocadas pelo equipamento de sondagem.

A identificação de trechos com perda de material e zonas muito fraturadas do maciço, é fundamental na descrição de uma sondagem, pois a sua presença afeta diretamente as características geomecânicas do maciço rochoso, podendo inclusive determinar a presença de regiões mais favoráveis a instabilidades e rupturas.

Um problema bastante comum durante a execução de sondagens rotativas é a baixa recuperação de testemunhos, que ocorre principalmente devido aos seguintes fatores: tipo de rocha, grau de alteração e fraturamento do material perfurado, e sobretudo pela qualidade de mão-de-obra do sondador e equipamento de sondagem.

VAZ (1969) afirma que as recuperações com valores acima de 90% são consideradas satisfatórias, entre 80-90% são aceitáveis e abaixo de 80% não permitem observações seguras.

II.2.5. Descontinuidades

O termo descontinuidade é utilizado em geologia de engenharia, para identificar “qualquer quebra de continuidade” do maciço rochoso.

Durante as descrições de sondagens é fundamental, a caracterização das fraturas, pois freqüentemente a sua presença representa uma baixa resistência mecânica à tração no maciço. HOEK e BRAY (1981) destacam que a resistência mecânica do maciço rochoso é definida muito mais pelas suas descontinuidades do que pela resistência mecânica do material.

As principais feições estruturais presentes no maciço que condicionam as obras de engenharia são falhas, fraturas, dobras, xistosidades, contatos litológicos, foliações, etc; e a sua caracterização, em testemunhos de sondagens, é realizada através da obtenção de determinados parâmetros tais como: orientação, rugosidade, estado de alteração das paredes, preenchimento das fraturas, espaçamento, abertura e persistência.

II.2.6. Freqüência de Fraturas

A freqüência de fraturas também é denominada grau de fraturamento em muitos trabalhos.

A definição de freqüência de fraturas é de consenso no meio técnico e corresponde ao número de descontinuidades naturais presentes em um metro linear de testemunhos recuperados.

GUIDICINI *et al.*, (1972), ABGE (1983) e IPT (1997) salientam que, para efeito de contagem do número de fraturas, convém que se considere apenas as fraturas originais, descartando as provocadas durante a perfuração ou no manuseio dos testemunhos de sondagem. Também, freqüentemente, não são consideradas as fraturas seladas ou com preenchimento de material coesivo.

Há muitos trabalhos publicados que discutem este parâmetro, e dentre eles destacam-se: VAZ (1969), OLIVEIRA (1969), CAMARGO (1969), GUIDICINI *et al.*, (1972) e IPT (1997).

VAZ (1969), OLIVEIRA (1969) e CAMARGO (1969), utilizaram a TABELA 15, para caracterizar o grau de fraturamento do maciço rochoso.

TABELA 15 - Grau de fraturamento (VAZ, 1969; OLIVEIRA, 1969; CAMARGO, 1969).

GRAU DE FRATURAMENTO	Nº DE PEÇAS DE TESTEMUNHOS POR METRO	Nº DE FRATURAS POR METRO
Pouco Fraturado	5	4
Medianamente Fraturado	6-10	5-9
Muito Fraturado	11-20	10-19
Extremamente Fraturado	20	19
Fragmentada	Peças de até 5 centímetros de diâmetro parcialmente ou totalmente arredondadas ou angulosas	

GUIDICINI *et al.*, (1972), propuseram uma maneira mais simplificada de caracterizar este parâmetro, modificando também, a frequência de fraturas correspondentes aos graus de fraturamento (TABELA 16).

TABELA 16 - Grau de fraturamento proposto por GUIDICINI *et al.*, (1972).

GRAU DE FRATURAMENTO	SÍMBOLO	Nº DE FRATURAS POR METRO
Ocasionalmente Fraturado	F1	<1
Pouco Fraturado	F2	1-5
Medianamente Fraturado	F3	6-10
Extremamente Fraturado	F4	11-20
Em Fragmentos	F5	>20

Recentemente, o IPT (1997) utilizou este parâmetro na caracterização do Trecho Faria Lima-Vila Sônia – Metrô, propondo novos intervalos de frequência, tomando por base a influência do espaçamento apresentado por BIENIAWSKI (1973), que relaciona o tipo de fraturamento com a resistência do maciço rochoso (TABELA 17).

TABELA 17 - Grau de fraturamento (IPT, 1997 modificado de BIENIAWSKI, 1973).

GRAU DE FRATURAMENTO	SÍMBOLO	Nº DE FRATURAS POR METRO
Ocasionalmente Fraturado	F1	≤ 1
Pouco Fraturado	F2	2-5
Medianamente Fraturado	F3	6-10
Muito Fraturado	F4	11-19
Extremamente Fraturado	F5	≥ 20

II.2.7. Rock Quality Designation (RQD)

O índice RQD foi introduzido há cerca de 30 anos por DEERE *et al.*, (1967) para servir como uma ferramenta prática na determinação de qualidade de rocha. Este índice é definido como o somatório dos comprimentos de fragmentos de rocha, iguais ou maiores do que 10 centímetros, dividido pelo trecho perfurado (manobra).

Para determinação do RQD, a Sociedade Internacional de Mecânica de Rochas recomenda a utilização de testemunhos com diâmetro N (54,7 mm) e sondagens realizadas com barrilete duplo – livre (ISRM, 1977).

É importante, nos cálculos do RQD, distinguir as fraturas naturais do maciço rochoso, das provocadas pela operação da sonda e manuseio dos testemunhos.

A FIGURA 2 apresenta a proposta de procedimento para cálculo de RQD, segundo a ASTM, 1988.

Segundo RUIZ (1971), o cálculo de RQD é um procedimento semelhante ao de recuperação de testemunhos de rocha onde são considerados apenas os pedaços constituídos por rocha dura, não alterada, de comprimento maior ou igual a 10 centímetros.

Trata-se de um índice simples para descrição de maciços rochosos sendo utilizado como parâmetro, em quase todas as classificações geomecânicas existentes, inclusive nas descritas neste trabalho.

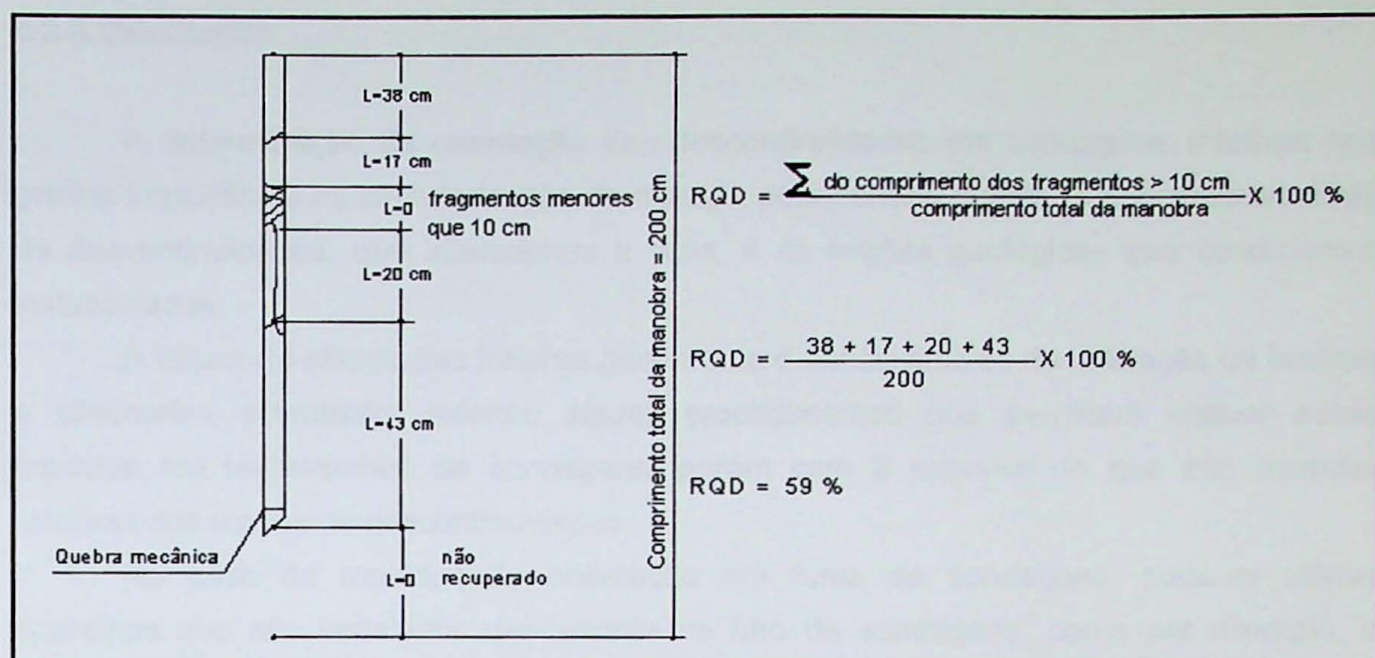


FIGURA 2 - Procedimento para o cálculo de RQD (ASTM, 1988).

RUIZ (1971), sugere a correlação entre a qualidade de rocha e RQD proposto por DEERE *et al.*, (1967). Esta correlação é apresentada na TABELA 18.

TABELA 18 - Relação dos intervalos de RQD e qualidade de rocha (RUIZ, 1971).

QUALIDADE DE ROCHA	RQD (%)
Muito Pobre	0-25
Pobre	25-50
Regular	50-75
Boa	75-90
Excelente	90-100

BARTON *et al.*, (1974), OJIMA (1984), BIENIAWSKI (1989), FIGUEIREDO (1996) e IPT (1997) utilizaram-se dos mesmos intervalos definidos por DEERE (1967) para caracterização deste parâmetro.

Atualmente muitos projetos também utilizam o Índice de Qualidade de Rocha (IQR). Este cálculo consiste em uma adaptação do RQD, só que ao invés de se considerar o comprimento total da manobra, examina-se a sondagem como um todo, identificando trechos isofraturados (com comprimento igual ou superior a 50 centímetros), ou seja, com espaçamento equivalentes entre fraturas. Recomenda-se na adoção deste índice que a sondagem seja executada em diâmetro mínimo NW (75mm).

A diferença básica entre esses dois índices consiste que o IQR reflete melhor a qualidade do maciço por trechos ao longo de toda a sondagem, já o RQD por considerar a manobra inteira (depende diretamente do sondador), infere somente um valor de qualidade a todo o trecho perfurado, o que muitas vezes, pode fazer com que o valor do índice decaia em função da presença de segmentos mais fraturados e então não corresponder a realidade do maciço do rochoso.

II.2.8.Orientação

A determinação da orientação das descontinuidades em sondagens rotativas tem grande importância na caracterização do maciço, pois permite definir os principais sistemas de descontinuidades, que interceptam a obra, e as feições geológicas que condicionam instabilidades.

A leitura da atitude das fraturas geralmente é obtida através da utilização de bússola e clinômetro, entretanto, existem alguns procedimentos que permitem efetuar essas medidas em testemunhos de sondagens, porém com a ressalva de que são medidas relativas dos planos de descontinuidades.

No caso de medidas de orientação em furos de sondagens, pode-se utilizar aparelhos que são instalados diretamente no furo de sondagens, como por exemplo, o obturador de impressão, que é introduzido no furo com uma bússola e, através da expansão de uma borracha sensível registra a orientação e espaçamento das fraturas. Na ausência destes aparelhos, pode-se determinar a atitude aproximadas das descontinuidades presentes no furo, através da utilização de prancheta, transferidor e uma haste. Para isto, é necessário conhecer a geologia estrutural, regional e local, para então escolher a feição mais pertinente e regional, que servirá de referencial, como por exemplo a foliação de rochas metamórficas, e assim determinar os demais planos de descontinuidades baseados nesta escolha. Essas medidas de orientação e mergulho também são pertinentes de serem executadas em testemunhos de sondagens com amostragem integral. O procedimento neste caso, deve seguir as seguintes etapas: a) armazenagem da amostra em um suporte de madeira, colocado em uma base de concreto, com a linha N-S traçada com o auxílio de um equipamento topográfico; b) verticalização do testemunho com a ajuda de um nível de bolha; c) efetuação das medidas de direção, auxiliada por um transferidor, que coincide o seu zero com o norte (MANO *et al.*, 1983).

II.2.9.Rugosidade

A rugosidade das fraturas, de maneira simplificada, pode ser definida como as ondulações que ocorrem nas superfícies das descontinuidades e é considerado um parâmetro fundamental durante a caracterização da resistência ao cisalhamento do maciço rochoso.

Segundo ABGE (1983), estas ondulações podem ser observadas em corte das superfícies dos planos de descontinuidades em duas escalas distintas: em escala milimétrica a centimétrica, sendo denominadas de fraturas ásperas, lisas ou polidas; e em escala métrica, sendo designadas de fraturas planares, onduladas ou irregulares.

A rugosidade é um parâmetro muito empregado durante as descrições de sondagens e o procedimento para sua caracterização consiste na análise tátil-visual do perfil da descontinuidades nos testemunhos e comparação aos perfis definidos por BARTON e CHOUBEY, 1977 (FIGURA 3).

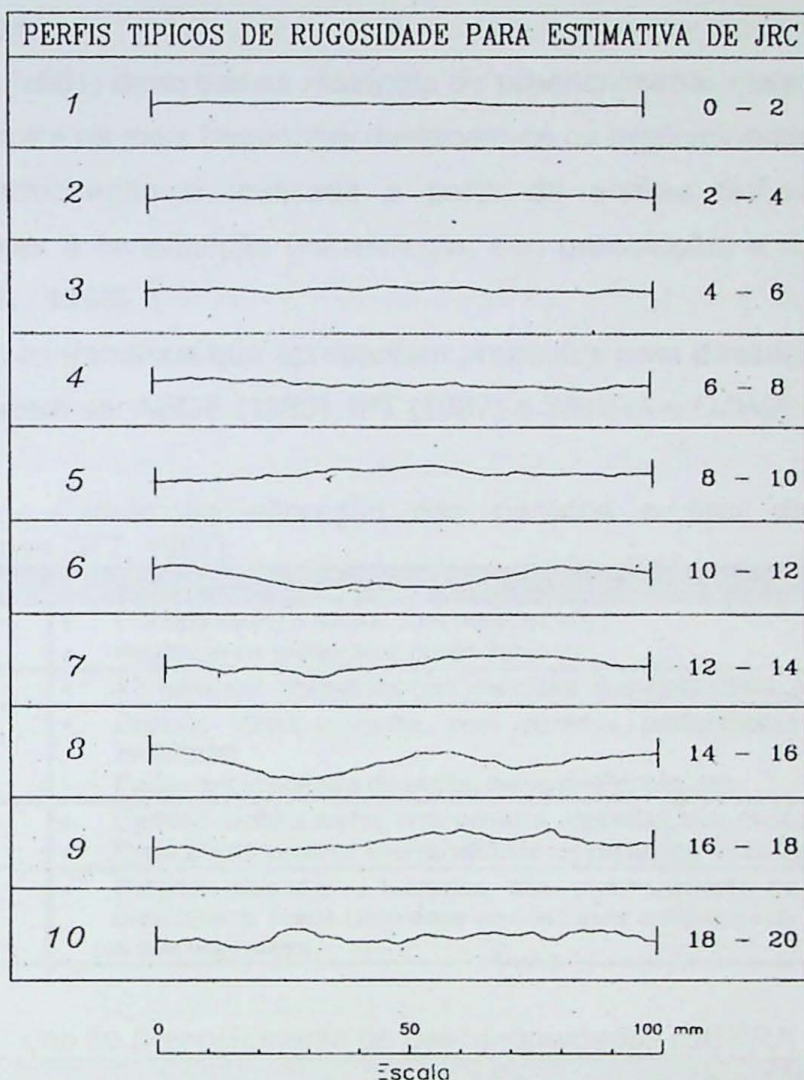


FIGURA 3 – Perfis de rugosidade (BARTON e CHOUBEY, 1977).

II.2.10. Estado de Alteração das Paredes

Comumente, o estado de alteração das paredes é descrito conjuntamente com o tipo de preenchimento de cada descontinuidade, como pode ser observado nas TABELAS 19 e 20. Está sempre associado à resistência mecânica do maciço rochoso e pode ser verificado através da análise tátil-visual dos materiais presentes nas paredes das descontinuidades (IPT, 1997).

II.2.11. Tipo de Preenchimento

O termo preenchimento é empregado para descrever os materiais que separam as paredes de duas descontinuidades (fraturas). O tipo de material avaliado conjuntamente com a espessura pode fornecer dados importantes referentes à resistência ao cisalhamento do maciço rochoso.

MATULA (1981) descreve os materiais de preenchimento mais comuns encontrados nas fraturas, e dentre os mais freqüentes destacam-se os argilominerais, quartzo e calcita.

Sua caracterização é realizada a partir da análise tátil-visual, observando-se aspectos referentes à constituição (mineralogia, cor, granulação) e espessura do material (SERRA e OJIMA, 1998).

São raros os trabalhos que apresentam propostas para descrição deste parâmetro e dentre eles destacam-se: ABGE (1983), IPT (1997) e SERRA e OJIMA (1998).

TABELA 19 - Estado de alteração das paredes e tipo de preenchimento das descontinuidades (IPT, 1997).

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DA ALTERAÇÃO DAS PAREDES E PREENCHIMENTO
D1	- Contato rocha x rocha, com paredes sãs. - Ausência de oxidação e preenchimento.
D2	Paredes sãs, revestidas com materiais rijos (carbonato, zeólita, sílica, etc)
D3	- Contato rocha x rocha, com paredes praticamente sãs (ou com alteração incipiente). - Pode conter película de argila, óxido de Fe, Mn, etc.
D4	- Contato rocha x rocha, com paredes alteradas e/ou muito oxidadas. - Pode conter preenchimento milimétrico de argila, areia, óxidos de Fe, Mn, etc.
D5	Paredes alteradas e oxidadas, com preenchimento de espessura centimétrica a decimétrica. Neste caso deve-se descrever o material de preenchimento, estimando a sua espessura.

TABELA 20 - Tipos de preenchimento de descontinuidades (SERRA e OJIMA, 1998).

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES DAS DESCONTINUIDADES
D1	- Contato rocha-rocha. - Paredes sã.
D2	- Contato rocha-rocha - Presença de material pétreo rijo como calcita e sílica
D3	- Paredes com alteração incipiente, com sinais de percolação de água. - Preenchimento ausente
D4	- Paredes alteradas. - Preenchimento ausente.
D5	- Paredes alteradas - Com preenchimento (ag1- preenchimento argiloso com espessura de 1 mm ou gr10- preenchimento granular com espessura de 10 mm)

II.2.12. Abertura e Persistência

Os parâmetros persistência e abertura das descontinuidades serão aqui brevemente relatados pois são de difícil, ou até mesmo impossível obtenção a partir de testemunhos de sondagens, sendo necessário para a sua caracterização levantamentos em afloramentos ou frentes de escavação.

Define-se abertura como a distância média perpendicular entre paredes adjacentes de uma descontinuidade, ou seja, o espaço preenchido com água, ar ou material de preenchimento (MATULA, 1981). Em furos de sondagens é possível avaliar a abertura de fraturas a partir da utilização de obturador de impressão (IPT, 1998b).

A persistência é a medida da extensão de uma descontinuidade vista em perfil, que pode ser amenizada no maciço rochoso ou terminar abruptamente em outra descontinuidade (MATULA, 1981).

II.3.Classificações Geomecânicas

Entre o final da década de 40 e início da de 70, com a construção de grandes obras de engenharia, foram desenvolvidos inúmeros sistemas de classificação geomecânica, visando a caracterização do maciço rochoso para túneis, escavações subterrâneas, taludes, dentre outros. Dentre estas classificações destacam TERZAGHI (1946), RABCEWICZ (1957), LAUFFER (1958), DEERE (1964), AFTES (1971), PACHER & RABCEWICZ (1974), BARTON *et al.*, (1974), WICKMAN *et al.*, (1974), BIENIAWSKI (1976) e ROCHA (1976) (*apud* OJIMA, 1982).

As classificações geomecânicas de maciços rochosos têm como objetivo principal, a identificação e determinação de porções que quando solicitadas por uma obra de engenharia, apresentam comportamentos geotécnicos semelhantes.

Estas classificações, na maioria dos casos, são sistemas ponderados nos quais atribuem-se pesos aos parâmetros. Assim, esses sistemas, através da compartimentação do maciço, permitem prever para cada obra, medidas de estabilização para cada setor do maciço e tempo de autosustentação, além de sugerirem o método construtivo e uso de suportes (ancoragens, cambotas metálicas, tirantes, etc).

A fim de analisar a evolução dos sistemas de classificação de maciços rochosos, elaborou-se uma tabela de classificações, relacionando-se os autores e os parâmetros por eles empregados em cada sistema (TABELA 21).

Pela análise da TABELA 21, verifica-se que a classificação de TERZAGHI (1946), baseia-se principalmente nos parâmetros ligados à rocha, propriamente dita, tais como: grau de alteração, estruturas internas, presença de minerais expansivos, etc. Já DEERE (1964) destaca a importância da caracterização das descontinuidades e introduz o conceito de RQD.

Apesar das inúmeras propostas de sistemas de classificação, BARTON *et al.*, (1974) e BIENIAWSKI (1974) são utilizadas com maior frequência nas obras brasileiras, principalmente, por serem de fácil aplicação em sondagens e frentes de escavação. Então, para a aplicação dessas, faz-se necessária a obtenção dos parâmetros geológico-

geotécnicos discutidos por ISMR (1977), MATULA (1981), ABGE (1983) e SERRA e OJIMA (1998).

Como são inúmeras as tentativas de estabelecer critérios para classificar o maciço rochoso, neste trabalho serão destacados apenas alguns desses sistemas de (TERZAGHI, 1946; BARTON *et al.*, 1974; BIENIAWSKI, 1976 e ROCHA, 1976), no sentido de ilustrar os principais parâmetros geológicos-geotécnicos empregados em uma classificação geomecânica.

TABELA 21 – Quadro comparativo de critérios empregados nas classificações geomecânicas (modificado de VAZ, 1982).

Parâmetros	Autor (data)	TERZAGHI (1946)	RABCEWICZ (1957)	LAUFFER (1958)	DEERE (1964)	IKEDA (1970)	AFTES (1974)	PACHER & RABCEWICZ (1974)	WICKHAM et al. (1974)	BARTON et al. (1974)	BIENIAWSKI (1976)	ROCHA (1976)
1-ROCHA												
-tipo litológico						X						
-estruturas internas (xistosidade, estratificação, etc)		X	X		X	X						
-alteração intempérica		X	X				X	X	X	X		
-minerais expansivos		X	X			X				X		
-resistência (compressão simples, puntiforme, etc)		X	X	X	X		X		X	X	X	
2-DESCONTINUIDADE												
-orientação											X	
-espaçamento		X	X		X		X	X	X	X	X	X
-superfície das paredes									X	X	X	X
-alteração das paredes										X	X	X
-abertura					X				X	X	X	
-preenchimento					X			X	X	X	X	X
-número de famílias										X	X	X
3-MACIÇO ROCHOSO												
-RQD					X					X	X	
-velocidade de propagação						X						
4-CARACTERÍSTICAS REGIONAIS												
-tensões virgens			X	X			X	X	X	X		
presença de água		X	X			X		X		X	X	X
-estruturas internas (falhas, diques, contatos, etc)												
ELEMENTOS CONSIDERADOS												
-recobrimento		X	X				X					
-seção		X					X					
método construtivo												
OBJETIVOS												
caracterização					X							
-indicação de método construtivo						X	X		X			
-indicação de suporte		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
-indicação do revestimento definitivo			X			X						
-indicação de tempo de auto sustentação				X					X		X	

II.3.1.Classificação de Terzaghi (1946)

A finalidade desta classificação é a identificação de feições geológicas importantes e das cargas atuantes no maciço rochoso, além de propor o sistema de contenção mais adequado ao maciço, frente às solicitações da obra.

Essa classificação foi baseada na experiência adquirida por TERZAGHI em túneis ferroviários, na região dos Alpes.

Os principais parâmetros do sistema proposto por TERZAGHI são: as estruturas internas da rocha (xistossidade, estratificação, foliação, etc); grau de alteração; presença de minerais expansivos; espaçamento das descontinuidades; presença de água e tensões *in situ*.

Através da análise desses parâmetros pode-se verificar que os critérios utilizados por TERZAGHI, na sua maioria, têm caráter qualitativo.

II.3.2.Classificação de Barton, Lien e Lunde (1974) – Sistema Q

A classificação de BARTON *et al.*, (1974) originou-se na Noruega com o objetivo de quantificar o comportamento do maciço rochoso através da determinação de sua qualidade por um índice, denominado Q, que relaciona os parâmetros: grau de alteração, RQD, número de famílias e rugosidade das fraturas, presença de água e estado de tensões.

A proposta desse sistema de classificação foi baseada na retroanálise de 212 casos históricos de obras de escavação subterrânea.

A quantificação da qualidade do maciço rochoso pode ser definida através de seis parâmetros relacionados na seguinte equação:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad \text{(equação 1)}$$

onde :

RQD - índice geomecânico proposto por DEERE, 1967 (*Rock Quality Designation*);

J_n - índice de influência do número de famílias de fraturas;

J_r - índice de influência da rugosidade das descontinuidades;

J_a - índice de influência da alteração das paredes das fraturas;

J_w - índice de influência da ação da água subterrânea;

SRF - índice de influência do estado de tensões no maciço (*Stress Reduction Factor*).

Cada quociente proposto para obtenção do Índice Q, de qualidade do maciço rochoso, representa as características intrínsecas ao maciço:

$\frac{RQD}{J_n}$ - tamanho dos blocos do maciço rochoso;

$\frac{J_r}{J_a}$ - resistência ao cisalhamento das descontinuidades;

$\frac{J_w}{SRF}$ - tensões atuantes "in situ".

Para cálculo do valor de Q, os valores dos quocientes RQD/J_n e J_r/J_a podem ser facilmente obtidos através das descrições de sondagens. Já na avaliação dos parâmetros J_w e SRF, pode ser necessário, além da caracterização dos testemunhos, observações diretas complementares do maciço rochoso, visando a estimativa mais adequada com respeito à percolação d'água e cargas atuantes no maciço. O parâmetro J_n , ou seja, o número de famílias de fraturas que compõem um sistema de juntas, pode ser caracterizado simultaneamente as medidas de orientação. Trata-se de um parâmetro fundamental, responsável pela estabilidade do talude de rocha, e de acordo com suas características pode afetar diretamente o comportamento do maciço.

O índice Q deve ser obtido através da aplicação das TABELAS 22 a 28, relativas aos parâmetros (qualidade de rocha, número de famílias de fraturas, rugosidade, alteração das paredes, afluição de água, estado de tensões do maciço). Após a determinação dos valores de cada parâmetro, deve-se utilizar a equação 1, para então calcular o valor do índice Q e verificar como o maciço rochoso se comporta perante a solicitação da obra (TABELA 28).

TABELA 22 – Índice de qualidade de rocha (BARTON *et al.*, 1974).

PADRÃO GEOMECÂNICO DA ROCHA	VALORES DE RQD (%)
Muito Ruim	0-25
Ruim	25-50
Regular	50-75
Bom	75-90
Excelente	90-100

Para $RQD < 10$ ou nulo, adotar um valor nominal igual a 10

TABELA 23 – Índice do número de famílias de descontinuidades – J_n (BARTON *et al.*, 1974).

CONDIÇÕES DE COMPARTIMENTAÇÃO DO MACIÇO	VALORES DE J_n
Nenhuma ou poucas fraturas presentes	0,0-1,0
Uma família presente	2
Uma família mais fraturas esparsas	3
Duas famílias presentes	4
Duas famílias mais fraturas esparsas presentes	6
Três famílias	9
Três família mais fraturas esparsas	12
Quatro ou mais famílias presentes	15
Rocha completamente fragmentada	20

Obs: Para interseções, usar 3 J_n e, para emboques, 2 J_n

TABELA 24 – Índice de rugosidade das fraturas – Jr (BARTON *et al.*, 1974).

CONDIÇÕES DE RUGOSIDADE DAS PAREDES	VALORES DE Jr
Fraturas com contato rocha-rocha e sem deslocamento relativo entre as paredes das fraturas	
Fraturas não persistentes	4
Fraturas rugosas ou irregulares, onduladas	3
Fraturas lisas, onduladas	2
Fraturas polidas, onduladas	1,5
Fraturas rugosas ou irregulares, planas	1,5
Fraturas lisas, planas	1,0
Fraturas polidas ou estriadas, planas	0,5
Fraturas sem contato rocha-rocha e com deslocamento relativo entre as paredes das fraturas	
Fraturas preenchidas com material argiloso	1,0
Fraturas preenchidas com material granular	1,0

Obs: Acrescentar 1,0 ao valor de Jr quando o espaçamento médio das fraturas relevantes for maior que 3,0m

TABELA 25 – Índice de alteração das paredes das fraturas – Ja (BARTON *et al.*, 1974).

CONDIÇÕES DE ALTERAÇÃO DAS PAREDES	VALORES DE J_a e ϕ_r^* (°)	
Fraturas com contato rocha-rocha e sem deslocamento relativo entre as paredes das fraturas		
Paredes duras, compactas e com preenchimento de materiais impermeáveis (quartzo, epidoto, etc)	0,75	-
Paredes sem alteração e com leve descoloração	1,0	25°-35°
Paredes levemente alteradas, com presença de partículas arenosas	2,0	25°-35°
Paredes com película de material silto-arenoso com fração argilosa	3,0	20°-25°
Paredes com película de material mole e eventualmente presença de minerais expansivos	4,0	8°-16°
Fraturas com contato rocha-rocha, com deslocamento relativo entre as paredes das fraturas (<10 cm)		
Paredes com partículas arenosas, fragmentos de rocha, etc	4,0	25°-30°
Paredes com preenchimento contínuo e pouco espesso (< 5mm) de material argiloso fortemente sobreadensado	6,0	16°-24°
Paredes com preenchimento contínuo e pouco espesso (<5mm) de material argiloso pouco/medianamente sobreadensado	8,0	12°-16°
Fraturas com preenchimento de material argiloso expansivo	8,0-12,0	6°-12°
Fraturas sem contato rocha-rocha e com deslocamento relativo entre as paredes das fraturas		
Zonas de preenchimento com fragmentos de rocha e material argiloso	6,0 8,0 8,0-12,0	6°-12°
Zonas de preenchimento com material areno-silto argiloso	5,0	-
Zonas de preenchimento com material argiloso	10,0-13,0 13,0-20,0	6°-24°

* Ângulo de atrito residual típico (indicativo das propriedades mineralógicas dos produtos de alteração ou preenchimento)

TABELA 26 – Índice de afluência da água – J_w (BARTON *et al.*, 1974).

CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA DE ÁGUA	VALORES DE J_w e μ^* (Kg/cm^2)	
Escavação a seco ou com pequena afluência de água (<5l/min)	1,0	<1,0
Afluência média ou pressão de água com eventual carreamento do preenchimento	0,66	1,0-2,5
Afluência elevada de água em rochas competentes de fraturas não preenchidas	0,5	2,5-10,0
Afluência elevada com carreamento do preenchimento	0,33	2,5-10,0
Afluência excepcionalmente elevada de água, decaindo com o tempo	0,1-0,2	>10
Afluência excepcionalmente elevada de água, sem decaimento com o tempo	0,05-0,1	>10

*Valores aproximados das pressões de água intersticial

TABELA 27 – Índice do estado de tensões do maciço – SRF (BARTON *et al.*, 1974).

CONDIÇÕES DAS TENSÕES DO MACIÇO	VALORES DE SRF
Zonas de baixa resistência, interceptando a escavação	
Ocorrências múltiplas contendo material argiloso ou rocha quimicamente decomposta (qualquer profundidade)	10,0
Ocorrência específica contendo material argiloso ou rocha quimicamente decomposta (profundidade da escavação < 50m)	5,0
Ocorrência específica contendo material argiloso ou rocha quimicamente decomposta (profundidade da escavação > 50m)	2,5
Ocorrências múltiplas de zonas de material cisalhado em rochas competentes, isentas de argila e com blocos desagregados de rocha (qualquer profundidade)	7,5
Ocorrência específica de zonas de material cisalhado em rochas competentes, isentas de material argiloso (profundidade da escavação < 50m)	5,0
Ocorrência específica de zonas de material cisalhado em rochas competentes, isentas de material argiloso (prof. escavação > 50m)	2,5
Ocorrência de juntas abertas e intenso fraturamento do maciço (qualquer profundidade)	5,0

Obs: No caso da ocorrência de baixa resistência interceptando a escavação, recomenda-se a redução dos valores de SRF de 25%-50%

Rochas competentes (comportamento rígido das deformações)			
σ_1 e σ_3 - tensões principais			
σ_c - resistência à compressão uniaxial			
σ_t - resistência à tração (carga puntiforme)			
	σ_3/σ_1	σ_t/σ_1	SRF
Tensões baixas, subsuperficiais	>200	>13	>2,5
Tensões moderadas	100-200	0,66-13	1,0
Tensões elevadas	-10	0,33-0,66	0,5-2,0
Condições moderadas de rocha explosiva (rock burst)	2,5-5,0	0,16-0,33	5-10
Condições intensas de rocha explosiva (rock burst)	<2,5	<0,15	10-20

Obs: 1) No caso de tensões superficiais (H), adotar SRF=5

2) Para maciços muito anisotrópicos, introduzir as correções de σ_c e σ_t de acordo com os critérios:

a) $5 < \sigma_1/\sigma_3 < 10$, reduzir σ_c e σ_t para $0,8\sigma_c$ e $0,8\sigma_t$

b) $\sigma_1/\sigma_3 > 10$, reduzir σ_c e σ_t para $0,6\sigma_c$ e σ_t

Rochas incompetentes (comportamento plástico)	
Tensões moderadas	5,0-10,0
Tensões elevadas	10,0-20,0
Rochas expansivas (dependendo da presença de água)	
Tensões moderadas	5,0-10,0
Tensões elevadas	10,0-20,0

TABELA 28 – Classificação do maciço rochoso – Q (GRIMSTAD & BARTON, 1993 *apud* IPT, 1997).

PADRÃO GEOMECÂNICO DO MACIÇO	VALORES DE Q
Péssimo (excepcionalmente ruim)	<0,01
Extremamente ruim	0,01-0,1
Muito ruim	0,1-1,0
Ruim	1,0-4,0
Regular	4,0-10,0
Bom	10,0-40,0
Muito Bom	40,0-100,0
Ótimo (extremamente bom)	100,0-400,0
Excelente (excepcionalmente bom)	>400,0

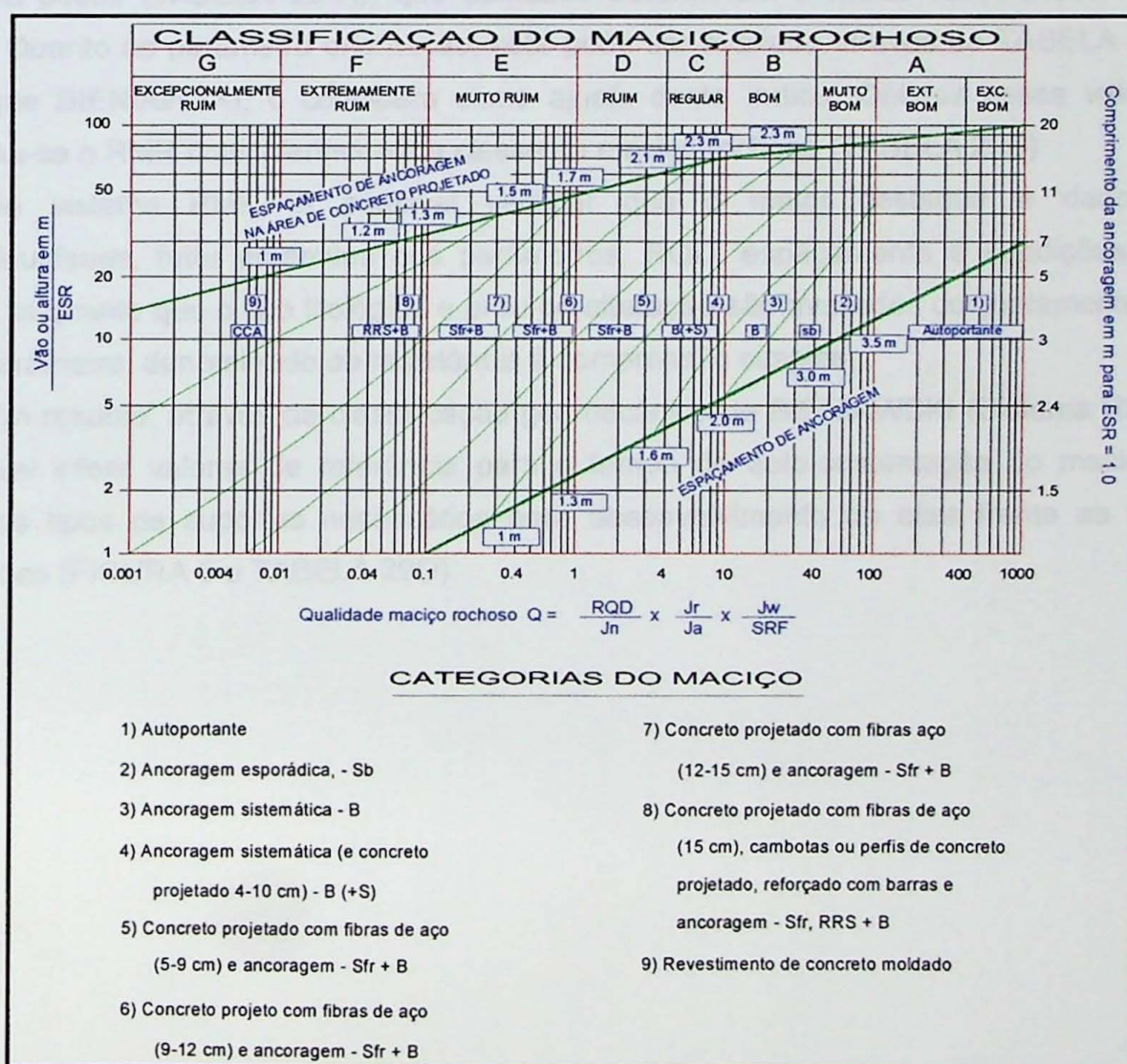


FIGURA 4 – Ábaco com sugestões de suporte (GRIMSTAD & BARTON, 1988 *apud* IPT, 1997).

A FIGURA 4 mostra que a partir do índice Q e altura do vão da escavação, pode-se determinar o tipo de suporte necessário para contenção e ainda o espaçamento da ancoragem e espessura do concreto projetado, de acordo com a classificação definida do maciço.

II.3.3.Classificação de Bieniawski (1976) – Sistema RMR

O sistema de classificação proposto por BIENIAWSKI (1974) foi seguidamente aprimorado em 1976, 1979, 1984 e 1989. Foi elaborado para aplicação em obras subterrâneas na África do Sul, baseado inicialmente na retroanálise de 49 casos históricos.

Para a caracterização do maciço rochoso segundo BIENIAWSKI, é necessário relacionar os seguintes parâmetros: RQD, espaçamento entre fraturas, condições físicas e geométricas das descontinuidades, resistência à compressão uniaxial, percolação da água subterrânea e orientação das descontinuidades. Aos cinco primeiros parâmetros são atribuídos pesos (TABELA 29 A), que somados determinam o índice RMR (*Rock Mass Rating*). Quanto ao parâmetro orientação, este pode ser avaliado através da TABELA 29B, sendo que BIENIAWSKI, o considera como ajuste deste índice. Obtidos esses valores, determina-se o RMR final inferindo-se a classe de maciço rochoso (TABELA 29C).

No sistema RMR, é possível verificar que o maior destaque é dado às descontinuidades, fator presentes nos parâmetros, RQD, espaçamento e condições das fraturas, enquanto que o tipo litológico e grau de alteração são avaliados conjuntamente em um só parâmetro, denominado de resistência à compressão simples.

Em resumo, através da classificação geomecânica de BIENIAWSKI (Sistema RMR), é possível inferir valores de referência para o tempo de auto-sustentação do maciço e indicar os tipos de suportes necessários para desenvolvimento da obra frente as suas solicitações (FIGURA 5 e TABELA 29D).

TABELA 29 – Classificação geomecânica de BIENIAWSKI, 1976.

A- Classificação dos parâmetros e seus pesos relativos											
PARÂMETROS				FAIXA DE VALORES							
1	Resistência da rocha intacta	Índice de compressão pontual		>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Utilizar dados de ensaios uniaxial			
		Resistência à compressão uniaxial	Peso relativo					>250 MPa	15	100-250 MPa	12
2		RQD	90-100%	75-90%	50—75%	25-50%	>25%				
3	Espaçamento das descontinuidades	Peso relativo	20	17	13	8	3				
			>2m	0,6-2m	200-600m	60-200m	<60mm				
4	Condições das fraturas	Peso relativo	20	1	10	8	5				
			Superfície muito rugosa. Não contínua. Fechada. Paredes de alteração duras	Superfície pouco rugosa. Abertura <1mm. Paredes pouco alteradas	Superfície pouco rugosa. Abertura <1mm. Paredes altamente alteradas	Superfície estriada ou c/ preenchimento < 5mm ou com abertura 1-5mm. Fraturas contínuas	Preenchimento >5mm ou abertura >5mm. Paredes contínuas				
5	Água subterrânea	Peso relativo	30	25	20	10	0				
		Infiltração 10 metros de túnel	Nenhuma	<10l/min	10-25l/min	25-125l/min	>125l/min				
		Relação = pressão de água na frat. Tensão principal máxima	30	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5				
		Condições gerais	Completamente seco	Úmido	Úmido	Água sob pressão moderada	Problemas graves de água				
		Peso relativo	15	10	7	4	0				

B- Peso de ajustamento para orientação das descontinuidades						
Peso relativo	Direção e mergulho das descontinuidades		Favorável		Desfavorável	
	Muito favorável		Acetável		Muito desfavorável	
	Túneis		Fundações		Talude	
	0		-2		-5	

C- Classe de maciço rochoso para determinado peso relativo					
Peso relativo	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Número da classe	I	II	III	IV	V
Descrição	Muito Bom	Bom	Regular	Pobre	Muito Pobre

D- Significado das classes					
Número da classe	I	II	III	IV	V
Tempo médio de auto sustentação	10 anos para vão de 5m	6 meses para vão de 8m	1 semana para vão de 5m	10 horas para vão de 2,5m	30 minutos para vão de 1m
Coesão para o maciço rochoso	>400MPa	300-400MPa	200-300MPa	100-200MPa	<100MPa
Ângulo de atrito para o maciço	<45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°

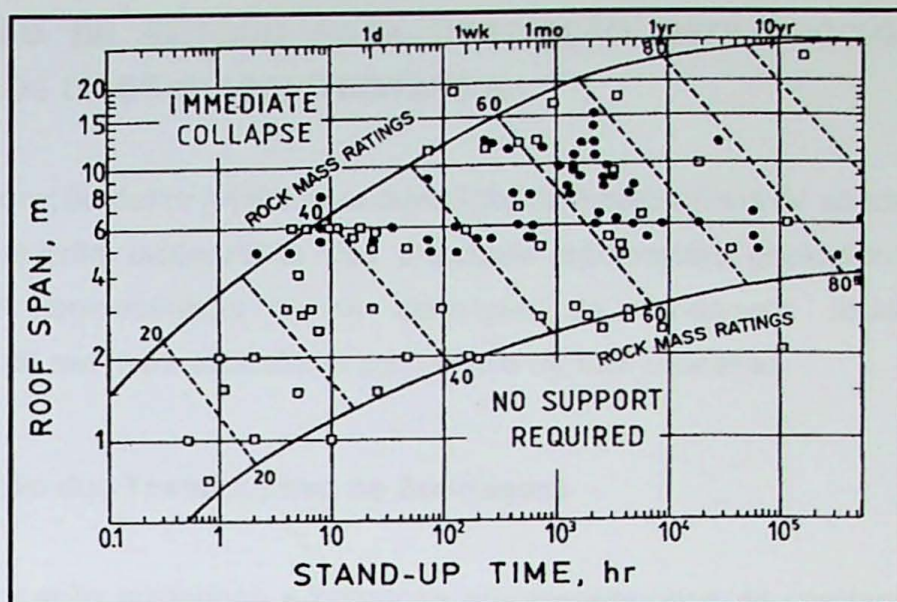


FIGURA 5 – Classificação geomecânica de maciços rochosos aplicada a túneis e minerações subterrâneas. (BIENIAWSKI, 1984).

- casos históricos de rupturas em minerações
- desabamentos em túneis

II.3.4. Classificação de Rocha (1976)

A classificação de ROCHA (1976) tem como objetivo principal a identificação de deslocamento de massas instáveis, ocasionadas principalmente pelo fraturamento do maciço rochoso.

Em sua classificação, o autor propõe a caracterização do maciço através do conhecimento e interpretação das estruturas, observando os seguintes parâmetros: espaçamento entre as descontinuidades, características das fraturas (rugosidade e estado de alteração das paredes, tipo de preenchimento e número de famílias) e a percolação de água.

A cada um desses parâmetros atribui-se um peso, no qual a sua somatória resultará no índice denominado RM, que define 5 classes de maciço rochoso. Através da determinação de uma das classes é possível sugerir a utilização de sistemas de contenção ocasionais ou sistemáticos.

Nesta classificação a determinação da maioria dos parâmetros baseia-se em critérios qualitativos, o que por vezes pode tornar subjetiva a inferência da qualidade do maciço rochoso.

III. SUGESTÃO DE MÉTODO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAGENS ROTATIVAS

A elaboração deste roteiro para descrição de testemunhos de sondagens rotativas foi baseada na revisão bibliográfica dos principais parâmetros geológico-geotécnicos, nas classificações geomecânicas e na descrição de sondagens rotativas, visando a apresentação de um manual bastante completo e de fácil utilização.

III.1. Preparação dos Testemunhos de Sondagens

A preparação cuidadosa e criteriosa dos testemunhos de sondagens é uma etapa fundamental durante as descrições pois através deste detalhamento pode-se obter os parâmetros necessários para se classificar o maciço rochoso.

Para a caracterização de uma sondagem recomenda-se a utilização dos seguintes materiais: calha¹, trena (mínimo de 3 metros), transferidor ou clinômetro, material de limpeza, martelo de geólogo, lâmina de aço (canivete), lupa, ácido clorídrico e tabela de cores.

A preparação dos testemunhos deve começar com a limpeza das peças, utilizando-se uma escova de pêlo macia para remoção da poeira ou um pano umedecido com água para destacar e evidenciar as características da rocha, que podem estar dissimuladas devido a pequenos riscos nos testemunhos, deixados pela rotação e atrito do equipamento de perfuração.

Sugere-se a utilização de fotografias das caixas de amostras² para orientar a reconstituição do furo para a descrição. O ideal seria que essas fotografias fossem tiradas imediatamente ou logo após a retirada das amostras do furo de sondagem, evitando assim a inversão da ordem das peças, devido ao manuseio e descuido, prejudicando a descrição correta do furo (FOTOS 1 a 5).

¹ calha de madeira ou metal, em forma de V, indicado para descrição de sondagens, a fim de facilitar a preparação e disposição dos testemunhos antes do início de uma descrição.

² caixa de madeira leve, retangular, com tampa e divisões longitudinais, destinados ao armazenamento ordenado de testemunhos de sondagens. Possui dimensões padronizadas para fins de arquivamento do material de uma obra (ABGE, 1980).



FOTO 1 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 01 e 02).



FOTO 2 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 03 e 04).

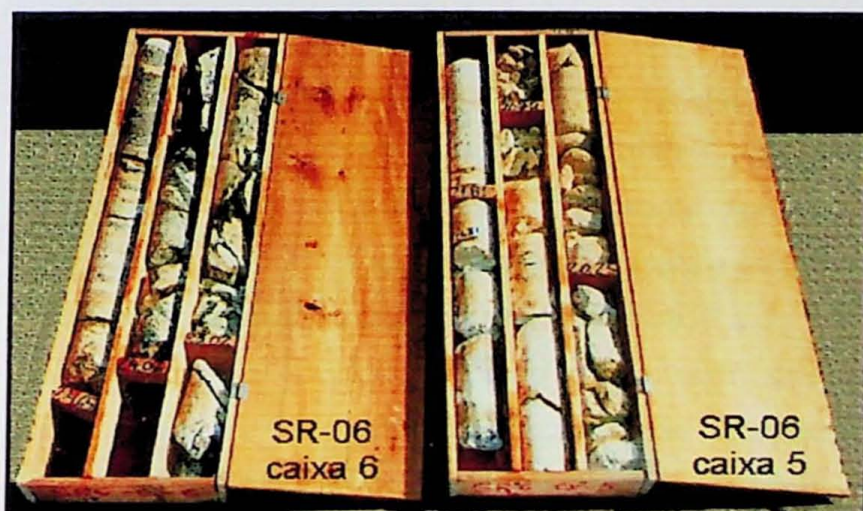


FOTO 3 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 05 e 06).



FOTO 4 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 07 e 08).



FOTO 5 – Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-06, caixa nº 09 e 10).

A reconstituição das manobras³ na calha, facilita identificar peças invertidas na caixa, devido a quedas ou até mesmo descuido do sondador ou técnico, impedindo a caracterização correta da sondagem. Todo esse procedimento deve ser executado como a montagem de um “quebra-cabeças”, no qual as peças, quando encaixadas perfeitamente, representam fielmente as características do maciço (FOTOS 6, 7 e 8).

Na reconstituição dos testemunhos sobre a calha, além das fotografias, quando disponíveis, sugere-se também utilizar o boletim de campo do sondador. Este boletim pode conter observações que auxiliam na recomposição do “quebra-cabeças”, como por exemplo, “trechos que a rocha fica mole”, “sonda penetra mais facilmente” podem significar, para descrição do material, porções muito fragmentadas, presença de material alterado, mudança litológica, etc.

³ operação de avanço de uma sondagem correspondente a descida, perfuração e levantamento da coluna de material perfurado, ou seja comprimento da manobra corresponde ao trecho perfurado (ABGE, 1980).



FOTO 6 – Exemplo de calha de madeira para descrição de sondagem.



FOTO 7 – Montagem da manobra 29,22/30,52m do furo SR-05, caixa nº08 (gnaisse biotítico).



FOTO 8 – Montagem da manobra 19,56/20,62m do furo SR-01, caixa nº04 (gnaisse granítico).

Para se iniciar a montagem das manobras, recomenda-se verificar os sinais deixados pela mola retentora⁴ no testemunho no final da primeira manobra. A partir desta marca, preferencialmente, os testemunhos são encaixados com auxílio das fotos das caixas de amostras e do boletim de sondagem, no sentido da base para o topo da manobra, sempre acompanhando este procedimento com uma trena para confirmar as profundidades, definidas pelo sondador. Muitas vezes estas marcas não são detectadas, e neste caso, recomenda-se utilizar como guia, as profundidades anotadas na caixa pelo sondador e as estruturas geológicas, tais como xistosidade, contatos, camadas, foliações, etc. Todo esse cuidado na reconstituição da sondagem, justifica-se pelo fato de que a montagem criteriosa das peças permite a reprodução original dos contatos litológicos e estruturas presentes no maciço. (FOTOS 7, 8 e 9)

Em geral, a determinação exata do topo rochoso, através da análise de testemunhos de sondagem, é dificultada pelo fato de que essa é uma região de contraste, ou seja, da passagem do solo saprolítico para a rocha, e nem sempre é determinado o ponto exato desta mudança. Assim, no decorrer desta etapa, aconselha-se uma montagem cuidadosa dos testemunhos de sondagens facilitando a determinação desta profundidade, e no caso de não ser possível a reconstrução deste trecho, sugere-se utilizar a profundidade citada no boletim do sondador.

⁴ dispositivo cônico com ranhuras ou palhetas, que encontra-se apoiado no interior da coroa de perfuração. Sua finalidade é auxiliar a retenção do testemunho durante o içamento da coluna de perfuração no furo (ABGE, 1980).



FOTO 9 – Marca da mola retentora (SR-03, caixa nº06).

Salienta-se que, após a conclusão da descrição de cada manobra na calha, os testemunhos sejam novamente armazenados dentro da caixa de amostras, sempre de forma organizada, possibilitando e facilitando seu uso posterior. Caso houver necessidade da retirada de amostras para ensaio, é preciso que seja registrado o fato, mencionando-se a sua profundidade e localização do trecho, no interior da caixa.

III.1.1. Tipo Litológico

A caracterização do tipo litológico tem importância fundamental no comportamento geotécnico do maciço. Então, para a classificação do tipo de rocha, sugere-se a utilização das TABELAS 1, 2 e 3, elaboradas por MATULA (1981) que, baseado em análises macro e microscópicas, descreve as rochas, de forma objetiva, separando-as por grupo genético, a partir de suas características estruturais, texturais e mineralógicas.

O procedimento ideal para descrição deste parâmetro em testemunhos de sondagens, segue abaixo:

- 1) montagem das peças na calha, se possível com pelo menos duas manobras consecutivas, facilitando a descrição contínua da sondagem;
- 2) anotar as profundidades das mudanças litológicas, com o auxílio de uma trena, observando atentamente a constituição mineralógica, variação granulométrica,

estruturas e outras características da rocha que podem contribuir no comportamento geotécnico;

- 3) para determinar a cor da rocha, sugere-se empregar a TABELA de MUNSELL (1988), muito difundida e aplicada no meio técnico.

III.1.2. Grau de Alteração

A descrição do grau de alteração, devido à sua influência nas características mecânicas da rocha tem grande relevância na determinação do comportamento geotécnico do maciço rochoso

Para aquisição deste parâmetro, em testemunhos de sondagens, recomenda-se a utilização da TABELA 30, proposta a partir da revisão bibliográfica efetuada. Na elaboração desta tabela procurou-se contemplar de forma objetiva as características químicas e físicas da rocha.

Há algumas restrições quanto ao uso deste parâmetro em rochas sedimentares, pois muitas vezes, a sua avaliação não obedece o mesmo raciocínio adotado para rochas cristalinas (mágmatas e metamórficas). Nas rochas sedimentares, nem sempre o aumento do grau de alteração resulta na diminuição da resistência da rocha. Desta forma, sugere-se somente a utilização do parâmetro coerência (TABELA 14), como indicativo das características mecânicas das rochas sedimentares.

Cabe destacar, também, que o grau de intemperismo das rochas, tem grande importância nas regiões tropicais, onde a alteração química atinge grandes profundidades, e pode afetar, muitas vezes, as obras de engenharia, devido à diminuição considerável da resistência mecânica do maciço rochoso.

TABELA 30 – Graus de alteração (modificado de SERRA e OJIMA, 1998).

GRAU DE ALTERAÇÃO	SIGLA	Características da rocha
Rocha sã ou praticamente sã	A1	• Apresenta minerais sem vestígios de alteração ou com alterações físicas e químicas incipientes; • A rocha é ligeiramente descolorida e seus minerais apresentam brilho; • Escavável somente à fogo.
Rocha medianamente alterada	A2	• Apresenta minerais medianamente alterados; • A rocha é bastante descolorida; • Escavável somente à fogo.
Rocha muito alterada	A3	• Apresenta minerais muito alterados; • A rocha apresenta-se totalmente descolorida; • Escavável a picareta.
Rocha extremamente alterada	A4	• Apresenta minerais totalmente alterados, por vezes pulverulentos e friáveis; • A rocha é intensamente descolorida e totalmente sem brilho; • Quebra-se facilmente com as mãos; • Escavável a enxadão.

Destacada a importância deste parâmetro e proposta a TABELA 30 para sua caracterização, recomenda-se o seguinte procedimento para análise:

- 1) delimitar as profundidades de cada trecho de mudança no grau de alteração;
- 2) observar atentamente cada testemunho de rocha, se possível com o auxílio de uma lupa, descrevendo macroscopicamente as propriedades físicas e químicas referentes a brilho, bordas de alteração, coloração, etc;
- 3) terminada a observação, deve-se procurar na TABELA 30, o grau de alteração corresponde às características reconhecidas em cada trecho, estendendo o mesmo procedimento para os trechos e manobras consecutivas até o final do furo de sondagem.

As FOTOS 2 a 5, mostram diferentes graus de alteração de rocha, variando desde A4 (rocha extremamente alterada) a A1 (rocha sã).

III.1.3. Grau de Coerência

A determinação do grau de coerência através das propriedades de resistência ao impacto de martelo e ao risco com lâmina de aço, aliada ao grau de alteração, exerce influência direta nas características mecânicas do maciço.

Para a avaliação deste parâmetro, recomenda-se o emprego da TABELA 14. Trata-se de uma classificação bastante prática de caráter tátil-visual, necessitando-se apenas do uso de martelo e canivete para a avaliação da resistência do material; de forma mais abrangente, correlaciona a coerência com os valores de resistência à compressão uniaxial.

Para descrição do grau de coerência recomenda-se o seguinte procedimento:

- 1) marcar as profundidades relativas a cada mudança do grau de coerência;
- 2) efetuar os testes expeditos (resistência ao impacto e ao risco) nos testemunhos, para todo o furo de sondagem;

Normalmente este parâmetro é descrito conjuntamente com o grau de alteração das rochas, pois dificilmente encontra-se na natureza uma rocha sã ou praticamente sã (A1) e incoerente (C5); com exceção das rochas sedimentares, conforme já explicitado no item anterior.

III.1.4. Recuperação

É um parâmetro quantitativo obtido através de testemunhos de sondagens, sendo muito útil na identificação da qualidade do maciço rochoso, e até mesmo um avaliador da execução de sondagem.

O procedimento recomendado para sua aquisição segue as seguintes etapas:

- 1) montagem das manobras em uma calha e posteriormente, com o auxílio de uma trena, medir o trecho recuperado pelo barrilete amostrador;
- 2) a partir do boletim de campo do sondador, obter os comprimentos totais das manobras;
- 3) calcular a recuperação dos testemunhos por manobra a partir da expressão.

$$\% \text{ recuperação} = \frac{\text{trecho recuperado de rocha}}{\text{trecho perfurado (manobra)}} \times 100\% \quad (\text{equação 2})$$

Comumente, em função das próprias características do maciço, que está sendo interceptado pela sondagem, como por exemplo alteração, fraturamento, litologia, muitas vezes, agravadas por descuido do sondador, ocorrem problemas de baixa recuperação de testemunhos, prejudicando a interpretação deste parâmetro e sua extensão para o maciço rochoso. Assim, aconselha-se atenção na preparação dos testemunhos para descrição de sondagem, tentando identificar as zonas de perda de material, devido às suas características intrínsecas ou por problemas operacionais.

III.1.5. *Rock Quality Designation (RQD)*

O índice *Rock Quality Designation* é um parâmetro quantitativo, empregado com frequência na descrição de sondagens e em diversas classificações geomecânicas, por ser de fácil e objetiva aquisição, além de ser um indicativo de qualidade mecânica da rocha.

O procedimento para o seu cálculo e determinação da qualidade de rocha estão explicitados na FIGURA 2 e TABELA 18.

Quanto à descrição do RQD, sugere-se as seguintes etapas:

- 1) montagem de cada manobra na calha, observando, sempre que possível, as marcas da mola retentora deixadas pela execução do furo de sondagem;
- 2) distinguir as fraturas originais das ocasionadas pela perfuração, ou seja, das quebras mecânicas (FOTOS 10 e 11, respectivamente);
- 3) anotar as profundidades do começo e término de cada manobra;
- 4) com uma trena ou régua graduada em centímetros, medir as peças com comprimento igual ou superior a 10 centímetros;
- 5) calcular o valor do índice RQD, baseado na equação da FIGURA 2.

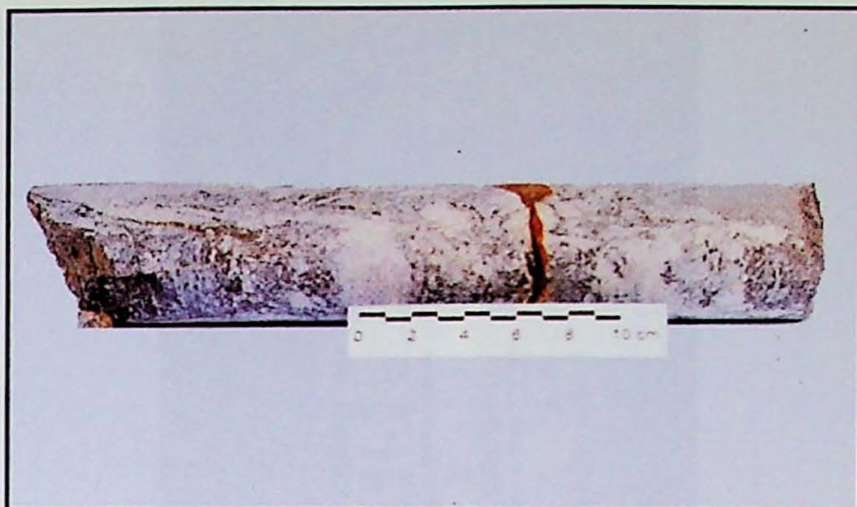


FOTO 10 – Fratura original, preenchida com material oxidado.



FOTO 11 – Quebra mecânica em gnaiss bandado, no detalhe observar o encaixe perfeito entre as duas peças. (SR-03, caixa nº08).

No caso de se optar pelo cálculo do Índice de Qualidade de Rocha (IQR), que consiste em uma adaptação do RQD, recomenda-se a adoção dos mesmos procedimentos acima descritos, porém, ao invés de se considerar as manobras, devem ser utilizados os trechos isofraturados, com comprimento igual ou superior a 50 centímetros.

A FOTO 12 ilustra algumas manobras com valores de RQD baixos que, segundo a TABELA 18, indicam qualidade de rocha, muito pobre a pobre.



FOTO 12 – Caixa de testemunhos de sondagem apresentando manobras com baixos valores de RQD e recuperação. (SR-03, caixa nº 06).

III.2. Descontinuidades

A caracterização das descontinuidades é indispensável na análise dos testemunhos de sondagens, pois a partir do conhecimento destas feições que interceptam o maciço rochoso, caracteriza-se a maioria dos parâmetros que têm influência direta na sua resistência mecânica.

Portanto destaca-se a necessidade de serem determinados os parâmetros relativos às feições estruturais, tais como: frequência de fraturas, orientação, rugosidade, tipo de preenchimento e estado de alteração das paredes.

III.2.1. Frequência das Fraturas

A frequência de fraturas, ou seja, o grau de fraturamento pode ser calculado pela observação, na calha, da ocorrência das fraturas dentro de um metro linear, isto é, o número de fraturas presentes em um metro linear de rocha perfurada.

Freqüentemente, durante a descrição de sondagens encontram-se fraturas seladas ou preenchidas por material coesivo que não são incluídas no cálculo de frequência de

fraturas, a não ser que a obra executada necessite da descrição pormenorizada deste parâmetro.

Para determinação do grau de fraturamento indica-se a TABELA 17, pois através de sua análise é possível correlacionar o tipo de fraturamento e a resistência do maciço rochoso.

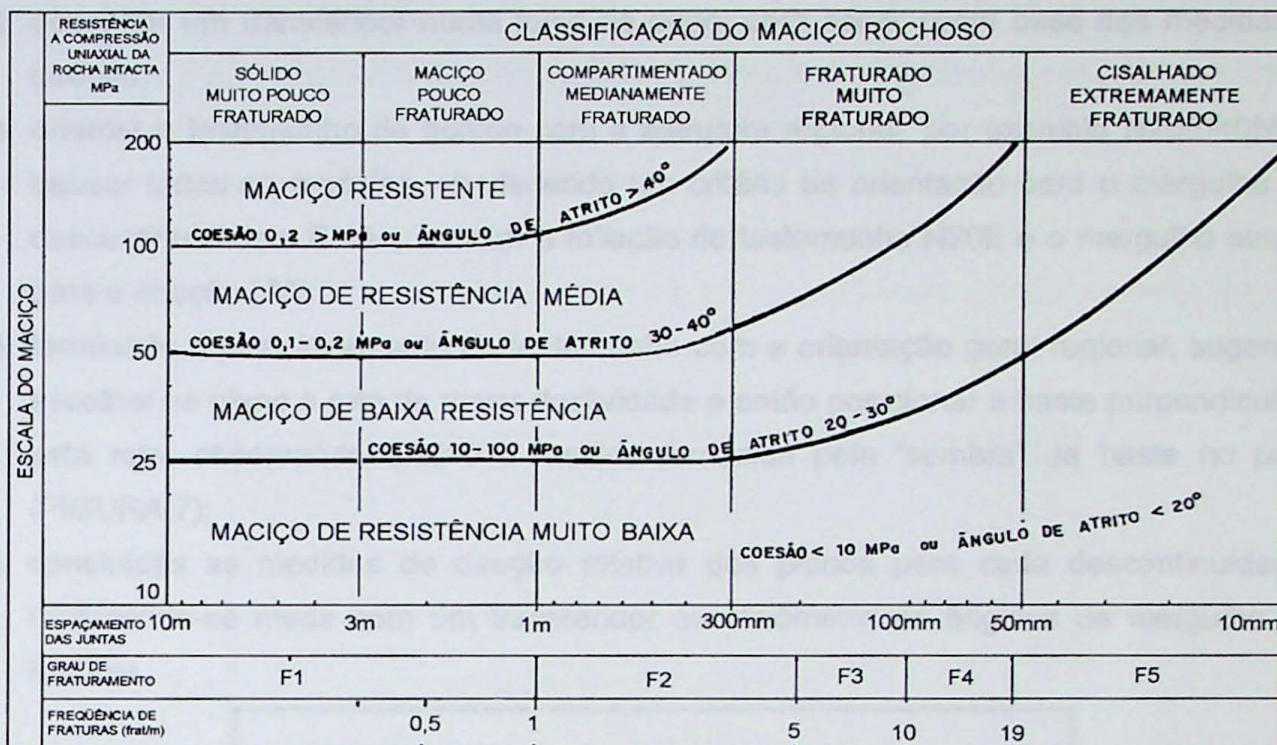


FIGURA 6 - Gráfico relacionando o espaçamento das fraturas e à resistência a compressão uniaxial das rochas (modificado BIENIAWSKI, 1973).

Um exemplo de freqüência de fraturas pode ser verificado pela observação da FOTO 8, onde são encontradas cinco fraturas em aproximadamente um metro linear de testemunho e portanto, empregando-se a TABELA 17, conclui-se que este trecho representa uma porção pouco fraturada do maciço rochoso (F2).

No caso de rochas sedimentares, este parâmetro pode ser empregado, porém com reservas, pois, devido às suas características genéticas, não é possível estabelecer e diferenciar as fraturas naturais das ocasionadas pela perfuração ou manuseio.

III.2.2. Orientação

A orientação de uma descontinuidade pode ser descrita através da medida de sua direção e mergulho. Sua determinação é fundamental pois permite visualizar a forma e tamanho dos blocos individuais no maciço rochoso.

Em testemunhos de sondagens, essas medidas podem ser obtidas, de forma relativa, no caso de rochas cristalinas foliadas, utilizando transferidor, prancheta e haste. No

caso de rochas cristalinas homogêneas ou sedimentares sugere-se utilizar os equipamentos indicados anteriormente.

O procedimento ideal para leitura dessas medidas segue abaixo:

- 1) escolher uma feição geológica regional como referencial para as demais medidas (por exemplo, a foliação de rochas metamórficas);
- 2) desenhar um transferidor numa folha de papel para servir como base das medidas de direção;
- 3) orientar o testemunho de acordo com a estrutura regional, por exemplo N20E/40NW e basear todas as medidas, obedecendo um critério de orientação para o mergulho das discontinuidades. Então, orientar a foliação do testemunho N20E e o mergulho sempre para a direção NW;
- 4) terminado o posicionamento do testemunho com a orientação geral regional, sugere-se escolher no plano a reta de maior declividade e então posicionar a haste perpendicular a esta reta, observando qual é a medida fornecida pela “sombra” da haste no papel (FIGURA 7);
- 5) concluídas as medidas de direção relativa dos planos para cada discontinuidades, recomenda-se medir com um transferidor ou clinômetro os ângulos de mergulho das fraturas.

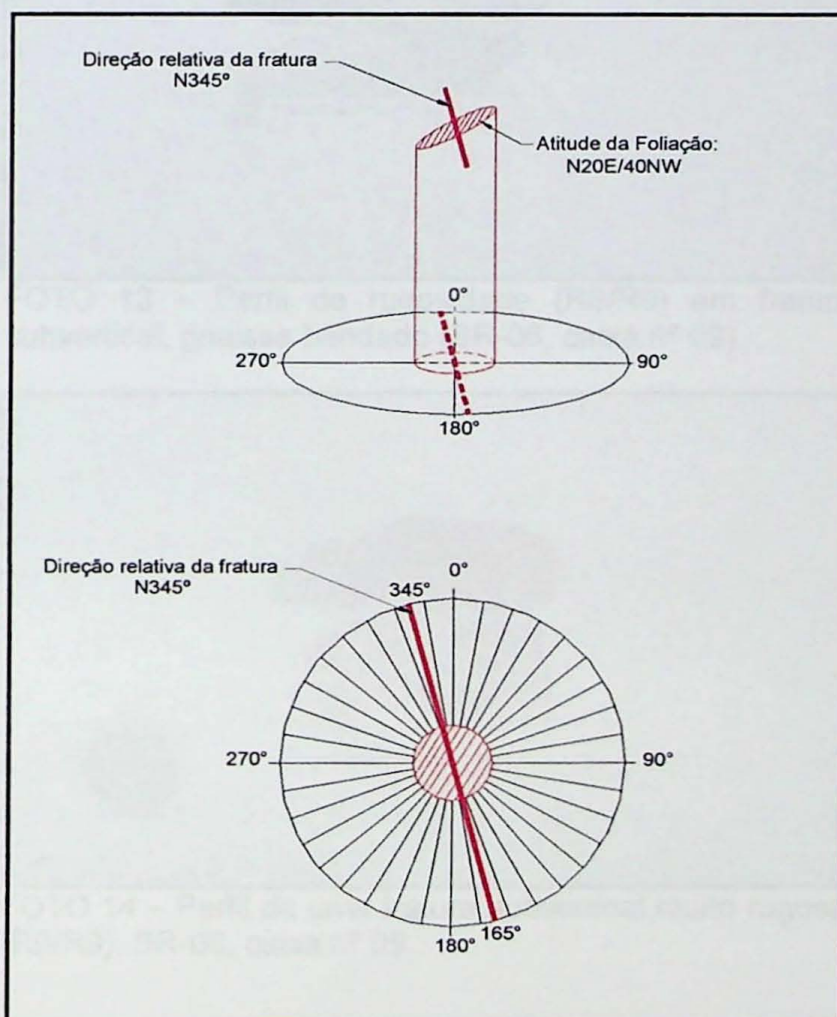


FIGURA 7 – Esquema de medidas de orientação (vista de perfil e em planta).

III.2.3. Rugosidade

Sabendo-se que a rugosidade das fraturas corresponde às ondulações das superfícies das discontinuidades, variando de escala milimétrica a métrica, recomenda-se para sua interpretação empregar os perfis de rugosidade definidos por BARTON e CHOUBEY, 1977 (FIGURA 3).

O procedimento para determinação da rugosidade é bastante simples, porém um pouco trabalhoso, sendo necessária uma comparação do perfil (corte) de cada fratura com os perfis contidos na FIGURA 3, para todas as fraturas ao longo do furo de sondagem. Para reproduzir, de forma expedita, sugere-se o emprego de um compasso, cuja a ponta seca deva percorrer a superfície da fratura, enquanto que a ponta com grafite, apoiada em uma folha de papel, desenha os contornos da rugosidade.



FOTO 13 – Perfil da rugosidade (R8/R9) em fratura subvertical, gnaiss bandado (SR-06, caixa nº 09).

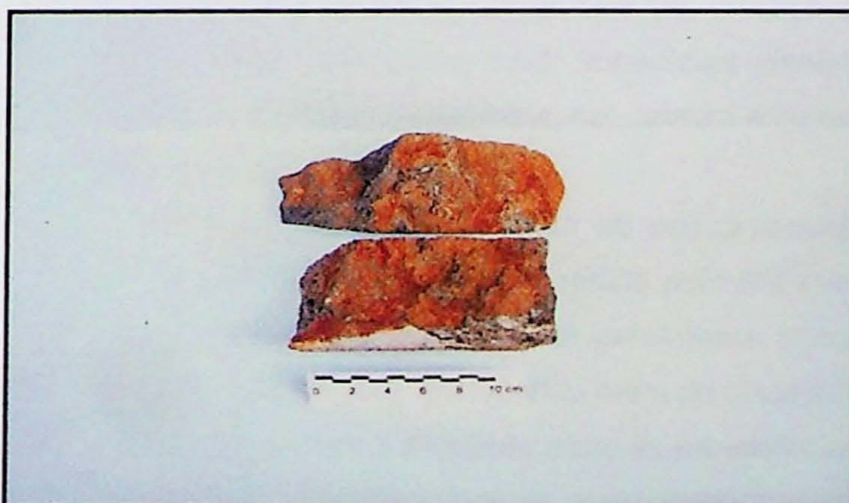


FOTO 14 – Perfil de uma fratura subvertical muito rugosa (R8/R9), SR-06, caixa nº 09.



FOTO 15 – Fratura pouco rugosa (polida) e preenchida por material oxidado, filonito (SR-07, caixa nº 08).

As FOTOS 13, 14 e 15, mostram exemplos de perfis de rugosidade. Nas FOTOS 13 e 14 é possível verificar fraturas subverticais, muito rugosas, correspondentes a R8/R9 na classificação proposta. A amostra da FOTO 15, ilustra uma fratura pouco rugosa, praticamente polida (R1/R2).

III.2.4. Tipo de Preenchimento e Estado de Alteração das Paredes

Estes parâmetros podem ser descritos conjuntamente, através da observação das características do material encontrado entre duas superfícies descontínuas (fraturas), destacando a sua espessura, granulação, mineralogia, cor, textura e natureza do material de preenchimento e estado de alteração das paredes.

Na classificação das discontinuidades, quanto ao seu preenchimento e alteração das paredes, recomenda-se o uso da TABELA 19, proposta pelo IPT (1997). Nela retratou-se, de forma muito completa, todas as características geralmente encontradas durante a descrição destes parâmetros em sondagem, destacando além do material de preenchimento (argila, areia, material oxidado), o contato e alteração entre as paredes das fraturas.

As FOTOS 16 e 17 ilustram diferentes tipos de preenchimento e estado de alteração das paredes das fraturas. Na FOTO 16, observa-se uma fratura sub-vertical, com paredes levemente alteradas e preenchimento de material argiloso e oxidado, que corresponde segundo a classificação da TABELA 17, o índice D4. Na FOTO 17, verificam-se fraturas

sub-horizontais, com alteração incipiente e preenchimento de material oxidado, sem a presença de argilo-minerais, indicando uma fratura D3.

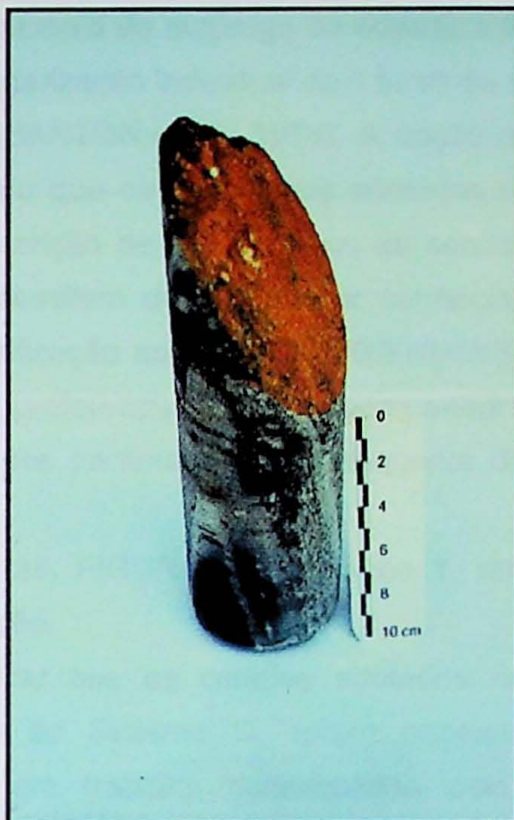


FOTO 16 – Fratura subvertical, com paredes muito alteradas e com preenchimento de material argiloso e oxidado (SR-3, caixa nº 09).



FOTO 17 – Fraturas subhorizontais com alteração incipiente e com preenchimento de material oxidado (SR-01, caixa nº 04).

IV. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Para mostrar a importância da padronização dos critérios na descrição de sondagens, ilustra-se um exemplo do emprego da classificação geomecânica para maciços rochosos, baseada na caracterização individual de 8 furos de sondagens rotativas (ANEXO), aplicando-se o sistema Q (BARTON *et al.*, 1974). A opção por este sistema geomecânico reside principalmente no fato que os parâmetros adotados nesta classificação podem ser diretamente obtidos na descrição de testemunhos de sondagens rotativas, ainda que os parâmetros SRF e J_w necessitem de um melhor conhecimento do maciço para serem inferidos; diferente da classificação apresenta por BIENIAWSKI, 1974 e outras que requer para melhor caracterização, preferencialmente, o acompanhamento da abertura da frente de escavação para obtenção dos parâmetros e conseqüente determinação da qualidade do maciço rochoso.

As TABELAS 22 a 28, FIGURA 4 e equação 1, referentes ao sistema Q serão utilizadas nesta caracterização.

É importante destacar que os critérios adotados na atribuição de valores aos parâmetros classificatórios do Sistema Q, foram baseados na interpretação de 74 sondagens rotativas, em um trabalho desenvolvido pelo IPT, 1997 e 1998a para caracterização do maciço rochoso e implantação de túnel metroviário.

Como as classificações geomecânicas não são objeto principal deste trabalho, optou-se pela utilização de somente 8 furos de sondagens que, de forma geral, exemplifica a variação litológica (gnaisse granítico, bandado e filonito) encontrada durante as descrições dos 74 furos de sondagens rotativas. Neste estudo, então, deseja-se evidenciar a importância de estabelecer critérios na descrição de sondagens para posterior aplicação dos sistemas de classificação. Também não será apresentada uma seção geológica com os perfis geológico-geotécnicos da área pois, além do tratamento estatístico realizado para obtenção do valor de Q geral para o maciço rochoso, foi necessário utilizar dados de ensaios geofísicos, de permeabilidade (ensaios pontuais), de obturador de impressão, o que extrapola o escopo deste trabalho.

A seguir, ilustram-se os critérios utilizados para determinação dos parâmetros geológico-geotécnicos necessários à aplicação do Sistema Q.

IV.1. RQD adaptado – IQR

Adotou-se o IQR (TABELA 22) em substituição ao RQD, isto é, foram calculados através da determinação de trechos isofraturados (segmentos da sondagem com fraturas aproximadamente equidistantes).

IV.2. Índice do Número de Famílias de Fraturas – Jn

Na determinação dos valores de Jn utilizou-se, além da descrição de testemunhos de sondagens, dados complementares obtidos a partir da observação de afloramentos e registros do obturador de impressão.

Para caracterização dos 8 furos de sondagens foi possível distinguir dois tipos de maciço rochoso (gnaisse granítico, gnaisse bandado, também denominado gnaisse), com base nas características composicionais, texturais e estruturais, apresentando diferentes graus de alteração. Assim, a partir das observações referentes ao padrão de fraturamento e o grau de alteração do maciço, inferiram-se os valores de Jn (TABELA 31).

TABELA 31 – Valores de Jn adotado, por maciço, grau de alteração (IPT, 1998a).

MACIÇO ROCHOSO	GRAU DE ALTERAÇÃO	FAMÍLIAS PRESENTES	Jn ADOTADO
Granítico	A1 ou A1/A2	F2 e aleatória (F3)	3
	A1 ou A2	F2, F3 e aleatória	6
	A3	F1, F2, F3	9
Bandado	A1 ou A1/A2	F1, F2	4
	A2	F1, F2 e aleatória	6
	A3	F1, F2, F3 e aleatória (F4)	12

Obs: Nos trechos em que o maciço rochoso apresenta grau de alteração intermediário (A1/A2, A3/A4, etc), adotou-se o valor médio de Jn, referente às duas classes de alteração envolvidas.

IV.3. Índice de Rugosidade das Paredes das Descontinuidades – Jr

A determinação do índice Jn, rugosidade das paredes das descontinuidades, foi estimada pela comparação dos perfis definidos por BARTON e CHOUBEY, 1977 (FIGURA 3), e também com o auxílio do gráfico JRCxJr (FIGURA 8), sugerido por BARTON (1988), resultando nos valores contidos na TABELA 32.

TABELA 32 – Valores de Jr adotados para classificação do maciço rochoso (IPT, 1998a).

Rugosidade	JRC	Jr ADOTADO
R1	1	0,80
R2	3	1,50
R3	5	1,50
R4	7	1,50
R5	9	1,90
R6	11	2,30
R7	13	2,70
R8	15	3,10
R9	17	3,50
R10	19	3,50

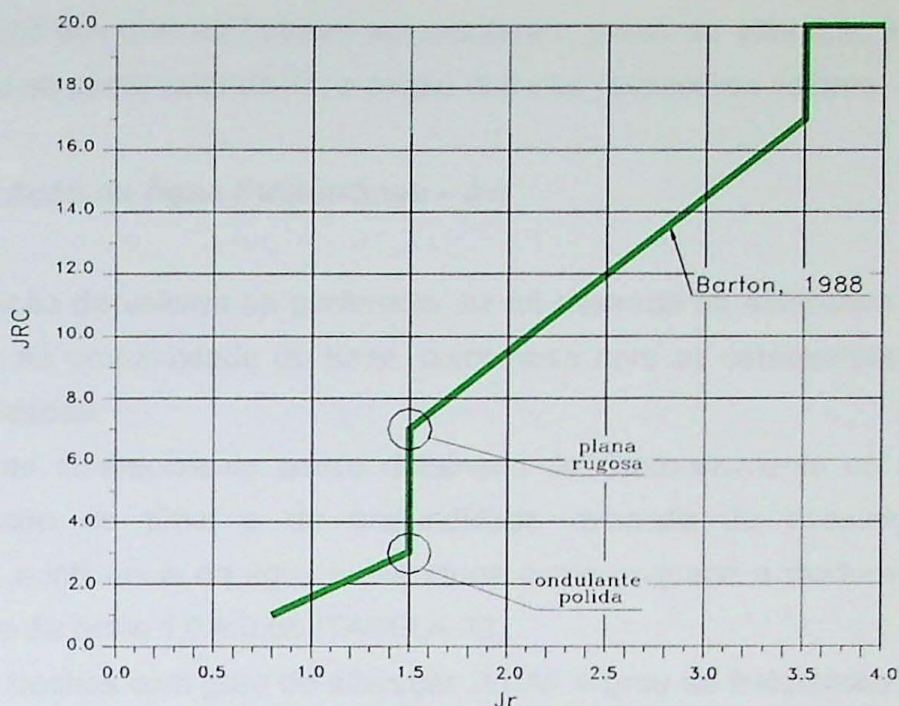


FIGURA 8 – Relação entre JRC x Jr (BARTON, 1988 apud IPT, 1998a).

Nos casos em que se encontraram fraturas com grau de rugosidade avaliado entre duas categorias (R1/R2, R3/R4, etc), adotou-se o valor médio de Jr contido entre esses dois extremos.

IV.4. Índice de Alteração das Paredes das Fraturas – Ja

Para adoção do índice Ja, fez-se a avaliação da alteração das paredes e do tipo de preenchimento das fraturas, utilizando-se a TABELA 19, que associada à TABELA 25, possibilitou a elaboração da TABELA 33.

TABELA 33 – Valores de Ja e Jw adotados (IPT, 1998a).

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DAS DESCONTINUIDADES	Ja ADOTADO	Jw ADOTADO
D1	Contato rocha x rocha, com paredes sãs, ausência de oxidação e preenchimento	1	1
D2	Paredes sãs, revestidas com materiais rijos (carbonatos, sílica, zeólitas, etc)		
D3	Contato rocha x rocha, com paredes praticamente sãs (ou com alteração incipiente) e/ou pouco oxidadas, sem preenchimento. Pode conter película (filme) de argila, óxido de Fe, Mn, etc	2	0,5
D4	Contato rocha x rocha, com paredes alteradas e/ou muito oxidadas (conforme o preenchimento abaixo descrito):	3	0,85
	Com preenchimento milimétrico de argila, areia, óxidos de Fe, Mn, etc		
	Fraturas com partículas pulverulentas, fragmentos de rocha ou película de material de preenchimento de baixa consistência	4	0,66
D5	Paredes alteradas e oxidadas, com preenchimento de espessura decimétrica a centimétrica. Neste caso descrever o material e estimar a sua espessura	6 a 7	0,66

Nos casos em que as fraturas apresentaram graus de alteração entre dois níveis (D3/D4), utilizou-se como valor de Ja, a média entre os respectivos valores.

IV.5. Índice de Ação da Água Subterrânea – J_w

A atribuição de valores ao parâmetro J_w foi baseada na estimativa do potencial de vazão da água na profundidade do túnel, combinada com as características das paredes das descontinuidades.

Devido ao conhecimento pouco detalhado do comportamento do nível d'água ao longo do traçado do túnel e da profundidade reduzida da escavação, adotou-se, genericamente, a influência da água subterrânea como pequena a moderada, escolhendo-se os valores de J_w entre 1,0 e 0,66 (TABELA 33).

Para os trechos com grau de alteração A1/A2 e grau de fraturamento F1, adotou-se $J_w=1,00$. Nos trechos sob travessia do Rio Pinheiros, considerou-se $J_w=0,66$.

IV.6. Índice de Influência do Estado de Tensões do Maciço (SRF)

Através da análise de todas as sondagens foi possível verificar que, na posição onde está projetado o túnel, o recobrimento máximo de rocha é da ordem de 15 a 20 metros de espessura. Assim, com base na TABELA 27, estimou-se o valor de SRF na faixa entre 1,0 e 2,5, condizendo com as condições locais presentes no maciço rochoso.

Atribuiu-se o valor de $SRF=2,5$ para trechos com intercalações de bandas mais alteradas e com indícios de fraturas abertas e/ou alteradas (maciços biotíticos e bandado). Nos casos de rocha competente, onde os graus de alteração estão entre A1/A2 e o grau de fraturamento corresponde a F1, utilizou-se $SRF=1,00$.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados alcançados com aplicação do roteiro de descrição dos testemunhos de sondagens rotativas, proposto neste trabalho, para obtenção dos parâmetros geológico-geotécnicos e seu uso nas classificações de maciços rochosos, de acordo com a proposta de BARTON *et al.*, 1974, estão resumidos nos perfis de sondagens apresentados no ANEXO.

Os perfis de sondagens foram elaborados utilizando o programa Maclog, desenvolvido para elaboração de perfis de sondagens mecânicas e representa de forma gráfica, as informações adquiridas durante a descrição dos testemunhos de sondagens.

VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após a elaboração deste trabalho, conclui-se que o manual proposto para descrição de testemunhos de sondagens rotativas, atenderá às necessidades do meio técnico atual, permitindo uma descrição detalhada e homogênea dos principais parâmetros geológico-geotécnicos, facilitando o seu emprego nos diferentes sistemas de classificações de maciços rochosos.

Para a caracterização homogênea e detalhada dos testemunhos de sondagens, recomenda-se:

- a) a utilização dos critérios discutidos na preparação dos testemunhos de sondagem para descrição;
- b) a análise criteriosa e detalhada na obtenção dos parâmetros geológico-geotécnicos
- c) qualidade na execução de sondagem rotativa, pois independente do tipo de rocha e do seu grau de alteração, maior será a possibilidade em se desenvolver uma boa descrição dos testemunhos, e conseqüentemente melhor a caracterização do maciço;
- d) emprego das planilhas de coleta de dados contidas nos ANEXOS, para auxiliar na entrada de dados em software específicos para perfis de sondagens mecânicas, como por exemplo, o *Maclog* que foi utilizado neste estudo;
- e) recomenda-se no sentido de melhorar as descrições de sondagens, um estudo quantitativo do parâmetro grau de alteração, e correlação do estado de alteração das paredes com o tipo de preenchimento do material e conseqüentemente sua relação com a resistência ao cisalhamento, visando tornar a análise mais objetiva e fácil de ser aplicada;
- f) um problema freqüente nas descrições de sondagens, é a caracterização do parâmetro persistência das fraturas, contido na classificação de BIENIAWSKI. Trata-se de um parâmetro qualitativo, podendo ser propostos estudos para defini-lo quantitativamente, através do emprego de método indireto, tais como ensaios geofísicos e pela transposição das informações obtidas em afloramentos para os locais de sondagens.;
- g) é comum encontrar algumas dificuldades para avaliação da espessura do preenchimento das fraturas, pois muitas vezes, pela execução de sondagem, as fraturas seladas e preenchidas por material coesivos são abertas, dificultando a identificação das fraturas abertas naturalmente das abertas pela perfuração.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, R. A. – 1985 – *Metodologia para interpretação de testemunhos orientados*, 1ª edição, São Paulo, ABGE, 1985, 13p. (Artigo Técnico nº 09).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - 1988 - *Rock classification systems for engineering purposes*. Louis Kirkaldie. Cincinnati, Ohio. 167p. (ASTM. STP 984).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA – 1977 – *Diretrizes para execução de sondagem* (2ª tentativa), Publicação ABGE, Bol.3, São Paulo, 24p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA –1980 – *Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia*, 1ª edição, ABGE, 62p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA –1981 – *Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia*, 1ª edição, ABGE, 1981, 32p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA - 1983 - *Métodos para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos*, São Paulo, ISMR, (ABGE. Tradução, 12), 132p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA – 1990 – *Diretrizes para execução de sondagem*, Publicação ABGE, São Paulo, 22p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA - 1997 - *Informativo ABGE*, nº 74, 1997.
- BARTON, N.; LIEN, R.; LUNDE, J. – 1974 – *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. *Rock Mech. Rock Engng*, v.6, nº 4, p. 189- 236.
- BARTON, N.; CHOUBEY, V. – 1977 – *The shear strength of rock joints in theory and practice*. *Rock Mech. Rock Engng*, v.1, nº 2, p. 1-54.
- BARTON, N – 1988 – *Previsão do comportamento de aberturas subterrâneas em maciços rochosos*. *Geotecnica*, nº 53, p. 107-114.
- BERBERIAN, D. - 1986 – *Sondagens do sub-solo para fins de Engenharia*, Brasília: Infrsolo, UNB, vol 1.
- BIENIAWSKI, Z.T. - 1973 – *Engineering classification of jointed rock masses*. *Transactions, South African Institution of Civil Engineers*, v.15, nº 12, p. 335-344.
- BIENIAWSKI, Z.T. – 1974 – *Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling*. In: *INTERNATIONAL CONGRESS ON ROCK MECHANICS*, 3, 1974. *Proceedings...* Denver, v.11 A .
- BIENIAWSKI, Z.T. – 1976 – *Rock Mass Classification in Rock Engineering*. *Proc. Symposium on Exploration for Rock Engineering*, Johannesburg, p. 97 – 106.
- BIENIAWSKI, Z.T. – 1979 – *The geomechanics classification in rock engineering applications*. *Proc. 4 th INTERNACIONAL CONGRESS*. ISMR, Montreux, v. II, p. 41-48.
- BIENIAWSKI, Z.T. – 1984 – *Rock mechanics design in mining and tunneling*. A . A . Balkema, Rotterdam, 272p.
- BIENIAWSKI, Z.T. – 1989 - *Engineering rock mass classifications*. A complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineers, New York: John Wiley, 248p.
- CAMARGO, F. P. – 1969 – *Geologia aplicada à Barragem de Ilha Solteira*. In: 1ª SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 3, 1969, São Paulo, *Anais...*, São Paulo: APGA, cap. 1, p. 1 – 22.
- DEERE, D. U. – 1964 – *Technical description of rock cores for engineering purposes*. *Rock Mech. Rock Engng*, v.I, nº1, p. 17-22.

- DEERE, D.U.; HENDRON, A.J.; PATTON, F.D.; CORDING, E.J. – 1967 – Design of surface and near-surface construction in rock. Proc. 8th SYMP. ON ROCK MECH. MINNESOTA, p. 237-302.
- DEERE, D. U. ; DEERE, D. W. – 1988 – “ *The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice* ”, Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, Louis Kirkaldie, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p. 91 – 101.
- FIGUEIREDO, A. L. C. – 1996 – *Caracterização Geomecânica do Maciço de Fundação da UHE Tijuco Alto (Rio Ribeira – SP/PR)*. São Carlos, 1996, 196p. Dissertação (Mestrado) – EESC, 1996.
- GRIMSTAD, E; BARTON, N. – 1993 – Updating the Q-system for NMT. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPRAYED CONCRETE, MODERN USE OF WET MIX SPRAYED CONCRETE FOR UNDERGROUND SUPPORT, 1993, Fagernes. *Proceedings...*Fagernes: Oslo.
- GUIDICINI, G; OLIVEIRA, A.M. S; CAMARGO, F. P.; KAJI, N. – 1972 – Um método de classificação geotécnica preliminar de meios rochosos. In: 4^a SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 4, 1972, São Paulo, *Anais...*, São Paulo, APGA, p. 275-282.
- HOEK, E; BRAY, J. - 1981 - *Rock slope engineering*, London: Institution of Mining and Metallurgy, 3 ed., 358p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1980 – Execução de sondagem rotativa. In: CURSO DE GEOLOGIA GERAL APLICADA EM GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1980, Módulo 3, p. 1-70.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – 1997- *Caracterização geomecânica do maciço rochoso do Trecho Faria Lima – Ferreira, Linha 4 – Amarela*. 125p. Relatório nº 34902.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – 1998a- *Caracterização geomecânica do maciço rochoso do Trecho Faria Lima – Vila Sônia, Linha 4 – Amarela*. 146p. Relatório nº 36.891.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – 1998b- *Ensaio de obturador de impressão para determinação das características das paredes dos furos de sondagens*, 39p. Relatório nº 35734.
- INTERNACIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (ISRM) – 1977 – *Suggested methods for the quantitative description of rock masses*. *Int. Jour. Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*, v. 15, p. 319 – 368.
- MACIEL Filho, C. L. – 1994 – *Introdução à geologia de engenharia*, ed. UFSM, Brasília, CPRM e USFM, p. 105 – 118.
- MATULA, M - 1981 - Rock and soil description and classification for engineering geological mapping, In: SYMPOSIUM ON ENGINEERING GEOLOGICAL PROBLEMS OF CONSTRUCTION ON SOLUBLE ROCKS, *Proceedings...* Istanbul; Turquia, International Association of engineering geology, 1981, p. 235 - 274.
- MANO, V.G.T; SAMPAIO, A.J.M; SOARES, L. – 1983 – *A técnica da amostragem integral em sondagens rotativas – avaliação do conhecimento atual*, São Paulo, IPT, 1983, 8p. (IPT Publ.1360).
- MONTICELLI, L. T.; VIRGILI, J. C.; MINETTE, E. – 1993 – Sondagens geológico-geotécnicas: Considerações sobre alguns aspectos do momento atual, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas, *Anais...* São Paulo: ABGE, v. 1, p. 265-269.
- MUNSELL COLOR - 1973 - *Munsell soil color charts*. Baltimore, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation.

- OLIVEIRA, A. M. S. – 1969 – Aspectos geológicos do derrame basáltico principal da Barragem de Ilha Solteira – Rio Paraná. In: 1ª SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 2, 1969, São Paulo, *Anais...* São Paulo: APGA.
- OJIMA, L. M. – 1982 – A utilização de classificações de maciços rochosos para construção de túneis, In: 1ª SIMPÓSIO SOBRE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 1982, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: ABGE, v.1, p.23-46.
- OJIMA, L. M. – 1984 – *A utilização de classificações de maciços rochosos para construção de túneis*, São Paulo, IPT, 1984, 46 p. 3E. (IPT Publ. 1472).
- RUIZ, M. D. – 1971 – Mecânica das rochas e as obras subterrâneas permanentes. In: 3ª SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 1, 197, São Paulo, *Anais...*, São Paulo, APGA, p. 251-256.
- ROCHA, M. – 1971 – *Método para amostragem integral de maciços rochosos*, Lisboa, LNEC, 1971, 9p. (MEM.374).
- ROCHA, M – 1976 – *Estruturas Subterrâneas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Lisboa.
- SANTUCCI, H. A – 1982 – Investigações geológico-geotécnicas e métodos classificatórios de maciços rochosos para escavações subterrâneas, In: 1ª SIMPÓSIO SOBRE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 1982, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: ABGE, v.1, p.97-138.
- SERRA Jr., E. – 1991 – *Equipamentos de sondagens rotativas para amostragem de rochas brandas e investigações geológico-geotécnicas*, São Carlos, 128p. Dissertação (Mestrado), EESC, 1991.
- SERRA Jr, E.; OJIMA, L. M. - 1998 - Caracterização e classificação de maciços rochosos. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, São Paulo, ABGE, 1998, p.212-226.
- SILVA, F. A. – 1995 – *Os parâmetros e o monitoramento da perfuração: possibilidades de utilização na pesquisa geológica-geotécnica*. São Carlos, 1995, 128 p. Dissertação (Mestrado), EESC, 1995.
- SOARES, L. – 1991 – *Determinação do grau de coerência de rochas brandas*, São Carlos, 1991, 324 p., Tese de Doutorado, EESC, 1991.
- TERZAGHI, K. – 1946 – *Rock defects and loads on tunnel supports. Rock tunneling with steel supports*, Proctor and White, The Comercial Shearing and Stamping Co., Cap.V, p. 15-99.
- VAZ, L. F. – 1969 – Estudo Geológico de Barragens. In: 1ª SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 3, 1969, São Paulo, *Anais...*, São Paulo: APGA, cap.V, p. 1-22.
- VAZ, L. F. – 1982 – Aplicabilidade das investigações e sistemas de classificação de maciços rochosos para obras subterrâneas, In: 1ª SIMPÓSIO SOBRE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 1982, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: ABGE, v.1, p.1-22.

ANEXO

CADASTRO DE SONDAGEM				
Sondagem: SR-01	Cliente: Universidade de São Paulo – USP	Obra: Túnel		
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:		
Coord.N :	Coord. E:	Cota: 718.944	m	
Coord.N (UTM): 178.127,411 m	Coord. E (UTM): 142.634,603 m	Cota SC:	m	
Início: 18/10/1996	Término: 01/11/1996	Empreiteira: EPT		
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência: SR-07		
Destino: SR-05	Especificações:			
Técnico: Messias	Geólogo:			

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico- Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,30	Aterro	Areia fina argilosa com fragmentos de rocha alterada	Marrom	Sem amostragem
0,30	1,50	Aluvião	Areia fina	Cinza clara	
1,50	2,90		Areia média a grossa		
2,90	8,00		Areia fina argilosa	Amarela	
8,00	8,20		Argila arenosa	Cinza	
8,20	9,10	Sedimento Terciário	Silte arenoso	Amarelo esverdeado	
9,10	14,00		Argila areno-siltosa	Marrom avermelhado	
14,00	17,56	Gnaiss		Cinza esverdeado	
17,56	20,00			Cinza médio	
20,00	21,40		Pobre em biotita	Cinza claro	Matriz grossa
21,40	28,50			Cinza médio	
28,50	31,95		Rico em biotita, com quartzo e feldspato	Cinza claro à róseo	

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	14,00	-	0,00	14,00	-
14,00	17,56	A4	14,00	17,56	C5
17,56	20,00	A2/A3	17,56	20,00	C3
20,00	22,20	A1/A2	20,00	22,20	C2
22,20	28,50	A2/A3	22,20	28,50	C2
28,50	31,95	A1	28,50	31,95	C1

Nº DA SONDAGEM: SR-01				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	8,20	Sem recuperação		
8,20	9,10	0,90	0,54	60
9,10	10,00	0,90	0,64	71,1
10,00	10,68	0,68	0,63	92,6
10,68	11,56	0,88	0,88	100
11,56	12,51	0,95	0,95	100
12,51	13,60	1,09	0,9	88,9
13,60	14,58	0,98	0,38	38,7
14,58	15,12	0,54	0,45	83,3
15,12	15,67	0,55	0,50	90,9

15,67	16,23	0,56	0,56	100
16,23	17,07	0,84	0,79	94,0
17,07	17,56	0,49	0,49	100
17,56	18,03	0,47	0,46	97,9
18,03	19,07	1,04	1,04	100
19,07	19,56	0,49	0,49	100
19,56	20,62	1,06	0,94	88,7
20,62	22,09	1,47	1,47	100
22,09	23,12	1,03	1,03	100
23,12	24,58	1,46	1,46	100
24,58	25,99	1,41	1,41	100
25,99	27,51	1,52	1,52	100
27,51	28,99	1,48	1,48	100
28,99	29,74	0,75	0,75	100
29,74	30,59	0,85	0,85	100
30,59	31,95	1,36	1,36	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	8,20	Sem recuperação				
8,20	14,00					Solo
14,00	15,26	D4	R4/R5			Fragmentos
15,32		D4	R1	Vert.		
15,38	15,44	D4	R3			Fragmentos
15,50		D4	R3	Horiz.		
15,51	15,58	D4	R3			Fragmentos
15,67	15,76	D4	R3			Fragmentos
15,84		D4	R7	30		
15,90		D4	R8	Horiz.		
15,91	15,98	D4	R4			Fragmentos
16,11		D4	R6	75		
16,23		D4	R3	Horiz.		
16,42	16,88	D4	R4/R5			Fragmentos
16,90		D4	R2	60		
17,56		D4	R3	10		
17,57	17,66	D3/D4	R4/R5			Fragmentos
17,80		D3	R2	30		
17,96		D4	R5	Vert.		
18,02		D3	R3	10		
18,04		D4	R2	Vert.		
18,08		D4	R1	30		
18,17		D4	R5	20		
18,24		D4	R2	30		
18,27		D4	R3	60		
18,71		D3	R5	30		
19,01		D4	R1	10		
19,04		D4	R6	70		
19,12		D4	R5	40		
19,18		D4	R2	20		
19,37		D4	R3	20		
19,55		D3	R4	10		
19,73		D4	R5	15		
19,94		D4	R3	30		
19,96		D4	R3	20		
20,07		D4	R3	10		
20,24		D4	R5	10		
20,30		D4	R3	10		
20,47	20,59					Material destruído
20,61		D4	R7	30		

20,95		D4	R3	10		
21,31		D4	R3	10		
21,41		D4	R3	10		
21,67		D4	R5	75		
21,75		D4	R3	20		
21,78		D4	R3	30		
21,82		D4	R7	50		
21,87		D4	R6	50		
21,90		D4	R3	80		
21,93		D4	R6	40		
23,04		D4	R7	10		
23,38		D4	R3	10		
23,59		D4	R5	15		
23,70		D4	R2	75		
23,79		D4	R10	Horiz.		
23,85		D3	R4	75		
23,93		D4	R6	25		
23,98		D4	R4	75		
24,12		D3	R9	30		
24,32		D4	R6	Sub-horiz		
24,37		D3	R5	75		
24,58		D4	R3	70		
24,85		D4	R5	70		
24,88		D4	R5	70		
24,94	25,07	D4	R5/R6			Fragmentos
25,21		D3	R1	25		
25,57		D4	R4	60		
25,64		D4	R6	Horiz.		
25,79		D4	R7	Horiz.		
25,83		D4	R5	Horiz.		
26,08		D4	R1	15		
26,33		D4	R4	60		
26,35		D4	R4	Horiz.		
26,58		D3	R4	Horiz.		
26,80		D4	R5	20		
26,93		D4	R7	10		
27,00		D4	R7	20		
27,08		D4	R5	10		
27,10		D4	R3	30		
27,23		D4	R7	80		
27,35		D4	R4	30		
27,55		D3	R3	Vert.		
27,65		D3	R2	Vert.		
28,14		D4	R6	Sub-horiz.		
28,17		D4	R5	60		
29,22		D4	R10	40		
29,47		D3	R7	25		
29,87		D4	R6	20		
30,36		D4	R6	35		
30,43		D4	R10	75		
30,70		D4	R3	10		
30,92		D4	R3	10		
31,34		D4	R4	10		
31,36		D4	R3	10		
31,38		D4	R4	10		
31,69		D4	R4	80		
31,84		D4	R6	10		
31,95		D4	R6	10		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	14,00	-
14,00	15,98	0
15,98	16,90	48
16,90	17,56	100
17,56	18,27	42
18,27	19,01	100
19,01	20,10	81
20,10	21,93	75
21,93	23,59	100
23,59	24,37	58
24,37	25,07	69
25,07	26,33	91
26,33	27,65	86
27,65	28,17	94
28,17	29,22	100
29,22	31,95	96

CADASTRO DE SONDAGEM				
Sondagem: SR-02	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel		
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:		
Coord.N :	Coord. E:		Cota: 719.053	m
Coord.N (UTM): 178.139,181 m	Coord. E (UTM): 142.638,822 m		Cota SC:	m
Início: 29/10/1996	Término: 06/11/1996	Empreiteira: EPT		
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência: SR-08		
Destino:	Especificações:			
Técnico: Messias	Geólogo:			

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) DeAté		Estrato Geológico- Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,30	Aterro	Areia fina a média, com fragmentos de rocha	Marrom	Sem amostragem
0,30	2,80	Aluvião	Areia fina a média	Cinza clara	
2,80	3,00		Areia média a grossa		
3,00	9,45	Sedimento Terciário	Argila arenosa	Amarela	
9,45	10,75		Areia média a grossa siltosa	Cinza esverdeado	
10,75	12,70		Areia conglomerática, argilo-siltosa com seixos, centimétricos de qz e feldspato	Marrom avermelhado	
12,70	16,60		Argila silto-arenosa		
16,60	31,80	Gnaiss Granítico	Quartzo, feldspato, biotitas e granadas	Cinza claro	Granulação média a grossa

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	16,60	-	0,00	16,60	-
16,60	17,32	A4	16,60	17,32	C4
17,32	18,00	A3/A2	17,32	18,00	C2
18,00	19,70	A1/A2	18,00	19,70	C1
19,70	19,91	Material destruído	19,70	19,91	Material destruído
19,91	22,70	A1/A2	19,91	22,70	C1
22,70	31,80	A1	22,70	31,80	C1

Nº DA SONDAGEM: SR-02				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	9,45	Sem amostragem		
9,45	10,39	0,94	0,94	100
10,39	10,89	0,50	0,50	100
10,89	12,22	1,33	1,33	100
12,22	13,43	1,21	1,21	100
13,43	14,94	1,51	1,41	93,4
14,94	16,28	1,34	1,34	100
16,28	17,50	1,22	1,04	85,2
17,50	18,49	0,99	0,99	100
18,49	19,02	0,53	0,52	98,1
19,02	19,91	0,89	0,89	100
19,91	21,20	1,29	1,29	100
21,20	22,24	1,04	1,04	100
22,24	22,70	0,46	0,46	100

22,70	23,77	1,07	1,07	100
23,77	25,14	1,37	1,37	100
25,14	26,53	1,39	1,39	100
26,53	27,78	1,25	1,25	100
27,78	29,05	1,27	1,27	100
29,05	30,52	1,47	1,47	100
30,52	31,80	1,28	1,28	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
9,45	16,60					Solo
16,74		D3	R1	10		
17,03		D3	R2	Horiz.		
17,20		D4	R5	70		
17,28		D4	R3	10		
17,32		D4	R3	10		
17,62		D4	R3	75		
18,00		D4	R2	30		
18,89		D4	R2	10		
19,17		D4	R4	15		
19,70	19,91					Fragmentos
20,37		D3	R4	10		
21,59		D4	R4	10		
21,91		D4	R4	10		
22,92		D4	R4	15		
23,05		D4	R3	Sub-horiz.		
23,11		D4	R5	10		
23,16		D4	R5	10		
23,18		D4	R4	30		
23,21		D4	R4	30		
23,84		D4	R4	10		
23,92		D4	R3	Sub-Horiz.		
25,57		D3	R6	50		
27,57		D4	R4	20		
28,73		D4	R6	Sub-horiz.		
29,59		D4	R6	Sub-horiz.		
29,65		D4	R4	Sub-horiz.		
29,90		D4	R5	30		
30,34		D4	R4	10		
30,66		D4	R5	Sub-horiz.		
30,72		D4	R3	15		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	16,60	-
16,60	17,32	83
17,32	19,70	100
19,70	19,91	0
19,91	22,92	100
22,92	23,92	76
23,92	29,59	100
29,59	30,72	89
30,72	31,80	100

CADASTRO DE SONDAGEM			
Sondagem: SR-03	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel	
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:	
Coord.N :	Coord. E:	Cota: 718,989	m
Coord.N (UTM): 178.146,195 m	Coord. E (UTM): 142.628,652 m	Cota SC:	m
Início: 18/09/1996	Término: 30/09/1996	Empreiteira: EPT	
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência:	
Destino: SR-06	Especificações:		
Técnico: Messias	Geólogo:		

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico-Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,40	Aterro	Areia média a grossa com fragmentos de rocha alterada	Marrom	Sem amostragem
0,40	2,90	Aluvião	Areia fina	Cinza clara	
2,90	3,25		Areia média a grossa		
3,25	6,55		Areia fina a média argilosa	Amarela	
6,55	8,20		Areia média a grossa com fragmentos de quartzo (cm)	Marrom amarelado	Concentrações de óxido de ferro
8,20	9,00				
9,00	11,20			Cinza esverdeado	
11,20	12,50	Sedimento Terciário	Argila siltosa com intercalações de silte arenoso	Marrom avermelhado/ amarelado	
12,50	18,56				
18,56	23,58			Cinza escuro	
23,58	34,60	Gnaiss	Biotita, quartzo, feldspato	Cinza médio	

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	18,56	-	0,00	18,56	-
18,56	19,66	A4	18,56	19,66	C5
19,66	23,58	A3/A4	19,66	23,58	C3/C4
23,58	34,60	A2	23,58	34,60	C2

Nº DA SONDAGEM: SR-03				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	6,55	Sem amostragem		
6,55	7,03	0,48	0,47	97,9
7,03	7,51	0,48	0,48	100
7,51	7,93	0,42	0,36	85,7
7,93	8,49	0,56	0,56	100
8,49	9,03	0,54	0,52	96,3
9,03	10,07	1,04	0,99	95,2
10,07	11,41	1,34	1,34	100
11,41	12,01	0,60	0,60	100
12,01	12,93	0,92	0,78	84,8
12,93	13,61	0,68	0,68	100
13,61	14,48	0,87	0,76	87,3
14,48	15,48	1,00	1,00	100

15,48	16,48	1,00	1,00	100
16,48	17,48	1,00	1,00	100
17,48	18,56	1,08	1,06	98,1
18,56	19,66	1,10	1,10	100
19,66	20,58	0,92	0,70	76
20,58	21,13	0,55	0,47	85,4
21,13	21,72	0,59	0,57	96,6
21,72	22,69	0,97	0,80	82,5
22,69	23,58	0,89	0,87	97,8
23,58	24,03	0,45	0,37	82,2
24,03	25,30	1,27	1,27	100
25,30	26,80	1,50	1,50	100
26,80	28,27	1,47	1,47	100
28,27	29,65	1,38	1,38	100
29,65	31,28	1,63	1,63	100
31,28	32,27	0,99	0,99	100
32,27	33,34	1,07	1,07	100
33,34	34,60	1,26	1,26	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	18,56					Solo
18,56	19,63	D4	R3/R4			Fragmentos
19,63		D4	R3	30		
19,92		D4	R3	Vert.		
20,02	21,61					Fragmentos
21,68		D4	R10	30		
21,75		D4	R3	Vert.		
21,79		D4	R3	30		
21,87		D4	R5	40		
21,95		D4	R4	10		
22,06		D4	R3	10		
22,16		D4	R3	Horiz.		
22,24		D4	R2	Horiz.		
22,42		D4	R1	Horiz.		
22,43	22,69					Fragmentos
22,77		D4	R3	Sub-horiz.		
22,78	23,56	D3/D4	R3/R4			Fragmentos
23,64		D4	R1	Horiz.		
23,70		D4	R1	10		
23,83		D4	R4	20		
23,84	24,01	D4	R2			Fragmentos
24,06		D4	R2	50		
24,18		D4	R1	Horiz.		
24,25		D4	R1	10		
24,39		D4	R1	Horiz.		
24,51		D4	R1	20		
24,63		D4	R3	Horiz.		
24,73		D4	R2	30		
25,40		D3	R4	Horiz.		
25,48		D4	R2	60		
25,57		D4	R1	10		
25,85		D4	R1	60		
25,88		D4	R2	20		
26,15		D4	R6	50		
26,31		D4	R2	50		
26,72		D4	R3	60		
26,85		D4	R5	40		
27,23		D3	R2	10		

27,39		D4	R2	Horiz.		Material destruído
27,43		D4	R4	10		
27,64		D4	R4	30		
27,74		D3	R5	10		
27,88		D3	R3	45		
28,42		D4	R5	50		
28,50		D4	R3	30		
28,64		D4	R2	Horiz.		
28,71		D4	R4	50		
28,82		D4	R3	20		
29,22		D4	R4	50		
29,26		D4	R4	20		
29,42		D4	R6	40		
29,47		D4	R3	Vert.		
29,61		D4	R5	40		
29,70		D4	R6	70		
30,21		D4	R2	50		
30,37		D4	R2	30		
30,80		D4	R2	Vert.		
30,98		D4	R3	30		
31,37		D4	R3	70		
31,90		D4	R4	70		
32,06	32,35	D4	R3/R4			Fragmentos
32,44		D3	R5	20		
32,65		D4	R2	40		
32,69		D4	R3	20		
32,90		D3	R3	Horiz.		
32,95		D4	R3	Horiz.		
33,21		D4	R4	Horiz.		
33,41		D4	R7	Horiz.		
33,64		D4	R3	10		
33,85		D3	R1	70		
33,90		D4	R5	Horiz.		
33,96		D3	R3	Horiz.		
34,11		D4	R5	Horiz.		
34,38		D4	R2	30		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	18,56	-
18,56	21,68	12
21,68	22,42	53
22,42	24,01	8
24,01	24,73	83
24,73	25,57	80
25,57	27,23	98
27,23	27,08	94
27,08	28,42	100
28,42	29,70	85
29,70	32,06	100
32,06	32,95	47
32,95	33,85	100
33,85	34,60	85

Obra: Túnel
Local: Estação Pinheiros
Executora: E.P.T.
Início: 18/09/96

Cota:
Estaca:
Afastamento:
Término:

718.989
30/09/98

Sondagem:
Inclinação:
Coordenadas:

SR-03
Vertical
178.146.19
142.628.65

[illegible][illegible]

ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

Al	—	Alúvio	m	—	Média
Ag	—	Argila	mm	—	Millimétrica
Agreg	—	Agregado	mm	—	Manganes
Agto	—	Argilito	mt	—	Muito
Ar	—	Areia	Ox	—	Oxido
Arto	—	Arenito	pc	—	Pouco
Ca	—	Carbonato	Qz	—	Quartzo
Caá	—	Calcita	Spro	—	Saprolito
cm	—	Centímetro	SSp	—	Solo Superf
Col	—	Colúvio	SSpro	—	Solo Superf
Cs	—	Cascalho	St	—	Siltite
f	—	Fina	Sto	—	Silitito
Fe	—	Ferro	Sx	—	Selxo
Fr	—	Fragmentos	TAl	—	Terraço Aluv
g	—	Grossa			

Areia

Site

2	2
2	2
2	2

Groisse

CORES

TONALIDADES

b = branco
m = marrom
p = preto
r = roxo/arroxado
d = verde/esverdeado
z = cinza/cinzentado
l = laranja/alanjado
a = amarelo/amarelado
v = vermelha/avermelhado

University of

PERFIL INDIVIDUAL DA SONDAGEM - SR-03

[illegible]

DESENHO	nov/98	Ivandro Mattos
---------	--------	----------------

Escudo
7:100

Desenho No.

CADASTRO DE SONDAAGEM				
Sondagem: SR-04	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel		
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:		
Coord.N :	Coord. E:	Cota: 718.968	m	
Coord.N (UTM): 178.153,576 m	Coord. E (UTM): 142.626,452 m	Cota SC:	m	
Início: 18/10/1996	Término: 01/11/1996	Empreiteira: EPT		
Cond. Terreno:	Sondador: Adenis	Procedência:		
Destino:	Especificações:			
Técnico: Messias	Geólogo:			

DESCRIÇÃO DE SONDAAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico-Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,50	Aterro	Areia média a grossa com fragmentos de rocha	Marrom	Sem amostragem
0,50	2,88	Aluvião	Areia fina a média	Marrom claro	
2,88	3,30		Areia média a grossa	Marrom	
3,30	7,00	Sedimento Terciário	Areia fina a média, argilosa	Amarela	
7,00	12,40		Areia média a grossa, siltosa	Cinza esverdeado	
12,40	13,00			Marrom avermelhado	
13,00	13,80			Cinza esverdeado	
13,80	18,07		Intercalações de argila siltosa com silte arenoso	Marrom avermelhado	
18,07	24,50	Gnaiss	Quartzo, feldspato, biotita, granada e muscovita	Cinza médio a escuro	Granulação média a grossa
24,50	27,00			Cinza róseo	Porção rica em quartzo-feldspato
27,00	34,22			Cinza médio a escuro	

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	18,07	-	0,00	18,07	-
18,07	19,15	A4	18,07	19,15	C5
19,15	24,50	A3/A2	19,15	24,50	C3
24,50	27,00	A2/A3	24,50	27,00	C2
27,00	32,15	A2	27,00	32,15	C2
32,15	34,22	A1	32,15	34,22	C1

Nº DA SONDAAGEM: SR-04				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	7,00	Sem amostragem		
7,00	7,17	0,17	0,17	100
7,17	7,86	0,69	0,69	100
7,86	8,86	1,00	1,00	100
8,86	10,21	1,35	1,25	92,6
10,21	11,21	1,00	0,89	89
11,21	12,09	0,88	0,66	75

12,09	12,59	0,50	0,47	94
12,59	13,39	0,80	0,68	85
13,39	14,04	0,65	0,64	98,5
14,04	14,86	0,82	0,42	51,2
14,86	15,13	0,27	0,27	100
15,13	15,63	0,50	0,50	100
15,63	16,13	0,50	0,37	74
16,13	16,59	0,46	0,43	93,5
16,59	17,57	0,98	0,83	84,7
17,57	18,07	0,50	0,50	100
18,07	19,07	1,00	0,52	52
19,07	19,53	0,46	0,42	91,3
19,53	20,26	0,73	0,63	86,3
20,26	21,17	0,91	0,53	58,2
21,17	21,73	0,56	0,34	60,7
21,73	22,44	0,71	0,56	78,8
22,44	22,95	0,51	0,51	100
22,95	23,45	0,50	0,50	100
23,45	24,19	0,74	0,73	98,6
24,19	25,17	0,98	0,98	100
25,17	25,88	0,71	0,71	100
25,88	26,14	0,26	0,26	100
26,14	27,10	0,96	0,87	90,6
27,10	28,08	0,98	0,98	100
28,08	29,04	0,96	0,96	100
29,04	30,07	1,03	1,03	100
30,07	30,85	0,78	0,78	100
30,85	31,82	0,97	0,92	94,8
31,82	32,96	1,14	1,14	100
32,96	34,22	1,26	1,26	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	18,07					
18,34		D4	R4	Horiz.		
18,35	18,95	D4	R4/R5			Fragmentos
19,16		D4	R2	Horiz.		
19,19		D4	R4	10		
19,30		D4	R3	20		
19,33		D4	R5	Vert.		
19,35	19,46	D4	R3			Fragmentos
19,55		D4	R5	15		
19,76		D4	R4	75		
19,88		D4	R8	Vert.		
19,91	20,02	D4	R5/R4			Fragmentos
20,09		D4	R2	10		
20,13		D4	R4	Vert.		
20,15		D4	R2	10		
20,16	20,88	D4	R5/R6			Fragmentos
20,80		D4	R3	30		
20,97		D4	R4	70		
21,10	23,30	D4	R5/R6			Fragmentos
23,45		D4	R4	40		
23,65		D4	R3	Horiz.		
23,75		D4	R5	20		
23,81		D4	R2	30		
23,93		D4	R2	Horiz.		
23,98		D4	R2	Horiz.		

24,13		D4	R5	60		
24,18	24,25	D4	R3/R4			Fragmentos
24,26		D4	R3	10		
24,39		D4	R3	Horiz.		
24,50		D4	R3	Vert.		
24,61		D4	R4	30		
24,72		D4	R4	30		
24,83		D4	R4	30		
24,89		D4	R4	30		
24,96		D4	R4	70		
25,14		D4	R4	40		
25,16		D4	R3	40		
25,24		D4	R5	40		
25,30	25,35		R5			Fragmentos
25,43		D4	R6	60		
25,46	25,88	D4	R/R6			Fragmentos
25,93		D4	R7	Horiz.		
25,99		D4	R6	Horiz.		
26,03	26,29	D4	R5/R6			Fragmentos
26,37		D4	R3	Horiz.		
26,41		D4	R6	Horiz.		
26,43		D4	R6	30		
26,48		D4	R4	30		
26,53		D4	R7	Horiz.		
26,60		D4	R3	Horiz.		
26,65		D4	R4	Vert.		
26,71		D4	R3	10		
26,74	26,85	D4	R3/R4			Fragmentos
26,90		D4	R3	30		
26,95		D3	R4	20		
26,97	27,08	D4	R3			Fragmentos
27,41		D4	R5	20		
27,64		D4	R2	10		
27,79	27,87	D4	R3/R4			Fragmentos
27,96		D4	R4	60		
28,01		D4	R4	60		
28,77		D4	R3	40		
29,15		D4	R7	10		
29,25		D4	R6	30		
29,42		D4	R6	70		
29,54		D4	R2	30		
29,62		D4	R1	30		
29,78		D4	R1	20		
29,85		D4	R3	30		
29,98		D4	R4	30		
29,99		D4	R4	30		
30,16		D4	R2	Vert.		
30,23	32,07	Trecho fragmentado devido a retirada de material do barrilete porém sem fraturas				
32,28		D4	R4	30		
32,63		D4	R3	50		
32,73		D4	R7	50		
33,00		D3	R8	30		
33,19		D3	R10	40		
33,23		D3	R5	30		
33,27		D3	R3	Horiz.		
33,36		D3	R4	10		
33,49		D4	R6	Horiz.		
33,55		D4	R2	70		
33,87		D4	R3	Horiz.		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	18,07	-
18,07	18,95	31
18,95	19,88	70
19,88	21,10	11
21,10	23,30	0
23,30	24,26	76
24,26	24,83	100
24,83	25,30	38
25,30	27,08	0
27,08	28,01	76
28,01	29,15	100
29,15	30,16	96
30,16	32,28	100
32,28	33,19	100
33,19	34,22	78

CADASTRO DE SONDAAGEM				
Sondagem: SR-05	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel		
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:		
Coord.N :	Coord. E:		Cota: 719.232	m
Coord.N (UTM): 178.134,472 m	Coord. E (UTM): 142.624,373 m		Cota SC:	m
Início: 04/11/1996	Término: 11/11/1996	Empreiteira: EPT		
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência: SR-01		
Destino:	Especificações:			
Técnico: Messias	Geólogo:			

DESCRIÇÃO DE SONDAAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico- Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,60	Aterro	Argila areno-siltosa com fragmentos de rocha	Marrom avermelhada	
0,60	2,40	Aluvião	Areia fina	Cinza clara	
2,40	4,50		Areia média a grossa		
4,50	9,36		Silte arenoso	Cinza esverdeado	
9,36	10,40				
10,40	15,93	Sedimento Terciário	Intercalações de argila siltosa com silte arenoso	Marrom avermelhado/ cinza esverdeado	
15,93	17,50	Gnaiss	Quartzo, feldspato, biotita	Cinza esverdeado	
17,50	30,52			Cinza claro a róseo	Granulação média a grossa

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	15,93	-	0,00	15,93	-
15,93	17,60	A3/A4	15,93	17,60	C5
17,60	18,81	A3	17,60	18,81	C3
18,81	20,69	A2	18,81	20,69	C2
20,69	20,94	A3	20,69	20,94	C3
20,94	30,52	A2/A1	20,94	30,52	C1

Nº DA SONDAAGEM: SR-05				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	9,36	Sem recuperação		
9,36	9,84	0,48	0,45	93,8
9,84	10,40	0,56	0,56	100
10,40	11,21	0,81	0,67	82,7
11,21	12,70	1,49	1,49	100
12,70	14,25	1,55	1,53	9,7
14,25	15,37	1,12	1,12	100
15,37	15,93	0,56	0,13	23,2
15,93	16,80	0,7	0,87	100
16,80	17,85	1,05	0,77	73,3
17,85	18,81	0,96	0,94	97,9
18,81	20,32	1,51	1,51	100
20,32	20,96	0,64	0,64	100
20,96	21,84	0,88	0,88	100
21,84	23,31	1,47	1,47	100
23,31	24,85	1,54	1,38	89,6
24,85	26,12	1,27	1,27	100

26,12	27,70	1,58	1,58	100
27,70	29,22	1,52	1,52	100
29,22	30,52	1,30	1,30	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	15,93					Solo
16,02		D4	R5	Sub-horiz.		
16,20		D4	R3	10		
16,41		D4	R10	40		
16,55		D4	R7	10		
16,77	17,52	D4	R3/R4			Fragmentos
17,60		D4	R7	10		
17,63		D3	R6	Sub.horiz.		
17,73		D4	R4	30		
17,81		D3	R3	660		
18,07		D4	R7	25		
18,13		D4	R5	20		
18,24		D4	R6	40		
18,28		D4	R7	50		
18,34		D4	R4	10		
18,50	18,81	D4	R5/R6			Fragmentos
18,88		D4	R4	30		
19,02		D4	R3	Sub.horiz.		
19,20		D4	R3	15		
19,30		D4	R4	10		
19,36		D4	R5	10		
20,32		D4	R4	Sub.horiz.		
20,48		D3	R5	30		
20,64		D4	R3	10		
20,69	20,94	D4	R7/R10			Fragmentos
21,04		D3	R6	Sub.horiz.		
21,30		D4	R5	45		
21,41		D4	R4	30		
22,00		D3	R7	50		
23,25		D4	R4	40		
23,75		D4	R3	Sub.horiz.		
23,87		D4	R3	Sub.horiz.		
23,88	24,04					Material destruído
24,05		D4	R3	Sub.horiz.		
24,09		D4	R3	10		
24,16		D4	R3	10		
24,41		D4	R4	10		
24,53		D3	R4	15		
24,58		D4	R5	30		
24,85		D4	R3	60		
25,18		D3	R3	15		
25,31		D4	R3	10		
25,93		D4	R3	10		
26,45		D3	R5	35		
26,79		D3	R6	10		
28,10		D4	R6	Sub.horiz.		
28,20		D4	R6	Sub.horiz.		
28,24		D4	R5	60		
28,27		D4	R4	10		
28,36		D4	R4	15		
28,40		D4	R4	15		
28,43		D4	R4	15		
28,52		D4	R7	40		

28,56		D4	R7	40		
29,34		D4	R3	10		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	15,93	-
15,93	16,77	89
16,77	17,52	0
17,52	18,50	65
18,50	19,36	49
19,36	20,64	100
20,64	21,41	61
21,41	23,75	100
23,75	24,58	60
24,58	28,10	100
28,10	28,56	22
28,56	30,52	100

Obra: Túnel
Local: Estação Pinheiros
Executora: E.P.T.
Início: 04/11/96

Cota:
Estaca:
Afastamento:
Término:

719.232

Sondagem:
Inclinação:
Coordenada:

SR-05
Vertical
178.134.472
142.624.373

11/11/96

m Coordenadas: N 1 E 1

[illegible][illegible]

ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

Data	Prof do Furo	Na (m)	Prof Revest (m)
05/11/96	10.40	1.57	9.36
08/11/96	20.32	2.96	14.68
11/11/96	26.12	2.97	14.68

Al - Alúvio
Ag - Argila
Agreg - Agregado
Agto - Argila
Ar - Areia
Arto - Areia
Ca - Carbono
Caa - Calda
cm - Centímetro
Col - Coluna
Cs - Casca
f - Fina
Fe - Ferro
Fr - Fragmento
g - Grosso

m — Média
mm — Milimétrica
Mn — Manganês
mt — Muito
Ox — Óxido
pc — Pouco
Qz — Quartzo
Spro — Sapolito
SSp — Solo Super
SSpro — Solo Sap
St — Silte
Sto — Silito
Sx — Seixo
TAI — Terraço Alto

fficial
rolítico
vionar

Argilo



2	2
2	2
2	2

CORES

CORES

b	— branco	r	— roxo/arroxado	l	— laranja/alarjado
m	— marrom	d	— verde/esverdeado	a	— amarelo/amarelado
p	— preto	z	— cinza/acinzentado	v	— vermelha/avermelhado

TONALIDADES

c - claro
md - médio
e - escuro
rs - róseo

Universidade de São Paulo

PERFIL INDIVIDUAL DA SONDAGEM - SR-05

[illegible]

Observação

DESENHO	nov/98	Wandra Mattos
---------	--------	---------------

nov/98
vandra Mattos

7:700

Desenho No.

CADASTRO DE SONDAGEM			
Sondagem: SR-06	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel	
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:	m
Coord.N :	Coord. E:	Cota: 718.877	m
Coord.N (UTM): 178.172,426 m	Coord. E (UTM): 142.620,764 m	Cota SC:	m
Início: 30/09/1996	Término: 10/10/1996	Empreiteira: EPT	
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência: SR-03	
Destino:	Especificações:		
Técnico: Messias	Geólogo:		

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico- Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,40	Aterro	Areia média a grossa argilosa com fragmentos de rocha	Marrom	
0,40	2,80	Aluvião	Areia fina	Marrom claro	
2,80	8,08	Sedimento Terciário	Argila arenosa	Cinza esverdeado	
8,08	14,30		Areia média a grossa com porções conglomeráticas e seixos	Amarelo esverdeado	
14,30	18,40		Argila areno-siltosa com porções cm a dcm de gnaiss alterado	Marrom avermelhado	
18,40	20,00		Areia média a grossa	Amarelado	Nódulos de óxido de ferro
20,00	22,22	Gnaiss	Quartzo, feldspato e biotita	Cinza róseo	Pouca biotita
22,22	35,03			Cinza róseo a escuro	Granulação média a grossa e predomínio maior de biotita

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	20,00	-----	0,00	20,00	-----
20,00	20,80	A3	20,00	20,80	C3
20,80	24,90	A2	20,80	24,90	C2
24,90	27,70	A2/A3	24,90	27,70	C2
27,70	30,50	A2	27,70	30,50	C3
30,50	33,58	A2/A1	30,50	33,58	C1
33,58	34,57	A3/A4	33,58	34,57	C3/C4
34,57	35,03	A1/A2	34,57	35,03	C1

Nº DA SONDAGEM: SR-06				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	8,08	Sem recuperação		
8,08	8,49	0,41	0,26	63,4
8,49	9,04	0,55	0,42	76,4
9,04	9,55	0,51	0,40	80
9,55	10,36	0,81	0,81	100
10,36	11,43	1,07	0,94	87,9
11,43	12,50	1,07	1,07	100
12,50	13,54	1,04	1,04	100
13,54	14,60	1,06	0,96	90,6

14,60	15,13	0,53	0,53	100
15,13	16,23	1,10	1,03	93,6
16,23	17,20	0,97	0,97	100
17,20	18,23	1,03	1,03	100
18,23	19,33	1,10	1,10	100
19,33	20,25	0,92	0,57	61,9
20,25	20,78	0,53	0,53	100
20,78	21,81	1,03	1,03	100
21,81	23,02	1,21	1,11	91,7
23,02	24,02	1,00	1,00	100
24,02	24,65	0,63	0,63	100
24,65	26,07	1,42	1,18	83,1
26,07	27,12	1,05	0,66	62,8
27,12	27,65	0,53	0,53	100
27,65	28,03	0,38	0,38	100
28,03	29,09	1,06	1,03	97,2
29,09	29,77	0,68	0,68	100
29,77	30,77	1,00	1,00	100
30,77	32,17	1,40	1,40	100
32,17	33,22	1,05	1,05	100
33,22	33,58	0,36	0,36	100
33,58	34,37	0,77	0	0
34,37	35,03	0,66	0,66	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	20,00					
20,00	20,80	D4	R4/R5	-		Fragmentos
20,81		D3	R5	30		
20,95		D4	R3	30		
21,38		D4	R5	20		
21,85		D3	R4	20		
22,00		D3	R3	20		
22,30		D3	R5	45		
22,50		D4	R1	20		
22,56		D4	R2	70		
22,64		D4	R2	60		
22,74		D4	R4	50		
22,78	23,05	D4	-	-		Fragmentos
23,10		D4	R4	45		
23,23		D4	R3	40		
23,35		D4	R6	Vert.		
23,45		D4	R4	60		
23,63		D3	R3	Horiz.		
23,72		D3	R4	30		
23,82		D4	R2	60		
23,90		D4	R6	50		
24,14		D4	R6	60		
24,63		D4	R4	50		
24,88		D4	R2	30		
25,05	25,18	D4	R3/R4	-		Fragmentos
25,31		D4	R6	20		
25,34		D4	R2	70		
25,60	26,55	D4	R5/R6	-		Fragmentos
26,60		D4	R4	60		
26,76		D4	R4	45		
26,81		D4	R3	30		
26,86		D4	R4	70		
26,95		D4	R3	Vert.		

26,98	27,19	D4	R4/R5	-		Fragmentos
27,51		D4	R3	Horiz.		
27,66		D4	R2	Horiz.		
27,73		D4	R3	10		
27,93	28,03	D4	R2	-		Fragmentos
28,36		D4	R3	30		
28,43		D4	R5	Vert.		
28,52	28,66	D4	R2/R3	-		Fragmentos
28,82		D4	R1	Horiz.		
28,87		D4	R3	Vert.		
28,90	29,15	D4	R3/R4	-		Fragmentos
29,19		D4	R3	Horiz.		
29,27		D4	R5	20		
29,59		D4	R2	Horiz.		
29,66		D4	R2	20		
29,72		D3	R3	Vert.		
30,07		D3	R6	60		
30,25		D4	R8	10		
30,28		D4	R3	30		
30,52		D4	R3	45		
30,58		D4	R3	40		
30,86		D4	R1	30		
30,99		D3	R2	30		
31,22		D4	R10	Vert.		
31,51		D4	R3	40		
31,92		D4	R2	50		
31,96		D3	R4	70		
31,99		D4	R3	10		
32,02		D3	R2	50		
32,35		D4	R10	70		
33,01		D4	R2	60		
33,42		D4	R5	60		
33,47		D3	R3	30		
34,37		D3	R2	20		
35,03		D4	R3	10		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	20,00	0
20,00	20,81	100
20,81	22,50	17
22,50	23,10	79
23,10	23,90	100
23,90	25,05	71
25,05	25,60	0
25,60	26,55	25
26,55	27,19	80
27,19	27,93	67
27,93	28,52	21
28,52	29,19	92
29,19	33,58	91
33,58	39,37	0
34,37	35,03	100

Obra: Túnel
Local: Estação Pinheiros
Executadora: E.P.T.
Início: 30/09/96

Cota:
Estaca:
Afastamento:
Término:

718.877
10/10/96

m
Coordenada:
Inclinação:
Sondagem:

SR-06
Vertical
178.172.426
142.620.764

Diam. Revestim.	Nível d'água (m)	Profundidade (m)	Descrição do Material				Coerência	Grau de alteração	Descontinuidade	Rugosidade	Acumulação, etc	SPT - Barrilete --- 15 cm --- 30 cm --- 45 cm --- 60 cm --- 75 cm --- 90 cm --- 105 cm --- 120 cm --- 135 cm --- 150 cm --- 165 cm --- 180 cm --- 195 cm --- 210 cm --- 225 cm --- 240 cm --- 255 cm --- 270 cm --- 285 cm --- 300 cm --- 315 cm --- 330 cm --- 345 cm --- 360 cm --- 375 cm --- 390 cm --- 405 cm --- 420 cm --- 435 cm --- 450 cm --- 465 cm --- 480 cm --- 495 cm --- 510 cm --- 525 cm --- 540 cm --- 555 cm --- 570 cm --- 585 cm --- 600 cm --- 615 cm --- 630 cm --- 645 cm --- 660 cm --- 675 cm --- 690 cm --- 705 cm --- 720 cm --- 735 cm --- 750 cm --- 765 cm --- 780 cm --- 795 cm --- 810 cm --- 825 cm --- 840 cm --- 855 cm --- 870 cm --- 885 cm --- 900 cm --- 915 cm --- 930 cm --- 945 cm --- 960 cm --- 975 cm --- 990 cm --- 1005 cm --- 1020 cm --- 1035 cm --- 1050 cm --- 1065 cm --- 1080 cm --- 1095 cm --- 1110 cm --- 1125 cm --- 1140 cm --- 1155 cm --- 1170 cm --- 1185 cm --- 1200 cm --- 1215 cm --- 1230 cm --- 1245 cm --- 1260 cm --- 1275 cm --- 1290 cm --- 1305 cm --- 1320 cm --- 1335 cm --- 1350 cm --- 1365 cm --- 1380 cm --- 1395 cm --- 1410 cm --- 1425 cm --- 1440 cm --- 1455 cm --- 1470 cm --- 1485 cm --- 1500 cm --- 1515 cm --- 1530 cm --- 1545 cm --- 1560 cm --- 1575 cm --- 1590 cm --- 1605 cm --- 1620 cm --- 1635 cm --- 1650 cm --- 1665 cm --- 1680 cm --- 1695 cm --- 1710 cm --- 1725 cm --- 1740 cm --- 1755 cm --- 1770 cm --- 1785 cm --- 1800 cm --- 1815 cm --- 1830 cm --- 1845 cm --- 1860 cm --- 1875 cm --- 1890 cm --- 1905 cm --- 1920 cm --- 1935 cm --- 1950 cm --- 1965 cm --- 1980 cm --- 1995 cm --- 2010 cm --- 2025 cm --- 2040 cm --- 2055 cm --- 2070 cm --- 2085 cm --- 2100 cm --- 2115 cm --- 2130 cm --- 2145 cm --- 2160 cm --- 2175 cm --- 2190 cm --- 2205 cm --- 2220 cm --- 2235 cm --- 2250 cm --- 2265 cm --- 2280 cm --- 2295 cm --- 2310 cm --- 2325 cm --- 2340 cm --- 2355 cm --- 2370 cm --- 2385 cm --- 2400 cm --- 2415 cm --- 2430 cm --- 2445 cm --- 2460 cm --- 2475 cm --- 2490 cm --- 2505 cm --- 2520 cm --- 2535 cm --- 2550 cm --- 2565 cm --- 2580 cm --- 2595 cm --- 2610 cm --- 2625 cm --- 2640 cm --- 2655 cm --- 2670 cm --- 2685 cm --- 2700 cm --- 2715 cm --- 2730 cm --- 2745 cm --- 2760 cm --- 2775 cm --- 2790 cm --- 2805 cm --- 2820 cm --- 2835 cm --- 2850 cm --- 2865 cm --- 2880 cm --- 2895 cm --- 2910 cm --- 2925 cm --- 2940 cm --- 2955 cm --- 2970 cm --- 2985 cm --- 3000 cm --- 3015 cm --- 3030 cm --- 3045 cm --- 3060 cm --- 3075 cm --- 3090 cm --- 3105 cm --- 3120 cm --- 3135 cm --- 3150 cm --- 3165 cm --- 3180 cm --- 3195 cm --- 3210 cm --- 3225 cm --- 3240 cm --- 3255 cm --- 3270 cm --- 3285 cm --- 3300 cm --- 3315 cm --- 3330 cm --- 3345 cm --- 3360 cm --- 3375 cm --- 3390 cm --- 3405 cm --- 3420 cm --- 3435 cm --- 3450 cm --- 3465 cm --- 3480 cm --- 3495 cm --- 3510 cm --- 3525 cm --- 3540 cm --- 3555 cm --- 3570 cm --- 3585 cm --- 3600 cm --- 3615 cm --- 3630 cm --- 3645 cm --- 3660 cm --- 3675 cm --- 3690 cm --- 3705 cm --- 3720 cm --- 3735 cm --- 3750 cm --- 3765 cm --- 3780 cm --- 3795 cm --- 3810 cm --- 3825 cm --- 3840 cm --- 3855 cm --- 3870 cm --- 3885 cm --- 3900 cm --- 3915 cm --- 3930 cm --- 3945 cm --- 3960 cm --- 3975 cm --- 3990 cm --- 4005 cm --- 4020 cm --- 4035 cm --- 4050 cm --- 4065 cm --- 4080 cm --- 4095 cm --- 4110 cm --- 4125 cm --- 4140 cm --- 4155 cm --- 4170 cm --- 4185 cm --- 4200 cm --- 4215 cm --- 4230 cm --- 4245 cm --- 4260 cm --- 4275 cm --- 4290 cm --- 4305 cm --- 4320 cm --- 4335 cm --- 4350 cm --- 4365 cm --- 4380 cm --- 4395 cm --- 4410 cm --- 4425 cm --- 4440 cm --- 4455 cm --- 4470 cm --- 4485 cm --- 4500 cm --- 4515 cm --- 4530 cm --- 4545 cm --- 4560 cm --- 4575 cm --- 4590 cm --- 4605 cm --- 4620 cm --- 4635 cm --- 4650 cm --- 4665 cm --- 4680 cm --- 4695 cm --- 4710 cm --- 4725 cm --- 4740 cm --- 4755 cm --- 4770 cm --- 4785 cm --- 4800 cm --- 4815 cm --- 4830 cm --- 4845 cm --- 4860 cm --- 4875 cm --- 4890 cm --- 4905 cm --- 4920 cm --- 4935 cm --- 4950 cm --- 4965 cm --- 4980 cm --- 4995 cm --- 5010 cm --- 5025 cm --- 5040 cm --- 5055 cm --- 5070 cm --- 5085 cm --- 5100 cm --- 5115 cm --- 5130 cm --- 5145 cm --- 5160 cm --- 5175 cm --- 5190 cm --- 5205 cm --- 5220 cm --- 5235 cm --- 5250 cm --- 5265 cm --- 5280 cm --- 5295 cm --- 5310 cm --- 5325 cm --- 5340 cm --- 5355 cm --- 5370 cm --- 5385 cm --- 5400 cm --- 5415 cm --- 5430 cm --- 5445 cm --- 5460 cm --- 5475 cm --- 5490 cm --- 5505 cm --- 5520 cm --- 5535 cm --- 5550 cm --- 5565 cm --- 5580 cm --- 5595 cm --- 5610 cm --- 5625 cm --- 5640 cm --- 5655 cm --- 5670 cm --- 5685 cm --- 5700 cm --- 5715 cm --- 5730 cm --- 5745 cm --- 5760 cm --- 5775 cm --- 5790 cm --- 5805 cm --- 5820 cm --- 5835 cm --- 5850 cm --- 5865 cm --- 5880 cm --- 5895 cm --- 5910 cm --- 5925 cm --- 5940 cm --- 5955 cm --- 5970 cm --- 5985 cm --- 6000 cm --- 6015 cm --- 6030 cm --- 6045 cm --- 6060 cm --- 6075 cm --- 6090 cm --- 6105 cm --- 6120 cm --- 6135 cm --- 6150 cm --- 6165 cm --- 6180 cm --- 6195 cm --- 6210 cm --- 6225 cm --- 6240 cm --- 6255 cm --- 6270 cm --- 6285 cm --- 6300 cm --- 6315 cm --- 6330 cm --- 6345 cm --- 6360 cm --- 6375 cm --- 6390 cm --- 6405 cm --- 6420 cm --- 6435 cm --- 6450 cm --- 6465 cm --- 6480 cm --- 6495 cm --- 6510 cm --- 6525 cm --- 6540 cm --- 6555 cm --- 6570 cm --- 6585 cm --- 6600 cm --- 6615 cm --- 6630 cm --- 6645 cm --- 6660 cm --- 6675 cm --- 6690 cm --- 6705 cm --- 6720 cm --- 6735 cm --- 6750 cm --- 6765 cm --- 6780 cm --- 6795 cm --- 6810 cm --- 6825 cm --- 6840 cm --- 6855 cm --- 6870 cm --- 6885 cm --- 6900 cm --- 6915 cm --- 6930 cm --- 6945 cm --- 6960 cm --- 6975 cm --- 6990 cm --- 7005 cm --- 7020 cm --- 7035 cm --- 7050 cm --- 7065 cm --- 7080 cm --- 7095 cm --- 7110 cm --- 7125 cm --- 7140 cm --- 7155 cm --- 7170 cm --- 7185 cm --- 7200 cm --- 7215 cm --- 7230 cm --- 7245 cm --- 7260 cm --- 7275 cm --- 7290 cm --- 7305 cm --- 7320 cm --- 7335 cm --- 7350 cm --- 7365 cm --- 7380 cm --- 7395 cm --- 7410 cm --- 7425 cm --- 7440 cm --- 7455 cm --- 7470 cm --- 7485 cm --- 7500 cm --- 7515 cm --- 7530 cm --- 7545 cm --- 7560 cm --- 7575 cm --- 7590 cm --- 7605 cm --- 7620 cm --- 7635 cm --- 7650 cm --- 7665 cm --- 7680 cm --- 7695 cm --- 7710 cm --- 7725 cm --- 7740 cm --- 7755 cm --- 7770 cm --- 7785 cm --- 7800 cm --- 7815 cm --- 7830 cm --- 7845 cm --- 7860 cm --- 7875 cm --- 7890 cm --- 7905 cm --- 7920 cm --- 7935 cm --- 7950 cm --- 7965 cm --- 7980 cm --- 7995 cm --- 8010 cm --- 8025 cm --- 8040 cm --- 8055 cm --- 8070 cm --- 8085 cm --- 8100 cm --- 8115 cm --- 8130 cm --- 8145 cm --- 8160 cm --- 8175 cm --- 8190 cm --- 8205 cm --- 8220 cm --- 8235 cm --- 8250 cm --- 8265 cm --- 8280 cm --- 8295 cm --- 8310 cm --- 8325 cm --- 8340 cm --- 8355 cm --- 8370 cm --- 8385 cm --- 8400 cm --- 8415 cm --- 8430 cm --- 8445 cm --- 8460 cm --- 8475 cm --- 8490 cm --- 8505 cm --- 8520 cm --- 8535 cm --- 8550 cm --- 8565 cm --- 8580 cm --- 8595 cm --- 8610 cm --- 8625 cm --- 8640 cm --- 8655 cm --- 8670 cm --- 8685 cm --- 8700 cm --- 8715 cm --- 8730 cm --- 8745 cm --- 8760 cm --- 8775 cm --- 8790 cm --- 8805 cm --- 8820 cm --- 8835 cm --- 8850 cm --- 8865 cm --- 8880 cm --- 8895 cm --- 8910 cm --- 8925 cm --- 8940 cm --- 8955 cm --- 8970 cm --- 8985 cm --- 9000 cm --- 9015 cm --- 9030 cm --- 9045 cm --- 9060 cm --- 9075 cm --- 9090 cm --- 9105 cm --- 9120 cm --- 9135 cm --- 9150 cm --- 9165 cm --- 9180 cm --- 9195 cm --- 9210 cm --- 9225 cm --- 9240 cm --- 9255 cm --- 9270 cm --- 9285 cm --- 9300 cm --- 9315 cm --- 9330 cm --- 9345 cm --- 9360 cm --- 9375 cm --- 9390 cm --- 9405 cm --- 9420 cm --- 9435 cm --- 9450 cm --- 9465 cm --- 9480 cm --- 9495 cm --- 9510 cm --- 9525 cm --- 9540 cm --- 9555 cm --- 9570 cm --- 9585 cm --- 9600 cm --- 9615 cm --- 9630 cm --- 9645 cm --- 9660 cm --- 9675 cm --- 9690 cm --- 9705 cm --- 9720 cm --- 9735 cm --- 9750 cm --- 9765 cm --- 9780 cm --- 9795 cm --- 9810 cm --- 9825 cm --- 9840 cm --- 9855 cm --- 9870 cm --- 9885 cm --- 9900 cm --- 9915 cm --- 9930 cm --- 9945 cm --- 9960 cm --- 9975 cm --- 9990 cm --- 10005 cm --- 10020 cm --- 10035 cm --- 10050 cm --- 10065 cm --- 10080 cm --- 10095 cm --- 10110 cm --- 10125 cm --- 10140 cm --- 10155 cm --- 10170 cm --- 10185 cm --- 10200 cm --- 10215 cm --- 10230 cm --- 10245 cm --- 10260 cm --- 10275 cm --- 10290 cm --- 10305 cm --- 10320 cm --- 10335 cm --- 10350 cm --- 10365 cm --- 10380 cm --- 10395 cm --- 10410 cm --- 10425 cm --- 10440 cm --- 10455 cm --- 10470 cm --- 10485 cm --- 10500 cm --- 10515 cm --- 10530 cm --- 10545 cm --- 10560 cm --- 10575 cm --- 10590 cm --- 10605 cm --- 10620 cm --- 10635 cm --- 10650 cm --- 10665 cm --- 10680 cm --- 10695 cm --- 10710 cm --- 10725 cm --- 10740 cm --- 10755 cm --- 10770 cm --- 10785 cm --- 10800 cm --- 10815 cm --- 10830 cm --- 10845 cm --- 10860 cm --- 10875 cm --- 10890 cm --- 10905 cm --- 10920 cm --- 10935 cm --- 10950 cm --- 10965 cm --- 10980 cm --- 10995 cm --- 11010 cm --- 11025 cm --- 11040 cm --- 11055 cm --- 11070 cm --- 11085 cm --- 11100 cm --- 11115 cm --- 11130 cm --- 11145 cm --- 11160 cm --- 11175 cm --- 11190 cm --- 11205 cm --- 11220 cm --- 11235 cm --- 11250 cm --- 11265 cm --- 11280 cm --- 11295 cm --- 11310 cm --- 11325 cm --- 11340 cm --- 11355 cm --- 11370 cm --- 11385 cm --- 11400 cm --- 11415 cm --- 11430 cm --- 11445 cm --- 11460 cm --- 11475 cm --- 11490 cm --- 11505 cm --- 11520 cm --- 11535 cm --- 11550 cm --- 11565 cm --- 11580 cm --- 11595 cm --- 11610 cm --- 11625 cm --- 11640 cm --- 11655 cm --- 11670 cm --- 11685 cm --- 11700 cm --- 11715 cm --- 11730 cm --- 11745 cm --- 11760 cm --- 11775 cm --- 11790 cm --- 11805 cm --- 11820 cm --- 11835 cm --- 11850 cm --- 11865 cm --- 11880 cm --- 11895 cm --- 11910 cm --- 11925 cm --- 11940 cm --- 11955 cm --- 11970 cm --- 11985 cm --- 12000 cm --- 12015 cm --- 12030 cm --- 12045 cm --- 12060 cm --- 12075 cm --- 12090 cm --- 12105 cm --- 12120 cm --- 12135 cm --- 12150 cm --- 12165 cm --- 12180 cm --- 12195 cm --- 12210 cm --- 12225 cm --- 12240 cm --- 12255 cm --- 12270 cm --- 12285 cm --- 12300 cm --- 12315 cm --- 12330 cm --- 12345 cm --- 12360 cm --- 12375 cm --- 12390 cm --- 12405 cm --- 12420 cm --- 12435 cm --- 12450 cm --- 12465 cm --- 12480 cm --- 12495 cm --- 12510 cm --- 12525 cm --- 12540 cm --- 12555 cm --- 12570 cm --- 12585 cm --- 12600 cm --- 12615 cm --- 12630 cm --- 12645 cm --- 12660 cm --- 12675 cm --- 12690 cm --- 12705 cm --- 12720 cm --- 12735 cm --- 12750 cm --- 12765 cm --- 12780 cm --- 12795 cm --- 12810 cm --- 12825 cm --- 12840 cm --- 12855 cm --- 12870 cm --- 12885 cm --- 12900 cm --- 12915 cm --- 12930 cm --- 12945 cm --- 12960 cm --- 12975 cm --- 12990 cm --- 13005 cm --- 13020 cm --- 13035 cm --- 13050 cm --- 13065 cm --- 13080 cm --- 13095 cm --- 13110 cm --- 13125 cm --- 13140 cm --- 13155 cm --- 13170 cm --- 13185 cm --- 13200 cm --- 13215 cm --- 13230 cm --- 13245 cm --- 13260 cm --- 13275 cm --- 13290 cm --- 13305 cm --- 13320 cm --- 13335 cm --- 13350 cm --- 13365 cm --- 13380 cm --- 13395 cm --- 13410 cm --- 13425 cm --- 13440 cm --- 13455 cm --- 13470 cm --- 13485 cm --- 13500 cm --- 13515 cm --- 13530 cm --- 13545 cm --- 13560 cm --- 13575 cm --- 13590 cm --- 13605 cm --- 13620 cm --- 13635 cm --- 13650 cm --- 13665 cm --- 13680 cm --- 13695 cm --- 13710 cm --- 13725 cm --- 13740 cm --- 13755 cm --- 13770 cm --- 13785 cm --- 13800 cm --- 13815 cm --- 13830 cm --- 13845 cm --- 13860 cm --- 13875 cm --- 13890 cm --- 13905 cm --- 13920 cm --- 13935 cm --- 13950 cm --- 13965 cm --- 13980 cm --- 13995 cm --- 14010 cm --- 14025 cm --- 14040 cm --- 14055 cm --- 14070 cm --- 14085 cm --- 14100 cm --- 14115 cm --- 14130 cm --- 14145 cm --- 14160 cm --- 14175 cm --- 14190 cm --- 14205 cm --- 14220 cm --- 14235 cm --- 14250 cm --- 14265 cm --- 14280 cm --- 14295 cm --- 14310 cm --- 14325 cm --- 14340 cm --- 14355 cm --- 14370 cm --- 14385 cm --- 14400 cm --- 14415 cm --- 14430 cm --- 14445 cm --- 14460 cm --- 14475 cm --- 14490 cm --- 14505 cm --- 14520 cm --- 14535 cm --- 14550 cm --- 14565 cm --- 14580 cm --- 14595 cm --- 14610 cm --- 14625 cm --- 14640 cm --- 14655 cm --- 14670 cm --- 14685 cm --- 14700 cm --- 14715 cm --- 14730 cm --- 14745 cm --- 14760 cm --- 14775 cm --- 14790 cm --- 14805 cm --- 14820 cm --- 14835 cm --- 14850 cm --- 14865 cm --- 14880 cm --- 14895 cm --- 14910 cm --- 14925 cm --- 14940 cm --- 14955 cm --- 14970 cm --- 14985 cm --- 15000 cm --- 15015 cm --- 15030 cm --- 15045 cm --- 15060 cm --- 15075 cm --- 15090 cm --- 15105 cm --- 15120 cm --- 15135 cm --- 15150 cm --- 15165 cm --- 15180 cm --- 15195 cm --- 15210 cm --- 15225 cm --- 15240 cm --- 15255 cm --- 15270 cm --- 15285 cm --- 15300 cm --- 15315 cm --- 15330 cm --- 15345 cm --- 15360 cm --- 15375 cm --- 15390 cm --- 15405 cm --- 15420 cm --- 15435 cm --- 15450 cm --- 15465 cm --- 15480 cm --- 15495 cm --- 15510 cm --- 15525 cm --- 15540 cm --- 15555 cm --- 15570 cm --- 15585 cm --- 15600 cm --- 15615 cm --- 15630 cm --- 15645 cm --- 15660 cm --- 15675 cm --- 15690 cm --- 15705 cm --- 15720 cm --- 15735 cm --- 15750 cm --- 15765 cm --- 15780 cm --- 15795 cm --- 15810 cm --- 15825 cm --- 15840 cm --- 15855 cm --- 15870 cm --- 15885 cm --- 15900 cm --- 15915 cm --- 15930 cm --- 15945 cm --- 15960 cm --- 15975 cm --- 15990 cm --- 16005 cm --- 16020 cm --- 16035 cm --- 16050 cm --- 16065 cm --- 16080 cm --- 16095 cm --- 16110 cm --- 16125 cm --- 16140 cm --- 16155 cm --- 16170 cm --- 16185 cm --- 16200 cm --- 16215 cm --- 16230 cm --- 16245 cm --- 16260 cm --- 16275 cm --- 16290 cm --- 16305 cm --- 16320 cm --- 16335 cm --- 16350 cm --- 16365 cm --- 16380 cm --- 16395 cm --- 16410 cm --- 16425 cm --- 16440 cm --- 16455 cm --- 16470 cm --- 16485 cm --- 16500 cm --- 16515 cm --- 16530 cm --- 16545 cm --- 16560 cm --- 16575 cm --- 16590 cm --- 16605 cm --- 16620 cm --- 16635 cm --- 16650 cm --- 16665 cm --- 16680 cm --- 16695 cm --- 16710 cm --- 16725 cm --- 16740 cm --- 16755 cm --- 16770 cm --- 16785 cm --- 16800 cm --- 16815 cm --- 16830 cm --- 16845 cm --- 16860 cm --- 16875 cm --- 16890 cm --- 16905 cm --- 16920 cm --- 16935 cm --- 16950 cm --- 16965 cm --- 16980 cm --- 16995 cm --- 17010 cm --- 17025 cm --- 17040 cm --- 17055 cm --- 17070 cm --- 17085 cm --- 17100 cm --- 17115 cm --- 17130 cm --- 17145 cm --- 17160 cm --- 17175 cm --- 17190 cm --- 17205 cm --- 17220 cm --- 17235 cm --- 17250 cm --- 17265 cm --- 17280 cm --- 17295 cm --- 17310 cm --- 17325 cm --- 17340 cm --- 17355 cm --- 17370 cm --- 17385 cm --- 17400 cm --- 17415 cm --- 17430 cm --- 17445 cm --- 17460 cm --- 17475 cm --- 17490 cm --- 17505 cm --- 17520 cm --- 17535 cm --- 17550 cm --- 17565 cm --- 17580 cm --- 17595 cm --- 17610 cm --- 17625 cm --- 17640 cm --- 17655 cm --- 17670 cm --- 17685 cm --- 17700 cm --- 17715 cm --- 17730 cm --- 17745 cm --- 17760 cm --- 17775 cm --- 17790 cm --- 17805 cm --- 17820 cm --- 17835 cm --- 17850 cm --- 17865 cm --- 17880 cm --- 17895 cm --- 17910 cm --- 17925 cm --- 17940 cm --- 17955 cm --- 17970 cm --- 17985 cm --- 18000 cm --- 18015 cm --- 18030 cm --- 18045 cm --- 18060 cm --- 18075 cm --- 18090 cm --- 18105 cm --- 18120 cm --- 18135 cm --- 18150 cm --- 18165 cm --- 18180 cm --- 18195 cm --- 18210 cm --- 18225 cm --- 18240 cm --- 18255 cm --- 18270 cm --- 18285 cm --- 18300 cm --- 18315 cm --- 18330 cm --- 18345 cm --- 18360 cm --- 18375 cm --- 18390 cm --- 18405 cm --- 18420 cm --- 18435 cm --- 18450 cm --- 18465 cm --- 18480 cm --- 18495 cm --- 18510 cm --- 18525 cm --- 18540 cm --- 18555 cm --- 18570 cm --- 18585 cm --- 18600 cm --- 18615 cm --- 18630 cm --- 18645 cm --- 18660 cm --- 18675 cm --- 18690 cm --- 18705 cm --- 18720 cm --- 18735 cm --- 18750 cm --- 18765 cm --- 18780 cm --- 18795 cm --- 18810 cm --- 18825 cm --- 18840 cm --- 18855 cm --- 18870 cm --- 18885 cm --- 18900 cm --- 18915 cm --- 18930 cm --- 18945 cm --- 18960 cm --- 18975 cm --- 18990 cm --- 19005 cm --- 19020 cm --- 19035 cm --- 19050 cm --- 19065 cm --- 19080 cm --- 19095 cm --- 19110 cm --- 19125 cm --- 19140 cm --- 19155 cm --- 19170 cm --- 19185 cm --- 19200 cm --- 19215 cm --- 19230 cm --- 19245 cm --- 19260 cm --- 19275 cm --- 19290 cm --- 19305 cm --- 19320 cm --- 19335 cm --- 19350 cm --- 19365 cm --- 19380 cm --- 19395 cm --- 19410 cm --- 19425 cm --- 19440 cm --- 19455 cm --- 19470 cm --- 19485 cm
-----------------	------------------	------------------	-----------------------	--	--	--	-----------	-------------------	-----------------	------------	-----------------	---

Medidas de Níveis d'água

[illegible]

ABREVIATURAS

Al	—	Alúvio	m	—	Média
Ag	—	Argila	mm	—	Milimétrica
Agreg	—	Agregado	Mn	—	Mangões
Agto	—	Argilito	mt	—	Muito
Ar	—	Areia	Ox	—	Oxido
Arto	—	Arenito	pc	—	Pouco
Ca	—	Carbonato	Qz	—	Quartzo
Caá	—	Calcita	Spr	—	Sapralito
cm	—	Centímetro	SSp	—	Solo Superficial
Col	—	Colúvio	SSpro	—	Solo Sapralítico
Cs	—	Cascalho	St	—	Siltite
f	—	Fina	Sto	—	Silito
Fe	—	Ferro	Sx	—	Seixo
Fr	—	Fragmentos	Tal	—	Terraço Aluvionar
g	—	Grossa			

CORES

b - branco
m - marrom
p - preto
r - roxo/arroxado
d - verde/esverdeado
z - cinza/acinzentado

TONALIDADES

c - claro e - escuro
md - médio rs - róseo

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525

PERFIL INDIVIDUAL DA SONDAEM - SR-06

— 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040

DESENHO	VERIFICADO	RESP. TÉCNICO	APROVADO	ESCOLA

nov/98 Ivandra Mattos

00721

Desenho No

CADASTRO DE SONDAGEM					
Sondagem: SR-07		Cliente: Universidade de São Paulo - USP		Obra: Túnel	
Local: Estação Pinheiros		Inclinação: Vertical		Estaca:	m
Coord.N :		Coord. E:		Cota: 719.084	m
Coord.N (UTM): 178.165,041 m		Coord. E (UTM): 142.630,661 m		Cota SC:	m
Início: 10/10/1996		Término: 17/10/1996		Empreiteira: EPT	
Cond. Terreno:		Sondador: Ramon		Procedência: SR-06	
Destino: SR-01		Especificações:			
Técnico: Messias		Geólogo:			

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico- Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	0,20	Aterro	Argila arenosa com fragmentos de brita e pedregulho	Marrom	
0,20	2,98	Aluvião	Areia fina a média	Marrom	
2,98	3,20		Areia média a grossa	acinzentado	
3,20	7,15				Material não recuperado
7,15	7,40	Sedimento Terciário	Areia fina/média a grossa com fragmentos de rocha alterada	Cinza amarelado	Concentrações de óxido de ferro
7,40	8,60				
8,60	8,80				Concentrações de óxido de ferro
8,80	10,40				
10,40	11,50		Argila silto-arenosa com intercalações de silte arenoso	Marrom e cinza amarelado	
11,50	14,00			Cinza amarelado com manchas avermelhadas	
14,00	17,10			Vermelho com manchas cinzas	
17,10	18,80		Silte arenoso com intercalações de argila siltosa	Cinza claro e avermelhado	Concentrações de óxido de ferro
18,80	18,93				
18,93	19,65		Areia siltosa pouco argilosa	Cinza amarelado	
19,65	20,30	Saprolito	Areia fina siltosa	Cinza esverdeado	Com estruturas reliquias
20,30	21,10	Filonito		Cinza claro/esverdeado	Granulação fina e cisalhada
21,10	24,80			Cinza médio	Granulação média
24,80	34,52				

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	20,30	-----	0,00	20,30	-----
20,30	21,65	A4/A3	20,30	21,65	C4
21,65	24,39	A3	21,65	24,39	C2
24,39	24,80	A4	24,39	24,80	C5
24,80	25,45	A2	24,80	25,45	C2
25,45	30,28	A1/A2	25,45	30,28	C1
30,28	30,41	A3	30,28	30,41	C5
30,41	34,52	A1/A2	30,41	34,52	C1

Nº DA SONDAGEM: SR-07				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	7,15	Sem recuperação		
7,15	7,50	0,35	0,35	100
7,50	8,59	1,09	1,00	91,7
8,59	9,51	0,9	0,92	100
9,51	10,56	1,05	1,05	100
10,56	11,67	1,11	1,11	100
11,67	12,25	0,58	0,58	100
12,25	13,26	1,01	1,01	100
13,26	14,30	1,04	1,04	100
14,30	15,40	1,10	1,10	100
15,40	16,18	0,78	0,47	60,3
16,18	16,49	0,31	0,31	100
16,49	17,10	0,61	0,61	100
17,10	18,03	0,93	0,93	100
18,03	19,08	1,05	0,97	92,4
19,08	20,12	1,04	1,04	100
20,12	20,65	0,53	0,53	100
20,65	21,66	1,01	1,01	100
21,66	22,72	1,06	1,06	100
22,72	23,66	0,94	0,94	100
23,66	24,64	1,03	0,90	87,4
24,64	25,74	1,05	0,99	94,3
25,74	26,24	0,50	0,50	100
26,24	26,74	0,50	0,50	100
26,74	28,02	1,28	1,28	100
28,02	28,10	Perda de material		
28,10	28,63	0,53	0,53	100
28,63	29,70	1,07	1,07	100
29,70	30,71	1,01	0,92	91,1
30,71	32,16	1,45	1,45	100
32,16	33,54	1,38	1,38	100
33,54	34,52	0,98	0,98	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	19,65					Solo
19,65	20,05					Fragmentos
20,35		D3	R3	Vert.		
20,50		D4	R1	Vert.		
20,60	21,66	D3/D4	R3/R4			Fragmentos
21,85		D4	R4	30		
22,00		D4	R5	30		
22,27		D4	R3	30		
22,47		D4	R7	50		
22,64		D4	R2	27		
22,67		D4	R3	30		
22,82		D4	R5	33		
22,86		D4	R4	25		
22,92		D4	R8	45		
22,95		D4	R6	25		
23,00		D4	R3	25		
23,42		D4	R3	Vert.		
23,45		D4	R5	Vert.		
23,64		D4	R6	Horiz.		
23,77	23,88	D4	R3/R4			Fragmentos
23,90		D4	R2	20		

24,06		D4	R3	10		
24,10		D4	R3	20		
24,14		D4	R2	Horiz.		
24,27		D4	R4	10		
24,39	24,80	D4	R4/R5			Fragmentos
24,97		D4	R7	Horiz.		
25,12		D4	R5	40		
25,72		D4	R2	30		
25,98		D4	R1	30		
26,14		D4	R3	20		
26,54		D4	R2	20		
27,20		D4	R5	20		
27,43		D4	R2	20		
27,60		D4	R2	30		
27,83		D1	R2	30		
28,02	28,10					Perda de material
28,36		D4	R3	30		
28,63		D4	R3	10		
28,89		D4	R2	30		
28,95		D4	R2	30		
29,18		D4	R4	30		
29,24		D4	R3	10		
29,51		D3	R2	20		
30,12		D3	R4	Horiz.		
30,20	30,31	Fragmentos com perda de material				
30,60		D3	R2	30		
31,87		D4	R3	30		
32,23		D4	R5	45		
32,76		D4	R2	10		
33,28		D4	R2	10		
33,37		D4	R3	35		
33,41		D4	R2	30		
33,43		D4	R2	30		
33,45		D4	R2	30		
33,50		D4	R2	30		
34,01		D4	R1	20		
34,23		D4	R3	30		
34,52		D4	R5	20		

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	20,30	-
20,30	21,66	22
21,66	23,00	84
23,00	24,39	93
24,39	25,12	44
25,12	30,12	97
30,12	30,60	60
30,60	31,87	100
31,87	33,28	100
33,28	34,01	70
34,01	34,52	100

CADASTRO DE SONDAGEM			
Sondagem: SR-08	Cliente: Universidade de São Paulo - USP	Obra: Túnel	
Local: Estação Pinheiros	Inclinação: Vertical	Estaca:	m
Coord.N :	Coord. E:	Cota: 718.943	m
Coord.N (UTM): 178.160,753 m	Coord. E (UTM): 142.616,018 m	Cota SC:	m
Início: 14/10/1996	Término: 28/10/1996	Empreiteira: EPT	
Cond. Terreno:	Sondador: Ramon	Procedência: SR-04	
Destino: SR-02	Especificações:		
Técnico: Messias	Geólogo:		

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM					
Trecho (m) De Até		Estrato Geológico-Geotécnico	Constituintes	Cores	Particulares
0,00	1,00	Aterro	Areia fina a média com fragmentos de rocha	Marrom	
1,00	2,48	Aluvião	Areia fina a média	Cinza clara	
2,48	3,30		Areia média a grossa		
3,30	4,00		Argila arenosa		
4,00	8,20		Silte arenoso	Cinza amarelado	
8,20	12,13	Sedimento Terciário	Argila areno-siltosa	Marrom avermelhada/ amarelada	
12,13	17,14		Silte arenoso	Amarelo claro	
17,14	19,50		Quartzo, feldspato e biotita	Cinza médio	
19,50	35,30	Gnaiss			

CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO E COERÊNCIA					
Trecho (m) De Até		Grau de Alteração	Trecho (m) De Até		Grau de Coerência
0,00	19,50	-----	0,00	19,50	-----
19,50	20,90	A4/A3	19,50	20,90	C4
20,90	29,44	A3/A4	20,90	29,44	C3/C4
29,44	35,30	A2/A3	29,44	35,30	C2

Nº DA SONDAGEM: SR-08				
Profundidade (m) De Até		Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	8,20	Sem recuperação		
8,20	9,14	0,94	0,94	100
9,14	10,10	0,96	0,96	100
10,10	11,12	1,02	1,02	100
11,12	12,13	1,01	1,01	100
12,13	13,13	1,00	1,00	100
13,13	14,14	1,01	1,01	100
14,14	15,15	1,01	0,78	77
15,15	16,17	1,02	0,72	70
16,17	17,14	0,97	0,70	72
17,14	18,21	1,07	0,85	79
18,21	19,21	1,00	0,83	83
19,21	20,11	0,90	0,50	55
20,11	20,56	0,45	0,32	71
20,56	21,03	0,47	0,38	81
21,03	21,55	0,52	0,52	100
21,55	22,11	0,56	0,51	91
22,11	22,83	0,72	0,72	100
22,83	23,42	0,59	0,56	95

23,42	23,96	0,54	0,54	100
23,96	24,54	0,58	0,58	100
24,54	25,00	0,46	0,43	93
25,00	25,99	0,99	0,99	100
25,99	26,63	0,64	0,50	78
26,63	27,85	1,22	1,08	88
27,85	28,77	0,92	0,77	84
28,77	29,44	0,67	0,67	100
29,44	30,44	1,00	0,95	95
30,44	31,94	1,50	0,85	57
31,94	32,68	0,74	0,74	100
32,68	33,09	0,41	0,41	100
33,09	34,31	1,22	1,00	82
34,31	35,30	0,99	0,99	100

CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES						
PROFUNDIDADE (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	8,20					Sem recuperação
8,20	19,50					Solo
19,50	21,27	D4				Fragmentos
21,42		D3	R5	70		
21,45	21,55	D4				Fragmentos
21,85	24,60	D4				Fragmentos
24,64		D4	R3	20		
24,68		D4	R3	60		
24,71		D4	R3	30		
24,82		D4	R3	70		
24,91		D4	R2	Vert.		
25,02		D4	R3	40		
25,19		D4	R3	30		
25,32	26,00	D4	R3/R4			Fragmentos
26,08		D4	R2	60		
26,28		D3	R1	70		
26,30		D3	R1	70		
26,35	26,60	D3/D4	R3			Fragmentos
26,67		D4	R2	Horiz.		
26,70		D4	R1	Vert.		
26,73		D4	R3	Horiz.		
26,80		D4	R3	Horiz.		
26,86		D4	R3	70		
26,88		D4	R3	Horiz.		
26,92		D4	R3	40		
26,93	27,00	D4	R3/R4			Fragmentos
27,08		D3	R4	Horiz.		
27,12		D3	R2	10		
27,17		D3	R4	30		
27,18	27,27	D4	R3/R4			Fragmentos
27,29		D4	R2	50		
27,34		D4	R2	30		
27,40		D3	R1	Vert.		
27,45		D3	R1	Horiz.		
27,55		D4	R2	Horiz.		
27,64		D3	R1	Vert.		
27,70	28,77	D4	R3/R4			Fragmentos
28,81		D4	R2	Vert.		
28,84		D4	R4	30		
28,88		D4	R2	20		
28,93		D4	R3	Vert.		
28,96		D4	R4	30		

28,99		D4	R6	50		
29,06		D4	R3	Vert.		
29,18		D4	R3	Vert.		
29,23		D4	R7	60		
29,25	29,44	D4	R4/R5			Fragmentos
29,46		D4	R1	30		
29,59		D4	R3	10		
30,00		D4	R5	Horiz.		
30,15		D4	R6	60		
30,42		D4	R5	50		
30,44	31,40	D4	R3/R4			Fragmentos
31,44		D3	R2	Vert.		
31,55		D3	R2	Vert.		
31,70		D3	R2	Vert.		
31,75		D4	R2	50		
31,87		D3	R3	50		
31,90		D3	R3	Vert.		
32,30		D4	R3	10		
32,35		D4	R3	20		
32,40		D4	R4	10		
32,42		D4	R6	15		
32,45		D4	R3	15		
32,57		D4	R10	25		
32,68		D3	R8	Sub-horiz.		
32,75		D3	R5	Sub-horiz.		
32,81		D3	R6	15		
32,90		D3	R5	Sub-horiz.		
32,95		D3	R7	Sub-horiz.		
33,04		D3	R5	20		
33,09		D3	R4	10		
33,20		D4	R4	Vert.		
33,28		D4	R5	30		
33,45		D3	R4	10		
33,57		D4	R6	30		
33,72		D3	R4	Sub-horiz.		
33,84		D3	R3	Sub-horiz.		
34,07	34,42	Fragmentos com perda de material				
34,49		D3	R3	Vert.		
34,83		D4	R5	45		
35,00	35,30	D3/D4	R4/R5			Fragmentos

PROFUNDIDADE (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	19,50	-
19,50	21,27	0
21,27	21,85	76
21,85	24,71	0
24,71	25,32	85
25,32	26,38	21
26,38	27,70	7
27,70	28,96	0
28,96	29,46	24
29,46	30,42	100
30,42	31,44	0
31,44	32,30	91
32,30	33,28	35
33,28	34,07	100
34,07	35,30	42

SUGESTÃO DE MÉTODO PARA DESCRIÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE TESTEMUNHOS DE SONDAGENS ROTATIVAS

Ivandra Cristina Silva de Mattos

Orientador: Prof. Dr. Fábio Taiti (DGE)

Co-orientador: MSc. Wilson Shoji Iyomasa (IPT)

INTRODUÇÃO

A utilização de testemunhos de sondagens rotativas para a investigação de maciços rochosos é prática usual e imprescindível em obras de engenharia. A descrição apropriada destes testemunhos permite uma prévia avaliação da qualidade do maciço e, eventualmente, prever zonas mais suscetíveis a colapsos ou outros problemas de estabilidade.

As descrições homogêneas e padronizadas de sondagens rotativas é uma necessidade atual na área de geologia de engenharia pois, além de facilitar a comunicação entre os profissionais, poderá auxiliar na aplicação dos sistemas de classificação geomecânica.

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação de um manual com roteiro para descrição detalhada de testemunhos de sondagens rotativas, com base nas características e parâmetros inerentes à rocha, e consequentemente permitir uma homogeneização das descrições entre as várias empresas e/ou profissionais e o emprego adequado dos diferentes sistemas de classificação geomecânica.

PROPOSTA PARA DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS DE SONDAGENS ROTATIVAS

1. PREPARAÇÃO DOS TESTEMUNHOS DE SONDAGENS

- 1) limpeza das peças,
- 2) utilizar as fotografias das caixas de amostras,
- 3) reconstituir as manobras na caixa de madeira ou metal,
- 4) verificar os sinais deixados pela moia retentora no testemunho,
- 5) após a conclusão da descrição, armazenar os testemunhos na caixa de amostras, de forma organizada.



Caixa de madeira com testemunhos de sondagens armazenados (SR-05, caixa 8; SR-05, caixa 7)



Montagem de manobra 29.220.52 do furo SR-05, caixa 8 - grãos botões

DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Classificação dos tipos de rochas ígneas (adaptado de MATULA, 1981)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Granito	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Feldspato e quartzo
Diábasio	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Feldspato e quartzo
Basalto	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Feldspato e quartzo

Classificação dos tipos de rochas metamórficas (adaptado de MATULA, 1981)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Quartzito	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Gnaiss	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Amfibolito	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Amfibol e quartzo

Classificação dos tipos de rochas sedimentares (adaptado de MATULA, 1981)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Areia	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Argila	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Calcário	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato

2. Tipo Litológico - é fundamental a sua caracterização pois através da compreensão do contexto da gênese, pode-se obter as características de composição mineralógica e eventuais estruturas, que influenciam diretamente o comportamento geotécnico do maciço rochoso.

3. Grau de Alteração - é o conjunto de modificações físicas e químicas, decorrentes da ação do intemperismo, que resultam na degradação da rocha e de suas características mecânicas

Grau de alteração (modificado de SERRA e OLIVEIRA, 1998)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Alteração leve	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Alteração moderada	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Alteração severa	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato

Grau de coerência (modificado de BARTON, 1968 apud IPT, 1997)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Coerência alta	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Coerência moderada	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Coerência baixa	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato

4. Grau de Coerência - a determinação deste parâmetro deve ser realizada através da análise das características de resistência ao impacto de martelo e da resistência ao risco com lâmina de aço.

5. Recuperação dos Testemunhos - pode ser obtida através da relação entre o somatório dos comprimentos de testemunhos de sondagens recuperados e o comprimento do avanço da perfuração (manobra).



Fratura original preenchida com material cido



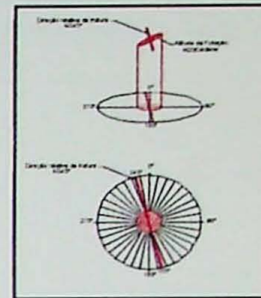
Quatro manobras em grãos botões, no detalhe observar o encaixe perfeito entre as duas peças

6. Rock Quality Designation (RQD) - trata-se de um índice quantitativo empregado para determinação da qualidade de rocha.



Caixa de testemunhos de sondagem apresentando manobras com baixos valores de RQD e recuperação

7. Descontinuidades - corresponde a "qualquer quebra de continuidade" do maciço rochoso. A caracterização das fraturas é fundamental pois, frequentemente a sua presença representa uma baixa resistência à tração do maciço.



Esquema para efetuar medidas de orientação em testemunhos de sondagem

8. Orientação - pode ser determinada através da medida de sua direção e mergulho, permitindo uma visualização da forma e tamanho dos blocos individuais no maciço rochoso.

9. Frequência de Fraturas - corresponde ao número de descontinuidades naturais presentes em um metro linear de testemunhos recuperados.

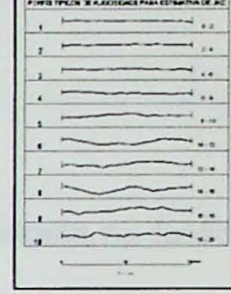
Grau de fraturamento (SPT, 1997 modificado de BIENIAVEKI, 1973)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Fraturado	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Fraturado	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Fraturado	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato

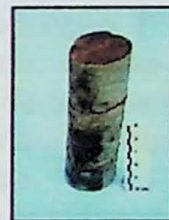
10. Rugosidade - corresponde às ondulações das superfícies das descontinuidades. Para sua interpretação recomenda-se empregar os perfis definidos por BARTON e CHOUHEY (1977)



Perfil de uma fratura subvertical, muito rugosa (R5/R9)

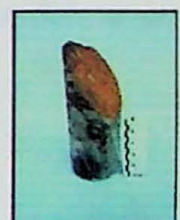


Perfis de rugosidade (BARTON e CHOUHEY, 1977)



Fratura sub-horizontal com alteração incipiente e com preenchimento de material cido

11. Tipo de Preenchimento e Estado de Alteração das Paredes - podem ser descritos conjuntamente, através da observação das características do material encontrado entre duas superfícies descontinuas, destacando a sua espessura, granulagem, mineralogia, cor, textura e natureza do material e o estado de alteração das paredes.

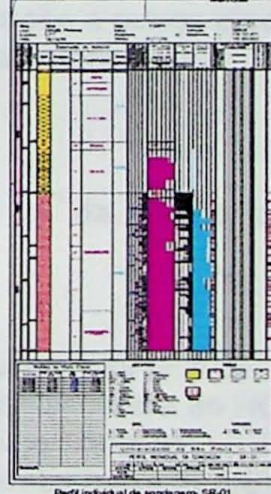


Fratura subvertical com paredes muito alteradas e com preenchimento de material argiloso e cido

Estado de alteração das paredes e tipo de preenchimento das descontinuidades (SPT, 1997)

TIPO	PROFUNDIDADE	TEXTURA	MINÉRIAS
Alteração leve	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Alteração moderada	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato
Alteração severa	Profundidade 0% das peças (da caixa de amostras)	Granuloso, homogêneo, com cristais intermedios	Quartzo e feldspato

APLICAÇÃO



Perfil individual de sondagem SR-01

Para mostrar a importância da padronização dos critérios na descrição de sondagens, ilustra-se um exemplo do emprego da classificação geomecânica para maciços rochosos, baseada na caracterização individual de 8 furos de sondagens rotativas, aplicando-se o sistema Q (BARTON et al., 1974).

CONCLUSÕES

Após a elaboração deste trabalho, conclui-se que o manual proposto para descrição de testemunhos de sondagens rotativas, atenderá às necessidades do meio técnico atual, permitindo uma descrição detalhada e homogênea dos principais parâmetros geológico-geotécnicos, facilitando o seu emprego nos diferentes sistemas de classificações de maciços rochosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON, N. LIEN, R. LUND, J. - 1974 - Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, Rock Mech. Rock Engng., v. 8, n. 4, p. 136-158.
- BARTON, N., CHOUHEY, V. - 1977 - The shear strength of rock joints: theory and practice, Rock Mech. Rock Engng., v. 1, n. 2, p. 1-54.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1987 - Caracterização geomecânica do maciço rochoso do Tecton Fato Lima - Fátima, Leste 4 - Anexo 1276 (Relatório nº 34602).
- MATULA, M. - 1981 - Rock and soil description and classification for engineering geological mapping, in: SYMPOSIUM ON ENGINEERING GEOLOGICAL PROBLEMS OF CONSTRUCTION ON SOLUBLE ROCKS, Proceedings, Istanbul, Turkey, International Association of engineering geology, 1981, p. 205-214.
- SERRA, E., OLIVEIRA, M. - 1998 - Caracterização e classificação de maciços rochosos, In: Geologia de Engenharia, São Paulo, AGG, 1998, p. 212-218.

- Rochas ígneas plutônicas possuem:

- ☐ vesicular
- ☐ vítrea
- ☐ fanerítica
- ☐ afanítica
- ☐ todas alternativas estão corretas

- Granitos são rochas ígneas:

- ☐ melanocráticas plutônicas
- ☐ leucocráticas vulcânicas
- ☐ melanocráticas vulcânicas
- ☐ leucocráticas plutônicas
- ☐ todas alternativas estão erradas

- O calor se movimenta no interior do planeta Terra através da:

- ☐ convecção no manto superior
- ☐ radiação na crosta
- ☐ condução do núcleo externo
- ☐ convecção na crosta

- Indique V (verdadeiro) ou F (falso) para cada afirmação

- a) Magma é rocha fundida, na maioria das vezes silicática, que pode ter origem na fusão de material do manto ou da crosta. ()
- b) Um magma ácido ou intermediário é produzido principalmente pela fusão da crosta continental e sedimentos oceânicos nas zonas de subducção. ()
- c) Quando o magma extravasa na superfície da crosta, ele se resfria e se consolida rapidamente, formando as rochas ígneas vulcânicas, de textura muito grosseira. ()
- d) Um magma produzido diretamente da fusão do manto é básico, formando rochas basálticas. É o que ocorre nas cadeias meso-oceânicas. ()
- e) Rochas ígneas são formadas a partir da cristalização primária do magma. ()
- f) Os magmas silicáticos podem ser ácidos, intermediários e básicos, conforme o seu conteúdo decrescente em sílica. ()

- Uma Placa Tectônica é:

- ☐ um bloco de crosta oceânica separado por falha transforme
- ☐ um bloco litosférico com movimento em relação a outros blocos análogos
- ☐ uma porção da crosta que se move sobre a astenosfera
- ☐ todas as questões estão corretas

- Aos itens da coluna da esquerda, associe os da coluna da direita que lhes forem relacionadas:

a) Propriedades dos Minerais:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| ☐ Muscovita | 1. Dureza alta (> 5,0) |
| ☐ Quartzo | 2. Efervescência ao HCl |
| ☐ Fenocrystal | 3. Brilho Metálico |
| ☐ Calcita | 4. Dureza baixa (< 5,0) |
| ☐ Magnetita | 5. Coloração clara |
| ☐ Pirita | 6. Brilho vítreo |
| | 7. Fortemente magnético |

b) Sistema Solar:

- () Terra
- () Júpiter
- () Vênus
- () Saturno
- () Lua
- () Marte

1. Superfície com vulcanismo atual
2. Planeta "interno" ou "terrestre"
3. Crateras de impacto muito antigas.
4. Constituição essencialmente gasosa
5. Planeta "externo" ou "joviano"
6. Constituição essencialmente sólida
7. Atmosfera de nitrogênio, com oxigênio livre

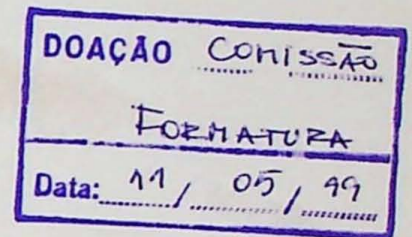
c) Estrutura da Terra:

- () Núcleo Interno
- () Núcleo Externo
- () Crosta Oceânica
- () Crosta Continental
- () Manto Inferior
- () Manto Superior

1. Material "granítico"
2. Material "basáltico"
3. Inclui a litosfera
4. Material no estado líquido
5. Inclui a Astenosfera
6. Composição metálica (Fe + Ni)
7. Descontinuidade de Mohorovicic (basal)
8. Material predominantemente no estado sólido

- Falhas normais, inversas e transcorrentes possuem suas principais gêneses relacionadas, respectivamente, aos seguintes limites de placas:

- () convergentes, divergentes e transformes
- () divergentes, convergentes e transformes
- () transformes, divergentes e convergentes
- () transformes, convergentes e divergentes



- Lembrando as aulas práticas de minerais e rochas ígneas:

- () granito, sienito e traquito são rochas plutônicas
- () basaltos e gabros são formados por plagioclásio e piroxênio
- () sienito é formado por quartzo e peróxênio
- () feldspatos são mais duros do que quartzo
- () todas as opções estão corretas

Idades: 1- Cambriano; 2- Ordoviciano; 3- Siluriano; 4- Carbonífero; 5- Permiano.

- Considerando o bloco diagrama e as idades apontadas:

- () as dobras A e B são, respectivamente sinclinal e anticlinal
- () as dobras A e B são, respectivamente sinforme e antiformal
- () a superfície entre 4 e 5 é uma discordância
- () a superfície entre 3 e 4 é uma discordância
- () todas as opções estão corretas

