

Manual de Sondagens 2020



GERÊNCIA DE PROJETOS - GPR



APRESENTAÇÃO

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN apresenta o Manual Técnico de Sondagens que foi baseado no *Manual de Execução de Sondagens da CASAN*, nas normas *NBR 6484:2001 - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio*, *NBR 9603:2016 - Sondagens a Trado*, *NBR 8036:1983 – Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios*, *NBR 9820:1997 – Coleta de Amostras Indeformadas de Solos de Baixa Consistência em Furos de Sondagem* da ABNT e nas Instruções de Serviço *IS-202: Estudos Geológicos*, *IS-206: Estudos Geotécnicos*, *IS-209 Projeto de Terraplanagem pertencentes à IPR-726:2006 Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários* do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

A necessidade de documentos técnicos que visem orientar e normatizar a CAERN, afim de obter as melhores soluções técnicas para os projetos de infraestrutura levaram a elaboração do manual técnico de sondagem.

O manual oferece ao corpo técnico da CAERN, os procedimentos mínimos exigidos para o conhecimento e parecer conclusivo sobre a geologia regional e a caracterização geotécnica do subsolo como base para elaboração dos seguintes documentos: Relatório Técnico Preliminar, Projetos Básicos, Projetos Executivos e Obras de Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotos Sanitários.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
1. PROGRAMA DE TRABALHO	5
1.1. OBRAS ESTRUTURAIS LOCALIZADAS	5
1.2. OBRAS DE TERRAPLANAGEM E JAZIDAS DE EMPRÉSTIMO DE SOLOS.....	6
1.3. OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTAS.....	6
1.4. OBRAS DE INFRAESTRUTURA EM ESTRADAS E/OU LOTEAMENTOS	7
1.5. TRAVESSIAS AÉREAS E ENTERRADAS.....	7
1.6. INTERCEPTORES, COLETORES TRONCO, EMISSÁRIOS, ADUTORAS E LINHAS TRONCO	8
1.7. REDES COLETORAS E REDES DE DISTRIBUIÇÃO	8
1.8. FORMAS DE EXECUÇÃO E APRESENTAÇÃO	9
2. SONDAGENS A TRADO	9
2.1. DEFINIÇÃO	9
2.2. IDENTIFICAÇÃO	9
2.3. EQUIPAMENTOS.....	10
2.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM.....	11
2.5. AMOSTRAGEM.....	12
2.5.1. COLETA DAS AMOSTRAS	12
2.5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	12
2.5.3. AMOSTRAS PARA ENSAIOS GEOTÉCNICOS.....	13
2.5.4. AMOSTRAS PARA ESTUDOS GEOTÉCNICOS	13
2.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	13
2.6.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS	13
2.6.2. RESULTADOS PRELIMINARES	14
2.6.3. RESULTADOS FINAIS	14
2.6.4. RELATÓRIO FINAL	14
3. POÇOS DE INSPEÇÃO	15
3.1. DEFINIÇÃO	15
3.2. IDENTIFICAÇÃO	15
3.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	15

3.4.	EXECUÇÃO DA SONDAGEM.....	16
3.5.	AMOSTRAGEM.....	19
3.5.1.	AMOSTRAS DEFORMADAS.....	19
3.5.2.	AMOSTRAS INDEFORMADAS	20
3.6.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	21
3.6.1.	INFORMAÇÕES DIÁRIAS	21
3.6.2.	RESULTADOS PRELIMINARES	21
3.6.3.	INFORMAÇÕES FINAIS	22
3.6.4.	RELATÓRIO FINAL	22
4.	SONDAGENS A PERCUSSÃO	22
4.1.	DEFINIÇÃO	22
4.2.	IDENTIFICAÇÃO	22
4.3.	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	23
4.4.	EXECUÇÃO DA SONDAGEM.....	24
4.5.	ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRONIZADO - SPT	26
4.6.	ENSAIO DE LAVAGEM POR TEMPO	27
4.7.	AMOSTRAGEM.....	28
4.8.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	30
4.8.1.	INFORMAÇÕES DIÁRIAS	30
4.8.2.	RESULTADOS PRELIMINARES	30
4.8.3.	INFORMAÇÕES FINAIS	31
4.8.4.	INFORMAÇÕES FINAIS	31
5.	ENSAIO DE PERMEABILIDADE.....	32
5.1.	INTRODUÇÃO	32
5.2.	DEFINIÇÕES.....	32
5.3.	EQUIPAMENTO	33
5.4.	EXECUÇÃO DO ENSAIO.....	33
5.5.	RESULTADOS	35
6.	SONDAGENS ROTATIVAS.....	35
6.1.	DEFINIÇÃO	35
6.2.	IDENTIFICAÇÃO	35
6.3.	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	35

6.4.	EXECUÇÃO DA SONDAGEM.....	38
6.5.	ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO	39
6.5.1.	INTRODUÇÃO	39
6.5.2.	DEFINIÇÃO	39
6.5.3.	EQUIPAMENTO	40
6.5.4.	DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	41
6.5.5.	ÁGUA	42
6.5.6.	ENSAIO DE PERDA DE CARGA	42
6.5.7.	TRECHO PRESSÃO DO ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA.....	42
6.5.8.	PROCEDIMENTO DO ENSAIO	43
6.6.	AMOSTRAGEM.....	45
6.7.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	47
6.7.1.	INFORMAÇÕES DIÁRIAS	47
6.7.2.	RESULTADOS PRELIMINARES	47
6.7.3.	INFORMAÇÕES FINAIS	49
6.7.4.	RELATÓRIO FINAL	49
7.	SONDAGENS ROTATIVAS COM AMOSTRAGEM INTEGRAL	49
7.1.	DEFINIÇÃO	49
7.2.	IDENTIFICAÇÃO	50
7.3.	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	50
7.4.	EXECUÇÃO DA SONDAGEM.....	50
7.5.	AMOSTRAGEM.....	52
7.6.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	53
7.6.1.	INFORMAÇÕES DIÁRIAS	53
7.6.2.	RESULTADOS PRELIMINARES	53
7.6.3.	INFORMAÇÕES FINAIS	53
7.6.4.	RELATÓRIO FINAL	54
8.	ANEXOS	54
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. PROGRAMA DE TRABALHO

O reconhecimento do subsolo para efeito de implantação de uma estrutura, preliminarmente, é feito através de sondagens. O tipo e a quantidade serão definidos em função da estrutura a ser implantada. Os valores definidos abaixo deverão ser adotados como quantidade mínima a ser executada, podendo a critério da Fiscalização, ser ampliadas em face do terreno sondado.

1.1. OBRAS ESTRUTURAIS LOCALIZADAS

Para o caso de fundações para residências e edifícios o número de sondagens depende da área ocupada da construção, isto é, sua projeção. Nestes casos deve ser previsto no mínimo, conforme NBR 8036/1983:

Análise em função de A, sendo A a área de projeção da edificação em m².

- Se $A \leq 1200\text{m}^2$, deve-se executar 1 (um) furo para cada 200m².
- Se $1200 < A \leq 2400\text{m}^2$, deve-se, além de 1 (um) furo para cada 200m², executar 1 (um) furo para cada 400m² que excedam os primeiros 1200m².
- Se $A > 2400\text{m}^2$, deve-se estabelecer um plano específico conforme projeto ou análise do projetista.

De toda forma o número mínimo de furos nunca deverá ser menor que:

- 2 (dois) furos para $A < 200\text{m}^2$.
- 3 (três) furos para $200 < A < 400\text{m}^2$.

Para os casos em que não houver ainda a possibilidade de análise da planta do edifício (e mensuração do valor de A), o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre os furos seja de 100m, com um número mínimo de 3 (três) furos.

Em relação a locação dos furos, a NBR 8036/1983 preconiza que caso estejam disponíveis os projetos estruturais e as referidas plantas de carga dos pilares, as sondagens deverão ser executadas baseando-se na localização dos elementos com maior carregamento, caso os estudos geotécnicos sejam executados em fase preliminar, onde o projeto não está disponível, ou ainda em fase de estudo de viabilidade e/ou planejamento do empreendimento, os furos deverão ser distribuídos igualmente em toda a área do

terreno. A norma ressalta ainda que quando o número de furos for superior a três, estes não deverão estar dispostos em um mesmo alinhamento.

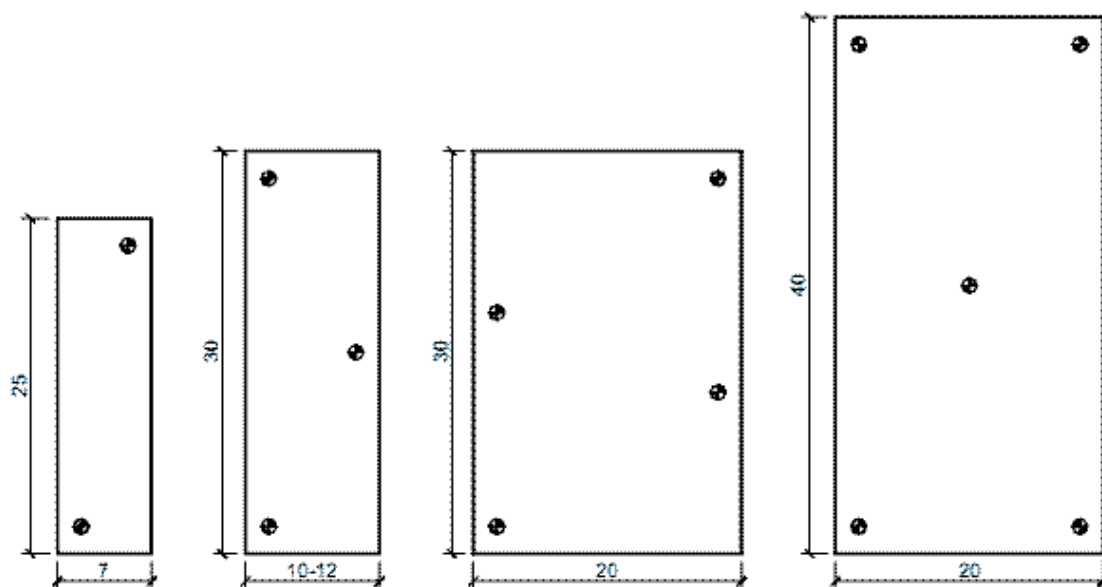


Figura 01 – Posição dos Furos.

Fonte: Manual de Execução de Sondagens, CASAN, 1997.

1.2. OBRAS DE TERRAPLANAGEM E JAZIDAS DE EMPRÉSTIMO DE SOLOS

Para estes casos mais especificamente para projetos e implantação de lagoas de estabilização, valas de oxidação com diques em terra e obras similares, deverá ser previsto uma malha de furos de 30 X 30 m, cobrindo toda a área de projeto.

Nos casos de obras em terra, quando do lançamento das linhas dos diques for constatada uma cobertura insuficiente de furos, deverão ser efetuadas sondagens complementares para a perfeita definição dos projetos.

Para jazidas de empréstimo, a malha a ser implantada deverá aproveitar ao máximo os furos elaborados no estudo preliminar da jazida, se existirem.

1.3. OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTAS

A seção 6 – Investigações geológico-geotécnicas da NBR 11682:2009, item 6.2.1 – Investigações de campos, métodos Diretos, estabelece um número mínimo de 3 (três) furos



de sondagem por seção projetada. A locação dos furos deve obedecer a um alinhamento definido ao longo da seção, de maneira a viabilizar a elaboração de um perfil estratigráfico, com distanciamento igualitário entre os furos sempre que possível.

1.4. OBRAS DE INFRAESTRUTURA EM ESTRADAS E/OU LOTEAMENTOS:

Para obras de infraestrutura rodoviária ou ferroviária, deve-se basear a quantidade de sondagens a serem executadas na extensão do corte realizado para construção do empreendimento, segundo as instruções *IPR 726* e *IFS 207* do DNIT, pode-se resumir estas quantidades conforme a tabela abaixo:

Extensão do corte	Quantidade mínima de furos
Até 120m	1 (um) furo
de 120m a 200m	2 (dois) furos
de 200m a 300m	3 (três) furos
de 300m a 400m	4 (quatro) furos
Acima de 400m	1 (um) furo a cada 150m

Tabela 01 – Quantidade de furos por extensão do projeto viário.

Fonte: DNIT, 2020.

1.5. TRAVESSIAS AÉREAS E ENTERRADAS:

Em travessia aérea deverá ser previsto, no mínimo, 1 furo de sondagem SPT em cada margem. Caso a extensão da travessia aérea avance pelas margens, deverá ser previsto 1 furo a cada 25m.

Em travessia enterrada (em rodovia, ferrovia) e trechos urbanos de obras lineares aplicam-se os Métodos Não-Destrutivos (MND). Para a investigação do solo deverá ser previsto, no mínimo, 1 furo de sondagem SPT em cada PV (Poço de Visita) ou Caixa de início e fim da travessia ou do trecho urbano. Caso a extensão for superior a 25m deverá ser previsto furos adicionais.



1.6. INTERCEPTORES, COLETORES TRONCO, EMISSÁRIOS, ADUTORAS E LINHAS TRONCO

Para sistema de esgotamento sanitário, após definidos os traçados dos interceptores, coletores troncos e emissários, deverão ser executadas sondagens a percussão e/ ou rotativas nos trechos de diâmetro igual ou superior a 400 mm e/ou profundidade igual ou superior a 3 metros. Sondagens a trado e/ou poços de inspeção nos trechos de menor diâmetro e profundidade, devendo o plano de sondagem ser baseado nas quantidades mínimas abaixo e aprovado previamente pela fiscalização.

- Um furo de sondagem para cada 300 m de interceptor, coletor tronco ou emissário, com um mínimo de 2 (dois) furos.

Para sistemas de abastecimento de água, após definidos os traçados da adutoras e linhas tronco, deverão ser executadas sondagens a percussão e/ ou rotativas nos trechos de diâmetros igual ou superior a 300 mm e/ou profundidade igual ou superior a 2 metros. Sondagens a trado e/ou poços de inspeção nos trechos de menor diâmetro e profundidade, devendo o plano de sondagem ser baseado nas quantidades mínimas abaixo e aprovado previamente pela fiscalização.

- Um furo de sondagem para cada 400 m de adutora ou linha tronco, com um mínimo de 2 (dois) furos.

1.7. REDES COLETORAS E REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Para sistemas de esgotamento sanitário, deverá ser elaborado um plano de sondagem, baseado nas quantidades mínimas abaixo e aprovado previamente pela fiscalização.

- Quatro furos a trado e/ou poços de inspeção e um furo a percussão e/ou rotativa para cada hectare de projeto.

Os furos realizados para definição dos Interceptores e coletores troncos, poderão ser usados na definição da rede coletora, a critério da fiscalização.

Para sistemas de abastecimento de água, deverá ser elaborado um plano de sondagem, baseado nas quantidades mínimas abaixo e aprovado previamente pela fiscalização.

- Quatro furos a trado e/ou poços de inspeção e um furo a percussão e/ou rotativa para cada hectare de projeto.

Os furos realizados para definição das adutoras e linhas tronco, poderão ser usados na definição da rede de distribuição, a critério da fiscalização.

1.8. FORMAS DE EXECUÇÃO E APRESENTAÇÃO

A seguir são descritos os procedimentos de execução e apresentação dos resultados das sondagens a trado, por poço de inspeção, a percussão e rotativas.

Em caso de dúvidas e/ou omissões existentes no texto abaixo, prevalecerão em primeiro lugar as definições das normas da ABNT específicas a cada serviço e, ainda restando dúvidas, a decisão será dada pela fiscalização da CAERN.

2. SONDAgens A TRADO

2.1. DEFINIÇÃO

Sondagem a trado é um método de investigação geológico-geotécnica que utiliza como instrumento o trado; um tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes, que podem ser espiraladas (trado helicoidal ou espiralado) ou convexas (trado concha). Tem por finalidade a coleta de amostra deformadas, determinação do nível d'água e identificação dos horizontes do terreno.

2.2. IDENTIFICAÇÃO

Sondagem a trado é um método de investigação geológico-geotécnica que utiliza como instrumento o trado. As sondagens a trado deverão ser identificadas pela sigla ST seguida de número indicativo. Em cada obra este número deverá ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem. Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro furo acrescida das letras A, B, C, etc.

2.3. EQUIPAMENTOS

A contratada deverá possuir equipamentos e ferramentas para execução de sondagem até 15 m de profundidade, ou que atendam a programação e especificação estabelecida no contrato de serviço.

Os equipamentos e ferramentas constarão, no mínimo, dos seguintes elementos:

- Trado concha, com diâmetro mínimo de 63 mm (2 1/2");
- Trado helicoidal, com diâmetro mínimo de 63 mm (2 1/2");
- Cruzetas, hastes e luvas de ferro galvanizado (diâmetro mínimo de 25 mm) ou aço sem costura (diâmetro mínimo de 19 mm);
- Ponteira constituída por peça de aço terminada em bisel;
- Chaves de grifo;
- Metro ou trena;
- Recipientes herméticos para amostras tipo copo;
- Parafina;
- Sacos plásticos ou de lona;
- Etiquetas para identificação;
- Medidor de nível d'água.

As hastes deverão ser retilíneas e dotadas de roscas em bom estado que permitam firme conexão com as luvas. Quando acopladas, as hastes deverão formar um conjunto retilíneo.

A contratada deverá dispor de hastes com comprimentos métricos exatos (p. ex. 1, 2, 3 m etc.), a fim de facilitar as operações de início do furo e evitar emendas sucessivas (inconvenientes) a maiores profundidades.

A Fiscalização poderá solicitar a substituição de qualquer material que julgar inadequado.

2.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM

A sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de enxurradas, no caso de chuva. Este procedimento não será necessário quando da realização de sondagens para determinação da espessura de material em jazidas.

Junto ao local onde será executada a sondagem deverá ser cravado um piquete, com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica.

A sondagem deverá ser iniciada com o trado concha e seu avanço deverá ser feito até os limites especificados a seguir, a sondagem a trado será dada por terminada nos seguintes casos:

- quando atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- quando ocorrerem desmoronamentos sucessivos da parede do furo;
- quando o avanço do trado for inferior a 5 cm em 10 minutos de operação

contínua de perfuração.

Quando o avanço do trado concha se tornar difícil deverá ser utilizado o trado helicoidal, em se tratando de solos argilosos. No caso de camadas de cascalho, deverá ser feita uma tentativa de avanço empregando-se uma ponteira.

A critério da fiscalização, poderão ser empregados pequenas quantidades de água a fim de ajudar a perfuração e coleta de amostras, principalmente em se tratando de materiais duros e areias sem coesão.

O material retirado do furo deverá ser depositado à sombra, em local ventilado, sobre uma lona ou tábua, de modo a evitar sua contaminação com solo superficial do terreno e a diminuição excessiva de umidade.

Os materiais obtidos deverão ser agrupados em montes dispostos segundo as profundidades de coleta.

O controle da profundidade do furo deverá ser com precisão de 5 (cinco) centímetros, pela diferença entre o comprimento total das hastes com o trado e a sobra das hastes em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Ocorrendo artesianismo não surgente deverá ser registrado o nível estático e, no caso de artesianismos surgentes, deverá ser feita uma avaliação da vazão de escoamento d'água ao nível do solo.

O nível d'água deverá ser medido todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após concluído o furo (leitura final 24,0 horas após término do furo).

Em terrenos que forem impenetráveis ao trado (ocorrência de cascalho, matacões ou rocha), havendo interesse de se investigar melhor o local, a critério da Fiscalização, o furo deverá ser dado como terminado, sendo iniciado um novo furo deslocado de cerca de 3,0 m, para qualquer direção. Todas as tentativas deverão constar da apresentação final dos resultados.

Nos intervalos dos turnos de furação e nos períodos de espera para a medida final do nível d'água, o furo deverá permanecer tamponado e protegido da entrada de água de chuva.

Após aprovação/liberação da Fiscalização, os furos serão totalmente preenchidos com solo, deixando-se cravado no local uma estaca com sua identificação. Nos furos que alcançarem o nível d'água, essa operação somente será feita após a última leitura do N.A. .Em qualquer hipótese a boca do furo deverá ser protegida de modo a não permitir eventuais acidentes.

2.5. AMOSTRAGEM

2.5.1. COLETA DAS AMOSTRAS

Quando o material perfurado for homogêneo, as amostras deverão ser coletadas a cada metro, salvo orientação em contrário da fiscalização. Se houver mudança no transcorrer do metro perfurado deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

2.5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, onde constem:

- Nome da obra;
- Nome do local;
- Número do furo;
- Intervalo de profundidade da amostra;
- Data da coleta.

As anotações deverão ser feitas com caneta esferográfica ou tinta indelével, em papel cartão, devendo as etiquetas serem protegidas de avarias no manuseio das amostras.

2.5.3. AMOSTRAS PARA ENSAIOS GEOTÉCNICOS

As amostras para ensaios geotécnicos deverão ser acondicionadas imediatamente após a sua retirada do furo.

Inicialmente coleta-se 100 g em recipiente de tampa hermética, parafinada ou selada com fita colante, para determinação da umidade natural.

A seguir coleta-se cerca de 15 kg em sacos de lona ou plástico com amarrilho, para os demais ensaios geotécnicos.

2.5.4. AMOSTRAS PARA ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Para estudos geológicos as amostras poderão ser coletadas após a conclusão do furo. Coleta-se uma ou mais amostras por metro de furo, dependendo da homogeneidade do material atravessado. As amostras com cerca de 0,5 kg serão acondicionadas em recipiente rígido ou saco plástico transparente. O material retirado dos últimos centímetros do furo deverá constituir-se em uma amostra. Todo material coletado deverá permanecer guardado à sombra, em local ventilado, até o final da jornada diária, quando será transportado para o local indicado pela fiscalização na obra.

2.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

2.6.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS

Informações sobre o andamento da sondagem deverão ser fornecidas diariamente, quando solicitadas pela fiscalização da CAERN.

2.6.2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares de cada sondagem a trado deverão ser apresentados num prazo máximo de 10 dias após seu término, em boletins com duas vias onde conste, no mínimo:

- Nome da obra;
- Identificação e localização do furo;
- Diâmetro da sondagem;
- Cota, quando fornecida;
- Data da execução;
- Tipo e profundidade das amostras coletadas;
- Motivo da paralisação;
- Medidas de nível d'água com data, hora e profundidade do furo por ocasião da medida. No caso de não ser atingido o nível d'água deve-se anotar as palavras "furo seco". Observar que necessariamente terá uma leitura 24,00 horas após o término do furo, e quando se tratar de solos argilosos, deverá haver mais uma leitura 48,00 horas após o término do furo.

2.6.3. RESULTADOS FINAIS

Os resultados finais de cada sondagem a trado deverão ser apresentados num prazo máximo de 20 (vinte) dias após seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 onde conste também a classificação geotécnica visual dos materiais atravessados, feita por geólogo cujo nome e assinatura deverão constar no perfil.

2.6.4. RELATÓRIO FINAL

Até 20 dias após o término do último furo da campanha programada, a firma empreiteira deverá entregar o relatório final contendo:

- Texto explicativo com localização, totais de furos executados e de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da empreiteira;
- Planta de localização das sondagens;
- Deverá ser apresentada também, quando possível, as seções geológicas de interesse à obra.

3. POÇOS DE INSPEÇÃO

3.1. DEFINIÇÃO

Poço de inspeção em solo é uma escavação vertical de seção circular ou quadrada, com dimensões mínimas suficientes para permitirem o acesso de um observador, visando a inspeção das paredes e fundo, bem como a retirada de amostras representativas, deformadas e indeformadas.

Amostra deformada: extraída pela raspagem ou escavação, implicando na destruição da estrutura e na alteração as condições de compacidade ou consistência naturais.

Amostra indeformada: extraída com o mínimo de perturbação, procurando manter sua estrutura e condições de umidade e compacidade ou consistência naturais.

3.2. IDENTIFICAÇÃO

Os poços de inspeção deverão ser identificados pela sigla “PI” seguida de número indicativo. Em cada obra o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem.

3.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

A firma Empreiteira deverá fornecer equipamentos e ferramentas para execução de poços de inspeção de até 20 m de profundidade ou que atendam as especificações de serviço, em solos com coesão acima do nível freático.

Os equipamentos e ferramentas constarão, no mínimo, dos seguintes elementos:

- Sarilho;
- Corda;



- Enxada;
- Picareta;
- Pá;
- Balde;
- Escada;
- Colher de pedreiro;
- Espátula de aço;
- Faca de cortar frios;
- Serrote sem costa;
- Fio de arame de aço;
- Caixa cúbica de madeira;
- Talagarça;
- Parafina;
- Aquecedor;
- Pincel;
- Serragem;
- Guarda-sol;
- Carrinho de mão;
- Sacos plásticos e de lona;
- Etiquetas para identificação;
- Trena.

A corda e o sarilho deverão ser suficientemente resistentes para suportarem, com segurança, carga de no mínimo 150 kg. A caixa cúbica de madeira deverá ter suas partes componentes aparafusadas.

3.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM

A escavação do poço deverá ser iniciada após a limpeza superficial de uma área de 4,00 x 4,00 m e a construção de uma cerca, constituída de madeira ou com quatro fios de arame farpado fixados em mourões.

No caso de escavação de poço próximo a edificações ou em áreas urbanas, deverá ser mantido ao redor do poço um isolamento resistente e seguro contra o acesso de

peças e animais, com dimensões de acordo com a área disponível, e sinalização de advertência.

Para evitar a entrada de água da chuva no poço deverá ser providenciado a abertura de um sulco para drenagem no perímetro da área cercada.

A dimensão mínima do poço a ser aberto será 1,10 m. A sua forma deverá ser de preferência circular, para maior segurança e rendimento.

A escavação deverá ser executada com picareta, enxada e pá e prosseguirá normalmente até uma profundidade que possibilite lançar para fora o material escavado. Para o prosseguimento da escavação, deverá ser instalado um sarilho munido de corda, para a entrada e saída dos trabalhadores e retirada do material escavado.

Durante a fase de execução, por razões de segurança, a Empreiteira deverá manter uma corda de reserva estendida junto à parede do poço e firmemente fixada na superfície do terreno. Nas paredes do poço deverão ser escavados os degraus, dispostos segundo duas fileiras diametralmente opostas que facilitem escalar o poço com o auxílio da corda de reserva.

No caso de serem detectados quaisquer indícios de instabilidade, por menores que sejam, deverá ser imediatamente providenciado o escoramento das paredes do poço, conforme a NR-18 e a NBR 9061/1985.

O escoramento a ser adotado deverá garantir a estabilidade nos pontos considerados instáveis, sem prejudicar a inspeção visual das paredes. Para tanto, o escoramento deverá ter aberturas retangulares, verticais, com largura suficiente para permitir o exame de toda a sequência vertical do terreno.

Caberá única e exclusivamente ao Empreiteiro a responsabilidade de verificar a estabilidade das paredes dos poços em execução, interrompendo os trabalhos de escavações tão logo seja verificado indício de desmoronamento, que possa colocar em risco a integridade dos trabalhadores.

A Fiscalização opinará sobre a necessidade de dar continuidade ao poço, no caso de insegurança para o trabalho. Se seu aprofundamento for necessário, o escoramento será feito pela própria Empreiteira, com base em sua experiência neste tipo de serviço.

Em poço escavado em terrenos ricos em matéria orgânica, deverá ser providenciada ventilação forçada, de modo a expulsar eventuais emissões de gases tóxicos.

Todo solo retirado do poço deverá ser depositado ao seu redor, em ordem sequencial, de maneira a formar um anel, fora da área cercada, onde a distribuição vertical dos materiais atravessados fique reproduzida sem escala.

O controle da profundidade do poço será feito através de medida direta entre o fundo do poço e um ponto de referência na superfície natural do terreno.

Quando a escavação estiver a uma profundidade de 0,10 m acima da cota prevista para a retirada da amostra indeformada, deve-se evitar o pisoteamento do terreno sobrejacente à superfície do topo da amostra.

No caso de se atingir o nível freático a operação de escavação deverá ser interrompida, anotando-se sua profundidade. No caso de artesianismo, deverá ser registrado o nível estático.

O nível d'água deverá ser medido todos os dias antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão do poço.

O poço será considerado concluído nos seguintes casos:

- Quando atingir a profundidade prevista pela programação dos trabalhos;
- Quando houver insegurança para a continuidade dos trabalhos;
- Quando ocorrer infiltração acentuada de água que torne pouco produtiva a escavação;
- Quando ocorrer, no fundo do poço, material não escavável por processos naturais.

No final de cada jornada de trabalho a boca do poço deverá ser coberta por uma tampa, apoiada sobre um cordão de solo, que impeça a entrada de águas pluviais e animais. Tal procedimento deverá também ser aplicado na conclusão do poço, caso haja interesse em mantê-lo aberto.

Não havendo interesse na manutenção do poço aberto, após a conclusão dos serviços, este deverá ser totalmente preenchido com solo.

Para efeito de identificação, no local do poço deverá ser cravada uma tabuleta contendo no mínimo os seguintes dados:

- Número do poço;
- Profundidade;
- Cotada boca, quando fornecida.

3.5.AMOSTRAGEM

3.5.1. AMOSTRAS DEFORMADAS

Amostras deformadas são aquelas extraídas por raspagem ou escavação, o que implica na destruição da estrutura e na alteração das condições de compacidade ou consistência naturais destas.

As amostras deformadas deverão ser coletadas a cada metro perfurado em material homogêneo, salvo orientação em contrário da fiscalização. Se ocorrer mudança no transcorrer do metro perfurado deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, contendo:

- Nome da obra;
- Nome do local;
- Número do poço;
- Intervalo de profundidade da amostra;
- Data da coleta.

As anotações deverão ser feitas com canetas esferográficas ou tinta indelével, em papel cartão, devendo as etiquetas ficarem protegidas de avarias no manuseio das amostras.

As amostras serão coletadas do material retirado do poço à medida que a escavação avance. Não será permitida a amostragem por raspagem da parede do poço após sua conclusão, no caso de determinação de umidade natural.

As amostras deverão ser colocadas sem demora em dois recipientes: um de tampa hermética parafinada ou selada com fita colante, com aproximadamente 100 g de material e outro, de lona ou plástico com amarrilho, com cerca de 20 kg.

As amostras deverão permanecer guardadas à sombra em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas para o local indicado pela Fiscalização, na obra.

3.5.2. AMOSTRAS INDEFORMADAS

Amostras indeformadas são aquelas extraídas com o mínimo de perturbação possível, de modo a preservar suas estruturas e condições de umidade, compacidade e consistência naturais.

Os números de amostras indeformadas, bem como as profundidades de coleta, deverão ser determinados pela equipe técnica que acompanha a obra.

As amostras indeformadas serão coletadas em blocos com formato cúbico, com arestas de 0,30 m de dimensão mínima.

Quando o fundo do poço se encontrar a cerca de 0,10 m da profundidade a ser amostrada, a escavação deverá ser cuidadosa, e executada com as mesmas ferramentas utilizadas na talhagem do bloco.

Atingida a cota de topo do bloco, deverá ser iniciada a talhagem lateral até sua base, sem seccioná-lo.

Talhado o bloco, o seu topo deverá ser identificado com a marcação de um T (topo), e suas faces expostas, inicialmente deverão ser envolvidas com faixa de crepom ou similar, e, recebendo em seguida uma camada de parafina líquida aplicada com pincel.

Após a operação do item anterior, envolve-se a amostra com uma forma quadrada de madeira, dimensão interna 0,04 m maior que o bloco. Colocada a forma e, bem selado o contato com o solo abaixo do bloco, despeja-se parafina líquida nos vazios da forma e na face superior do bloco.

Após o endurecimento da parafina, secciona-se cuidadosamente o bloco pela sua base, regularizando-se e parafinando-se está.

O bloco deverá ser retirado do poço com a forma e, após a sua remoção, deverá ser indicado o topo do bloco, bem como ser-lhe colada uma etiqueta de identificação em que constem os seguintes dados:

- Local e obra;
- Número do poço;

- Orientação em relação a uma direção (montante-jusante, etc.);
- Profundidade do topo e base do bloco no poço;
- Cota da boca do poço;
- Data da amostragem;
- Nome do operador.

Completada a identificação, o bloco deverá ser colocado em uma caixa cúbica de madeira ou material de rigidez similar, com dimensão interna 0,06 maior que o lado do bloco, com tampa aparafusada. Os espaços entre as faces do bloco e caixa deverão ser preenchidos com serragem fina pouco umedecida.

No lado da caixa correspondente ao topo do bloco, deverá ser afixada uma etiqueta com os mesmos dizeres da etiqueta colada no bloco.

Os procedimentos descritos nos itens anteriores sobre a retirada de amostras indeformadas deverão ser executados sem interrupções, no menor espaço de tempo possível, ao abrigo de luz solar direta ou da água de chuva.

As amostras coletadas deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas com o máximo cuidado sem choques ou vibrações, até o local indicado para a realização dos ensaios.

3.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.6.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS

Informações sobre o andamento da execução do poço deverão ser fornecidas diariamente, quando solicitadas pela fiscalização.

3.6.2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares da abertura de cada poço deverão ser apresentados num prazo máximo de 15 dias após seu término, em com duas vias onde conste, no mínimo:

- Nome da obra;
- Identificação e localização do poço;
- Forma e dimensões;
- Cota da boca, quando fornecida;
- Data da execução;

- Tipo e profundidade das amostras coletadas;
- Medidas de nível d'água com data, hora e profundidade do poço na ocasião da medida. No caso de não ser atingido o nível d'água, deve-se anotar as palavras “poço seco”.
- Motivo da paralisação;

3.6.3. INFORMAÇÕES FINAIS

Os resultados finais dos poços deverão ser apresentados num prazo máximo de 30 dias após seu término, na forma de perfis, onde conste, além dos dados do item b, a classificação geotécnica visual dos materiais atravessados, suas estruturas, resistências, etc., feitas por geólogo cujo nome e assinatura deverão constar no perfil.

3.6.4. RELATÓRIO FINAL

Até 30 dias após o término do último poço da campanha programada, a firma empreiteira deverá entregar o relatório final, contendo:

- Texto explicativo com localização, tempo gasto, número de poços executados, total de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Empreiteira;
- Planta de localização dos poços ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.

4. SONDAGENS A PERCUSSÃO

4.1. DEFINIÇÃO

Sondagem a percussão é um método para investigação de solos em que a perfuração é obtida através do golpeamento do fundo do furo por peças de aço cortantes. É utilizada tanto para a obtenção de amostras de solo, como dos índices de sua resistência à penetração.

4.2. IDENTIFICAÇÃO

As sondagens à percussão deverão ser identificadas pela sigla SP seguida de número indicativo. Em cada obra o número indicativo deverá ser sempre crescente,

independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem. Quando for necessária a execução de mais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro acrescida das letras A, B, C etc.

4.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

A firma Empreiteira deverá fornecer equipamentos e ferramentas para execução de sondagens de até 40 m de profundidade ou que atendam as especificações de serviços.

Os equipamentos e ferramentas constarão no mínimo dos seguintes elementos:

- Tripé com roldana;
- Guincho mecânico, ou com moitão;
- Trado concha e espiral;
- Hastes e luvas de aço;
- Alimentador d'água;
- Cruzeta;
- Trépano e T de lavagem;
- Barrilhetes amestradores e peças para cravação destes;
- Martelo com 65 kg e guia;
- Tubos de revestimento;
- Bomba d'água;
- Abraçadeiras para revestimento;
- Abaixadores e alçadores para hastes, saca-tubos;
- Baldinho com válvula de pé;
- Chaves de grifo;
- Metro ou trena;
- Recipientes herméticos para amostras tipo copo;
- Parafina;
- Sacos plásticos;
- Etiquetas para identificação;
- Medidor de nível d'água.

As peças de avanço da sondagem deverão permitir a abertura de um furo com diâmetro mínimo de 2 1/2”.

A forma e distribuição das saídas d'água do trépano, bem como as características das hastes dos ensaios penetrométricos e de lavagem por tempo, deverão ser idênticas para todos os equipamentos, durante todo o serviço de sondagem de uma Empreiteira numa mesma obra.

Para os ensaios penetrométricos as hastes serão do tipo Schedule 80, retilíneas, com 1” de diâmetro interno e dotadas de roscas em bom estado, que permitam firme conexão com as luvas, e peso de aproximadamente 3,0 kg por metro linear. Quando acopladas, as hastes deverão formar um conjunto retilíneo.

A firma Empreiteira deverá dispor de hastes com comprimentos métricos exatos (p. ex. 1, 2, 3 m, etc.), a fim de facilitar as operações de início do furo, e evitar emendas sucessivas (inconvenientes) a maiores profundidades.

Os barriletes amostradores deverão se encontrar em bom estado, com roscas e ponteiros perfeitas e firmes, assim como não apresentar fraturas em nenhuma parte.

O trépano deverá estar em bom estado e sua extremidade inferior cortante sempre afiada.

4.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM

A sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos. Deverá ser providenciada a abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de enxurradas, no caso de chuvas. Quando for necessária a construção de uma plataforma, essa deverá ser totalmente assoalhada e cobrir, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de fixação do tripé.

Junto ao local onde será executada a sondagem deverá ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidades e para fins de amarração topográfica.

As sondagens deverão ser iniciadas utilizando-se o trado concha até onde possível.

Quando o avanço da sondagem se tornar impraticável com este equipamento, o avanço deverá ser feito utilizando o trado espiral.

No caso de ser atingido o nível freático, ou quando o avanço do trado espiral for inferior a 5 cm em 10 minutos de operação contínua de perfuração, passa-se para o método de percussão com circulação de água (lavagem). Para tanto, é obrigatória a cravação do revestimento.

Quando o avanço do furo se fizer por lavagem, deve-se erguer o sistema de circulação d'água (o que equivale a elevar o trépano) da altura de aproximadamente 0,30 m e durante sua queda deve ser manualmente imprimido um movimento de rotação na coluna de hastes.

Os detritos pesados, que não são carregados com a circulação d'água, deverão ser retirados com o baldinho com válvula de pé.

O controle das profundidades do furo, com precisão de 1 (um) cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente deverá ser registrado o nível estático e, no caso de artesianismo surgente, além do nível estático deverá ser medida a vazão e o respectivo nível dinâmico.

O nível d'água ou as características do artesianismo deverão ser medidos todos os dias antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão da sondagem. De modo que necessariamente haverá uma leitura do N.A. 24 horas após o término do furo.

A água de circulação deverá se apresentar visualmente limpa, não sendo permitida sua reutilização, exceto quando autorizado pela Fiscalização. Neste caso, a mesma deverá circular por dois tambores de 200 litros cada, abertos longitudinalmente e ligados entre si pela parte superior. A Fiscalização poderá solicitar a substituição da água de circulação e limpeza dos tambores quando julgar conveniente, assegurando que a água se apresente visualmente limpa.

A sondagem à percussão será dada por terminada quando:

- atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- ocorrer a condição de impenetrabilidade;

- estiver prevista sua continuação pelo processo rotativo e forem atingidas as condições exigidas nesse manual posteriormente.

Após recebimento e aprovação por parte da Fiscalização, o furo deverá ser fechado com solo, deixando-se ao seu lado uma estaca de identificação. Em qualquer hipótese a boca do furo deverá estar protegida de modo a não permitir eventuais acidentes.

4.5. ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRONIZADO - SPT

O ensaio de penetração padronizado, também denominado Standard Penetration Test (SPT), é um ensaio executado durante uma sondagem a percussão, com o propósito de se obter índices de resistência à penetração do solo.

O ensaio de penetração deverá ser executado a cada metro, a partir de 1 m de profundidade da sondagem.

As dimensões e detalhes construtivos do penetrômetro SPT deverão estar rigorosamente de acordo com o indicado na NBR 6484 da ABNT. O hasteamento a ser usado é o mesmo indicado posteriormente. Não será admitido o ensaio penetrométrico sem a válvula de bola, especialmente em terrenos não coesivos ou abaixo do nível freático.

O fundo do furo deverá estar limpo. Caso se observem desmoronamentos da parede do furo, o tubo de revestimento deverá ser cravado de tal modo que sua boca inferior nunca fique a menos de 10,0 cm acima da cota do ensaio penetrométrico. Nos casos em que mesmo com o revestimento cravado, ocorrer fluxo de material para o furo, o nível d'água no furo deverá ser mantido acima do nível do terreno por adição de água. Nestes casos, a operação de retirada do equipamento de perfuração deverá ser feita lentamente.

O ensaio de penetração consistirá na cravação do barrilete amostrador, através do impacto sobre a composição do hasteamento de um martelo de 65 kg caindo livremente de uma altura de 75 cm.

O martelo para cravação do amostrador deverá ser erguido manualmente, com o auxílio de uma corda e polia fixa no tripé. É vedado o emprego de cabo de aço para erguer o martelo. A queda do martelo deverá se dar verticalmente sobre a composição, com a menor dissipação de energia possível. O martelo deverá possuir uma haste guia onde deverá estar claramente assinalada a altura de 75 cm.

O barrilhete deverá ser apoiado suavemente no fundo do furo, confirmando-se que sua extremidade se encontra na cota desejada e que as conexões entre as hastes estejam firmes e retilíneas. A ponteira do amostrador não poderá estar fraturada ou amassada.

Colocando o barrilhete no fundo, deverão ser assinalados com giz, na porção da haste que permanece fora do revestimento, três trechos de 15 cm cada um, referenciados a um ponto fixo no terreno. A seguir, o martelo deverá ser suavemente apoiado sobre a composição de bastes, anotando-se a eventual penetração observada. A penetração obtida desta forma corresponderá a zero golpes.

Não tendo ocorrido penetração igual ou maior do que 45 cm no procedimento acima, inicia-se a cravação do barrilete através da queda do martelo. Cada queda do martelo corresponderá a um golpe e serão aplicados tantos golpes quantos forem necessários à cravação de 45 cm do amostrador, atendida a limitação do número de golpes deverá ser anotado o número de golpes e a penetração em centímetros para a cravação de cada terço do barrilete; caso ocorram penetrações superiores a 15 cm (cada terço do barrilete), estas deverão ser anotadas, não se fazendo aproximações.

O valor da resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 30 cm finais do barrilete.

A cravação do barrilete será interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5 cm durante 10 golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, ou quando o valor do SPT ultrapassar 50, num mesmo ensaio. Nestas condições o terreno será considerado impenetrável ao SPT o deverão ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva.

Atingidas as condições anteriores, os ensaios de penetração serão suspensos, sendo reiniciados quando, em qualquer profundidade, voltar a ocorrer material susceptível de ser submetido a esse tipo de ensaio.

4.6. ENSAIO DE LAVAGEM POR TEMPO

O ensaio de lavagem por tempo é utilizado na sondagem à percussão, com o objetivo de se avaliar a penetrabilidade do solo ao avanço do trépano de lavagem. Consiste na aplicação do processo, por trinta minutos, anotando-se os avanços obtidos a cada período de dez minutos.

Atingido o impenetrável ao SPT, e havendo interesse no prosseguimento da sondagem pelo método a percussão, este será realizado através da lavagem, com ensaios de lavagem por tempo, atendendo à limitação de avanço.

Quando no ensaio de lavagem por tempo, forem obtidos avanços inferiores a 5,0 cm por períodos, em três períodos consecutivos de dez minutos, o material será considerado impenetrável à lavagem.

O impenetrável à lavagem por tempo, como critério para término da sondagem à percussão, não implicará eliminação dos ensaios de penetração SPT, devendo ser observadas as condições definidas anteriormente.

Não é recomendada a adoção do critério de impenetrável à lavagem por tempo para término da sondagem à percussão, quando estiver prevista a continuação da sondagem pelo processo rotativo.

4.7.AMOSTRAGEM

As amostras deverão ser representativas dos materiais atravessados e livres de contaminação.

As amostras a serem obtidas nas sondagens à percussão serão dos seguintes tipos:

- Amostras de barrilete amestrador SPT, com cerca de 200 g, constituídas pela parte inferior do material obtido no amostrador. Sempre que possível, a amostra do barrilete deve ser acondicionada, mantendo-se intactos os cilindros de solo obtidos.
- Amostras de trado, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido durante a perfuração e coletadas na parte inferior das lâminas cortantes do trado.
- Amostras de lavagem, com cerca de 500 g, obtidas pela decantação d'água de circulação, em recipiente com capacidade mínima de 100 litros. Neste processo de amostragem é vedada a prática de coleta do material acumulado durante o avanço da sondagem, em recipiente colocado junto à saída d'água de circulação.
- Amostras de baldinho, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido no baldinho com válvula de pé.

Excetuando-se as amostras de barrilete, deve ser coletada, no mínimo, uma amostra para cada metro perfurado. Deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

As amostras acondicionadas em copos e sacos plásticos (demais amostras), serão colocadas em caixas de madeira, ou de plástico, tipo e dimensões usados em furos rotativos de diâmetro BW, conforme figura 2, em anexo. As caixas deverão ser providas de tampa com dobradiças. Na tampa e num dos lados menores da caixa, deverão ser anotados com tinta indelével os seguintes dados:

- número do furo;
- nome da obra;
- local;
- número da caixa e o número de caixas do furo.

Quando a sondagem à percussão for seguida por sondagem rotativa, deve ser utilizada caixa de amostra apropriada para o diâmetro da sondagem rotativa programada.

As amostras serão coletadas desde o início do furo e acondicionadas na caixa, com separação de tacos de madeira, pregados na divisão longitudinal. A sequência de colocação das amostras na caixa iniciar-se-á no lado da dobradiça da esquerda para a direita. A profundidade de cada trecho amestrado deve ser anotada, com caneta esferográfica ou tinta indelével, no taco do lado direito da amostra. No lado direito da última amostra do furo deve ser colocado um taco adicional com a palavra “Fim”.

Cada metro perfurado, com exceção do primeiro, deve estar representado na caixa de amostra por duas porções de material separadas por tacos de madeira: a primeira com amostra de penetrômetro, e a segunda, com amostra de trado, lavagem ou baldinho.

Não havendo recuperação de material no barrilete, no local da amostra deve ser colocado um taco de madeira com as palavras “não recuperou”. No caso de ser utilizado todo o material disponível para a amostragem especificada, deve ser colocado no local da amostra um taco com as palavras “recuperou pouco”.

Na divisão longitudinal de madeira junto à amostra, do lado da dobradiça, deve constar o tipo de amostragem (trado, lavagem, penetrômetro, etc).

A cada ensaio de penetração, cerca de 100 g da amostra do barrilete deverão ser imediatamente acondicionados em recipientes de vidro ou plástico rígido, com tampa hermética, parafinada ou selada com fita colante. Esta amostra deve ser identificada por

duas etiquetas, em papel cartão, uma interna e outra colada na parte externa do recipiente, onde constem:

- nome da obra;
- nome do local;
- número de sondagens;
- número da amostra;
- profundidade da amostra;
- número de golpes e penetração do ensaio;
- data;
- operador.

As anotações deverão ser feitas com caneta esferográfica ou tinta indelével, em papel cartão, devendo as etiquetas ser protegidas, com sacos plásticos, de avarias no manuseio da amostra. Estes recipientes deverão ser acondicionados em caixas apropriadas para transporte ou de preferência, na caixa especificada anteriormente.

As caixas de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da sondagem, quando serão transportadas para o local indicado pela fiscalização, na obra.

4.8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.8.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS

Informações sobre o andamento das sondagens deverão ser fornecidas diariamente, quando solicitadas.

4.8.2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados das sondagens deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins em 2 vias, onde constem, no mínimo:

- Nome da obra e interessado;
- Identificação e localização do furo;
- Diâmetro da sondagem e método de perfuração;
- Cota, quando fornecidas,
- Data da execução;

- Nome do sondador e da firma;
- Tabela com leitura de nível d'água com data, hora, profundidade do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas d'água, artesianismo, etc. No caso de não ter sido atingido o nível d'água, deverão constar no boletim as palavras “furo seco”;
- Posição final dos revestimentos;
- Resultados dos ensaios de penetração, com o número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amestrador;
- Resultados dos ensaios de lavagem, com o intervalo ensaiado, avanço em centímetros e tempo de operação da peça de lavagem;
- Resultados dos ensaios de permeabilidade, com o processo utilizado, posição das extremidades inferior e superior do revestimento, profundidade do furo, diâmetro do revestimento e medidas de absorção d'água feitas a cada minuto, com a respectiva unidade;
- Identificação das anomalias observadas;
- Confirmação do preenchimento do furo ou motivo de seu não preenchimento;
- Motivo da paralisação do furo;
- Visto do encarregado da Empreiteira na obra.

4.8.3. INFORMAÇÕES FINAIS

Os resultados finais de cada sondagem à percussão deverão ser apresentados, num prazo máximo de 20 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100, calculados e colocados em gráficos, a classificação geológica e geotécnica dos materiais atravessados, feita por geólogo cujo nome, assinatura e CREA deverão constar no perfil.

Os resultados dos ensaios de permeabilidade deverão ser apresentados em valores numéricos: da absorção em l/min.m, da pressão em kgf/cm² e da perda d'água específica em l/min.m/kgf/cm², assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado.

4.8.4. INFORMAÇÕES FINAIS

Até 20 dias após o término do último furo da campanha programada afirma empreiteira deve entregar o relatório final contendo:

- Texto explicativo com localização, tempo gasto, número de furos executados, total de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Empreiteira;
- Planta geral de localização das sondagens ou, na sua falta, esboço com distancias aproximadas e amarração.

5. ENSAIO DE PERMEABILIDADE

5.1. INTRODUÇÃO

Os ensaios de permeabilidade, executados em furos de sondagem (percussão e rotativa), genericamente conhecidos por ensaios de infiltração, têm por finalidade a determinação dos coeficientes de permeabilidade de solos. Formam, juntamente com os ensaios de perda d'água sob pressão, estes aplicáveis a maciços rochosos, o conjunto de ensaios de permeabilidade executados em furos de sondagens mais comumente usados no campo para a caracterização hidrogeotécnica dos terrenos naturais.

5.2. DEFINIÇÕES

Os ensaios de permeabilidade em furos de sondagens consistem na medida da vazão absorvida ou retirada, em função da aplicação de uma carga ou descarga, respectivamente. As cargas são diferenciais de pressão, induzidas por colunas d'água, resultantes de injeção d'água no furo; as descargas são diferenciais de pressão provocadas por retirada d'água do furo. Provocando-se carga no furo, podem ser realizados dois tipos de ensaios:

- Ensaio de infiltração, também denominado Infiltração a nível constante - mantém-se a carga constante, medindo a vazão necessária para mantê-la.
- Ensaio de rebaixamento, também denominado Infiltração a nível variável - estabelece-se uma coluna d'água inicial, interrompe-se a introdução d'água e acompanha-se, no tempo, o rebaixamento do nível d'água.

Provocando-se descarga no furo, podem ser realizados dois tipos de ensaios:

- Ensaio de bombeamento (pontual) - bombeia-se a água e mede-se a vazão necessária para manter estabilizado o nível rebaixado.

- Ensaio de recuperação - bombeia-se a água, até que o seu nível esteja rebaixado do nível freático ou piezométrico e mede-se, em seguida, a velocidade de recuperação.

Os ensaios de bombeamento e de recuperação só podem ser realizados na porção do maciço situado abaixo do nível freático (zona saturada).

Neste capítulo serão tratados somente os ensaios de infiltração e de rebaixamento, por serem os mais simples e os mais utilizados. Orientações detalhadas a respeito desses ensaios e dos ensaios de bombeamento e recuperação podem ser obtidas no Boletim nº 4 da ABGE “Ensaio de permeabilidade em solos” (1981).

5.3. EQUIPAMENTO

O equipamento necessário à execução dos ensaios de permeabilidade deverá constar no mínimo do seguinte:

- Bomba de água com capacidade mínima de 40 litros por minuto;
- Hidrômetro, em boas condições, com divisões de escala em litros, tratado no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. O hidrômetro não deve apresentar desvio superior a 10% do valor real na faixa de vazão entre 10 e 40 l/min.. É vedado o uso de curvas de calibração;

- Tambor graduado em litros com capacidade de aproximadamente 200 litros;
- Provetas ou latas graduadas a cada 50 centímetros cúbicos, com capacidade mínima de 1 litro;

- Funil com rosca para acompanhamento no revestimento com redução mínima de 1 polegada e diâmetro maior de, no mínimo, 20 centímetros:

- Escarificador constituído por uma haste decimétrica de madeira com numerosos pregos sem cabeça, semi-cravados.

5.4. EXECUÇÃO DO ENSAIO

A execução de ensaio de permeabilidade e penetração num mesmo furo deverá ser limitada ao trecho abaixo do nível d'água ou onde o avanço da sondagem é feito pelo

método da lavagem. Ensaios de infiltração acima destes limites deverão ser feitos em um novo furo, deslocado de 3 metros em relação ao primeiro, exceto quando instruções específicas dos serviços não exigirem tal condição.

A parede do furo no horizonte do solo a ser ensaiado deverá ser desobstruída por raspagem com o escarificador.

O revestimento deverá ser posicionado até um mínimo de 0,80 m acima do nível do terreno e enchido com água até a sua boca.

Será feito ensaio de rebaixamento quando a carga hidráulica no trecho ensaiado for superior a 0,2 kgf/cm² (2 metros) e, por avaliação visual, o rebaixamento da água no tubo de revestimento for inferior a 10 cm/minuto.

O ensaio de rebaixamento será feito através da medida do nível d'água dentro do revestimento, a intervalos de tempo curtos no início e mais longos em seguida (por exemplo: 15", 30", 1', 2', 3', 4', 5', etc.). As medidas de descida do nível d'água devem ser iniciadas após a manutenção do tubo de revestimento cheio d'água até a boca, durante 10 minutos, no mínimo.

O ensaio de rebaixamento será concluído quando o rebaixamento atingir 20% da carga inicial aplicada ou 30 minutos de ensaio.

O ensaio de infiltração consiste na medida da absorção d'água estabilizada a cada minuto, durante 10 minutos.

Entende-se que as leituras de absorção d'água estão estabilizadas quando:

- não for observada uma variação progressiva nos valores lidos;
- a diferença entre leituras isoladas e seu valor médio não superar 20% do valor médio.

Nos casos de medidas próximas ao limite de sensibilidade dos equipamentos, as diferenças admissíveis deverão ser estabelecidas pela Fiscalização segundo um critério mais flexível.

As medidas de absorção d'água no ensaio de infiltração serão feitas com hidrômetros acoplado à canalização da bomba, quando forem superiores a aproximadamente 10 l/min.; com proveta graduada, quando forem inferiores a aproximadamente 1 l/min; e com tambor graduado, em casos intermediários.

É importante o registro completo das informações necessárias ao cálculo do coeficiente de permeabilidade, tais como: vazão, nível d'água, diâmetro e profundidade do furo, comprimento do trecho de ensaio, etc., conforme indicado nos boletins em anexo.

5.5.RESULTADOS

Os resultados dos ensaios deverão ser apresentados, no mesmo perfil de sondagem e dentro dos preceitos estabelecidos em Sondagem a Percussão.

Deverão ser apresentados em valores numéricos a pressão efetiva em Kg/cm², da absorção em l/min.m e da perda d'água específica em l/min.m/Kg/cm², assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado.

6. SONDAgens ROTATIVAS

6.1.DEFINIÇÃO

Sondagem rotativa é um método de investigação que consiste no uso de um conjunto motomecanizado, projetado para a obtenção de amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante.

6.2.IDENTIFICAÇÃO

As sondagens rotativas serão identificadas pela sigla SR seguida de número indicativo. Em cada obra o número indicado deve ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem. Quando for necessária a execução de mais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C, etc.

6.3.EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

A firma Empreiteira deve fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens que atendam a programação e especificação estabelecidas no contrato de serviço.

O equipamento e ferramentas constarão dos seguintes no mínimo os seguintes elementos:

- tripé;
- sonda rotativa;
- bomba d'água;
- hastes;
- barriletes;
- coroas;
- tubos de revestimento e demais acessórios e ferramentas necessárias à

execução de sondagens rotativas, além dos equipamentos exigidos para sondagens à percussão.

A relação completa dos equipamentos utilizados na execução de sondagens rotativas consta da publicação da ABGE “Glossário de termos técnicos de Geologia de Engenharia - Equipamentos de Sondagens” (1980).

a) Normas de dimensões e nomenclaturas

Normas estabelecidas para padronizar as dimensões e nomenclaturas de equipamentos de sondagens, com o objetivo de promover uma linguagem comum e acessível a todos e permitir a permutabilidade de peças provenientes de diversos fabricantes. Existem dois sistemas que normalizam mundialmente dimensões e nomenclaturas para sondagens rotativas:

- padrão D.C.D.M.A. ou americano, que adota a combinação de duas ou mais letras para designar diâmetros e modelos dos equipamentos;
- o padrão europeu, também conhecido por sistema métrico ou Crailius, que expressa o diâmetro do furo em mm e uma ou mais letras para designar o modelo do equipamento.

No Brasil, os equipamentos de sondagens rotativas são fabricados segundo o padrão D.C.D.M.A., sendo bastante restritos aqueles fabricados segundo o padrão europeu.

b) Diâmetros

Na tabela a seguir são indicados os diâmetros de sondagens mais comumente utilizados.

Nomeclatura		Diâmetro (mm)	
Padrão Métrico	Padrão DCDMA	Furo	Testemunho
-	EW	37,71	21,46
-	AW	48,00	30,10
-	BW	59,94	42,04
-	NW	75,64	54,73
86 mm	-	86,02	72,00
-	HW	99,23	76,20

Figura 02 – Diâmetros de Sondagens.

Fonte: Manual de Execução de Sondagens, CASAN, 1997.

c) Principais tipos de barriletes:

• **Barrilete simples**

Constituído por um único tubo, a passagem do fluido de circulação se dá entre a parede interna do barrilete e o testemunho. O testemunho fica sujeito à ação abrasiva do fluido de circulação e ao atrito com a parede interna do barrilete;

• **Barrilete duplo livre**

É constituído por dois tubos existindo um sistema de rolamentos entre as partes da cabeça do barrilete onde os tubos são rosqueados. Desta forma, enquanto o tubo externo gira com a coluna de perfuração, o tubo interno permanece estacionário ou gira lentamente. O testemunho fica protegido do atrito com a parede do barrilete e o contato do testemunho com o fluido de circulação se dá entre a extremidade do tubo interno e a face da coroa;

• **Barrilete duplo-giratório**

Barrilete de alta recuperação que possui um prolongador do tubo interno, designado caixa de mola. A extremidade do prolongador fica bem próxima da face da coroa, reduzindo consideravelmente o contato do testemunho com o fluido de circulação;

• **Barrilete triplo**

Barrilete de alta recuperação que possui um terceiro tubo, interno ao tubo interior, destinado a armazenar e proteger o testemunho;

• **Barrilete de tubo interno retrátil**

Barrilete de alta recuperação com dispositivos especiais que permitem a retirada do tubo interno, portador do testemunho, por dentro da coluna de perfuração, sem a necessidade de removê-la. Também conhecido por sistema “wire-line”.



6.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM

Em terreno seco, a sondagem deve ser iniciada somente após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos. Deverá ser executado um sulco ao seu redor de forma a desviar as águas de enxurrada, no caso de chuva. A sonda deverá ser firmemente ancorada e nivelamento no solo, de maneira a minimizar suas vibrações e consequente transmissão para a composição da sondagem.

Em terreno alagado ou coberto por lâmina d'água de grande espessura, a sondagem deve ser feita a partir de plataforma fixa ou flutuante firmemente ancorada, totalmente assoalhada, que cubra no mínimo, a área delimitada pelos pontos de apoiado tripé, ou um raio de 1,5 m contados a partir dos contornos da sonda.

Junto ao local onde será executada a sondagem deverá ser cravado um piquete, com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica. Quando ocorrer solo no local do furo, a sondagem deverá ser feita com medidas de SPT a cada metro.

Deverão ser empregados todos os recursos das sondagens rotativas de maneira a assegurar uma perfeita recuperação de todos os materiais atravessados. Os principais recursos são: escolha de equipamentos e acessórios apropriados às condições geológicas, emprego de lamas bentoníticas como fluído de perfuração, realização de manobras curtas, adequação da velocidade de perfuração às características geológicas da rocha perfurada, etc.

Constituem elementos de interesse a registro das características da sonda rotativa e da coluna de perfuração utilizadas, tempo de realização de manobras, características da coroa (quilatagem, P.P.Q., tipo, tempo de uso, etc.), bem como uma avaliação da pressão aplicada sobre a composição, sua velocidade de rotação, velocidade de avanço, pressão e vazão de água de circulação.

A sequência de diâmetros a ser utilizada deverá ser estabelecida pela Fiscalização e somente poderá ser afetada mediante sua autorização, por comprovada necessidade técnica.

Quando no avanço da sondagem rotativa, ocorrer mais de 0,50 m de material mole ou incoerente, salvo especificação contrária, deverá ser executado um ensaio de

penetração SPT, seguido de outros a intervalos de 1 m, até serem atingidas novamente as condições do item 5.5.11.

O controle da profundidade do furo, com precisão de 1 (um) centímetro, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente deverá ser registrado o nível estático e, no caso de artesianismo surgente, além do nível estático, deverão ser medidos a vazão e o respectivo nível dinâmico.

O nível d'água e as características do artesianismo deverão ser medidos todos os dias antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão da sondagem.

Quando houver interesse na obtenção de uma medida de nível piezométrico em qualquer trecho do furo em andamento, a Fiscalização poderá solicitar a instalação em cota determinada, de um obturador durante o intervalo entre dois turnos de perfuração. Neste caso, no reinício dos trabalhos, serão medidos os níveis d'água, internos à tubulação do obturador e externos a ela.

Salvo orientação em contrário, imediatamente após a última leitura de nível de d'água ou término do furo seco, este deverá ser totalmente preenchido, deixando-se cravada a seu lado uma estaca com a identificação da sondagem. Nos furos em sítios de barragens, o preenchimento deverá ser feito com calda grossa de cimento ou argamassa, vertida no fundo do furo com auxílio de um tubo, que será levantado à medida de seu preenchimento. Nos demais furos, o preenchimento será feito com solo ou solo cimento, ao longo de toda sua profundidade.

6.5. ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

6.5.1. INTRODUÇÃO

O ensaio de perda d'água sob pressão, normalmente realizado em maciços rochosos através de furos de sondagens, visa a determinação da permeabilidade e do comportamento desses maciços frente a percolação d'água através de suas fissuras.

6.5.2. DEFINIÇÃO

O ensaio de perda d'água consiste na injeção d'água sob pressão num certo trecho de um furo de sondagem, e na medida da quantidade d'água absorvida pelo maciço rochoso durante um certo tempo, a uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado para vários estágios de pressão.

6.5.3. EQUIPAMENTO

O equipamento constará, no mínimo, dos seguintes elementos:

- a) Bomba d'água com capacidade de vazão de 120 l/min. a uma pressão de 10 kgf/cm². A critério da Fiscalização, poderá ser utilizada bomba com capacidade de vazão de 60 l/min. a uma pressão de 10 kgf/cm², caso as absorções medidas sejam compatíveis com estas vazões. A bomba deverá ser testada no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento;
- b) Hidrômetro com divisões de escala em litros. Deve ser suficientemente sensível para detectar uma vazão mínima de 3 l/min. No início de cada sondagem, e sempre que houver suspeita de mau funcionamento, o hidrômetro deve ser submetido à aferição, devendo ser rejeitado aquele que apresentar um desvio de leitura superior a 10%. Recomenda-se que a escolha do hidrômetro, quanto a sua capacidade nominal, seja feita em função da ordem de grandeza das vazões medidas: capacidade nominal de 3 ou 5 m³/h, para vazões até 60 l/min., e capacidade nominal de 7 m³/h, para vazões entre 60 a 120 l/min.;
- c) Manômetros com capacidade e divisões de escala conforme tabela abaixo, comparados com um manômetro aferido de uso exclusivo para calibração, a cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Os manômetros não deverão apresentar um desvio de leituras superiores a 10% do valor real. É vedado o uso de curvas de calibração. A pressão máxima de operação não deve ultrapassar 75% do valor máximo da escala do manômetro;

Pressão Máxima na Escala do Manômetro (Kgf/cm ²)	Divisões da Escala	Intervalo de Posição do Obturador (m) com Critério de Pressão de 0,25 Kgf/cm ² /m
1,0	0,10	1,00 a 3,00
3,0	0,10	2,50 a 9,00
6,0	0,26	6,00 a 18,00
10,0	0,50	15,00 a 30,00
20,0	1,00	25,00 a 60,00
30,0	1,00	50,00 a 90,00

Figura 02 – Pressões Máximas Manômetros.

Fonte: Manual de Execução de Sondagens, CASAN, 1997.

d) Estabilizador de pressão cuja atuação impeça que o campo de variação das oscilações de pressão seja superior a 10% do valor a ser lido. É vedado o uso de agulha salva manômetro para estabilização das leituras de pressão;

e) Obturadores em boas condições, de borracha, tipo pneumático (infláveis) ou mecânico de cruzeta, simples e duplo. O obturador mecânico de cruzeta deverá ter comprimento mínimo de 30 cm, e seu diâmetro externo deverá ser cerca de 5 mm menor do que o furo. O diâmetro interno de sua tubulação deverá ser igual ao indicado no item f abaixo. Não é recomendada a utilização de obturadores cuja expansão seja obtida através de compressão das hastes no fundo do furo mediante o emprego de haste perfurada abaixo deste. No caso de obturador pneumático, seu comprimento não deverá ser inferior a 0,60 m;

f) Canalização, luvas, cotovelos, etc. em boas condições, com juntas estanques, sem obstrução de ferrugem e com diâmetro mínimo de 1". É vedado o uso de niples ou reduções que diminuam a seção da tubulação. O diâmetro da canalização será único e uniforme para todos os equipamentos de sondagem e durante toda a campanha programada;

g) Transdutores de pressão, quando for especificado que a determinação da pressão deva ser feita diretamente no trecho ensaiado.

6.5.4. DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos deverão ser dispostos na seguinte ordem: estabilizador de pressão, hidrômetro, tubulação com manômetro e obturador. O manômetro deverá ser



fixado num trecho retilíneo da tubulação, sem curva ou cotovelo entre seu ponto de fixação e o obturador.

6.5.5. ÁGUA

A água utilizada nos ensaios não deverá apresentar partículas de material sólido em suspensão, visíveis a olho nu.

6.5.6. ENSAIO DE PERDA DE CARGA

O ensaio de perda de carga consiste numa simulação, em superfície, do ensaio de perda d'água. Este ensaio tem por objetivo a determinação da perda de pressão provocada pelo atrito da água com as paredes da tubulação. Deverá ser feito um ensaio a cada campanha de sondagem.

O ensaio é iniciado após a montagem do equipamento, segundo a ordem indicada anteriormente, numa superfície plana, onde o ponto de saída da água e o manômetro fiquem situados numa mesma cota. O comprimento total da tubulação (L) deverá ser cerca de 20% superior à profundidade máxima prevista para as sondagens da campanha programada.

Serão feitas medidas de pressão e vazão em estágios de aproximadamente 10, 20, 40 e 60 l/min., para comprimento de tubulação de L, $\frac{3}{4}L$ e $\frac{1}{2}L$.

Com os resultados obtidos deverá ser construído um ábaco relacionando vazão, comprimento da tubulação e perda de carga, que será utilizado na correção da pressão efetivamente aplicada no trecho do furo ensaiado por perda d'água.

O problema da perda de carga pode ser eliminado com a utilização de um transdutor posicionado no trecho do ensaio. Neste caso não há necessidade de realizar o ensaio de perda de carga. Ressalta-se que o transdutor registra toda a pressão a que está submetido; portanto para a determinação da pressão efetiva de ensaio, deve ser subtraída a pressão correspondente ao nível d'água ou piezométrico, isso quando o trecho do ensaio estiver na porção saturada do maciço.

6.5.7. TRECHO PRESSÃO DO ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA

Os ensaios deverão ser executados à medida do avanço da sondagem, em trecho de aproximadamente 3 metros de comprimento, a contar o início da efetiva utilização do processo rotativo.

A fiscalização poderá solicitar a execução de ensaios adicionais em trechos de diferentes comprimentos, tanto na porção final da sondagem como acima dela. Neste caso deverá ser empregado obturador duplo.

As pressões do ensaio serão aplicadas num ciclo de 5 estágios: pressão mínima, pressão intermediária, pressão máxima, pressão intermediária e pressão mínima.

As pressões em cada estágio deverão atender os seguintes critérios:

- Pressões máxima: 0,25 kgf/cm² por metro de profundidade, na vertical, a contar da boca do furo até a metade do trecho ensaiado. No caso de rocha friável ou muito alterada será usado 0,15 kgf/cm² /m;
- Pressão intermediária: igual à metade da pressão máxima;
- pressão mínima: igual à pressão exercida por uma coluna d'água interna à tubulação do obturador, de aproximadamente 1 metro de altura acima da boca do furo.

As pressões máximas e intermediárias deverão ter seus valores arredondada até a divisão mais próxima do manômetro.

O ensaio pode ser executado com maior número de estágio de pressão (ensaio de múltiplos estágios), o que possibilita sua interpretação mais completa e detalhada. Nestes casos, recomenda-se um maior número de estágio de baixa pressão, principalmente em formações geológicas muito permeáveis.

6.5.8. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

Inicialmente deverá ser efetuada cuidadosa lavagem do furo até que a água de circulação se apresente limpa e isenta de detritos.

Terminada a lavagem, será instalado o obturador com a extremidade inferior da porção vedante no limite superior do trecho a ser ensaiado.

A técnica de ensaio com obturador duplo não deverá ser empregada como alternativa do ensaio com obturador simples. O seu emprego deverá ser restrito às situações em que forem necessários ensaios complementares em trechos acima da posição do fundo do furo.

Ao ser aplicada a pressão mínima do primeiro estágio, deverá ser avaliada a eficiência de vedação do obturador, através da medida do nível d'água no furo, que geralmente sobe quando o obturador não está vedado. Se exequível, para facilitar esta observação, recomenda-se o enchimento do furo com água até a boca do revestimento após a instalação do obturador. Em caso de impossibilidade de vedação devido ao fraturamento da rocha ao redor do trecho de aplicação do obturador deverão ser utilizados obturadores de maior comprimento. Persistindo a impossibilidade de vedação, o obturador deverá ser deslocado para cima, até nova posição onde a vedação for eficiente.

Assegurada a vedação do trecho, será iniciada a aplicação dos estágios de pressão. A pressão mínima, do 1º e 5º estágios, será obtida pela manutenção da coluna d'água na tubulação do obturador (nos moldes do ensaio de infiltração), e as demais pressões serão dadas pela bomba d'água.

Em cada estágio, após a estabilização dos valores de pressão e vazão, deverão ser feitas 10 medidas de seus valores em intervalos de 1 minuto.

Entende-se que os valores de absorção d'água e pressão então estabilizados quando:

- a) Não for observada uma variação progressiva nos valores medidos;
- b) A diferença entre as leituras e o seu valor médio for inferior 20% do valor médio.

Nos casos de pressão e vazão pequena, próximas aos limites inferiores de sensibilidade dos equipamentos de medida, as diferenças de leitura admissíveis deverão ser estabelecidas, segundo um critério mais flexível, pela Fiscalização. Como subsídios, são apresentados no quadro a seguir, os limites de pressão dos hidrômetros normalmente utilizados nos ensaios de perda d'água sob pressão.

Capacidade Nominal Diâmetro do Hidrômetro	Faixa de Valores de maior Confiança (erro +/- 2%)	Limite Inferior de Funcionamento (erro +/- 5%)
3 m ³ /h	2,5 a 50	0,70
D=3/4"	l/min	l/min
5 m ³ /h	4,2 a 83	1,00
D=1"	l/min	l/min
8 m ³ /h	5,8 a 117	1,30
D=3/4"	l/min	l/min
10 m ³ /h	8,3 a 167	1,80
D=1"	l/min	l/min

Adaptado de CORRÊA FILHO (1985) "Ensaio de perda d'água sob pressão".
Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos.

Figura 03 – Ensaio de Perda d'água sob Pressão.

Fonte: Manual de Execução de Sondagens, CASAN, 1997.

Adaptado de CORRÊA FILHO (1985) "Ensaio de perda d'água sob pressão".
Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos.

Na fase decrescente do ciclo de pressão, se ocorrer retorno da água injetada, a tubulação deverá ser aberta e serão anotados os seguintes valores:

- a) Volume total de água retomada até o total alívio de pressão de água no trecho ensaiado;
- b) Pressão que estava aplicada no trecho.

Para a medida do volume de água retomada poderá ser utilizado o próprio hidrômetro, com conexão invertida para garantir seu perfeito funcionamento, ou tambor de volume conhecido.

Após as medidas do volume retomado, o ensaio deverá ser retomado a partir do estágio subsequente àquele que deu origem ao retorno da água.

Quando, mesmo com a vazão máxima da bomba, não for atingido o valor da pressão de qualquer dos estágios, deverão ser feitas leituras dos valores de pressão e vazão atingidos, durante 10 minutos, a cada minuto. Além do registro deste caso de absorção total da vazão da bomba, deverão ser executados e registrados os demais estágios com pressão inferior ao daquela cuja pressão não foi atingida.

6.6.AMOSTRAGEM



A Amostragem deverá ser contínua e total, mesmo em materiais moles, incoerentes ou muito fraturados. Os testemunhos não deverão se apresentar excessivamente fraturados ou roletados pela ação mecânica do equipamento de sondagem.

A recuperação dos testemunhos não deverá ser inferior a 95% por manobra, salvo quando autorizado pela Fiscalização.

As operações de retirada das amostras do barrilete e de seu acondicionamento nas caixas deverão ser feitas cuidadosamente, de maneira a serem mantidas as posições relativas dos testemunhos coletados.

As amostras serão acondicionadas em caixas de madeira aplainada ou plástico, conforme a Figura 2. Nos casos de serem acondicionadas amostras com diversos diâmetros numa mesma caixa, deverão ser colocados calços no fundo e laterais das divisões das caixas, de maneira a garantir a sua imobilidade durante o manuseio. As caixas deverão ser providas de tampa, com dobradiças no caso de serem feitas com madeira.

Na tampa e num dos lados menores da caixa, segundo o esquema da Figura 2 deverão ser anotados com tinta indelével os seguintes dados:

- número do furo;
- nome da obra;
- local;
- número da caixa e o número de caixas do furo.

Os testemunhos deverão ser colocados nas caixas, após cada manobra, iniciando-se pela canaleta adjacente às dobradiças, com a parte superior da manobra ao seu lado esquerdo. As amostras das manobras subsequentes deverão ser colocadas na caixa sempre guardando, na sequência de profundidade das amostras, o andamento da esquerda para a direita e da dobradiça para o outro lado da caixa.

As amostras de cada manobra deverão ser isoladas longitudinalmente nas canaletas das caixas por um taco de madeira, afixado na caixa. Neste taco deverá ser escrita sua profundidade com caneta esferográfica ou tinta indelével. No taco que isola a última manobra do furo deverá constar, além da profundidade final do furo, a palavra “Fim”.

No caso de ser empregado, no início do furo ou num determinado intervalo, avanço de sondagem pelo processo à percussão, as amostras assim coletadas deverão ser

acondicionadas na mesma caixa das amostras de rotativa, segundo a sequência de sua obtenção.

Durante a realização das sondagens as caixas com testemunhos deverão ser armazenadas junto às sondas, em local protegido contra intempéries e sol direto.

Ao término da sondagem as caixas de amostras deverão ser levadas até o local indicado pela Fiscalização, na obra.

6.7. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.7.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS

Informações sobre o andamento da sondagem deverão ser fornecidas diariamente, quando solicitadas.

6.7.2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares de cada sondagem rotativa deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins (modelo em anexo) com 2 vias, onde constem, no mínimo:

- nome da obra e interessados;
- identificação e localização do furo;
- inclinação e rumo do furo;
- diâmetro da sondagem e tipo de barrilete utilizado;
- cota, quando fornecida;
- data de execução;
- nome do sondador e da firma;
- tabela com leituras de nível d'água com: data, hora, nível d'água, profundidade

do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo, instalação de obturador, com sua cota etc. No caso de não ter sido atingido o nível da água deverão constar no boletim as palavras “furo seco”;

- posição final do revestimento;
- resultados dos ensaios de penetração, com o número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amostrador;

- resultados do ensaio de lavagem, com o intervalo ensaiado, avanço em centímetros e tempo de operação da peça de lavagem;
- recuperação dos testemunhos em porcentagem, por manobra;
- número de peças de testemunhos por metro, segundo trechos de mesmo padrão de fraturamento (frequência de fraturas), com respectivo IQR ou RQD (índice de qualidade de rocha), que consiste na somatória dos testemunhos de rochas iguais ou maiores que 10 cm dividida pelo comprimento total do trecho, expressa em %;
- resultados dos ensaios de permeabilidade, com indicação do processo utilizado, posição das extremidades superior e inferior do revestimento, profundidade do furo, diâmetro do revestimento, as medidas de absorção d'água feitas a cada minuto, com a respectiva unidade;
- resultados dos ensaios de perda d'água com:
 - Profundidade do furo;
 - Posição da parte inferior da zona vedante do obturador
 - Intervalo e posição das partes vedantes no caso de obturador duplo;
 - Altura da extremidade superior do funil e/ou canalização do obturador, □ altura do manômetro em relação à boca do furo;
 - Medida de vazão:
 - Leituras do manômetro;
 - Total de litros retornados e pressão que estava aplicada no trecho,
 - Número de bombas, hidrômetros, manômetros, bem como suas capacidades, para cada furo de sondagem;
 - Indicação dos trechos com absorção total da vazão da bomba;
- resultados do ensaio de perda de carga das tubulações, no primeiro boletim de cada campanha, com vazões, pressões, comprimento e diâmetro da tubulação;
- indicação das anomalias observadas;
- observações sobre o preenchimento do furo, com peso gasto em quilogramas no caso de uso de cimento ou motivo do seu não preenchimento;
- motivo da paralisação do furo;
- visto do encarregado da contratada na obra.

6.7.3. INFORMAÇÕES FINAIS

Os resultados finais de cada sondagem deverão ser apresentados, num prazo máximo de 30 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100, onde conste, a classificação geológica e geotécnica dos materiais atravessados feita por geólogo cujo nome, assinatura e CREA, deverão constar no perfil.

Os resultados dos ensaios de permeabilidade deverão ser apresentados em valores numéricos: da absorção em l/min.m, de pressão em kgf/cm² e da perda d'água específica em L/min.m/kgf/cm² assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado.

Os resultados dos ensaios de perda d'água deverão ser apresentados na mesma forma dos ensaios de permeabilidade com os resultados de cada estágio separados entre si por linhas horizontais tracejadas ou mais finas do que as que limitam o trecho ensaiado, na sequência normal de sua realização.

O número de peças e a recuperação dos testemunhos deverão constar na forma de gráficos com suas vedações em profundidade.

6.7.4. RELATÓRIO FINAL

Até 30 dias após o término do último furo da campanha programada, a firma Empreiteira deverá entregar o relatório final contendo:

- Texto explicativo com critérios de descrição das amostras, correções e interpretações adotadas nos testes executados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da contratada, com nome e assinatura do responsável pela firma;
- Planta geral de localização das sondagens ou, na sua falta, esboço com distancia aproximadas e amarração.

7. SONDAGENS ROTATIVAS COM AMOSTRAGEM INTEGRAL

7.1. DEFINIÇÃO

Sondagem rotativa com amostragem integral é uma técnica que consiste basicamente na execução de um furo de pequeno diâmetro (EW); fixação neste furo, através de injeção de calda de cimento ou resina, de um varão com orientação; e a sobre

perfuração deste trecho, após o endurecimento do aglutinante e solidarizarão da formação rochosa, com um diâmetro maior (86 mm ou HW). Este método de amostragem é empregado na caracterização de feições geológicas de um maciço rochoso, especialmente descontinuidades, com duas finalidades principais: determinação da disposição espacial (geometria, altitude, espessura), e qualidade da amostragem (recuperação de materiais moles, de preenchimento). O método é utilizado também visando amostragem integral de materiais rochosos de baixa coerência e/ou elevado grau de alteração.

7.2. IDENTIFICAÇÃO

As sondagens rotativas com amostragem integral serão identificadas pela sigla SRI, seguida de número indicativo. Em cada obra, o número indicado deverá ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem. Quando for necessária a execução demais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C.

7.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

A firma contratada deverá fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para execução de sondagens, que atendam a programação e especificações estabelecidas no contrato de serviços.

Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais:

- centralizadores;
- hastes e guias de orientação com respectivas conexões;
- canos de ferro para chumbamento (varão);
- equipamento de injeção de cimento ou resina;
- demais acessórios de sondagens rotativas com amostragem integral.

As sondagens rotativas com amostragem integral são executadas, mais comumente, nos diâmetros EW (perfuração inicial) e 86 mm ou HW (sobreperfuração).

Deverão ser utilizados barriletes de alta recuperação, tanto na perfuração inicial (O EW) como na sobre perfuração (Φ 86 mm ou HM).

7.4. EXECUÇÃO DA SONDAGEM

Inicialmente deverá ser aberto um furo com diâmetro que possibilite a execução da sondagem rotativa com amostragem integral no diâmetro 86 mm ou HW, até a cota especificada. Para tanto, deverá ser seguido o estabelecido no item 7.4, referente à execução de sondagens rotativas.

A partir do fundo do furo, deverá ser executado um furo coaxial, com diâmetro EW e com comprimento igual ao do testemunho a se obter. Recomenda-se que este trecho tenha comprimento de 1,50 m.

Deverão ser usados centralizadores que permitam a perfeita coaxialidade dos furos.

Uma vez constatada qualquer interferência do conjunto de centralizadores utilizado que danifique o topo do trecho a ser amostrado, deverá ser providenciado um colchão de resina ou calda de cimento, com 5 cm de espessura, no topo do trecho a ser amostrado, antes da perfuração interna de diâmetro EW.

O furo aberto deverá ser lavado, com circulação cuidadosa de água, até sua base.

Se após a lavagem for constatada presença excessiva de detritos no fundo do furo EW que impeça posicionar. O varão no seu fundo, este deverá ser aprofundado de modo a ultrapassar em até 15 cm a cota final do trecho a ser amostrado. Este espaço servirá para a acomodação dos detritos não eliminados na lavagem.

O processo de lavagem pode provocar o alargamento do furo EW, principalmente em rochas friáveis, diminuindo a espessura anelar dos testemunhos, comprometendo a qualidade da amostragem. Neste caso, o processo de lavagem poderá ser realizado com circulação de lama bentonítica, em substituição à água. Recomenda-se avaliar possíveis efeitos desvantajosos deste provimento, principalmente no tocante à aderência do aglutinante com o varão e a rocha.

Após a lavagem do furo EW, deverá ser realizada injeção, por gravidade, no trecho a ser amostrado, com calda de cimento de traço 0,5:1 (relação em peso água: cimento).

Outros aglutinantes poderão ser utilizados, com a devida anuência da Fiscalização.

Será obrigatório o uso de corantes no aglutinante, quando for difícil distinguir o material artificial do maciço.

Um varão deve ser colocado no furo EW cheio de aglutinante, de maneira orientada, por meio de hastes guias. Seu comprimento deverá compreender toda a extensão do trecho a ser amostrado mais 0,10 m para as operações de orientação.

O sistema de orientação das hastes guias deverá ser suficientemente rígido, de maneira a garantir a correspondência da indicação de direção da superfície com aquela situada no varão, dentro do furo. Para tanto, simulações de orientação deverão ser feitas na superfície, com acompanhamento da Fiscalização.

Após o chumbamento do varão, garantindo-se o suficiente endurecimento do aglutinante, deverá ser executada a sobre perfuração, com diâmetro 86 mm ou HW.

No caso da recuperação não ser total, os fragmentos que estiverem soltos deverão ser encaixados de forma a recompor o testemunho. Caso não seja exequível, os fragmentos deverão ser acondicionados em sacos plásticos e armazenados na mesma caixa da sondagem correspondente.

Deverão ser registradas informações sobre o aglutinante, seu tempo de endurecimento e detalhes da injeção. Constituem elementos de interesse o registro de informações sobre os equipamentos de sondagens e a perfuração.

Salvo orientação em contrário, imediatamente após a última leitura de nível d'água, ou término de furo seco, este deverá ser totalmente preenchido, deixando-se cravada ao seu lado uma estaca com a identificação da sondagem. O preenchimento deverá ser feito com calda grossa de cimento, ou argamassa vertida no fundo do furo com auxílio de um tubo, que será levantado à medida de seu preenchimento.

7.5.AMOSTRAGEM

A amostragem deverá ser contínua e total, mesmo se o trecho amostrado for constituído de material mole e sem coesão ou muito fraturado.

A recuperação dos testemunhos deverá ser de 100% por manobra, salvo quando autorizado pela Fiscalização.

As amostras recuperadas serão acondicionadas em caixas de madeira aplainada ou plástico, providas de tampa, com dobradiças no caso de caixas de madeira, com divisões Internas para acondicionar os testemunhos da amostragem integral e da perfuração interna EW.

Na tampa e em um dos lados da caixa deverão ser anotadas, a tinta, as seguintes informações:

- número do furo;
- nome da obra;
- local;
- número da caixa e o número total de caixas;
- trecho perfurado.

A retirada e acondicionamento dos testemunhos deverão ser feitos evitando sua quebra mecânica.

Ao término da sondagem as caixas de amostras deverão ser levadas até o local indicado pela Fiscalização da obra.

7.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

7.6.1. INFORMAÇÕES DIÁRIAS

Informações sobre o andamento da sondagem deverão ser fornecidas diariamente, quando solicitadas.

7.6.2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares de cada sondagem deverão ser apresentados num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins (modelo para sondagem rotativa) com 2 vias, onde constem além dos dados concernentes às sondagens rotativas, as seguintes informações:

- profundidades dos trechos com amostragem integral;
- observações sobre o posicionamento (profundidades) e orientação do varão;
- tipo e características do aglutinante;
- observações sobre a injeção do aglutinante (pressão, absorção, etc.).

7.6.3. INFORMAÇÕES FINAIS

Os resultados finais de cada sondagem rotativa com amostragem integral deverão ser apresentados, num prazo máximo de 30 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (modelo para sondagem rotativa), onde conste, além dos dados

referentes a sondagens rotativas, a descrição completa das fraturas estruturais, acompanhada de documentação fotográfica contendo:

- profundidades das fraturas e vazios;
- distinção entre preenchimento natural e aglutinante, com respectivas espessuras e características;
- atitudes das fraturas

7.6.4. RELATÓRIO FINAL

Até 30 dias após o término do último furo da campanha programada, a firma Empreiteira deverá entregar o relatório final, contendo:

- Texto explicativo com critérios de descrição das amostras, correções e interpretações adotadas nos testes executados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Empreiteira, com nome, assinatura e CREA do geólogo responsável pelo acompanhamento dos serviços e descrição das amostras;
- Planta geral de localização das sondagens ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.

Esta norma para execução de sondagens foi adaptada da publicação da ABGE - Diretrizes para Execução de Sondagens - 1990 - sujeita a modificações e/ou complementações, do Manual de Sondagens da CASAN, 1997 e das Prescrições de Projeto Básico Geotécnico, Serviços de Ensaio e Sondagem da SANEPAR, 2018.

8. ANEXOS

Anexos

CAIXA DE TESTEMUNHOS PARA SONDAgens ROTATIVAS

NOTAS:

- LATERAL COM TINTA BRANCA
- LATERAL COM TINTA VERMELHA
- MEDIDAS EM mm
- FEITA EM MADEIRA APILADA OU PLÁSTICO

MEDIDAS		DAS		CAIXAS	
Hw	W	Bw	Aw	Bw	Aw
75	75	55	45	34	27
75	75	275	275	275	275
3	3	4	5	6	7

CASAN	
ANALISADO	/ /
ACEITO	/ /
VISTO	
EXEC. POR	

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO	
ÁREA PROJ.	
SUB-ÁREA PROJ.	
DES.	/ /
PROJ.	/ /

APROVADO POR	
ASS.	CREA

Nº	2
R	FL.
Nº CONTRATADA	
ESCALA	

Anexos

CAIXA DE TESTEMUNHOS PARA SONDAgens ROTATIVAS
COM AMOSTRAGEM INTEGRAL

NOTAS:

- LATERAL COM TINTA BRANCA
- LETRAS COM TINTA VERMELHA
- MEDIDAS EM mm
- FITA EM MADEIRA APLANADA OU PLÁSTICO

CASAN		COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO		 CASAN	Nº 3
ANALISADO	/ /	ÁREA PROJ.			R
ACEITO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.			FL
VISTO					Nº CONTRATADA
EXEC. POR		DES.	/ /	APROVADO POR	ESCALA
		PROJ.	/ /	ASS. CREA	/ /

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manual de Execução de Sondagens, 1997, CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO.

Prescrições de Projeto Básico Geotécnico, Serviços de Ensaio e Sondagem, 2018, SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ.

NBR 9061:1985 - Segurança de escavação a céu aberto – Procedimento, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 8036:1983 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 9603:2015 - Sondagens a Trado – Procedimento, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 6484:2001 - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 9820:1997 – Coleta de Amostras Indeformadas de Solos de Baixa Consistência em Furos de Sondagem, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NR-18 CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.

IPR 726:2006 – Diretrizes Básicas para Elaboração de estudos e Projetos Rodoviários, Escopos Básicos/Instruções de Serviço, DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

ISF 207 – Instrução de Serviços Ferroviários: Estudos Geotécnicos, DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

IS 202 – Instrução de Serviços: Estudos Geológicos, DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

IS 206 – Instrução de Serviços: Estudos Geotécnicos, DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

IS 209 – Instrução de Serviços: Projeto de Terraplanagem, DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.