



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA INFRA-ESTRUTURA
DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRA-ESTRUTURA**

INSTRUÇÕES NORMATIVAS PARA EXECUÇÃO DE SONDAGENS

IN-02/94

**Instrução Normativa para descrição de
testemunho de sondagens rotativas e
parâmetros geomecânicos**

DIRETORIA DE ENGENHARIA

GERÊNCIA DE PROJETOS RODOVIÁRIOS

GEOLOGIA

1 Objetivo

Esta Instrução Normativa fixa as condições exigíveis para a descrição de testemunhos de sondagens rotativas para fins de obras viárias, na utilização em perfil de sondagem rotativa do DEINFRA.

2 Descrição do material

Consiste na descrição da unidade litológica num determinado intervalo de profundidade, devendo ser realizada da seguinte maneira:

2.1 Denominação sucinta do material dentro de um determinado intervalo de profundidade.

2.2 Descrição detalhada do material obtido na sondagem, indicando, na ordem apresentada, os seguintes itens:

- a) cor da unidade litológica;
- b) avaliação da alteração média da unidade litológica;
- c) avaliação do grau de fraturamento médio da unidade litológica;
- d) textura média da unidade litológica;
- e) observações adicionais, por ordem de ocorrência em profundidade, a respeito de variações texturais, concentrações de fraturas, definição de descontinuidades principais, trechos com grau de alteração distintos da média e outros dados de interesse geomecânicos, como trechos extraídos para ensaios, dados de resistência a compressão, trechos obtidos por sondagem integral, queda de composição, perda total ou parcial d'água de perfuração, etc.

Estas observações serão graficamente separadas dos itens anteriores, iniciando sua descrição com a anotação da profundidade respectiva.

2.3 Contato entre unidades litológicas: deverá ser descrito sucintamente na separação entre as unidades, considerando os seguintes tipos de contato:

- a) contato brusco: contato bem definido entre tipos litológicos diferentes e que ocorre numa espessura de zero a poucos centímetros. Pode ser:
 - a.1) contato brusco fechado, preenchido ou não;
 - a.2) contato aberto, quando houver indícios de oxidação pela percolação da água.
- b) contato soldado ou gradual.

Não devem ser consideradas eventuais quebras mecânicas.

2.4 A representação do contato deverá ser realizada por linhas, que serão diferenciadas segundo a natureza estratigráfica do contato:

- a) linha cheia: contato entre tipos litológicos distintos;
- b) linha tracejada: contato entre tipos litológicos de comportamento geomecânico distinto e que representam unidades mapeáveis na escala 1:100.

Unidades de comportamento geomecânico distintos e que sejam considerados variações dentro de uma mesma unidade devem ser anotadas segundo o sub-item "d" do item 2.2.

3 Parâmetros geomecânicos

Os critérios de subjetividade na avaliação dos parâmetros geomecânicos podem ser reduzidos através da utilização de alguns recursos básicos na caracterização dos testemunhos. Os parâmetros a serem considerados são:

- a) relativos ao maciço rochoso: coerência e alteração mineralógica;
- b) relativos às descontinuidades: grau de fraturamento, características da superfície e inclinações das descontinuidades;
- c) mistos: condutividade hidráulica e Rock Quality Designation (RQD).

3.1 Grau de Coerência

Avaliação, de forma indireta, das características de resistência da rocha através da análise de sua dureza, resistência ao impacto e desagregabilidade.

- C1** - Rocha muito coerente: quebra com dificuldade ao golpe do martelo e os fragmentos possuem bordas cortantes que resistem ao corte com lâmina de aço. Superfície dificilmente riscável com aço. Somente escavável a fogo.

- C2** - Rocha coerente: quebra com golpe do martelo, produzindo fragmentos com bordas que podem ser abatidas por lâmina de aço ou serem quebradiças por pressão dos dedos. Superfície riscável com aço, deixando sulcos leves. Escavável a fogo.
- C3** - Rocha pouco coerente: quebra facilmente com golpe do martelo (esfarela), produzindo muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente e as bordas dos fragmentos quebram facilmente com a pressão dos dedos. Superfície facilmente riscável com aço, deixando sulcos profundos. Escarificável.
- C4** - Rocha friável: quebra facilmente com a pressão dos dedos, desagregando-se. Pode ser cortada com aço. Escavável com lâmina.

3.2 Grau de Alteração

Avalia a alteração dos minerais e decréscimo da resistência mecânica em função da ação do intemperismo ou efeitos hidrotermais. Os graus são definidos por comparação com o espécime são. O grau de alteração da maioria das rochas ígneas, metamórficas e algumas sedimentares pode ser correlacionado com o grau de coerência, no entanto, para a maioria das rochas sedimentares (rochas moles) a classificação será apenas com base no seu grau de coerência.

Aspectos da alteração macroscópica que deverão se observados:

- a) alteração da cor original dos minerais e da rocha (descoloração ou oxidação);
- b) presença de minerais secundários (argilas, óxidos, cloritas, carbonatos, sílica amorfa, etc);
- c) perda de coesão ou do imbricamento dos grãos;
- d) lixiviação do cimento original;
- e) aumento da porosidade e microfissuramento;
- f) diminuição do brilho e dureza dos minerais.

Para a avaliação da alteração e da coerência, os graus extremos (A1, A2 e A4 para alteração e C1 e C4 para coerência) podem ser identificados com segurança, facilitando o reconhecimento dos demais por comparação. Os graus A1 e A2 da alteração correspondem ao grau C1 da coerência.

- A1** - Rocha Sã (RS): não há alteração dos minerais, descoloração da amostra e oxidação de fraturas. Só pode ser escavada a fogo.
- A2** - Rocha Pouco Alterada (RPA): apresenta sinais incipientes de alteração dos minerais, ligeiramente descoloridos e fraturas oxidadas. Mantém praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha sã. Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo.
- A3** - Rocha medianamente alterada ou Rocha Alterada Dura (RAD): os minerais estão medianamente alterados, descoloração acentuada (de até $\frac{1}{3}$ do comprimento entre fraturas justapostas) e fraturas

oxidadas. As propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha sã, sendo entretanto, uma rocha bastante resistente, quebrando com relativa dificuldade sob ação do martelo. Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo.

A4 - Rocha muito alterada ou Rocha Alterada Mole (RAM): minerais constituintes muito alterados, às vezes pulverulentos e friáveis, com fraturas preenchidas com materiais terrosos e descoloração total entre fraturas. As propriedades físicas e mecânicas são acentuadamente inferiores às da rocha alterada dura. Quebra facilmente com as mãos e é escavável à picareta e por meios mecânicos convencionais. Rocha considerada como saprolito grosso ou duro.

A5 - Rocha extremamente alterada ou Solo de Alteração (SA): minerais constituintes totalmente alterados, estando preservadas as estruturas originais da rocha. Pode ser escavado por qualquer meio manual ou mecânico convencional. Rocha classificada como saprolito brando ou solo saprolítico.

3.3 Grau de Fraturamento

O grau de fraturamento indica o número de descontinuidades por unidade litológica e por trecho de fraturamento homogêneo, independente da manobras.

São considerados como descontinuidades todas as estruturas que promovam a separação física do testemunho ao longo do plano de descontinuidade, tais como: fraturas, diáclases, juntas e micro-falhas. Planos de xistosidade ou estratificação não são considerados, no entanto deve ser indicada a maior ou menor facilidade de partição da rocha ao longo desses planos. Também não são consideradas as estruturas onde injeções de material pétreo (quartzo, calcita, etc) promovam a soldagem das paredes, conferindo ao conjunto rocha-fratura uma resistência igual ou superior à da rocha. Na avaliação do grau de fraturamento e RQD são consideradas as fraturas que apresentarem separação física do testemunho durante a operação de sondagem, indicando que o efeito de solda foi insuficiente para manter ou elevar a resistência do maciço.

Serão consideradas todas as descontinuidades existentes, com exceção de:

- a) fraturas artificiais produzidas pela operação de sondagem;
- b) fraturas soldadas por material pétreo, de resistência igual ou superior à da rocha (não sofreram separação física durante a operação de sondagem).

Os graus de fraturamento considerados são:

GRAU DE FRATURAMENTO	Nº DE FRATURAS POR METRO
F1 – rocha pouco fraturada	0 - 1
F2 – rocha fraturada	2 - 5
F3 – rocha muito fraturada	6 - 11
F4 – rocha extremamente fraturada	11 - 20
F5 – rocha fragmentada	> 20

Obs.: para zonas cisalhadas será atribuído o grau F5.

3.4 Rugosidade das Descontinuidades

A análise das irregularidades das superfícies das descontinuidades tem por objetivo avaliar o potencial de resistência ao cisalhamento do maciço. São consideradas as descontinuidades sem preenchimento, isto é, que apresentam contato rocha x rocha.

São consideradas três tipos de superfícies:

- S1** - superfície rugosa: áspera ao tato - as peças dos testemunhos, quando justapostas, apresentam travamento.
- S2** - superfície lisa: suave ao tato - as peças não apresentam travamento quanto justapostas.
- S3** - superfície estriada: sedosa ao tato - com ou sem travamento das peças quando justapostas.

Obs.: a oxidação da superfície deve ser anotada na descrição litológica.

3.5 Paredes e preenchimento das descontinuidades

A análise das paredes e preenchimento das descontinuidades permite avaliar as características de resistência ao cisalhamento das juntas e de deformabilidade do maciço. Quando o material de preenchimento apresentar espessura superior a 10,0 cm deverá ser considerado como camadas e individualizadas na descrição. Como o material de preenchimento nem sempre é recuperado pelas sondagens, vestígios ou evidências de sua existência deverão ser convenientemente interpretados.

Quando ocorrem evidências de material de preenchimento ou indicação de remoção do mesmo pela água de circulação, deve ser indicado na descrição.

Tipos de paredes e preenchimento das descontinuidades:

- P1** - descontinuidades justapostas - paredes sãs.
- P2** - descontinuidades preenchidas por materiais pétreos.
- P3** - descontinuidades justapostas - alteração incipiente das paredes.
- P4** - descontinuidades justapostas ou não - alteração milimétrica das paredes e seu preenchimento.
- P5** - descontinuidades com paredes alteradas e com preenchimento. O tipo de preenchimento deverá ser colocado em seguida, entre parênteses, segundo a seguinte classificação:

Ag - argila	mp - minerais pretos
Si - sílica	mb - minerais brancos
Ca - calcáreo	pel - película mineralizada
a/s - areia ou silte	mv - minerais verdes

- E** - designa descontinuidades que não se enquadrem nos tipos acima relacionados. Deverão ser descritas na coluna "Descrição do Material".

3.6 Inclinação das Descontinuidades

A avaliação da inclinação das descontinuidades, em furos verticais, será em relação à horizontal. No caso de furos inclinados e orientados, as atitudes deverão ser indicadas em separado. A avaliação da inclinação será realizada nos mesmos trechos considerados no grau de fraturamento, sendo admitido, no máximo, duas categorias para um mesmo trecho.

Categorias adotadas:

V - vertical ou subvertical: mergulho 71° a 90° .

I - inclinada: mergulho de 21° a 70° .

H - horizontal ou sub-horizontal: mergulho de 0° a 20° .

3.7 Rock Quality Designation (RQD)

É uma medida de recuperação de testemunhos modificada, que considera o grau de fraturamento e o grau de alteração da rocha.

É definida como a somatória dos comprimentos dos testemunhos de rocha sã, pouco alterada ou alterada dura, maiores ou iguais a 10,0 cm, dividido pelo comprimento total do trecho, expresso em porcentagem.

Os critérios para avaliação do RQD são os seguintes:

- a) somente são considerados os testemunhos de rocha sã (A1), pouco alterada (A2) e alterada dura (A3);
- b) não são consideradas fraturas artificiais (produzidas pela operação da máquina ou manuseio) evidentes em rocha considerada intacta;
- c) a contagem do RQD é realizada por unidade litológica e por trecho definido pelo grau de fraturamento. Não deve ser considerado integralmente as manobras que atravessem contatos litológicos;
- d) o comprimento de cada pedaço individual de testemunho deverá ser medido ao longo da linha central deste, de maneira que as descontinuidades que se apresentam paralelas ao furo não alterem os valores de RQD. Em testemunhos orientados, o RQD é avaliado na linha de orientação;
- e) em sondagens onde ocorram fraturas verticais ou subverticais, o trecho será penalizado com a redução de dez centímetros na contagem do RQD;
- f) o procedimento para zonas cisalhadas e para preenchimentos muito mais fracos que a rocha encaixante (mesmo quando superiores a dez centímetros), é o mesmo utilizado para contatos litológicos.

Os graus de RQD são:

GRAU	%	QUALIDADE DA ROCHA
R1	100-91	Excelente
R2	90-70	Boa
R3	75-51	Regular
R4	50-26	Má
R5	25-0	Péssima

3.8 Condutividade Hidráulica

Este parâmetro é obtido dos resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão. Independente da pressão do ensaio, deverá ser adotada a máxima perda d'água específica (l/min.m/(kg/cm²)), obtida do cálculo para cada estágio de pressão efetivamente aplicado no trecho ensaiado.

Os graus de condutividade hidráulica são:

GRAU	PERDA ESPECÍFICA (l/min.m/(kg/cm ²))
H1 – muito baixa	0,0 – 0,1
H2 – baixa	0,1 – 1,0
H3 – moderada	1,0 – 3,0
H4 – alta	3,0 – 10,0
H5 – muito alta	> 10,0

As *Instruções Normativas para Execução de Sondagens* foram aprovadas pelo Conselho Administrativo do Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina através da Resolução CA - Nº 224/94 de 16 de junho de 1994, conforme consta no Processo Nº 6450/946.

A realização é do **Setor de Geologia - Laboratório Central**
 Rua Santos Saraiva, 2011 - Capoeiras - Florianópolis/SC – 88070-101
 Tel.: (48)3244.2034 - 3248.2557
 E-mail: gruber@deinfra.sc.gov.br ou sondagem@deinfra.sc.gov.br.