

APOIO AO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO NO BRASIL

A FVD – Fundação Victor Dequech, entidade sem fins lucrativos, criada em 2001, apoia e incentiva ações e projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico e Inovativo no Brasil.

Com foco na pesquisa e engenharia mineral -- bem como nas áreas de energia, óleo e gás, meio ambiente e tecnologias a elas relacionadas -- a FVD sente-se plenamente honrada por apoiar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental na edição de suas Diretrizes, Guias, Manuais, Boletins e outros documentos assemelhados, agora como Normas Técnicas dessa conceituada associação.

A FVD e a ABGE estão irmanadas no esforço para a educação e a capacitação continuada, que proporcionam qualificação, habilidades e competências de empresas e de profissionais, contribuindo assim com o desenvolvimento e a melhoria da qualidade de vida em nosso país.

Cumprimentamos a todos os participantes dessa iniciativa pioneira.

Antonio de Padua Vieira Chaves
Diretor Presidente da FVD



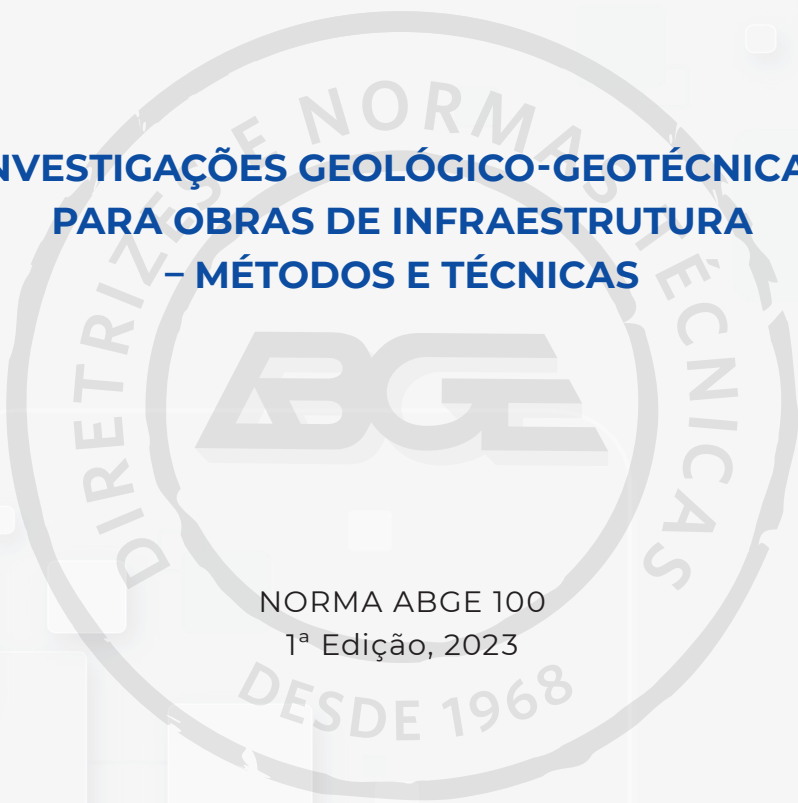
Rua São Vicente, 255. Bloco B
Bairro Olho D'água - Belo Horizonte, Minas Gerais,
Brasil. CEP 30.390-570.
Tel. +55 31 3288-1742 | www.fvd.org.br



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
NORMA ABGE 100/2023
1ª Edição, 2023

**INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
PARA OBRAS DE INFRAESTRUTURA
– MÉTODOS E TÉCNICAS**



NORMA ABGE 100
1ª Edição, 2023

ABGE — AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR



Copyright 2023. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE
Todos os direitos reservados a ABGE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Norma ABGE 100/2023 : investigações
geológico-geotécnicas para obras de
infraestrutura : métodos e técnicas. --
1. ed. -- São Paulo : ABGE, 2023.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88460-11-5

1. Geologia 2. Geotecnia 3. Infraestrutura
4. Normas técnicas.

23-159480

CDD-624.15
-624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Geotecnia 624.15
2. Geologia de engenharia 624.151

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Sugestão de referência bibliográfica:

NORMA ABGE 100/2023. Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e Técnicas. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE
Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 59. Cidade Universitária, São Paulo, SP CEP 05508-901
www.abge.org.br – abge@abge.org.br
Fones: (11) 3767.4361 (11) 9.8687.6560

A ABGE e todos os colaboradores, revisores, coordenadores, autores e editor participantes dessa Norma ou de artigos e livros utilizados como referência bibliográfica, não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas pessoais ou de bens originados do uso da presente publicação. Aqueles que usam essa publicação são responsáveis por tomar suas próprias decisões quando aplicarem as informações aqui fornecidas e as cotejarem e harmonizarem com outras. Críticas e contribuições devem ser encaminhadas a Secretaria Executiva da ABGE: **abge@abge.org.br**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
1. FINALIDADE	6
2. CONCEITO, TERMOS E DEFINIÇÕES	7
3. ETAPAS	21
3.1 Planejamento	23
3.2 Execução	24
3.3 Apresentação dos dados	27
3.4 Análise e integração dos dados	29
4. TIPOS DE INVESTIGAÇÕES	31
5. INVESTIGAÇÕES EM MATERIAIS ANTROPOGÊNICOS	32
6. PRINCIPAIS PARTICIPANTES	34
7. REFERÊNCIAS	35
8. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS	36

ANEXOS

TABELA 1: INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS MAIS FREQUENTES UTILIZADAS NO BRASIL.....	39
FIGURAS 1 A 5.....	50

APRESENTAÇÃO

Essa Norma destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em “Investigações geológico – geotécnicas para obras de infraestrutura”, como são os casos de proprietários de obras, investidores, construtoras, empresas executoras de serviços geológico-geotécnicos de campo e de laboratório, projetistas, consultores e encarregados de fiscalização.

A presente publicação utilizou, como referência básica, a publicação de título “Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Diretriz AGS BR”, contido no livro “Investigações geológico-geotécnicas– Guia de Boas Práticas”, publicado pela ABGE em 2021.

A Norma ABGE possui formato próprio, mas semelhante ao publicado por entidades civis e associações técnicas e profissionais, nacionais ou estrangeiras, como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), ISO (international Organization for Standardization), ASCE (American Society of Civil Engineering), CDA (Canadian Dam Association), IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), dentre outras. Essas entidades publicam Normas (Standards), Diretrizes (Guidelines), Boletins (Bulletins), Regras (Codes) e outros documentos assemelhados, com a finalidade de ajudar empresas e profissionais a trabalharem melhor.

As normas e as publicações técnicas editadas pelas entidades acima citadas, assim como a presente NORMA ABGE, são de aceitação voluntária. A sua aplicação somente passará a ter caráter vinculante no plano legal/normativo, caso seja reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público (por exemplo, se a adoção de alguma NORMA ABGE for exigida ou referida por algum dispositivo legal); e no plano privado caso seja mencionada em um contrato como norma a ser observada pelas partes no cumprimento de suas obrigações (Passini & Alvares Sociedade de Advogados, 2021).

Sugerimos que os usuários das informações dessa publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior

consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras.

Agradecimentos aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação, em especial aos participantes do livro “Investigações geológico-geotécnicas – Guia de Boas Práticas”, de 2021.

João Jeronimo Monticelli

Editor

Fábio Soares Magalhães

Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

1 FINALIDADE

O objetivo principal desta Norma é o de apresentar, resumidamente, os principais conceitos e procedimentos metodológicos de investigações geológico-geotécnicas consagrados no meio técnico, visando alcançar uma linguagem única e digital (informatizada) que possa ser compreendida e utilizada – conjunta e concomitantemente – pelo Empreendedor (público ou privado), Agências de Regulamentação, Projetistas, Executores de Investigações e pelas demais empresas e profissionais que atuam em atividades relacionadas ao tema, tanto da área técnica, como daquelas de seguros, finanças e contratos*.

Ao se combinar uma linguagem prévia comum, cria-se ambiente, técnico e de negócios, que reduz erros e assegura eficácia nos trabalhos. Também possibilita estabelecer, em cada etapa do ciclo de vida do empreendimento – em suas diferentes fases de projeto e de investigações – um banco de dados único, que aceita e intercambia os dados digitais dos diversos partícipes.

O padrão único permite criar condições para contínuos aperfeiçoamentos de procedimentos de registro e representação de informações geológico – geotécnicas digitais de investigação, que farão parte do BIM da construção civil no Brasil, atualmente em implementação.

Face à enorme amplitude e complexidade do tema – investigar o meio físico para atender as necessidades de uma obra de engenharia – não faz parte da presente Norma compilar e estabelecer uma listagem de procedimentos rígidos para cada tipo de investigação, grande parte deles já especificados em normas, manuais, boletins ou descritos em artigos e publicações técnicas, nacionais e internacionais.

A presente publicação tem, também, finalidade de reforçar os conceitos e as metodologias das investigações conduzidas nos grandes projetos e obras de infraestrutura brasileiras das décadas de 1960 e 1970, reconhecidas pela

* A ABGE agradece a colaboração do Grupo AGS BR (www.padraoags.com.br) para a presente Norma, resultante da parceria iniciada em 2021 com a publicação do livro “Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas”.

sua qualidade, e que se reduziram ou mesmo se perderam, por diversas razões, ao longo do tempo.

2 CONCEITO, TERMOS E DEFINIÇÕES

Investigações geológico – geotécnicas correspondem aos procedimentos e técnicas de campo e laboratório de pleno conhecimento do meio técnico do país, visando obtenção de informações do meio físico de interesse ao estudo, projeto, construção, operação/manutenção de obra civil, mineira ou de natureza ambiental. O termo investigações geológico – geotécnicas, em detrimento de outros, é o indicado nessa publicação, por melhor expressar a integração entre as Geociências e a **Geotecnia**. O conceito pode ser estendido às investigações de terrenos antrópicos, como aterros sanitários, pilhas de rejeitos e barragens em geral (em operação ou em processo de descomissionamento). As investigações geológico-geotécnicas incluem os ensaios realizados *in situ* e em laboratório.

Investigações geológico – geotécnicas correspondem a:

- i) levantamento de superfície: contempla, principalmente, mapeamentos geológicos (litológico, estratigráfico, estrutural, formas de relevo, uso e ocupação do solo, sismicidade, dinâmica superficial etc.) e inspeções de campo, antecedidos por pesquisa bibliográfica e estudo de imagens; e
- ii) levantamentos de subsuperfície: a) do tipo direta e semidireta: poços e trincheiras, sondagens mecânicas a trado, percussão, rotativas e mistas, com ou sem imageamento das paredes dos furos; e b) indireta: ensaios ou levantamentos geofísicos (geofísica aplicada).

Os ensaios são de dois tipos:

- iii) *in situ*, quando realizados em furos de sondagens ou em amostras, no campo;

- iv) em laboratório, quando em amostras convenientemente coletadas e transportadas e realizados em instalações apropriadas para tanto.

Os ensaios *in situ* (campo) dividem-se em dois grupos principais:

- i) os hidrogeológicos, para estimativas da permeabilidade ou condutividade hidráulica e do comportamento hidrogeotécnico dos aquíferos como, por exemplo, ensaios em furos de sondagens, do tipo infiltração (solo) e de perda d'água sob pressão (rocha). Além dos aquíferos pode-se considerar os ensaios em hidrocarbonetos e contaminantes que se infiltram e circulam no meio natural;
- ii) os de investigação das características físicas e mecânicas dos solos e das rochas como, por exemplo: em solo, os ensaios SPT, de penetração de cone (CPTu), ensaio pressiométrico (PMT), ensaio de palheta (Vane Test) e o ensaio dilatométrico (DMT); e, em rocha, os ensaios de compressão puntiforme e esclerométrico. E, ainda, os ensaios geofísicos em furos de sondagens, tais como a perfilagem sísmica (acústica) e a transmissão sísmica (acústica) entre furos (cross hole), dentre outros.

Os furos de sondagens são comumente aproveitados para instalação de instrumentação – medidores de nível d'água, piezômetros, inclinômetros, marcos topográficos, extensômetros e outros – constituindo um componente importante de investigação.

Os ensaios de laboratório são realizados em amostras de solos e de rochas para determinação da permeabilidade e das características físicas e mecânicas, como, por exemplo:

- em solos: ensaio de Darcy (permeabilidade), limites de Atterberg (limite de liquidez e de plasticidade), índices físicos (índice de vazios, porosidade, grau de saturação, peso específico), análise granulométrica, compactação, compressibilidade (adensamento) e ensaios de resistência a compressão (triaxial e simples) e ao

cisalhamento direto, com medições da coesão, ângulo de atrito e da deformabilidade (Módulo de Young e Coeficiente de Poisson);

- em rochas: apreciação petrográfica de lâminas delgadas, ensaios de determinação do peso específico, porosidade e de absorção de água, ensaio de resistência à tração por compressão diametral (ensaio brasileiro), ensaios da resistência a compressão simples e triaxial, (com medida da coesão e dos módulos de Young e Coeficiente de Poisson), ensaios de cisalhamento em descontinuidades e na rocha intacta, ensaios de caracterização quantitativa da alteração, reatividade potencial, desagregabilidade e outros, de grande importância a agregados (Frazão, 2012).

Obs.:

- a) os solos podem ser testados na condição *in natura*, sendo os ensaios realizados em amostras deformadas ou indeformadas; ou compactados, neste caso os ensaios visam simular uma obra de terra, como um aterro;
- b) há ensaios, como o de compressão puntiforme e esclerométrico, que podem ser realizados tanto no campo, como em laboratório.

Os ensaios ou levantamentos geofísicos principais são: métodos elétricos, sísmicos, potenciais, perfilagens em furos de sondagens, batimetria e sonografia, estes dois últimos direcionados às áreas submersas e radar (GPR), para levantamentos rasos. Os ensaios e levantamentos geofísicos devem fazer parte do conjunto das investigações e serem interpretados e integrados, tanto quanto possível, juntos com os demais trabalhos, principalmente os levantamentos de sub superfície diretos e semidiretos (poços, sondagens mecânicas etc.).

Geologia de Engenharia: corresponde ao conjunto de procedimentos, métodos e técnicas que se desenvolve não pela liberdade de pesquisa, base da Geologia Teórica, mas pela capacidade de selecionar os temas e as profundidades da pesquisa geológica para solucionar problemas de engenharia e de uso e ocupação do solo. Ou seja, o compromisso da Geologia de Engenharia

é encontrar soluções para a engenharia e não meras descrições, sem alvo no problema. A Geologia de Engenharia apresenta interfaces com outras áreas de conhecimento, tanto das geociências como das engenharias, e, junto com a Mecânica de Solos e das Rochas constitui a **Geotecnia**. Na Geotecnia, as três disciplinas que a compõe também se sobrepõem, assim como os profissionais e empresas que nelas atuam. Os procedimentos, métodos e técnicas da Geologia de Engenharia constituem o instrumental utilizado para definir os Modelos Geológico-Geotécnicos para as obras de engenharia, em suas diversas fases, compreendendo o projeto, construção, operação (manutenção) e descomissionamento. Vide Mecânica de Solos e Mecânica de Rochas.

Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas: em síntese, são as ciências ou disciplinas que tratam, respectivamente, dos solos e das rochas, em sua forma natural ou construída, sob o olhar da engenharia, ou seja, estuda as suas características físicas e mecânicas. Juntas com a Geologia de Engenharia constituem a **Geotecnia**. A palavra Geoengenharia (geo-engineering sciences), ainda não usada no Brasil, é denominação que reúne a Mecânica de Solos, Mecânica de Rochas, Geologia de Engenharia e a **Engenharia Geotécnica**, esta última sendo considerada a aplicação das três primeiras em qualquer das **Etapas do ciclo de vida de uma obra ou empreendimento**. Vide Geologia de Engenharia. Vide Etapas do ciclo de vida de uma obra ou empreendimento.

Geotecnia e Engenharia Geotécnica: vide **Geologia de Engenharia**; vide **Mecânica de Solos e Mecânica de Rochas**.

Etapas do ciclo de vida de uma obra ou empreendimento: denominação abrangente e atual, utilizada para caracterizar as fases de uma obra ou empreendimento, desde os estudos preliminares, passando pelo projeto, construção, operação, manutenção e até o descomissionamento seguro; deve contemplar, para cada etapa, procedimentos adequados de investigação, tanto do meio natural como do antrópico (construído).

Modelo geológico – geotécnico: as investigações e os ensaios são consolidados em um modelo (com apoio de imagens bi ou tridimensionais, atualmente até mesmo considerando a 4ª dimensão, o tempo) que sintetiza para cada fase do projeto (inventário, viabilidade, projeto básico, projeto executivo) os principais tipos de materiais e horizontes encontrados e seus respectivos

parâmetros físicos e mecânicos (do solo, da rocha intacta, das descontinuidades e das interfaces maciço natural – obra) de interesse ao projeto, obtidos de ensaios ou estimados com base em correlações empíricas (classificações de solos e de maciços rochosos), na expertise profissional e na bibliografia. **Modelo geomecânico, modelo geológico e modelo fenomenológico** são denominações correlatas utilizadas, esta última mais comum em estudos de subsidências do terreno e de natureza geoambientais. A operação e descomissionamento de empreendimentos (como o caso das obras minerárias), necessitam de modelo geológico – geotécnico específico (à operação e descomissionamento), que requer investigações do meio natural e antrópico compatíveis com os problemas, assunto técnico relativamente atual no Brasil, com métodos, técnicas e procedimentos em desenvolvimento.

Modelo geológico – geotécnico conceitual: corresponde aos modelos elaborados em determinadas fases de projeto, na pré construção da obra. Corresponde, portanto, às fases de inventário, viabilidade e projeto básico. Vide **Fases de um empreendimento**.

Modelo geológico geotécnico real ou final corresponde aquele elaborado na fase de execução da obra, quando o maciço se encontra escavado e visível, sendo possível a observação direta do maciço, ainda que informações complementares possam ser obtidas por investigações adicionais.

Caracterização e classificação de maciço rochoso: o primeiro termo é entendido como o ato de levantar detalhadamente as características geológicas e geotécnicas de um maciço rochoso; o segundo é o ato de eleger características representativas do maciço, denominadas de parâmetros de classificação e, a partir destes, estabelecer unidades, zonas ou compartimentos que correspondem a classes de maciço, gradando da mais favorável à menos favorável à obra. Uma classificação pode corresponder ao **Modelo geológico – geotécnico**. As Classificações mais utilizadas são as de Bieniawski, também denominada RMR, a de Barton, Lien e Lunde, denominada Sistema Q e a de Hoek, conhecida como GSI. As classificações têm sido aperfeiçoadas ao longo do tempo e possuem o mérito de aplicação empírica em estudos de estabilidade de fundações de barragens e de taludes escavados e naturais, dimensionamento

de suporte de escavações subterrâneas, escavabilidade e erosão a jusante de estruturas hidráulicas.

Feição geológica e condicionante geológico – geotécnico: o primeiro termo tem larga abrangência e engloba elementos do meio físico que possuem relevância ao projeto, construção e operação de obras, como, por exemplo, a litologia (rochas ígneas, sedimentares e metamórficas e suas diversas denominações que sintetizam suas composições mineralógicas e fácies texturais de interesse), falhas, foliação, fraturas, irregularidades do topo rochoso, cavernas, rochas desagregáveis e friáveis, tensões in situ, pressões e vazões elevadas de água subterrânea, águas ácidas, etc. Entende-se por **Condicionante geológico – geotécnico** toda feição geológica que interfere de modo adverso no projeto, construção, operação e manutenção da obra, e exigem atenção cuidadosa, devido impactar a estabilidade, a estanqueidade, a durabilidade e a geometria das escavações e das estruturas, com implicação direta na ocorrência de acidentes e no acréscimo de custos de execução e operação da obra. Os Condicionantes, quando não suficientemente identificados e caracterizados, tendem a ser os responsáveis pelos **Imprevistos Geológicos**, que conduzem a **Riscos Geológicos**.

Imprevisto Geológico: corresponde a situações de natureza geológica que não foram identificadas ou suficientemente caracterizadas durante as investigações geológico – geotécnicas em determinada etapa do ciclo de vida de um empreendimento, segundo a boa prática profissional, que considera os conhecimentos, procedimentos, técnicas e métodos de investigação disponíveis na época. Os “Imprevistos” não correspondem a surpresas decorrentes de conduta investigativa e de projeto de engenharia, construção e operação inadequadas.

Risco Geológico: corresponde a variações significativas das interpretações dos condicionantes geológico – geotécnicos apresentados nas fases iniciais de projeto, quando comparados ao encontrado na fase de construção, em decorrência da exposição visual do maciço e obtenção de informações complementares mais detalhadas. O conceito pode ser utilizado para analisar estatisticamente a dispersão de feições ou parâmetros, indicando-se o grau de confiança em relação ao valor esperado, por exemplo, uma profundidade do

contato solo-rocha. A Gestão de Riscos, tanto de natureza geológica – geotécnica, como outras, deve ser considerada em cada fase de um empreendimento e nos contratos celebrados.

Fases de um empreendimento (vide Etapas do ciclo de vida de um empreendimento):

- i) Fases de Projeto: tradicionalmente correspondem à quatro etapas: Concepção ou Inventário, Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo, esta última durante a construção ou implantação da obra.
- ii) Operação/Manutenção;
- iii) Desativação / Descomissionamento da Obra, no caso de empreendimentos específicos, como mineração e aterros sanitários.

Observações

- 1ª) Para as Fases de Projeto é comum a utilização de outras duas denominações:
 - » Anteprojeto: denominação utilizada para estudos anteriores ao Projeto Básico e que, normalmente, incluem o Inventário e a Viabilidade em uma só fase.
 - » Plano Diretor: denominação correlata ao Inventário ou Concepção, com variados níveis de detalhamento e de informações, às vezes podendo alcançar o nível de Viabilidade.
- 2ª) Os trabalhos de investigações geológico – geotécnicas e os ensaios devem ser compatíveis com as necessidades do projeto de engenharia de cada fase de projeto e ciclo de vida do empreendimento. Além disso, as investigações e os ensaios devem atender, tanto quanto possível, às várias etapas do licenciamento ambiental da obra que, comumente, abrangem a licença prévia, de instalação e de operação.
- 3ª) O projeto geotécnico de fundações superficiais e profundas de obras isoladas (edifícios residenciais e industriais, por exemplo)

não seguem as fases acima descritas. Basicamente, seriam duas fases: uma inicial, envolvendo desde a Concepção até o Projeto Básico (vide abaixo), e outra final, de Projeto Executivo, durante a construção da obra, que pode requerer ensaios especiais de campo (provas de carga, por exemplo) e mesmo a revisão do projetado, em função das condições reais encontradas.

- 4º) Os Manuais e Diretrizes para Estudos e Projetos da Eletrobras, disponíveis no site dessa entidade em especial o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, MME/CEPEL, Edição 2007 contém importantes contribuições ao tema. A separação das Fases de Projeto (Inventário, Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo) segue o proposto no Manual de Inventário citado, apesar da necessidade de sua adaptação aos dias atuais, em função de novos procedimentos adotados na concessão de obras públicas (leilões).

Concepção ou Inventário: corresponde à fase inicial de um projeto, quando são indicadas alternativas de localização e de concepção geral de um empreendimento. As investigações geológico – geotécnicas para o projeto de engenharia baseiam-se principalmente nos levantamentos de superfície e compreendem: análise de imagens aéreas e da documentação existente, como mapas geológicos, estruturais e geomorfológicos (tipos de relevo); pesquisa bibliográfica sobre projetos semelhantes já executados; sobrevoos e visitas de campo. Normalmente, e decorrentes do porte da obra, são executadas investigações de sub superfície expeditas, como poços e sondagens a trado, e, às vezes, levantamentos geofísicos. São raros os casos de execução de sondagens mecânicas do tipo percussão, rotativas ou mistas, salvo em casos de terrenos com geologia complexa e pouco conhecida.

Viabilidade: corresponde a fase de detalhamento de alternativas, comparações entre elas e seleção de uma delas para a fase seguinte, de Projeto Básico. Nesta Fase, as investigações e os ensaios realizados devem dar apoio à definição da alternativa mais viável técnica, econômica e ambientalmente, destacando para a alternativa selecionada o seu modelo geológico – geotécnico

conceitual. O modelo geológico – geotécnico conceitual deve ser estabelecido com base na revisão e consolidação das investigações de superfície, iniciada na fase anterior, e das investigações de sub superfície executadas nesta fase. As investigações de sub superfície devem contemplar número, espaçamento e profundidade adequadas às necessidades de projeto. Assim, são recomendadas poços, trincheiras, sondagens mecânicas (trado, percussão, sondagens mistas e rotativas) e levantamentos geofísicos, planejados de forma a obter as informações necessárias que justificam a alternativa selecionada. Nesta fase, com maior ou menor detalhe em função da própria obra e da experiência do Empreendedor e da Projetista, há necessidade, por exemplo, de identificar as feições litoestruturais importantes para o projeto, os condicionantes de relevo e da dinâmica superficial, as indicações preliminares sobre as condições das fundações e da estabilidade de encostas e de taludes, informações sobre as quantidades e condições de escavação dos diferentes tipos de solos e rochas, as disponibilidades e as características físicas e mecânicas dos materiais naturais de construção, estudo da erodibilidade e do assoreamento, avaliações de possíveis fugas d'água e das condições dos aquíferos presentes, sismicidade natural e possível de ser induzida pelo empreendimento e identificação das feições e condicionantes geológicos, ou mesmo a possibilidade de ocorrência dos mesmos, em função da experiência em obras e locais semelhantes.

Obs.: apesar de não adotado atualmente no país, seria ideal que após essa fase de projeto de engenharia (e de investigações geológico-geotécnicas) é que as concessões dos empreendimentos de infraestrutura fossem colocadas em leilão. Como isso não tem ocorrido de forma ideal, os concorrentes participantes dos leilões acabam obrigando-se a fazer, com cronogramas curtos e investimentos quase sempre insuficientes, investigações geológico – geotécnicas expeditas, para subsidiar a sua proposta de preço, o que poderá incorrer em riscos ao concessionário e ao próprio poder concedente. Esses riscos aumentam ainda mais no caso de concessões com base na tarifa menor, o que exigiria maior aprofundamento das investigações e nível de detalhe de Projeto Básico, antes de colocação do empreendimento em leilão.

Projeto Básico: compreende o aprofundamento das investigações sobre a alternativa selecionada na fase precedente, visando a adequação do projeto de engenharia à contratação (ou licitação) da construção da obra. No caso de leilão, cabe ao empreendedor vencedor realizar a revisão e complementação (no que for necessário) das investigações realizadas nas fases precedentes, para então se dedicar ao detalhamento da alternativa selecionada. Isso pode resultar, em certos casos, até mesmo na escolha de nova alternativa, diferente da até então estudada. Esta etapa de projeto é aquela que, através de plantas e seções, tabelas, memoriais de cálculo e breves relatórios descritivos, define: as condições dos materiais naturais de construção; as quantidades e os diversos tipos dos materiais a serem escavados e seus respectivos métodos de escavação e sustentação; o ângulo de cortes de taludes e de aterros; os estudos de estabilidade e as obras e serviços que asseguram a melhoria na segurança das escavações e das fundações; as possíveis interferências no terreno natural em decorrência de mudanças no lençol freático; planos de drenagens subterrâneas e superficiais, desvios de cursos d'água, os impactos na vizinhança (física, sócio econômica e ambiental) durante a construção e operação da obra, dentre outros. Assim, para atender a esta fase de projeto, as investigações devem definir, com a máxima precisão, o modelo geológico – geotécnico conceitual que atenda ao projeto de engenharia e permita a estimativa dos custos, a mais adequada possível. Para tanto, os mapas e as representações geológico – geotécnicas, bi e tridimensionais, devem ser em escalas que permitam a rápida e precisa correlação com as estruturas da obra, o que exige malha de sondagens mecânicas associada a levantamento geofísicos e ensaios de campo e de laboratório, em números adequados, espaçamento entre sondagens reduzido em relação à fase anterior, e em profundidades que permita identificar todo o perfil de intemperismo (solo, transição e rocha) de interesse, tanto às escavações, como ao estudo de estabilidade e segurança da obra. Ensaios de campo especiais, como prova de carga, aterros experimentais, investigação detalhada do comportamento do aquífero e outros podem ser utilizados. A Classificação Geológico – Geotécnica (**Modelo geológico – geotécnico conceitual**) é feita nesta fase de projeto (simplicadamente, nas fases precedentes) e revista e consolidada no Projeto Executivo (**Modelo geológico – geotécnico final**). Os erros mais comuns que devem ser evitados nessa fase são: sondagens mecânicas

muito espaçadas e muito rasas e ausência ou mal-uso dos levantamentos geofísicos. Sondagens mecânicas rasas, dentre outras fragilidades, não permitem caracterizar todo o perfil de material a ser escavado e não identificam presença de **Condicionantes Geológicos- Geotécnicos** abaixo da cota de fundação e que possam causar riscos a obra e mesmo a sua performance econômica. O Projeto Básico de engenharia deve indicar a quantidade de serviços e o planejamento da obra em risco aceitável, com dispersão de valores que não comprometam a sanidade financeira do empreendimento, estabelecida em conformidade ao preço ou tarifa oferecida.

Projeto Executivo: é a fase de projeto (ou sua revisão) durante a construção da obra. Como o maciço natural está sendo exposto pelas escavações da construção da obra, as investigações geológico – geotécnicas nesta fase devem ser orientadas para a execução de cuidadosas observações de campo e mapeamentos sistemáticos das escavações, que confirmem os trabalhos da fase anterior ou permitam sugerir investigações complementares, com finalidade de reorientar a construção (revisão do projeto). O mapeamento geológico- geotécnico sistemático é um documento que registra como a obra foi construída (as built), e é uma prática da engenharia de construção já consagrada em todo o mundo. Como é muito comum a necessidade de investigações complementares, é importante que a obra disponha de empresa de sondagem mecânica no canteiro, assim como facilidade na mobilização de outras empresas de serviços geotécnicos especializados, que possam rapidamente dar atendimento e evitar atrasos na construção. Nesta fase, em obras de maior porte e importância geotécnica como barragens, túneis, escavações de taludes, fundações de obras de arte em terrenos geológicos complexos, é recomendável a proposição do **Modelo geológico – geotécnico final**, que pode ser consolidado simplificada em uma classificação do maciço do tipo RMR, Q e SGI, conforme já citado. A boa prática da engenharia de construção recomenda a presença contínua ou de acompanhamento sistemático da construção da obra por equipe multidisciplinar, com participação de engenheiro geotécnico e geólogo de engenharia, tanto na fiscalização e em apoio à construção em si, como para revisão e adequação do projeto às condições reais encontradas e para registro como a obra foi construída (as built).

Comportamento laterítico de solos e Classificação de solos: designação adotada para diferenciar o comportamento de solos tropicais, comum no Brasil (presença de óxidos e hidróxidos de ferro na fração argila), daqueles de países de clima temperado e frio (USA, principalmente), onde a mecânica de solos e as classificações de solos, ditas convencionais, se desenvolveram. As **Classificações de solos** visam, através de índices e parâmetros obtidos em laboratório, inferir propriedades e parâmetros construtivos. Têm sido úteis para obras rodoviárias e aeroportos, apesar de limitações apontadas por pesquisadores (Massad, 2016, por exemplo). Nogami e Villabor (1988) propuseram uma classificação alternativa às desenvolvidas e adotadas nos USA, mais adequada aos solos tropicais, conhecida como “MCT – Miniatura, Compactado, Tropical”, amplamente utilizada no Brasil.

BIM – Building Information Modelling é um processo integrado para criar, usar e atualizar um modelo digital de uma obra, podendo ser usado por todos os participantes do empreendimento, notadamente durante todas as etapas do ciclo de vida da obra. (NBR/ISO 12006-2, 2018). **BIM Geotécnico:** conjunto de procedimentos especializados, inspirados na metodologia BIM e que realiza, para todas as etapas do ciclo de vida de uma obra, a organização e integração da digitalização das atividades geológico-geotécnicas, entre elas as de investigações e ensaios.

Organização e digitalização das investigações e ensaios geológico-geotécnicos: trata-se de procedimento prévio e devidamente contemplado em contrato que permite a integração entre a empresa que executa as investigações e a projetista e o investidor, que são os principais usuários dos dados das investigações. Para tanto são utilizadas tecnologias de informação que permitem: a) a digitalização dos dados (via aplicações em tablets ou palms), b) o registro e a fiscalização dos procedimentos de execução (registro de responsáveis, aprovação de boletins e dos dados preliminares e a sua disponibilização digital simultânea aos entes envolvidos) e, c) padronização da apresentação dos resultados definitivos, seja de forma representativa (perfis de sondagens, resultados de ensaios, modelos geológico-geotécnicos e outros) ou de resultado digital, como arquivo no formato AGS.

Padronização de informações digitais: trata-se da adoção de uma forma organizada e padronizada de registro de dados digitais, amparada por referências técnicas e pelo compromisso contratual entre as partes envolvidas em um projeto. É adequado que a organização e padronização digital das investigações seja realizada de forma a garantir a interoperabilidade de dados, visando livre utilização da mesma, nas diversas aplicações dos resultados das campanhas de investigação, pelos mais diversos entes envolvidos ao longo do tempo, bem como permitir, de forma simplificada, o arquivamento e manipulação em bancos de dados.

Padrão AGS – tecnologia da informação desenvolvida no Reino Unido (UK) que consiste em uma estrutura lógica e aberta, para transferência e compartilhamento de dados geológico-geotécnicos. O padrão AGS se propagou em decorrência de ganhos de eficiência e qualidade, mas também por sua obrigatoriedade de uso por entidades públicas, como a Agência Rodoviária Inglesa e os governos de Singapura e Nova Zelândia. O padrão AGS ganhou importância com o BIM da construção civil a partir de 2016 e passou a ser exigido no Reino Unido para todas as obras de infraestrutura do país (www.ags.org.uk e www.padraoags.com.br).

Participantes envolvidos e responsabilidades: as partes envolvidas nos trabalhos de investigações geológico-geotécnicas precisam definir, previamente e com clareza (com base nos contratos e em reuniões específicas) as responsabilidades de cada entidade envolvida nos trabalhos, principalmente as funções e limites de cada uma, a metodologia e as formas de apresentação dos resultados; a parceria harmoniosa e cooperativa entre os envolvidos e o planejamento cuidadoso – amparado por correta política de preços e de prazos – são fundamentais para a garantia de êxito e melhor qualidade nos trabalhos.

Atualmente, diversos participantes interferem na execução de investigações geológico-geotécnicas, sendo os principais listados a seguir:

- a) **Proprietário:** detentor dos direitos sobre a área a ser investigada
- b) **Investidor ou Empreendedor:** empresa ou grupo interessado na investigação, responsável pelo pagamento dos serviços; eventualmente o Proprietário e o Investidor podem ser representados pelo mesmo grupo; o Proprietário/Investidor pode disponibilizar à

Fiscalização uma listagem de itens (*check list*) de equipamentos e materiais, de responsabilidade do Executor, a serem checados e aprovados antes do início dos trabalhos;

- c) **Projetista:** empresa contratada pelo Investidor e que atua como a responsável pelo projeto, no qual se inclui a responsabilidade por toda a programação, planejamento e especificação das investigações (inclusive equipamentos), bem como os critérios de apresentação de seus resultados; eventualmente essa responsabilidade é assumida pelo Investidor; o Investidor pode delegar a contratação do Executor à Projetista; as melhores práticas indicam que à Projetista cabe a responsabilidade pelo planejamento das investigações, pelas especificações técnicas dos serviços e pela consolidação das informações geológico-geotécnicas necessárias a todas as fases de vida de um empreendimento (projeto, construção, operação, descomissionamento) que, normalmente, são provenientes de mais de um Executor;
- d) **Executor:** empresa contratada pelo Investidor (ou pela Projetista) para executar as investigações e apresentar os seus resultados, na forma estabelecida em especificações e no contrato; o Executor é o responsável técnico e deverá recolher a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), em nome de profissional habilitado, junto ao CREA do Estado competente;
- e) **Fiscalização:** empresa contratada pelo Investidor e que atua como responsável pelo acompanhamento técnico e medição dos serviços prestados pelo Executor; a Fiscalização verifica o cumprimento das especificações contratuais e das normas técnicas aplicáveis e aprova eventuais alterações, em função das condições encontradas; cabe, ainda, à Fiscalização, caso assim estabelecido no contrato celebrado entre este e o Investidor (eventualmente a Projetista), aprovar os resultados de investigações e a apresentação dos resultados; a Projetista pode assumir toda ou parte da função de Fiscalização, conforme for definido em contrato com o Investidor,

ou mesmo contar com apoio dessa ação de consultores especializados;

- f) **Agência de regulação:** são entidades públicas, de âmbito nacional, estadual ou municipal, com funções de regulamentar, controlar e fiscalizar a execução de serviços de várias naturezas, entre os quais aqueles transferidos para o setor privado por intermédio de atos administrativos, como concessões e permissões; as agências podem emitir normas, diretrizes, manuais e guias técnicos visando o bom desenvolvimento de trabalhos de engenharia e de outras naturezas, ou acatar documentos editados por entidades nacionais e estrangeiras; alguns exemplos de agência de regulação de âmbito federal: ANM – Agência Nacional de Mineração, ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre, ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento; exemplos de agências de regulação de âmbito estadual: AGENERSA – Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro, ARSESP – Agência Reguladora de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo; exemplo de agência de regulação de âmbito municipal/intermunicipal: ARESPCJ – Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá; na área ambiental os serviços são regulamentados pela administração pública direta e/ou por entidades descentralizadas (autarquias, empresas públicas) de âmbito nacional (IBAMA, ICMBio), estadual (CETESB, FEEMA, INEA) e também municipal.

3 ETAPAS

A “Investigação geológico-geotécnica para obras de infraestrutura” pressupõe, para cada tipo de investigação – uma campanha de sondagens e ensaios ou um levantamento geofísico, por exemplo – separação em quatro

passos ou etapas: **Planejamento, Execução, Apresentação dos Dados e Análise e Integração dos Dados***.

A presente Norma, as Referências e as Referências Normativas e Diretivas (item 7 e 8) ajudam a entender o tema e orientar os atores envolvidos, mas a execução das tarefas exige a presença de profissionais e/ou empresas qualificadas, que possam não somente entender, mas saber aplicar os conceitos e metodologias. Isso significa, dentre outras atividades, especificar, executar, acompanhar e interpretar as investigações, em cada campanha ou fases de um empreendimento.

Os procedimentos técnicos, os investimentos e prazos de uma campanha de investigação devem ser compatíveis com as fases do empreendimento, desde a concepção, passando pelas etapas de projeto e construção, até a operação e descomissionamento. Não tem sido boa prática de engenharia prazos exíguos, o corte de investimentos nas fases iniciais de projeto, nem a realização, em qualquer fase, de serviços malfeitos de investigação, que podem resultar em conflitos contratuais, riscos de segurança, erros grosseiros de estimativa de custos, redução do retorno dos investimentos e responsabilidades judicializadas.

O ônus de definir o tipo de investigação e especificar cada passo, ou etapa, é do Empreendedor ou da Projetista contratada por este. Como nem sempre o Empreendedor, ou mesmo a Projetista, detém conhecimentos atualizados e amplos sobre os mais diversos assuntos afeitos às Investigações, é comum o apoio de consultores ou prestadores de serviços especializados para suprir essa necessidade.

A definição, em Contrato, das responsabilidades de cada entidade, empresa ou profissional envolvido nas Investigações é a melhor maneira de se evitar conflitos. A boa prática recomenda a participação de Projetista desde o início das investigações, pois a qualidade do projeto estará diretamente relacionada ao resultado das investigações.

* Para o caso de sondagem à percussão há uma descrição mais detalhada dessas etapas, disponível em www.padraoags.com.br. Consultar também a ABGE NORMA 103/2023 Sondagem à percussão.

A campanha de investigação e os investimentos para isso devem ser definidos em função de cada fase do empreendimento, descritos no item 2, ou sejam, resumidamente: a) fases de projeto, b) operação/manutenção e, c) desativação/descomissionamento. Os prazos de investigações para as fases de projeto são cada vez mais exíguos, decorrentes dos procedimentos licitatórios (leilões) e da necessidade de antecipar o início da operação das obras, visando melhorar a rentabilidade do empreendimento. Isso tudo aumenta a necessidade de procedimentos técnicos de qualidade, compatíveis com a transmissão digital dos dados, tanto quanto possível em tempo real (on line).

3.1 Planejamento

O **Planejamento**, para um tipo de investigação, ou conjunto de diferentes tipos de investigações, consiste, basicamente, na elaboração do Programa, das suas Especificações e de Minutas de Contratos, que permitam deixar claro as responsabilidades dos diversos atores envolvidos, em cada fase da obra, principalmente o Empreendedor, Projetista, Executores e, se for o caso, Consultores.

O Programa deve conter, no mínimo, a identificação e justificativa das atividades a serem realizadas, compatível a cada fase de projeto, (ou etapa dentro da fase), traduzida em um cronograma físico – financeiro contendo as principais datas, custos e produtos a serem obtidos. As Especificações devem ser completas e conter, para cada tipo de Investigação (**Tabela 1**), todos os dados necessários à sua execução.

O Executor deve estar capacitado nas atividades a realizar, plenamente ciente de sua responsabilidade e das finalidades dos trabalhos e dispor de um Contrato detalhado, com a parte técnica bem definida e cronograma e remuneração compatíveis com a campanha.

As falhas mais comuns do Planejamento correspondem à deficiência na indicação dos tipos, quantidades e especificações das investigações que visam atender às solicitações do projeto. Em Geologia de Engenharia costuma-se enfatizar que não se faz investigação por fazer e sim para responder a uma necessidade da engenharia.

Prazos exíguos, orçamento inadequado e empresas e profissionais inexperientes são fatores que, individualmente ou em conjunto, têm contribuído para projetos mal feitos, orçamentos irreais e insegurança nas obras.

Outra falha comum é não se prever, desde o Planejamento, a integração dos resultados obtidos nas investigações, integração esta que é realizada através das bases e procedimentos conceituais da geologia de engenharia, da mecânica de rochas e da mecânica de solos, disciplinas que compõem a geotecnia.

As reduções de prazo e cortes de investimentos para as investigações têm sido justificativas para contratação e apresentação de resultados individualizados, sem um mínimo de integração. Este é um procedimento inadequado, que implica na obtenção de resultados duvidosos, pois não levam em consideração a formulação do modelo geológico – geotécnico, necessário mesmo às obras mais simples.

A utilização do padrão digital único, em consonância ao BIM da construção civil, deve amenizar os erros mais comuns que tem ocorrido nas investigações geológico – geotécnicas.

O Planejamento deve levar em conta experiências de obras semelhantes, tanto as de sucesso, quanto aquelas em que problemas apareceram. Para tanto, é importante a construção de modelos geológico – geotécnicos que respondam às perguntas formuladas em cada etapa do ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção, projeto, execução e até a operação e o descomissionamento da obra.

A leitura de “AGS BR Diretriz SP 01 – Sondagem à Percussão (SP) – Programação dos Serviços”, disponível no site www.padraoags.com.br, contribui para o entendimento de como deve ser feito o Planejamento de um tipo específico de investigação, levando em consideração critérios de informatização e digitação que possibilitem padronização única.

3.2 Execução

A etapa de **Execução** refere-se aos trabalhos de obtenção dos dados, normalmente realizados por empresas ou profissionais contratados pelo Empreendedor, ou pela Projetista, autorizada pelo Empreendedor.

Assim, “Compilação de informações existentes” (Item 1.1 da **Tabela 1**) é um trabalho basicamente de escritório, realizada por profissional (ou equipe), devidamente qualificado e orientado nesse tipo de trabalho, que objetiva levantar, analisar e sintetizar a bibliografia nacional e internacional sobre o tema. Já uma campanha de sondagens à percussão e de ensaios de solos, por exemplo, são trabalhos de campo e de laboratório, realizados por empresas especializadas, em conformidade às normas e especificações.

Os profissionais ou empresas especializadas irão executar o trabalho com base nas especificações fornecidas pelo Empreendedor ou Projetista, inclusive a localização planialtimétrica georreferenciada. O Contrato de Prestação de Serviços celebrado deve fixar as responsabilidades e deveres de cada parte.

A empresa contratada para executar os serviços deve proporcionar aos seus funcionários e subcontratados equipamentos de proteção individuais (EPIs) e condições de segurança exigidas por lei. Deve, ainda, estar em posse das autorizações para acesso às áreas a serem investigadas e, em casos extremos, devidamente amparada por segurança pública.

Numa campanha de sondagens, por exemplo, o Executor tem sido o único responsável pela aquisição dos dados técnicos e administrativos das sondagens e ensaios e apresentação dos resultados. Os resultados são apresentados em boletins individuais, tabela resumo das sondagens, tabela com os resultados de ensaios, consolidados posteriormente em um arquivo digital.

O Padrão AGS, aqui recomendado, visa organizar a Execução da investigação e apresentação dos dados segundo um padrão digital único e intercambiável entre todos os atores envolvidos. Detalhes do arquivo digital, como classificações (descrições geológico – geotécnicas) a serem adotadas, modelo do perfil (log) e outras especificações devem ser acordadas previamente entre as partes, seguindo os passos/etapas citadas: a) Planejamento; b) Execução; c) Apresentação digital dos dados; e, d) Análise e integração dos dados.

Com as devidas adequações, o exemplo apresentado para sondagens à percussão (**Figuras 1 e 2**) pode ser utilizado para demais tipos de investigações (**Tabela 1**), principalmente sondagens e ensaios.

A **Figura 1** ilustra modelos de tabelas para registro dos resultados da execução de uma sondagem percussão e rotativa, preparadas para a geração de um arquivo AGS. A **Figura 2** mostra o perfil (log) da sondagem a percussão, construído a partir de um arquivo AGS com os dados da **Figura 1**.

A **Figura 3** mostra o perfil (log) da sondagem mista construído a partir dos dados da **Figura 1**. No item “**3.3 Apresentação dos dados**” o assunto referente aos perfis (logs), **Figuras 2 e 3**, é retomado.

Em comum acordo, a consolidação dos dados obtidos na Execução da investigação pode ser delegada a Projetista ou a empresa terceirizada (expertise em planejamento, processamento e apresentação de resultados de campanhas de investigação). Com isso, uma empresa executante de sondagens mecânicas e de ensaios, por exemplo, teria responsabilidade setorial, limitada, preocupando-se com a boa execução da coleta dos dados. Tal procedimento foi bastante comum nas décadas de 1960 e 1970, auge da construção de grandes obras de infraestrutura no país, na época sem recursos da informática e de utilização do padrão digital único, mas com alto grau de qualidade das investigações e dos resultados apresentados.

Recomenda-se que, durante a Execução de uma campanha de investigações, em particular sondagens e ensaios, resultados preliminares sejam disponibilizados ao responsável pelo acompanhamento e análise preliminar dos resultados (Empreendedor, Projetista ou empresa especializada contratada) em curto espaço de tempo, ou seja, após o serviço executado. O uso de plataformas digitais e do padrão AGS permitem a entrega de resultados preliminares em até 24 horas, e de resultados finais em até 5 dias, após o seu término. O uso de tecnologias digitais, os prazos de entrega de resultados e a forma de fiscalização, dentre outros itens, devem fazer parte das especificações contratuais.

Falhas comuns identificadas nesta etapa de Execução das Investigações estão relacionadas, muitas vezes, ao não atendimento das especificações ou mesmo às falhas no processo executivo. Uma das maneiras de se antecipar ao problema e garantir que a campanha alcance seus objetivos é prever um acompanhamento técnico qualificado, independente da empresa executora, e incluir nesse acompanhamento a responsabilidade de interpretação preliminar

e final dos dados. Durante a Execução é possível identificar e corrigir falhas, e redirecionar as campanhas, antes de seu término.

São frequentes os erros relacionados à locação das investigações, como no caso de sondagens, ensaios em campo e amostragem representativa dos materiais. Incertezas e suspeitas de erros de localização fragilizam uma campanha.

Esta publicação recomenda que todas as investigações sejam locadas com base em coordenadas UTM e geográficas e sejam implantados piquetes (por equipe de topografia), que irão orientar as equipes de campo na correta identificação dos locais a serem investigados.

A leitura de “AGS BR Diretriz SP 02 – Sondagem à Percussão (SP) – Execução dos Serviços”, disponível no site www.padraoags.com.br, contribui para o entendimento de como deve ser feita a Execução de um tipo específico de investigação (sondagem à percussão), levando em consideração critérios de informatização e digitação que possibilitem padronização digital única.

3.3 Apresentação dos dados

A **Apresentação dos dados (resultados)** pode se dar de várias maneiras, desde aquela próxima do formato analógico, até aquela que procura seguir as novas tendências de formato digital padronizado (Padrão AGS), cabendo ao Empreendedor e/ou à Projetista a escolha do formato, respeitando os critérios estabelecidos pelo processo licitatório, poder público regulamentador, entidade reguladora, o Contrato celebrado entre as partes e demais normas legais aplicáveis.

A apresentação dos resultados deve ser feita, tanto quanto possível, em padrão digital único, conforme justificado anteriormente. E isso exige que os passos anteriores, de Planejamento e Execução, também tenham sido feitos dentro desse formato.

Os dados de uma campanha de sondagens, por exemplo, um dos trabalhos mais comum de investigação, podem ser apresentados de maneira mais simples até as mais completas, como nos exemplos descritos a seguir, que podem se beneficiar do Padrão AGS:

- a) Na sua forma mais simples, apresentação dos perfis individuais de sondagem (logs), conforme ilustrado nas **Figuras 2 e 3**.

- b) Entrega dos resultados de sondagens em perfis individuais (conforme item a, acima) e, junto, uma base planialtimétrica bi ou tridimensional, com os perfis (logs) locados e com indicação de resultados de ensaios e dos parâmetros geológico-geotécnicos de interesse à obra, com ou sem interpolação dos dados (compartimentação/classificação do maciço), podendo conter ou não o layout do projeto (**Figura 4**)
- c) Entrega dos resultados completos de uma investigação, envolvendo a análise e integração dos dados e emissão de relatório, conforme comentado no item 3.4. A **Figura 5** ilustra exemplo de uma seção geológica geotécnica interpretada a partir dos resultados das sondagens mostradas na **Figura 4**, complementadas por ensaios sísmicos e mapeamento de superfície. Tal seção constitui-se em um exemplo simplificado de um modelo geológico-geotécnico conceitual, conforme definição do item 2. A cada compartimento de solos e rochas apresentado cabe anotar os resultados de ensaios, ou sejam, os parâmetros de resistência, deformabilidade, condutividade hidráulica e outros, em função da necessidade de projeto. No presente caso, por exemplo, foi anotado na legenda apenas as categorias de escavação do material. Para maiores detalhes e informações sobre a apresentação de resultados através de modelos geológico-geotécnicos recomenda-se consultar o recente guia publicado pela IAEG (Baynes and Parry, 2022).

Em situações geológico-geotécnicas bastante conhecidas e obras mais simples, a critério da Projetista, os resultados ilustrados nas Figuras anteriormente citadas podem ser satisfatórios e atender às necessidades de projeto, principalmente se as interpolações e correlações de parâmetros (item c) levarem em consideração inspeções de campo e levantamentos geofísicos.

Para maior segurança, melhor estimativa de custos e principalmente em obras civis de grande porte ou que exijam menor risco ao desenvolvimento financeiro do projeto, há necessidade de integração e análise das investigações,

de modo que o modelo geológico – geotécnico conceitual venha a atender plenamente as necessidades da construção da obra. Para tanto, os atores envolvidos necessitam utilizar-se de programas computacionais compatíveis, que permitam intercâmbio de dados entre si utilizando o Padrão AGS.

O que se almeja, portanto, é extrair o máximo de informação dos dados de investigações. E isso é viabilizado pela automação das análises, em função da adoção de um padrão digital único entre as empresas, combinado com o uso de softwares especializados em desenhos e representações gráficas e de modelagem numérica, como são os casos de Hole Base, OpenGround, Leapfrog, AutoCAD Civil 3D, Geodasy Gint, KeyLAB, PLog, GroundHog (este grátis) e outros, já de pleno uso no meio técnico no exterior, ora em desenvolvimento no Brasil.

A leitura de “AGS BR Diretriz SP 03 – Sondagem à Percussão (SP) – Descrição e Classificação das Amostras” e da “AGS BR SP 04 – Sondagem à Percussão (SP) – Entrega dos Resultados” disponíveis no site www.padraoags.com.br, contribui para o entendimento de como deve ser feito a Apresentação dos Dados de um tipo específico de investigação (sondagem à percussão), levando em consideração critérios de informatização e digitação que possibilitem padronização digital única.

Observação adicional:

Os softwares existentes, nacionais ou internacionais, podem incorporar uma rotina de importação e exportação de dados geotécnicos no Padrão AGS, já que o formato é aberto, em arquivo texto. Com a disponibilidade de dados digitais, passa a ser possível a construção de bancos de dados nacionais ou regionais, aos moldes daqueles existentes na Inglaterra (<https://www.bgs.ac.uk/products/onshore/sobi.html>) e Nova Zelândia (<https://www.nzgd.org.nz/>), onde os resultados das investigações são disponibilizados de forma gratuita e podem ser utilizados no planejamento de obras futuras e, também, consolidados em cartografia (mapeamento) geológico – geotécnica e geoambiental de detalhe. Não resta dúvida que para isso acontecer no Brasil é preciso não somente convencimento do setor privado, mas apoio do poder público.

3.4 Análise e integração dos dados

A **Análise e integração dos dados** é feita sob responsabilidade da Projetista, através de equipe própria, podendo dispor de apoio de terceiros.

As várias empresas e profissionais apresentam resultados individualizados de investigação, sendo raros a sua integração. Isso requer da Projetista o contínuo acompanhamento de todas as etapas e de todos os trabalhos de Investigações, para poder realizar com eficácia a integração dos dados obtidos e fazer a consolidação final das investigações geológico – geotécnicas, como também intervir durante a Execução, para melhor direcionar os trabalhos, em função de resultados parciais obtidos.

É recomendado que o resultado de todos os ensaios e sondagens, incluindo as inspeções de campo e ensaios geofísicos em sondagens, sejam sempre transmitidos no Padrão AGS e arquivados em sistemas compatíveis com o Padrão AGS. Há exceções, como o caso dos mapeamentos e os levantamentos geofísicos em superfície, que serão transmitidos nos seus formatos nativos, específicos, contendo os arquivos originais e os processados. Importante que estes dados geofísicos, inspeções de campo e mapeamentos sejam apresentados também em formato de imagem, devidamente georreferenciados na mesma base topográfica dos resultados de ensaios e sondagens.

A Análise e integração dos dados deve contemplar, portanto, os resultados dos mapeamentos, os levantamentos geofísicos de superfície, as sondagens e ensaios de campo e os ensaios em laboratório, devidamente analisados, tudo isso resumido em suas essências de interesse ao projeto e apresentados na forma de mapas, seções, modelos 2D e 3D, gráficos e tabelas, e consolidado no modelo geológico – geotécnico de apoio ao projeto e construção da obra. O item 2 – Conceitos, Termos e Definições contém informações importantes sobre o significado de modelo geológico-geotécnico em cada fase de projeto. Exemplos de modelos e de classificações geológico-geotécnicas podem ser consultados nas Referências indicadas.

Os resultados digitais das investigações devem ser apresentados em arquivos no Padrão AGS e em Relatório. Como a estrutura do Padrão AGS ainda deixa de incorporar parte da interpretação dos dados, há necessidade de elaboração, dentro de cada Relatório, parcial ou final, de descrição sucinta,

dos resultados dos estudos, anexando os gráficos, tabelas, mapas, seções e modelagem geológico – geotécnica, todos eles (textos e anexos) entregues em formato compatível com CAD e planilhas eletrônicas.

Cabe a Projetista realizar a Análise e integração dos dados. Uma sugestão de itemização de Relatório, é apresentada a seguir (Oliveira e Monticelli, 2018). O modelo atende tanto à Relatório parcial, como final, neste caso contemplando a integração dos resultados. Os Relatórios devem ser breves e objetivos.

Título do trabalho

Resumo Executivo

1. Introdução
2. Objetivo (Finalidade)
3. Executores/Responsáveis
4. Métodos (Critérios/Especificações)
5. Trabalhos realizados
6. Apresentação dos resultados
7. Conclusões
8. Considerações finais (Recomendações)

Referências

Anexos

Apesar dos prazos cada vez mais curtos, as falhas mais comuns nesta etapa estão relacionadas à inexperiência e composição profissional da equipe, que não consegue fazer a integração dos resultados de uma campanha ou de duas ou mais campanhas de investigação, principalmente quando disponíveis ensaios geofísicos e ensaios especiais de campo.

Um componente importante dessa falha tem sido o menosprezo pelo aprimoramento tecnológico dos atores envolvidos traduzido, basicamente, pela ausência de qualidade dos trabalhos de investigações e pela não utilização de softwares especializados de gestão de dados, que permitem integrar as informações das várias empresas prestadoras de serviços, com rapidez e eficácia.

Para não incorrer nesses tipos de falhas e fomentar o avanço tecnológico, a presente publicação faz o resgate e atualiza conceitos e procedimentos metodológicos das décadas de 1960 e 1970. Ao mesmo tempo, contempla o uso dos softwares especializados, que permitem organizar bancos de dados geotécnicos e rotinas de trabalho alinhadas ao BIM da Construção Civil.

4 TIPOS DE INVESTIGAÇÕES

A **Tabela 1** apresenta uma lista de investigações mais frequentes utilizadas no Brasil, separadas por tipo e finalidade, incluindo ensaios de campo e de laboratório. A maioria das investigações listadas é devidamente compatível com o padrão único de transmissão digital dos dados e, quando não é (ou a compatibilidade é parcial), constam informações na coluna “Observações”.

Cada investigação tem suas especificidades. Profissionais e empresas têm dado preferência a um ou vários tipos de investigações, em detrimento de outras. Técnicas, procedimentos, interpretação de ensaios, estimativas de parâmetros mecânicos de solos e de maciço rochosos evoluem constantemente, mas, infelizmente, constam-se ainda casos de erros e imprecisões que poderiam ser evitados.

A presente Norma vem, assim, ao encontro a inúmeras reivindicações do meio técnico, ao propor conceitos, metodologias de investigações geológico – geotécnicas e procedimentos digitais que, juntos, permitem obter, acima de tudo, qualidade nas investigações. E, como resultado, maior segurança e melhores projetos, com custos acurados, além de, a longo prazo, organização de bancos de dados, a serem disponibilizados, sem custo, ao meio técnico e à sociedade em geral.

5 INVESTIGAÇÕES EM MATERIAIS ANTROPOGÊNICOS

Materiais antropogênicos são aqueles derivados de atividades humanas, em oposição aos que ocorrem em ambientes naturais sem influência humana

(Google, acesso em 07.05.2020). Tais materiais têm impactado o planeta em tão alto grau que um novo tempo geológico tem sido proposto, o Tecnógeno – Antropoceno, que considera a humanidade como agente geológico.

Esse Manual abordou as investigações em ambiente natural, mas os seus conceitos e procedimentos podem ser aplicados, com devidos cuidados, aos ambientes ditos antropogênicos, como são os casos de terrenos com sismos induzidos por grandes reservatórios, áreas urbanas, subsidência em decorrência de minas e extração de água subterrânea e obras e construções em geral, como cortes e aterros, enrocamentos, aterros sanitários, lixões, pilhas de rejeitos de mineração e barragens em geral.

Nos últimos anos, após a promulgação da Lei de Segurança de Barragens (Lei federal 12.334/2010 e seus desdobramentos), os Empreendedores (empresas detentoras de concessão/proprietários de barragens) possuem diversas responsabilidades perante entidades governamentais federais (ANA: barragens de abastecimento; ANEEL: hidrelétricas; IBAMA: rejeitos industriais e ANM: rejeitos de mineração) e estaduais, quando os barramentos de abastecimento se situam em águas de domínio dos estados.

Em decorrência dos acidentes recentes, principalmente no Estado de Minas Gerais, uma série de procedimentos legais tem sido tomados, entre os quais a necessidade de elaboração ou atualização de estudos de estabilidade, para continuidade da operação do empreendimento minerários ou para o seu descomissionamento. Consultar o “Relatório Sintético da Campanha de Entrega da Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) – março 2020”, disponível em www.anm.gov.br (Versão 2022 também disponível).

O estudo de estabilidade e das condições do descomissionamento de rejeitos de mineração significam investigação de materiais antropogênicos bastante complexos, em conjunto com estudos de outras naturezas, como hidrológicos, por exemplo, em decorrência da presença e de afluência de água. Situação assemelhada ocorre em aterros sanitários, com presença de gases e de chorume e em terrenos impactados por sismos e subsidências, em decorrência da extração de petróleo e gás natural ou minerações subterrâneas.

As barragens de terra e de enrocamento são, relativamente, mais simples em investigar e analisar a estabilidade quando comparadas aos rejeitos, aterros

sanitários e lixões. O desafio, no caso do maciço antropogênico, é identificar compartimentos de mesmo comportamento ou formular um modelo geológico-geotécnico a um maciço heterogêneo e anisotrópico, por vezes sem registro do material utilizado ou dos procedimentos construtivos, ou com muito pouco registro, e com dificuldades imensas em investigar, ser ensaiado e ser amostrado para obtenção de parâmetros que possam representar, de fato, o que lá existe. Ao contrário da investigação para uma obra, que permite rever o modelo geológico – geotécnico conceitual durante a fase executiva, quando o maciço é exposto, isso nunca irá acontecer nos casos de materiais antropogênicos. (Se bem que, ao ocorrer colapso, o maciço antrópico ficará exposto e uma retro análise pode ser feita).

Assim, a obtenção dos parâmetros que irão alimentar a modelagem estrutural para o cálculo da estabilidade e para indicar novos procedimentos construtivos de obras ainda em operação – ou para garantia de segurança de obras a serem descomissionadas – é um trabalho bastante complexo e que demanda pesquisas tecnológicas, e mesmo análise aprofundada sobre o atual estado da arte da engenharia dessas obras.

As técnicas e procedimentos para investigar estruturas antropogênicas e seus entornos não diferem das sugeridas nesta publicação, com os devidos cuidados de serem feitos em um canteiro de obra em operação. São necessárias adequações no Planejamento e Execução das Investigações, entre as quais medidas rigorosas de segurança, tanto do pessoal, quanto dos possíveis das investigações sobre a estabilidade das obras existentes.

Cabe destacar, como descrito, a enorme relevância da integração dos diversos tipos de investigações e a realização de estudos e pesquisas condizentes com as necessidades de cada obra. O sucesso desse trabalho depende da participação, do início ao fim do processo, do Empreendedor e de empresas e profissionais experientes em investigações, para compor a equipe de análise da representatividade de parâmetros obtidos e dos cálculos estruturais. Também deve fazer parte desse contexto a escolha e instalação de instrumentação de monitoramento, atividade que normalmente é feita em conformidade ao processo construtivo e, também, aos resultados obtidos nas investigações.

Sugere-se, portanto, que os trabalhos sejam desenvolvidos por equipes multidisciplinares, envolvendo articulações com centros de pesquisa, visando a elaboração do modelo geológico – geotécnico do maciço construído e de seu entorno – contendo indicação, tanto quanto possível, de parâmetros confiáveis necessários a alimentação do modelo e análise de estabilização. Tais trabalhos devem conter, ainda, recomendações de medidas corretivas ou readequações construtivas, para a continuidade da operação e para a perenização segura da obra descomissionada.

6 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Revisores: Giuliano de Mio, Cauê Stocchi Somensi e Maurício Malanconi

Autores e revisores da publicação original “Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Diretriz AGS BR “, utilizada como base a essa Norma:

Autores: Giuliano de Mio, João Jeronimo Monticelli e Maurício Malanconi

Revisores: Alberto Coppedê Júnior, Erik Wunder, Marcos Massao Futai e Ricardo Antonio Abrahão

7 REFERÊNCIAS

Abrahão, R.A. 2018. Solos expansíveis e colapsíveis. Volume 2, Capítulo 4: Solos em Engenharia, Boxe 4.1, página 65. In: Oliveira, A.M.S, Monticelli, J.J.(Editores). Geologia de Engenharia e Ambiental. Coletânea. Vários autores. São Paulo: ABGE.

Baynes, F.J.; Perry, S. 2022. Guidelines for the development and applications of engineering geological models on projects. International Association for Engineering Geology and the Environment- IAEG. Comissão 25. Publication nº 1, 129 pp. Downloadable at <https://www.iaeg.info/c25segmguidelines/>

Brasil. Ministério de Minas e Energia. 2007. Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas. Rio de Janeiro: CEPEL, 684 p.

Cintra, J.C.A; Aoki, N. 2010. Fundações por estacas: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos.

Dobereiner, L.; Camargo, F.P.; Jácomo, A.A.C. 1985. Caracterização geomecânica do maciço rochoso de fundação da UHE Cachoeira Porteira. In: Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v.1, n.1, p 17-27. Edição Especial, 2011. São Paulo: ABGE.

Massad, F. 2016. Mecânica dos solos experimental. São Paulo: Oficina de Textos, 287 p.

Monticelli, J.J.(Editor). 2021. Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas. Vários autores. São Paulo: ABGE, 428 p.

Nogami, J.S.; Villibor, D.F. 1981. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. In: Simpósio brasileiro de solos tropicais. Anais, p.30-41. Rio de Janeiro: ABMS.

Oliveira, A.M.S, Monticelli, J.J.(Editores). 2018. Geologia de Engenharia e Ambiental. Coletânea. Vários autores. Vol. 1 – Estrutura do Livro, 86 p. Vol. 2 – Métodos e Técnicas, 479 p. Vol. 3 – Aplicações, 356 p. São Paulo: ABGE.

Passini & Alvares – Sociedade de advogados. 2021. Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE. Relatório de consultoria jurídica à ABGE, 13 p. Disponível em www.abge.org.br.

Tognon, A.A. (Coordenador). 2012. Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia e ambiental. 2ª Edição. São Paulo: ABGE.

Vilar, O.M. ; Ferreira, S.R. 2015. Solos colapsíveis e expansivos. Cap. 15. In: Carvalho, J.C. et al.(Editores). Solos não saturados no contexto geotécnico. São Paulo: ABMS.

www.padraoags.com.br: endereço eletrônico com informações sobre o padrão AGS (Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialists) e do Grupo AGS BR.

8 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS

Cabe ao usuário da presente publicação cotejar a mesma com outras normas (diretrizes, guias, manuais, boletins técnicos, instruções e artigos técnicos, em geral), nacionais e estrangeiras, visando harmonização e melhor aplicação prática nos projetos. No presente caso, recomenda-se considerar, dentre outras, as seguintes publicações:

ABNT NBR/ISO 12006-2/2018: Construção de edificação – Organização de construção – Parte 2: Estrutura para classificação. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT NBR 15492/2007: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento

DER SP. 2006a. Instrução. Estudos geológicos. IP-DE-G00/001. São Paulo: DER SP. Disponível em www.der.sp.gov.br acesso em 28.04.2023.

DER SP. 2006b. Instruções de Serviços Geotécnicos. IP-DE-G00/002. São Paulo: DER SP. Disponível em www.der.sp.gov.br acesso em 28.04.2023.

DEINFRA-Departamento Estadual de Infraestrutura. 1994. Instruções normativas para execução de sondagens nos 01/94 a 09/94. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível para baixar pelo Google, acesso em 15.02.2023.

DNIT. 2006. IPR 726: Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários – Escopos básicos/Instruções de serviços. Anexo B, IS-202: Estudos geológicos; Anexo B, IS-206: Estudos geotécnicos. 3ª Edição. Rio de Janeiro: IPR. Disponível em www.dnit.gov.br acesso em 29.04.2023.

Grupo AGS BR. 2018. Sondagens à percussão – Diretrizes AGS BR SP 01, AGS BR SP 02, AGS BR SP 03 e AGS BR SP 04. Disponível em www.padraoags.com.br, acesso em 15.02.2023.

MME/CEPEL.2007. Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas. Disponível no endereço eletrônico do MME. Acesso em 03.04.2023

NORMA ABGE 103/2023 – Sondagens à percussão.

NORMA ABGE 200/2023: Geofísica Aplicada – Métodos e Técnicas.

Reed, J. ; Stacey, P. (Ed.) 2023. Guia para projetos de taludes de minas a céu aberto (Guidelines for open pit slope design).Coords. da tradução: Gambetti, D. L. G. e Pacheco I. B. Vários participantes. São Paulo: ABGE, 559 p.

ANEXO 1

Tabela 1 – Investigações geológico-geotécnicas mais frequentes utilizadas no Brasil.

Nota importante: utilizar as normas e procedimentos consagrados no meio profissional, para não incorrer no erro de creditar a imprevistos geológicos aquilo que corresponde a condutas técnicas e profissionais inadequadas, imprudência ou negligência.

TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 1: LEVANTAMENTOS		
1.1 Pesquisa bibliográfica/ Compilação de informações existentes	<p>Pesquisar, avaliar e sistematizar informações existentes, de interesse à obra.</p> <p>Elaborar mapa geológico preliminar, regional e local, com ênfase nas características litológicas e estruturais de interesse à obra.</p> <p>Elaborar mapas temáticos de interesse à obra, regionais e locais, como uso e ocupação do solo, vetores de desenvolvimento econômico (impactos antrópicos), susceptibilidade à erosão e a inundações, sismicidade natural e induzida, áreas de preservação ambiental, mananciais superficiais e subterrâneos, áreas cársticas, presença indígena, identificação de passivos ambientais e de áreas contaminadas e outros.</p> <p>Elaborar o primeiro modelo geológico geotécnico conceitual, que oriente as próximas etapas de investigação e indique presença de feições geológicas de interesse e/ou áreas com restrições a ocupação.</p> <p>Subsidiar a definição do <i>layout</i> da obra, ou de alternativas a serem estudadas.</p> <p>Inspeção preliminar de campo e ou sobrevoo.</p>	<p>Indicação e descrição, tanto quanto possível, de fontes de materiais de construção, como solo e agregados (areia, cascalho, rocha).</p> <p>Utilizar-se de ferramental atualizado de geoprocessamento, do tipo GIS.</p> <p>Desejável conduzir os diversos tipos de investigações, descritas nessa Tabela, integradas aos estudos de impactos ambientais.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 1: LEVANTAMENTOS		
1.2 Mapeamentos sistemáticos	<p>Com base em mapas preliminares feitos em etapa precedente, realizar trabalhos de campo e de escritório (ênfase ao uso de imagens de satélite e fotografias aéreas) para delimitar, em escalas de interesse à etapa de projeto, as litologias, as estruturas geológicas (falhas, dobras, famílias de fraturas), o modelo do perfil de intemperismo, as possíveis jazidas de materiais de construção e demais feições geológicas e geotécnicas de interesse.</p> <p>Com base nos trabalhos anteriores, selecionar, detalhar e melhorar precisar mapas temáticos de interesse, produzidos em etapa precedente.</p> <p>Revisar o modelo geológico geotécnico conceitual, visando identificar os condicionantes geológico-geotécnicos da futura obra e melhor orientar as próximas etapas de investigação (geofísica, sondagens, ensaios).</p> <p>Em maciços escavados e expostos, como frentes de lavra e túneis, os mapeamentos sistemáticos são feitos com a finalidade de realizar a classificação geológico – geotécnica do maciço rochoso, para orientar os projetos de estabilização. Em fundações de barragens, o mapeamento é exigido para liberar e comprovar a construção conforme especificado em projeto e para o registro das condições geológicas da fundação, em solo e em rocha (<i>as built</i>).</p> <p>Os mapeamentos sistemáticos e as inspeções de campo, com ou sem sobrevoo, subsidiam a definição do <i>layout</i> da obra, ou de alternativas a serem estudadas</p>	<p>Utilizar-se do GIS, de bancos de dados, de softwares de modelagens, do CAD e de outros programas que permitam representações bi e tridimensionais.</p> <p>Terrenos aluviais com presença de mangues e dunas, escarpas com tálus e matacões, terrenos cársticos e rochas frágeis ou facilmente alteráveis, áreas de restrição à ocupação (indígenas, conservação ambiental) requerem maior atenção.</p> <p>A área abrangida pelos levantamentos de campo e mapeamentos deve ser compatível com a necessidade do projeto. Em barragens, por exemplo, deve abranger pelo menos toda área inundável e seus entornos e, em maior detalhe, o local da obra.</p> <p>Uma técnica de mapeamento sistemático é a tecnologia InSAR – Interferometria por Radar de Abertura Sintética. Com base em imagens de satélite é possível interpretar e calcular, com alta precisão, deformação de terrenos naturais e antropogênicos, ao longo do tempo.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 2: GEOFÍSICA APLICADA		
	<p>Caracterizar, via contraste de parâmetros físicos, os diversos estratos do terreno, como solo (material de escavação classe 1), rocha alterada ou friável (classe 2) e topo da rocha dura (classe 3).</p> <p>Correlacionar e extrapolar informações de sondagens mecânicas (trado, percussão, mista e rotativa) e de ensaios especiais, tipo CPTu.</p> <p>Identificar a profundidade do nível d'água e presença de anomalias em maciços naturais e construídos.</p> <p>Investigar zonas de saturação e avaliar parâmetros geotécnicos de maciços naturais e construídos, neste caso com base em correlação com os índices geofísicos obtidos.</p> <p>O método <i>GPR – Ground Penetration Radar</i> permite identificação e caracterização de estruturas de concreto, de pavimentos e de tubulações, de fundamental importância à investigações rasas para instalação de dutos e redes em áreas urbanas enterradas e avaliar a presença de vazios, juntas de alívio e outras estruturas geológicas rasas.</p> <p>O uso de sísmica do tipo MASW permite correlacionar as velocidades sísmicas obtidas (ondas cisalhantes) com parâmetros mecânicos, como resistência e deformabilidade do maciço.</p>	<p>Conhecer as indicações e limitações da aplicabilidade de cada método geofísico: sísmica (de refração e reflexão), métodos elétricos e outros.</p> <p>Selecionar o método geofísico adequado, para sua execução lineares, malhas ou paredes de furos de sondagens.</p> <p>Os resultados, apresentados nos formatos nativos (originais) e em seções georreferenciadas, devem ser integrados às demais investigações, para compor o modelo geológico, evitando-se utilização individual da informação geofísica pelo projetista.</p>
GRUPO 3: INVESTIGAÇÕES DIRETAS E SEMI DIRETAS		
3.1 Poços e trincheiras	<p>Identificar o perfil de intemperismo.</p> <p>Coletar amostras indeformadas para ensaios.</p>	<p>Caso possível, e com segurança, aprofundar a investigação até o impenetrável à escavação com ferramentas manuais, tipo enxadão e picareta.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 3: INVESTIGAÇÕES DIRETAS E SEMI DIRETAS		
3.2 Sondagem a trado	<p>Identificar as camadas mais superficiais de solo e coletar amostras deformadas para caracterização e ensaios visando, principalmente, a sua utilização como material de construção de aterros e detecção de contaminantes.</p> <p>Investigar a profundidade do nível d'água*, executar ensaio de infiltração de água (avaliação da permeabilidade) e aproveitar o furo para instalar instrumentação geotécnica e geoambiental.</p> <p>(*). O avanço da sondagem a trado é interrompido ao atingir o nível d'água.</p>	<p>Explorar a possibilidade de correlacionar sondagem a trado com outras investigações, como os mapeamentos sistemáticos, as sondagens a percussão, ensaios tipo CPTu e outros.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>
3.3 Sondagem a percussão	<p>Identificar os estratos do solo (profundidade da sondagem pode atingir o impenetrável por lavagem com trépano) e coletar amostras deformadas (e semideformadas) para caracterização e ensaios geotécnicos e geoambientais.</p> <p>Medir a resistência a penetração (SPT) e, eventualmente, outros parâmetros de resistência mecânica do solo in situ.</p> <p>Investigar a profundidade e variação do nível d'água, executar ensaio de infiltração de água (avaliação da permeabilidade) e aproveitar o furo para instalar instrumentação geotécnica e geoambiental.</p>	<p>Considerar as Diretrizes AGS – BR para sondagens a percussão, disponíveis no site www.padrooags.com.br</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 3: INVESTIGAÇÕES DIRETAS E SEMI DIRETAS		
3.4 Sondagem rotativa	<p>Caracterizar e classificar o maciço rochoso, através da coleta e descrição de amostras (rocha intacta e descontinuidades), por vezes com execução de imageamento das paredes do furo*.</p> <p>Investigar a profundidade e variação do nível d'água, executar ensaio de perda d'água sob pressão (avaliação da condutividade hidráulica/permeabilidade) e aproveitar o furo para ensaios geofísicos e para instalar instrumentação geotécnica e geoambiental.</p> <p>Coletar amostras para ensaios petrográficos e geotécnicos, que permitam caracterização mineralógica, da alterabilidade e de resistência mecânica, da rocha intacta e das descontinuidades.</p> <p>Investigar as tensões residuais e deformabilidade do maciço rochoso, através de ensaios do tipo hidrofraturamento, dilatométrica e outros.</p> <p>Principais informações a obter na sondagem rotativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Litologia -Recuperação por manobra -Graus de alteração, de coerência e de fraturamento -Índice de qualidade da rocha (IQR) ou <i>Rock quality designation</i> (RQD) -Condutividade hidráulica -Profundidade e variação do nível d'água -Condições das descontinuidades -Caracterização petrográfica, tecnológica e mecânica das amostras obtidas (testemunhos) -Ovalização, descamação e disqueamento das paredes do furo -Outros: contatos entre tipos de rochas, identificação de áreas frágeis em profundidade (avanço rápido da sonda, perda d'água de circulação) etc. <p>(*) Imageamento das paredes do furo é uma técnica complementar, que permite identificar a presença de zonas frágeis e descontinuidades importantes do maciço, não amostrados na sondagem convencional, ou amostrados precariamente.</p>	<p>O planejamento, execução, interpretação e apresentação das informações de campanhas de sondagens rotativas devem se basear em procedimentos técnicos consagrados no meio profissional.</p> <p>Especial atenção deve ser dada ao número de sondagens e à profundidade a atingir, de maneira a possibilitar elaborar, junto com demais investigações, o modelo geológico do maciço rochoso de interesse à obra. No caso de barragens, por exemplo, a profundidade da sondagem deve atingir, na vertical, pelo menos alguns metros abaixo da cota prevista para a fundação; em terrenos de geologia complexa e dependendo da natureza e do porte da obra, sugere-se sondagens mais profundas, inclusive para definição do perfil estratigráfico e possível presença de descontinuidades, que possam afetar a estabilidade da obra.</p> <p>Em sondagem rotativa para obras geotécnicas, civis e minerárias, é exigível mínimo de 95% de recuperação, o que obriga execução com técnicas e equipamentos adequados para coleta das amostras de rocha frágil e das descontinuidades (contatos, falhas, fraturas, material de preenchimento), justamente as feições que possuem maior interesse.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 3: INVESTIGAÇÕES DIRETAS E SEMI DIRETAS		
3.5 Sondagem mista	<p>Investigação do maciço natural de solo e rocha, valendo-se dos procedimentos e técnicas da sondagem a percussão, no trecho em solo, e da sondagem rotativa, no trecho em rocha.</p> <p>Vide sondagem a percussão e rotativa, itens 3.3 e 3.4</p>	<p>Vide sondagem a percussão e rotativa.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>
3.6 Investigações especiais de solos em campo	<p>Medir, in situ, parâmetros de resistência e deformabilidade de solos, incluindo a previsão de capacidade de carga, através da utilização de equipamentos e técnicas especiais, como são os casos, por exemplo, dos seguintes ensaios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vane Test (Palheta): determinação da resistência não drenada do solo, principalmente argilas moles a muito moles, saturadas, submetidas à condição de carregamento não drenado; - Piezocone CPTu: determinação do perfil detalhado dos estratos do solo com base na resistência de ponta, atrito lateral e poropressão (pressão neutra); durante o ensaio podem ser feitas medidas de dissipação da poropressão; o ensaio permite identificar aquífero artesianos e estimativa do coeficiente de adensamento horizontal. - Dilatométrico DMT: determinação dos parâmetros do ensaio (módulo dilatométrico e índice de tensão horizontal) com os quais é possível recorrer a correlações para obtenção de estimativa de propriedades de resistência e deformabilidade dos solos, comumente aplicáveis a anteprojeto de fundações. - Pressiométrico: Estimativa de resistência e deformabilidade de solos através do pressiomêtro de Ménard (ou outro equipamento). 	<p>Considerar as especificações e diretrizes consagradas no meio profissional, bem como as normas brasileiras (ABNT) e internacionais (ASTM, SGF, EUROCODE) para a execução e apresentação dos resultados.</p> <p>Registrar detalhadamente os equipamentos e procedimentos adotados em cada tipo de ensaio e, tanto quanto possível, o perfil de intemperismo e a gênese do solo.</p> <p>Ensaio de natureza geoambientais (pesquisa de contaminantes) se utilizam de sensores e técnicas especiais para caracterização e zoneamento dos horizontes de solo.</p> <p>A abertura do furo segue os procedimentos utilizados para execução da sondagem à percussão (início com trado), ou a cravação de equipamentos especiais, de forma a permitir acesso do equipamento e sensores aos diversos horizontes do solo.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 4: ENSAIOS EM ROCHA E AGREGADOS		
4.1 Resistência mecânica da rocha intacta e de paredes de fraturas	<p>Estimar, através de ensaios em corpos de prova provenientes de amostras de sondagens, parâmetros de resistência mecânica da rocha intacta e das paredes de fraturas, de fundamental importância aos estudos da capacidade de carga e estabilidade de fundações, escavabilidade (categorias 1, 2 e 3), projetos de escavação e dimensionamento de suportes de obras subterrâneas, projetos de taludes em rocha e de outras estruturas civis. Os ensaios mais utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensaio de compressão uniaxial: permite obter a resistência à compressão uniaxial (tensão máxima de ruptura) e a deformabilidade (módulo de Young e Coeficiente de Poisson). - Ensaio de tração (ensaio brasileiro): permite obter a estimativa da resistência à tração. - Ensaio de compressão puntiforme: permite obter, em amostras irregulares e no campo, a resistência puntiforme, que pode ser correlacionada à resistência à compressão uniaxial. - Outros ensaios: compressão triaxial, ensaio esclerométrico em rocha intacta e em paredes de fraturas, ensaio de cisalhamento da rocha intacta e das descontinuidades etc. Vide “Caracterização de agregados e de materiais rochosos para construção”, item 4.2. 	<p>Os ensaios são realizados em amostras de sondagens, às vezes em amostras colhidas do campo.</p> <p>Descrever tátil visualmente cada amostra visando a futura interpretação dos ensaios: litologia, presença de fissuras, de veios e de minerais deletérios, alteração/coerência, xistosidade, fissuras, textura mineral etc.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 4: ENSAIOS EM ROCHA E AGREGADOS		
<p>4.2 Caracterização de agregados e de materiais rochosos para construção</p>	<p>Identificar os parâmetros tecnológicos de agregados naturais (areia, cascalho) e artificiais (entulhos, escórias, areias artificiais etc.) e de rochas (enrocamento, pedras britadas e placas de revestimento) que permitam a sua aprovação – ou indicação de restrições – ao uso na construção civil.</p> <p>Exemplos de usos: drenos, filtros, concreto, enrocamento, lastro de ferrovia, agregado para pavimento, placas para pisos e paredes, monumentos etc.</p> <p>Os ensaios mais utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apreciação petrográfica: visa identificar e quantificar os minerais constituintes inertes, friáveis, alteráveis, reativos e expansíveis presentes nas areias, cascalhos e rochas. - Dilatação térmica, Desgaste, Flexão e Alteração acelerada, para pisos e placas de revestimento. - Compressão uniaxial, Impacto Treton, Adesividade, Abrasão, Alteração acelerada, forma para britas. - Outros: distribuição granulométrica de areias e presença de impurezas, massa específica, umidade etc. 	<p>Os ensaios são realizados em amostras de sondagens ou em amostras colhidas no campo (portos de areia e pedreiras, por exemplo).</p> <p>Os resultados são apreciados (aprovação ou restrição de uso) segunda as Normas Brasileiras da ABNT, DNIT e internacionais, como ASTM.</p> <p>A restrição ao uso impõe a necessidade de busca de material alternativo ou realização de pesquisas e de adequações no projeto.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 5: ENSAIOS EM SOLOS		
<p>5.1 Ensaios em amostras deformadas de solos</p>	<p>Identificação e caracterização física e mecânica dos solos, com determinação de parâmetros de compactação em laboratório, visando especificar os procedimentos de campo para utilização do solo como material de construção de aterros.</p> <p>Os principais ensaios utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índices físicos: umidade, massa específica, limites de Atterberg (limites de liquidez, de plasticidade e índice de plasticidade), granulometria (por peneiramento e por sedimentação); - Classificação MCT: ensaio de compactação e perda de massa por imersão, com finalidade de identificar o comportamento laterítico (ou não) e classificar os solos de climas tropicais para finalidades rodoviárias; o ensaio pode ser feito de maneira expedita, tipo pastilha, não padronizado; - Ensaio de compactação: visa obter, através da construção de curva umidade x massa específica (com aplicação de diferentes energias no ensaio), o teor de umidade ótima na qual se obtém a máxima densidade da amostra de solo, parâmetros a serem aplicados na construção de aterros ou de bases de pavimentos. (A denominação Ensaio Proctor, nome do engenheiro norte americano que o propôs, também é utilizada). - Ensaio CBR (Californian Bearing Ratio) – Capacidade ou Índice de Suporte Califórnia: através da comparação entre a resistência a penetração de um cilindro padronizado numa amostra de solo compactado e a resistência do mesmo cilindro em uma amostra de brita padronizada, visa avaliar o potencial de afundamentos plásticos (“borrachudos”) de subleito de rodovias. Também permite obter um índice de expansão por imersão da amostra; - Permeabilidade: ver item 5.2. 	<p>Os ensaios são feitos em amostras deformadas de solo, coletadas em poços, trincheiras e sondagens a trado e percussão. Os procedimentos de amostragem e dos ensaios são realizados de acordo com as normas brasileiras da ABNT.</p> <p>A classificação de solos MCT – Miniatura, Compactado, Tropical, tem sido considerada mais adequada para estimar a capacidade de suporte dos solos tropicais, que as classificações do tipo universal (SUCS, HRB), desenvolvidas e aplicadas em países de clima temperado e frio. Mesmo assim, alguns pesquisadores defendem a elaboração de classificações específicas, em função da necessidade da obra.</p> <p>A umidade ótima é um dos parâmetros mais importantes da construção de aterros: corresponde a umidade em que o aterro vai adquirir a maior densidade (massa específica aparente seca), portanto a maior resistência.</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 5: ENSAIOS EM SOLOS		
5.2 Ensaios em amostras indeformadas de solos	<p>Estimar, através de ensaios em corpos de prova confeccionados a partir de amostras indeformadas, parâmetros de resistência mecânica (ao cisalhamento, principalmente), de deformabilidade e de permeabilidade dos solos, de fundamental importância aos estudos da capacidade de carga e de estabilidade de fundações e de taludes naturais e construídos.</p> <p>Os ensaios mais utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compressão triaxial e compressão uniaxial: visam obter, através de curvas tensão aplicada x deformação do corpo de prova, a resistência ao cisalhamento, (coesão e ângulo de atrito) e o Coeficiente de Poisson (deformabilidade); - Cisalhamento direto: menos indicado que o ensaio triaxial, pode ser realizado também em amostras deformadas e visa obter a resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito). - Permeabilidade ou Ensaio de Darcy: ensaio realizado em laboratório que visa obter a permeabilidade do solo <i>in natura</i> (amostra indeformada), para estudo e caracterização da percolação do meio natural, principalmente fundações de barragens; ou realizada em amostras deformadas, para estudo e caracterização do solo compactado como material de construção de aterros; também é comum a realização do ensaio em agregados (areia) utilizados como material drenante de uma obra de terra (filtros, drenos e transições). 	<p>O ensaio de compressão uniaxial é mais utilizado para solos anisotrópicos, identificados como residuais ou de alteração, os denominados saprolíticos e aqueles com presença de concreções limoníticas.</p>



TIPO DE INVESTIGAÇÃO	FINALIDADES PRINCIPAIS	OBSERVAÇÕES
GRUPO 5: ENSAIOS EM SOLOS		
<p>5.2 Ensaios em amostras indeformadas de solos</p>	<p>- Adensamento edométrico ou compressibilidade: a amostra, moldada em anel metálico, é submetida a cargas variáveis, anotando-se as deformações, permitindo elaborar curvas de deformação x tempo e, com isso, obter a velocidade de drenagem e outros parâmetros, como índice de vazios, coeficientes de recalque e de adensamento e pressão de pré-adensamento.</p> <p>Ver Nota abaixo: “Identificação de solos expansíveis e colapsíveis”</p> <p>NOTA:</p> <p>1) Identificação de solos expansíveis. Segundo Vilar e Ferreira (2015), há dois métodos de identificação: <u>indiretos</u>, de natureza qualitativa (geologia, geomorfologia, pedologia), orientativa (classificação geotécnica) e identificativos (difração e raio-X, microscopia eletrônica e outros); e, <u>diretos</u>, do tipos quantitativos (ensaio edométrico, principalmente) e avaliativos (ensaio de expansão de Lambe).</p> <p>2) Identificação de solos colapsíveis. Ocorrem em determinadas regiões conhecidas por conceitos empíricos e por determinações de testes rápidos, como limites de consistência e condições de compactação; e, também, pelo emprego de ensaio edométrico ou <i>in situ</i>, neste caso com o uso do expanso-colapsômetro, equipamento específico a essa finalidade. (Vilar e Ferreira, 2015).</p>	<p>Solos potencialmente expansíveis apresentam-se não saturados, possuem presença de argilominerais expansíveis, principalmente de montmorilonitas e, às vezes, estrias de fricção. São solos comumente derivados de basalto, diabásio, gabro, folhelho, margas e calcário. Também ocorrem em solos de regiões semiáridas. (Abrahão, 2018 e Vilar e Ferreira, 2015).</p> <p>Solos colapsíveis são solos não saturados, com baixo teor de umidade, porosos, baixa densidade e com alto índice de vazios (inclusive os mal compactados), que sofrem colapso em sua estrutura devido infiltração de água em quantidade suficiente (Cintra e Aoki, 2010).</p> <p>Apresentar resultados em padrão digital.</p>

ANEXO 2



CLIENTE (CONTRATANTE)	PROJETISTA (EMPRESA)	EXECUTORA (EMPRESA)	OBRA	LOCAL	Identificação	CRITÉRIO DE PARALISAÇÃO	GEORREFERENCIAMENTO		COORDENADAS			
							LATITUDE	LONGITUDE	NORTE	LESTE	COTA (m)	
Exemplo:												
Eletros	Engetec	SoliGeo	Contorno Rodoviário – BR30	Viaduto N2	SP-10	Penetração do amostrador padrão for menor que 5 cm em 10 golpes, sem computar os 5 cm iniciais.	-21.9652	-47.8949	7568235.04	201065.92	455.50	

Perfuração										Descrição amostras		Ensaio SPT											
de:	a:	Método	Prof. (m)	Diam (mm)	Data Início	Data Final	Sondador	Supervisor	Amostrador	Profissional	Data	Prof	Peso	G1	P1	G2	P2	G3	P3	NSPT	Fração		
0.00	3.00	TC	3.00	100	02/10/18	04/10/18	Carlos Augusto	José Antônio	Terzaghi Peck	Maria Antonia	08/12/18	1.00	11	1	25	1	16	1	16	1	2/32		
3.00	12.25	LV	12.25	65								2.00	5	1	35						1	1/35	
												3.00	3	1	20	1	20					1	1/20
												4.00	0	3	15	4	15	3	15	7		7	
												5.00	0	4	15	5	15	7	15	12		12	
												6.00	0	8	15	9	15	11	15	20		20	
												7.00	0	8	15	10	15	13	15	23		23	
												8.00	0	12	15	13	15	15	15	28		28	
												9.00	0	15	15	15	15	18	15	33		33	
												10.00	0	18	15	20	15	10	5	45	30/20		
												11.00	0	22	15	30	10			50	30/10		
												12.00	0	30	5					50	30/5		

Descrição do Perfil de Solo				Detalhes da Descrição - Informações adicionais			
Prof.Topo	Prof.Base	Descrição granulométrica e cor	Geologia	Topo	Base	Descrição do detalhe	
0.00	5.50	Arela fina a média, cinza	AL	4.50	5.50	Com 30% de cascalho 1 e 2 (cascalho quartizítico)	
5.50	12.40	Solo de alteração de gnaiss. Silte argiloso, cinza esbranquiçado	SA	8.00	12.40	com fragmentos de rocha gnáissica a partir de 8,00 m.	

CLASSIFICAÇÃO DOS TESTEMUNHOS										
Intervalo de Fraturamento				Descontinuidades						
Topo (m)	Base (m)	Alteração	Coerência	Grau Fratur.	Preenchimento (flocos)	Assperidade da superfície	Inclinação	IQR (%)	Recuperação (%)	
7.70	9.20	A3	C3	F3	P2 F3	L	SH I SV V	69	92	
9.20	10.20	A1	C1	F1	P2	L	I SV	100	100	
10.20	10.80	A2	C2	F3	P2	L	I SV	55	89	
10.80	12.45	A1	C1	F2	P2	L	SH I	95	100	
12.45	17.90	A1	C1	F1	P2	L	SH I	90	90	
17.90	22.95	A2	C2	F2	P2	L	I	85	100	

Figura 1 a,b,c – Modelo de tabela para registro dos resultados da execução de uma sondagem a percussão, preparada para a geração de um arquivo AGS. a – referência e localização, b – perfuração, amostragem e ensaios SPT, c- descrição e classificação do perfil.

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO (SP)							Sondagem: SP-10									
Cliente: Eletros			Coordenadas: E201065.92 N7568235.04		Georreferenciamento: E-21.9652 N-47.8949		Método de Locação: DGPS									
Projetista: Engetec			Cota: 455.50		Data Início: 02-10-2018		Data Finalização: 04-10-2018									
Executora: SoliGeo			Local: Viaduto N2													
Obra: Contorno Rodoviário – BR30			Amostrador: Terzaghi Peck			Status dos Dados: Aprovada										
Escala	Prof.	NA	Amostra	Perfil	Class. Geotec.	Descrição	Gráfico Nspt					Nspt	Ensaio SPT			
							0	10	20	30	40		50	P/	1	2
1			1		AL	Areia fina a média, cinza						1	1	1/25	1/16	1/16
2		2.22	2		AL							1	0	1/35		
3			3		AL							1	0	1/20	1/20	
4			4		AL	Com 30% de cascalho 1 e 2 (cascalho quartzítico)						7	0	3/15	4/15	3/15
5			5		SA	Solo de alteração de gnaiss. Silte argiloso, cinza esbranquiçado						12	0	4/15	5/15	7/15
6			6		SA							20	0	8/15	9/15	11/15
7			7		SA							23	0	8/15	10/15	13/15
8			8		SA	com fragmentos de rocha gnáissica a partir de 8,00 m.						28	0	12/15	13/15	15/15
9			9		SA							33	0	15/15	15/15	18/15
10			10		SA							45	0	18/15	20/15	10/5
11			11		SA							50	0	22/15	30/10	
12			12		SA							50	0	30/5		
13		12.4				Fim de Sondagem a 12.40m										

Nível de Água					Revestimento		Avanço da Sondagem			Ensaio de Lavagem por Tempo		
NA (m)	Data e Hora	Tempo (min)	Tempo (h)	NA (m)	Prof. (m)	Diametro (mm)	Prof. Topo (m)	Prof. Base (m)	Método	Prof. Início (m)	Prof. Final (m)	Duração (hhmm)
1.50	12-02-2018 07:45	20.00	0.33	1.45	1.00	63	0.00	3.00	TC	12.05	12.35	0010
		30.00	0.50	1.44	4.00	63	3.00	12.25	LV	12.35	12.38	0010
		60.00	1.00	1.44						12.38	12.40	0010
8.35	13-02-2018 08:10	1440.00	24.00	2.22								

Motivo Paralisação: Penetração do amostrador padrão for menor que 5 cm em 10 golpes, sem computar os 5 em iniciais.												
Classificações Geológicas: AL - Aluvião, SA - Solo de Alteração												
Sondador: Carlos Augusto			Supervisor: José Antônio			Descrição da Amostra: Maria Antonia			Data Descrição: 2018-12-08		Resp. Técnico/CREA:	
Obs.: Sondagem executada seguindo as Diretrizes da AGS_BR												

Figura 2 – Perfil (log) da sondagem a percussão construído a partir dos dados da Figura 1.

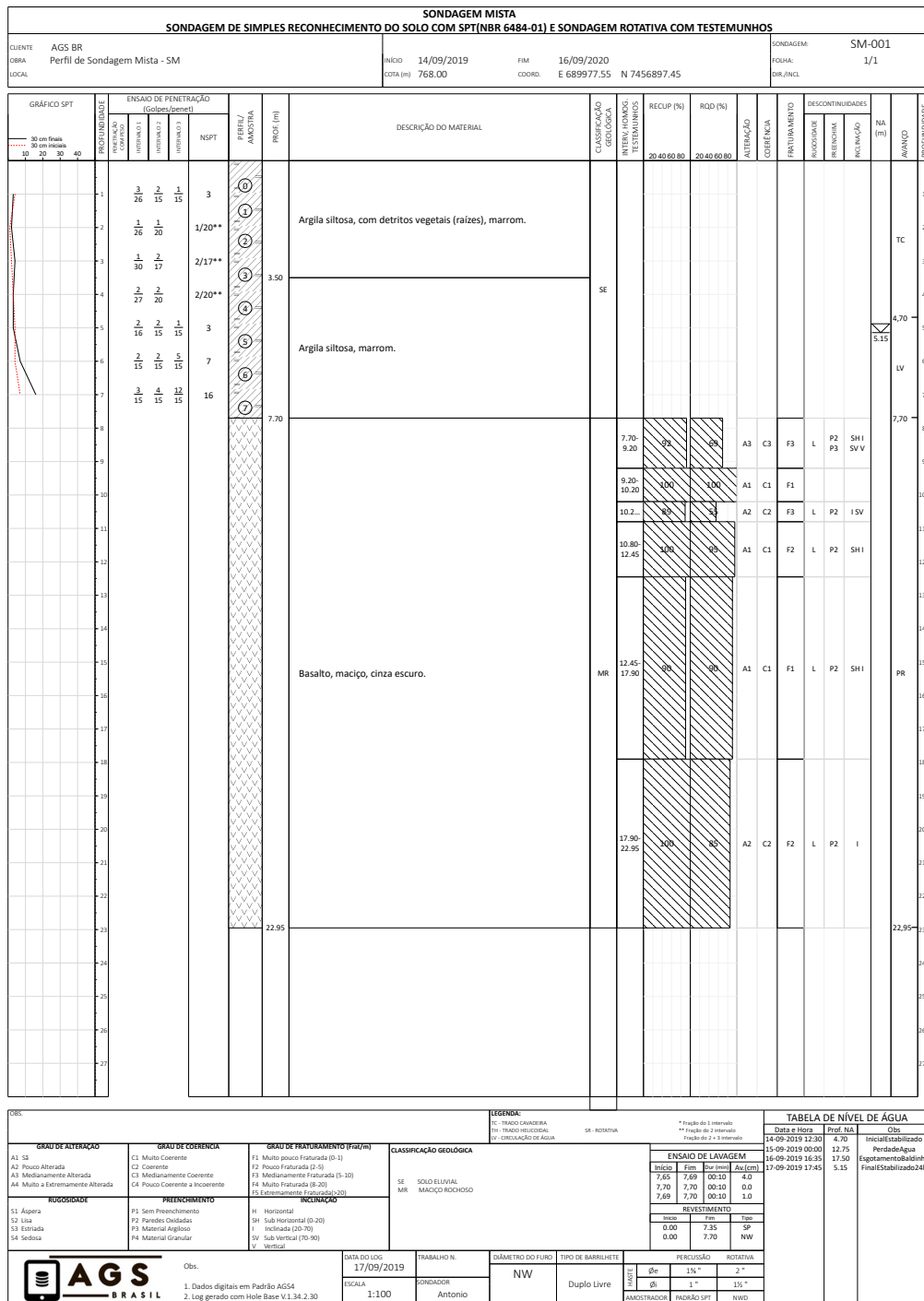


Figura 3 – Perfil (log) da sondagem mista construído a partir dos dados da Figura 1. Obs.: perfis mais completos também podem ser apresentados dentro do padrão AGS

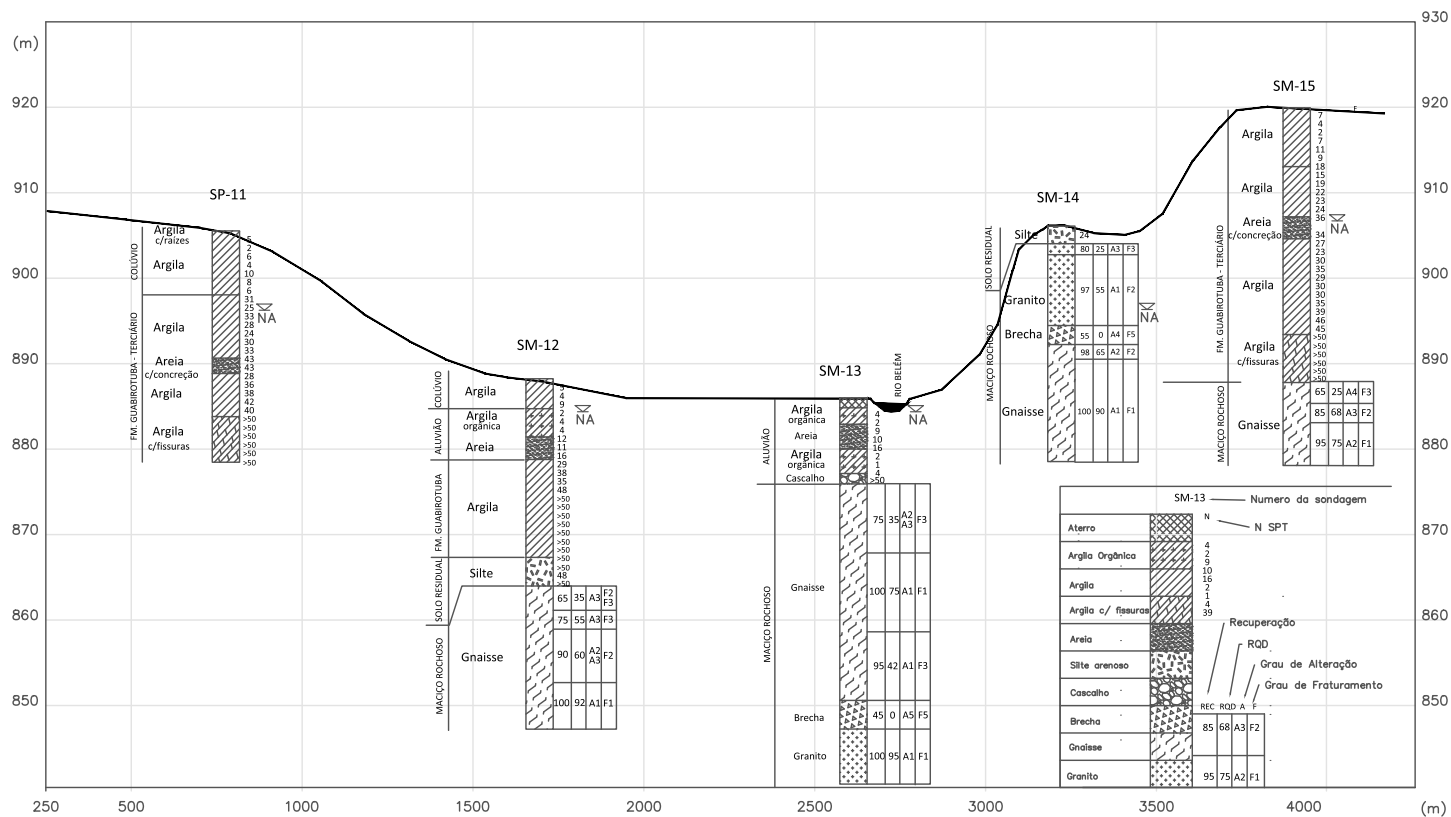


Figura 4 – Seção topográfica com a localização e perfis (logs) das sondagens. Apresentação dos parâmetros geológico-geotécnicos conforme especificados em contrato.

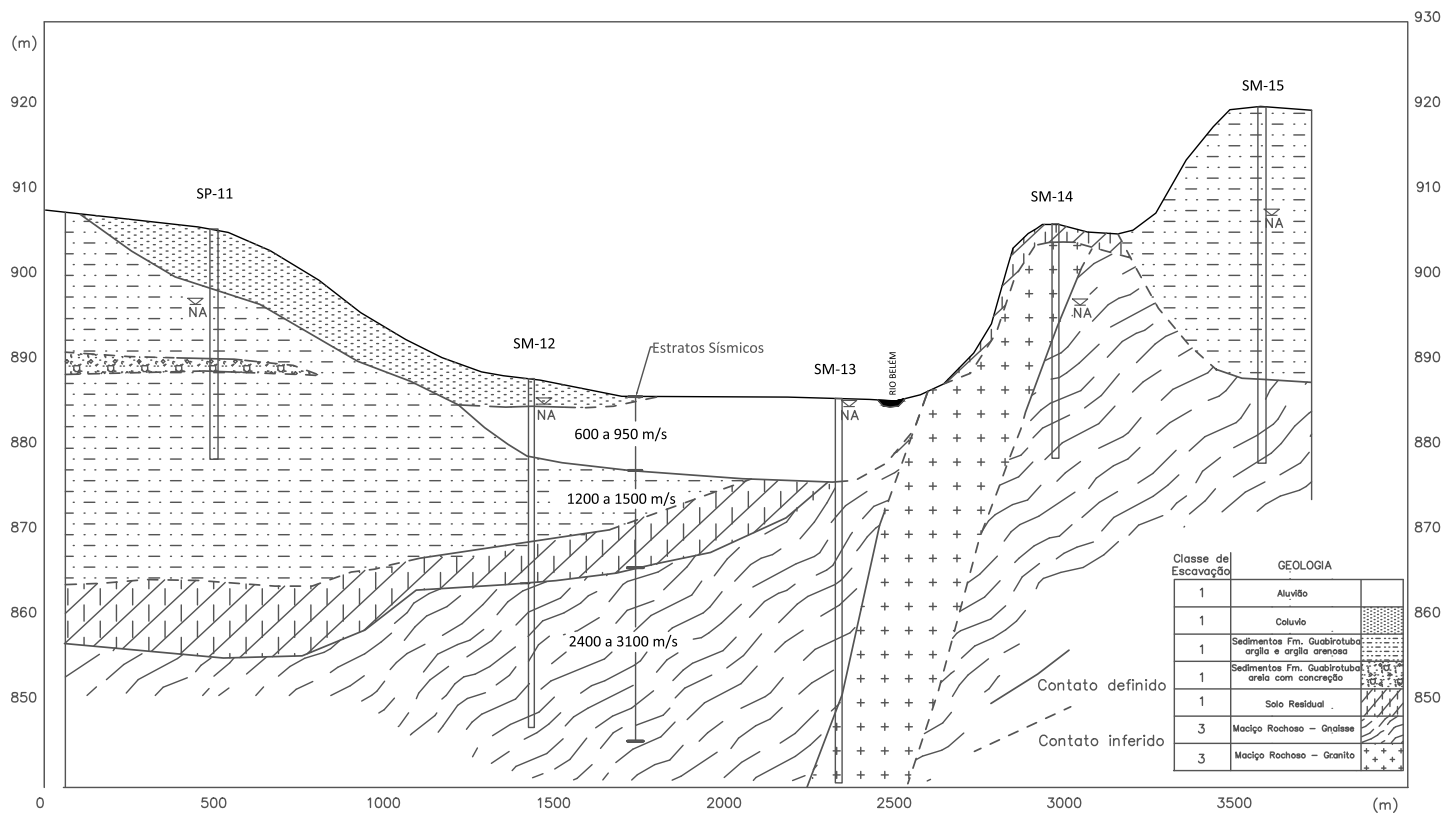


Figura 5 – Exemplo de seção geológico-geotécnica. Interpretação considerando os resultados de sondagens, geofísica (sísmica) e levantamento de campo.