



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
DIRETRIZ NORMATIVA
ABGE 300/2024
1ª Edição, 2024

BIM GEOTÉCNICO: NÍVEIS DE CONFIABILIDADE DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

Diretriz Normativa ABGE 300
1ª Edição, junho de 2024

ABGE – AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR



Copyright 2024. 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)

De Mio, Giuliano
Diretriz Normativa ABGE 300/2024 : BIM
geotécnico : níveis de confiabilidade de
investigações geológico-geotécnicas / Giuliano
De Mio. -- 1. ed. -- São Paulo : ABGE, 2024.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88460-32-0

1. Investigação geológica 2. Investigações
geotécnicas 3. Modelagem de informação de
construção 4. Normas técnicas I. Título.

CDD-624.151
-624.15
-690.0684

24-205689

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia de engenharia 624.151
2. Geotecnia 624.15
3. Modelagem de informação de construção 690.0684

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

Sugestão de referência bibliográfica:

DE MIO, G. (2024) DIRETRIZ NORMATIVA ABGE 300/2024: BIM Geotécnico: Níveis de Confiabilidade de Investigações geológico-geotécnicas. Vários colaboradores. 1ª Edição, 28p. São Paulo: ABGE, 2024.

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. INTRODUÇÃO	6
2. FINALIDADE	8
3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES	9
4. ENQUADRAMENTO DAS INVESTIGAÇÕES E DOS MODELOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM NÍVEIS DE CONFIABILIDADE PARA O BIM GEOTÉCNICO	12
4.1 Premissas	12
4.3 Níveis de confiabilidade	16
5. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO	19
6. PRINCIPAIS PARTICIPANTES	20
7. REFERÊNCIAS / LEITURAS RECOMENDADAS	20
8. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS	22
 TABELA 1 – NÍVEIS DE CONFIABILIDADES DE CAMPANHAS DE INVESTIGAÇÃO E DOS RESPECTIVOS MODELOS GEOLÓGICO- GEOTÉCNICOS PARA USO EM AMBIENTE BIM	25

APRESENTAÇÃO

Essa Diretriz Normativa apresenta “níveis de confiabilidades de campanhas de investigação geológico-geotécnicas e dos respectivos modelos geológico-geotécnicos digitais gerados, para aplicação em ambiente BIM”. O BIM, em especial o BIM Geotécnico, encontra-se em pleno desenvolvimento no Brasil e essa Diretriz Normativa aborda, portanto, assunto pioneiro.

A Diretriz Normativa ABGE possui formato próprio mas semelhante aos formatos publicados 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 Engineers), 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 DIRETRIZ NORMATIVA ABGE, são de aceitação e aplicação 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, DIRETRIZ NORMATIVA ABGE e outras publicações assemelhadas 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.

João Jeronimo Monticelli

Editor

Fábio Soares Magalhães

Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

1 INTRODUÇÃO

As informações sobre as condições geológicas e geotécnicas são fundamentais para a gestão de obras de infraestrutura ao longo de todo ciclo de vida do empreendimento, portanto desde os estudos iniciais de planejamento, passando pelo projeto, construção, operação ou gestão, até o descomissionamento.

Na prática brasileira são recorrentes os problemas de projetos e de execução de obras relacionados a falhas ou erros de investigação geológico-geotécnica, bem como a ocorrência de condições adversas consideradas erroneamente “imprevistos geológicos”. Grande parte das vezes não se trata de “imprevistos”, mas sim em falhas na campanha de investigação e na consolidação das informações obtidas, para atendimento às necessidades do empreendimento, em quaisquer de suas etapas do ciclo de vida.

É de pleno conhecimento do mercado que o custo, cronograma, a segurança, as qualidades dos projetos e da construção e a operação de obras de engenharia dependem significativamente dos modelos geológico-geotécnicos, cuja qualidade está diretamente relacionada à campanha de investigação geológico-geotécnica, tanto no que se refere às quantidades, tipos e métodos de investigação, como à expertise das equipes envolvidas no planejamento, execução, interpretação e apresentação integrada dos resultados das investigações.

Qualquer que seja o regime jurídico da contratação, principalmente no caso de concessões e parcerias público-privada, a saúde financeira do empreendimento pode ser afetada pela má condução das investigações e do modelo geológico-geotécnico resultante, que levam a:

- i) projetos falhos;
- ii) riscos técnicos e socioambientais de várias naturezas;
- iii) custos não administráveis durante a construção e operação dos empreendimentos, e;
- iv) impasses de natureza jurídica entre Contratado (Executor) e Contratante (Investidor), e deste com a entidade regulatória de concessões.

A execução das investigações geológico-geotécnicas deve ser feita por empresa qualificada e a análise e interpretação dos dados deve envolver profissionais com experiência, mesmo em projetos e obras mais simples. As Especificações completas dos serviços devem ser disponibilizadas à Empresa Executora das investigações para propiciar a devida análise, orçamento e cronograma de execução. Quando o Contrato for objeto de processo licitatório, as Especificações devem fazer parte do Termo de Referência da licitação. Cabe, portanto, ao Contratante dispor de capacitação técnica para saber apresentar Termos de Referência/Especificações, ou contar com o apoio de profissionais com expertise para isso.

Neste cenário a metodologia BIM (*Building Information Modelling*) emerge como solução consolidada no mercado de edificações no Brasil, cuja adoção em obras de infraestrutura tende a avançar significativamente, grande parte em decorrência dos novos paradigmas normativos.

A utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, é parte de uma Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, editada em 2019 (BRASIL. Decreto nº 9.983). Em seu formato vigente (BRASIL. Decreto Nº 11.888), essa Estratégia se propõe a orientar o desenvolvimento de **normas técnicas e apoiar a elaboração de guias e protocolos específicos para adoção do BIM**, como é o caso da presente publicação.

A lei nacional que rege contratações públicas prevê expressamente a adoção de Modelagem da Informação da Construção (BIM) nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação (BRASIL. LEI Nº 14.133). Com isso, o emprego da tecnologia BIM passou a ser de uso recomendável também às esferas estaduais e municipais.

O BIM nas áreas de arquitetura e estrutura já está consolidado, enquanto na geotecnia ainda está nas fases iniciais, com o desafio de incorporar a grande variabilidade dos materiais naturais (solos, rochas e águas e fluídos percolantes) e maior previsibilidade de seus comportamentos, como requerido pelos procedimentos do BIM. A efetividade na implementação do BIM passa necessariamente pela integração dos dados geotécnicos ao “modelo federado” (ver item 3), de modo a melhorar a comunicação e a troca de informação entre

os diversos especialistas que participam da elaboração e gestão do projeto. Assim, o emprego de metodologias informatizadas e tecnicamente adequadas contribui para instruir a tomada de decisão e fortalecer projetos transparentes, céleres, seguros, econômicos e com menores impactos ambientais.

2 FINALIDADE

A Diretriz Normativa ABGE 300/2024 (DN ABGE 300/2024) tem por finalidade apresentar níveis de confiabilidades de campanhas de investigação geológico-geotécnicas e dos respectivos modelos geológico-geotécnicos digitais gerados, para aplicação em obras civis, minerárias e ambientais, dentro do ambiente BIM.

Os projetos, construção e gestão de obras geotécnicas, que fazem ou virão a fazer parte do BIM Geotécnico, não são abordados neste documento.

A classificação em níveis visa:

- Adequar as investigações geológico-geotécnicas e os resultados obtidos a padrões de qualidade, com base no sistema BIM da construção civil;
- Planejar uma ou várias campanhas de investigações considerando que a apresentação dos resultados e a obtenção de um modelo geológico-geotécnico para atender aos usos ao longo das etapas de ciclo de vida de uma obra ou empreendimento -- estudos iniciais, fases do projeto de engenharia, construção, operação/manutenção e descomissionamento -- possuem correspondência com cada nível de investigação*;
- Permitir ao Empreendedor/Investidor/Contratante estabelecer especificações e orçamento de serviços compatíveis com cada nível

* A ABGE NORMA 100/2023 contém informações sobre as fases ou etapas do ciclo de vida de um empreendimento civil e minerário e correspondentes tipos de investigações geológico-geotécnicas comumente adotadas.

indicado nessa DN, ou criar níveis intermediários condizentes com as necessidades;

- Facilitar inspeções e auditorias de projetos e obras de engenharia e os contratos de concessão que envolvam obras geotécnicas;
- Organizar bancos de dados digitais de informações referentes às investigações realizadas em todas as etapas de ciclo de vida da obra;
- Desenvolver, para áreas contaminadas, a execução e apresentação de resultados de investigações geológico-geotécnicas e de naturezas ambientais em padrões de qualidade, segundo o sistema BIM da construção civil.

3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

BIM – é o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, utilização e atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, servindo a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da obra (BRASIL. Decreto N° 9.377).

BIM Geotécnico – é um conjunto de procedimentos, inspirados no BIM, que permite a integração das atividades geotécnicas, entre elas a organização digital das investigações e ensaios geológico-geotécnicos durante todo o ciclo de vida da obra. Significa, portanto, criar, usar e atualizar um modelo digital, envolvendo desde o planejamento e execução das investigações, até a interpretação integrada dos resultados e sua apresentação em modelos bi e tridimensionais (modelos 2D e 3D).

Empreendedor ou Investidor – empresa ou grupo interessado na investigação, responsável pelo planejamento, especificação de trabalhos, forma de apresentação de resultados, e pelo contrato e pagamento dos serviços de investigações geológico-geotécnicas, podendo delegar parte ou a totalidade desses encargos a uma empresa projetista gerenciadora ou a um consultor especializado.

Engenharia Geotécnica - aplicação da Geotecnia (mecânica dos solos, mecânica das rochas, geologia de engenharia e disciplinas correlatas) em qualquer etapa do ciclo de vida de uma obra ou empreendimento.

Investigação Geológica-Geotécnica - 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 projeto, construção, operação e descomissionamento de obra civil ou mineira. A expressão geológico-geotécnico, em detrimento de outros (investigação geológica, ou investigação geotécnica, por exemplo) é a mais adequada para expressar a integração entre as Geociências e a Geotecnia nos trabalhos de investigação do meio físico. Esses conceitos podem ser estendidos às investigações em terrenos antrópicos (construídos), como o caso de barragens, pilhas de produto (estéril e rejeito) e aterros e cortes, em geral. A investigação geológico-geotécnica e o modelo resultante têm qualidades baixas quando falta, ao responsável pelo contrato e pelo pagamento dos serviços, experiência atualizada no tema, ou quando decide por investir nas investigações e interpretação/apresentação dos dados aquém do necessário, sem percepção de riscos técnicos, de segurança e de performance econômica ao empreendimento.

LOD BIM – Level of Development/Nível de Desenvolvimento – é uma escala que indica o quanto um componente BIM foi desenvolvido e está relacionado à confiabilidade das informações geométricas e não geométricas que podem ser extraídas daquele componente do modelo. O conceito, mais antigo, de LOD como nível de detalhamento geométrico tem sido abandonado (BIM Fórum Brasil, 2023a). O LOD é definido em função dos objetivos e usos do modelo BIM e não está diretamente relacionado a etapas de projeto (BIM Fórum Brasil, 2023b). O conceito mais recente, que tem sido adotado no BIM, segue a ISO 17412-1_2020 que estabelece um entendimento comum do nível de informação requerido em um determinado momento ou estágio de projeto, com indicação do objetivo, marcos, entregáveis e atores envolvidos na produção e uso da informação requerida.

Geotecnia – área técnica e científica que compreende a Mecânica de Solos, a Mecânica de Rochas e a Geologia de Engenharia, que possui interfaces entre si e interações com demais áreas das engenharias, geociências e ciências ambientais.

Modelo federado: é a integração de modelos individuais de cada disciplina do BIM, que aumenta a colaboração entre os membros de um projeto. Com o modelo federado, os dados do projeto são armazenados e agrupados em um formato de banco de dados relacional, o que torna mais fácil acessar e compartilhar informações.

Modelo geológico-geotécnico - corresponde à interpretação integrada das informações obtidas nas investigações e sua consolidação em um modelo que sintetiza para cada fase do empreendimento os principais tipos de materiais encontrados e suas dimensões espaciais, bem como os respectivos parâmetros físicos e mecânicos de interesse ao projeto, obtidos dos ensaios ou estimados com base em correlações empíricas, na expertise profissional e na bibliografia. A confiabilidade é definida para cada uso previsto do(s) Modelo(s), condiciona as técnicas e a quantidade de investigações e deve atender as necessidades do projeto e da obra de engenharia (ABGE NORMA 100/2023; Baynes & Parry, 2022).

Padronização de descrição geológico-geotécnica – a digitalização em padrão único das informações de investigações -- base para a modelagem em ambiente BIM e organização de banco de dados -- pressupõe a necessidade de padronização dos procedimentos de obtenção e apresentação de resultados de campanhas de investigações (mapeamentos geológicos, ensaios, sondagens mecânicas etc.). A padronização da descrição de amostras de sondagens é também denominada **classificação de sondagens**, por agrupar em faixas de valores os diversos parâmetros, como índice de penetração SPT, grau de fraturamento, condutividade hidráulica, resultados de ensaios em amostras e outros, variando das melhores às piores condições. O termo não deve ser confundido com classificação de maciços rochosos. (ABGE NORMAS 100/2023 e 109/2024).

4 ENQUADRAMENTO DAS INVESTIGAÇÕES E DOS MODELOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM NÍVEIS DE CONFIABILIDADE PARA O BIM GEOTÉCNICO

Os conceitos de LOD das edificações conforme mostrados em BIM Fórum Brasil (2023a), BIM Fórum Brasil (2023b) e BIM Fórum Org. (2023) não podem ser utilizados diretamente nos estudos e investigações geológico-geotécnicas, devido às complexidades litológicas e estruturais dos maciços naturais e pela heterogeneidade das propriedades físicas e mecânicas distribuídas espacialmente nas diferentes formações de solos e rochas. Isso também é válido para as investigações de ambientes antrópicos (construídos), como barragens e pilhas de rejeito e de estéril.

A presente DN enfatiza a necessidade de construir referenciais que possibilitem aferir o nível de confiabilidade das investigações e de seus respectivos modelos geológico-geotécnicos, respeitando as incertezas e imprecisões inerentes à área.

4.1 *Premissas*

- i) Nas Investigações Geológico-Geotécnicas (IGG) e no Modelo do BIM Geotécnico correspondente (MBGc) não é possível obter níveis de confiabilidade equiparáveis àqueles obtidos para edificações.
- ii) O nível de confiabilidade do MBGc está diretamente relacionado à qualidade da campanha de investigação. Isso exige a adoção de conceitos e metodologia da Geotecnia, principalmente da Geologia de Engenharia, que estão em constante evolução. Esses conceitos e metodologias devem ser aplicados e executados por empresas e profissionais capacitados, com comprovada experiência curricular.

- iii) O nível de confiabilidade da IGG e do MBGc pode variar em função do contexto geológico. Quanto maior a complexidade geológica-geotécnica, maior a quantidade e variabilidade dos métodos de investigação e de ensaios necessários, para se obter uma mesma confiabilidade. Isto deve ser considerado no planejamento das campanhas de investigação e ao longo de todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento.
- iv) O máximo nível de confiabilidade do MBGc é obtido durante a etapa de construção – o “como construído” (*as built*) – através do mapeamento geológico-geotécnico de detalhe (caracterização e classificação do maciço de solo e rocha), da realização e análise de ensaios mais representativos e de inclusão de resultados da instrumentação/sensores instalados em frentes de escavações de obras de taludes, aterros, barragens, túneis, fundações, entre outras.

Elementos que integram as Investigações (IGG) e os Modelos do BIM Geotécnico correspondentes (MBGc)

A construção de níveis de confiabilidade das informações das investigações segue os seguintes princípios:

- 1) Necessidade de planejar a campanha de investigação, de bem selecionar executores e de contar com equipe capacitada que valide a obtenção das informações e possa ser acionada para interpretação e construção do Modelo (MBGc). A ausência desse procedimento corresponde ao nível de confiabilidade mais baixo.
- 2) Representação dos dados das sondagens mecânicas e dos ensaios executados na campanha de investigação, com suas posições em 2D ou 3D, tipos de solos e de rocha, níveis de água e de artesianismo (caso existente), localização de amostragens e de instrumentações, resultados de ensaios etc. Podem incluir ou não levantamentos geofísicos, mapeamento de superfície, investigações e ensaios especiais.

- 3) Completando a anterior, o modelo 2D ou 3D do MBGc é resultante da integração e interpretação dos dados, com delimitação e representação de unidades tridimensionais* e das respectivas parametrizações dos condicionantes geológicos – geotécnicos** de interesse ao projeto. Pode requerer adição de novas investigações em função da complexidade do local e da finalidade do projeto. A realização desse procedimento corresponde ao nível de confiabilidade mais alto na fase de projeto.

A representação das investigações deve ser feita de forma padronizada (nomenclatura de descrição de solos e rochas, perfis de sondagens, parâmetros geotécnicos e graus adotados, cores, símbolos etc.) de forma a manter um padrão utilizável por diferentes empresas. A adoção de padronizações das descrições geológico-geotécnicas das amostras de sondagens (solos e rochas) para cada local e finalidade do projeto de engenharia são componentes fundamentais na campanha de Investigação e na definição do nível de confiabilidade do MBGc. Todo MBGc deve ser acompanhado por um relatório, segundo itemização sugerida na NORMA ABGE 100/2023.

Os principais tipos de investigações geológica-geotécnicas utilizados na obtenção do MBGc são (Norma ABGE 100/2023):

- 1) Pesquisa bibliográfica/Compilação de informações existentes sobre o local e sobre projetos e experiências anteriores
- 2) Mapeamento de campo: levantamentos expeditos, mapeamentos sistemáticos geológicos e estruturais, cartografia geotécnica e geoambiental e outros.
- 3) Investigações diretas e semidiretas:
 - » poços e trincheiras
 - » sondagens à percussão

* Unidade: corresponde à delimitação de um corpo de solo e de rochas de mesmas características de comportamento perante a obra de engenharia.

** Por condicionante geológico-geotécnico deve ser entendido unidades e feições geológicas que interferem mais diretamente no projeto de engenharia (Pastore, 2009)

- » sondagens mistas e rotativas (eventualmente sondagens sônicas)
 - » investigações especiais de solos em campo: Vane test, CPTu, DMT, Ensaio pressiométrico
 - » Ensaio mecânicos (rocha e paredes de fraturas): compressão simples, tração, puntiforme, triaxial, esclerométrico e outros
 - » Ensaio em rocha e agregados: apreciação petrográfica, dilatação térmica, alteração acelerada, abrasão e outros
 - » Ensaio em amostras deformadas de solo: índices físicos, classificação MCT, compactação, CBR e permeabilidade
 - » Ensaio em amostras indeformadas de solo: compressão triaxial, uniaxial, cisalhamento direto e permeabilidade
 - » Permeabilidade no campo: ensaio em solo e em rocha para obter a condutividade hidráulica
 - » Adensamento ou compressibilidade
 - » Identificação de solos expansíveis e colapsíveis
 - » Imageamento de furos
 - » Levantamento geofísicos em furos de sondagens
 - » Posicionamento, identificação e informações de instrumentos de monitoramento.
- 4) Investigações indiretas: levantamentos geofísicos, em malhas e direcionais, e levantamentos por interferometria por radar (InSar).

Nas investigações através de poços, trincheiras e sondagens mecânicas (trado, percussão, mista e rotativa) cabe identificar e apresentar (Normas ABGE 101/2023, 102/2024, 103/2023, 104/2023 e 109/2024):

- » Nível d'água e presença de artesianismo
- » Descrição/classificação genética e textural (granulometria) dos solos
- » Descrição/classificação litológica das rochas, com base em perfil de intemperismo (e petrografia, se for o caso)

- » Descrição e classificação dos parâmetros geotécnicos: SPT, recuperação por manobra (com descrição da metodologia e equipamentos utilizados, tais como diâmetro e especificação do barrilete e coroa, padrão DCMA ou Craélius etc.), graus de alteração, IQR/RQD, grau de fraturamento, coerência, condições das descontinuidades, disqueamento e permeabilidade (condutividade hidráulica).

Os principais elementos que devem ser considerados para estudos de viabilidade, projeto, construção, operação e descomissionamento de obras de engenharia e, portanto, a constar no MBGc, são:

- » Delimitação em 2D ou 3D das unidades e dos condicionantes geológico-geotécnicos
- » Nível d'água e suas relações com os aquíferos e ambiente hidrogeológico
- » Estabelecimento dos parâmetros geológico- geotécnicos das unidades e dos condicionantes geológico-geotécnicos, com base nas informações das investigações, em ensaios, na expertise profissional e na bibliografia.

4.3 *Níveis de confiabilidade*

O planejamento e a execução de uma campanha de investigação dependem dos objetivos e dos usos previstos das informações a serem obtidas. Como são realizadas uma ou mais campanhas de investigação para um mesmo empreendimento, a avaliação dos níveis de confiabilidade da IGG e do MBGc devem ser condizente com a campanha realizada ou com o final de determinado número de campanhas, que consolida todas elas. Exemplos de objetivos e usos das investigações (IGG), que conduzem aos modelos do Bim Geotécnico correspondente (MBGc)*:

* A IGG e o MBGc devem atender as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, o que significa considerar as fases de projeto (concepção ou inventário, viabilidade, projeto básico e projeto executivo), e as de pós projetos de engenharia, ou sejam as etapas de operação/manutenção e desativação/descomissionamento (Norma ABGE 100/2023).

- » Projeto, construção e manutenção de obras subterrâneas civis e minerárias
- » Projeto, construção e operação (manutenção) de obras lineares (rodovias, ferrovias, dutos, canais, linhas de transmissão)
- » Projeto, construção e manutenção de escavações minerárias a céu aberto
- » Avaliação de riscos geológico-geotécnicos em obras civis e minerárias
- » Avaliação de disponibilidade, caracterização e quantificação de materiais de construção
- » Estudo, projeto, construção, operação/manutenção e desativação/descomissionamento de obras de barragens e pilhas de rejeito
- » Projeto e dimensionamento de estruturas geotécnicas específicas, como: fundações rasas e profundas de estruturas (placas solares, edifícios), estabilização de encostas e de taludes em solo e em rocha, pátios industriais, pista de aeroportos e outros.
- » Identificação, projeto e intervenção de remediação de áreas contaminadas

No ambiente BIM, os objetivos e o nível de confiabilidade requeridos devem orientar a programação da campanha de investigação geológico-geotécnica, considerando a complexidade e risco do projeto e as características geológicas de cada local. Os níveis de confiabilidade requeridos para as informações do BIM Geotécnico devem estar indicados no BEP – Plano de Execução do BIM e, para isso, é recomendada a adoção da ISO 17412-1_2020, que estabelece um entendimento comum do nível de informação requerido em um determinado momento ou estágio de projeto, com indicação do objetivo, marcos, entregáveis e atores envolvidos na produção e uso da informação desejada. Para um mesmo projeto podem ser desenvolvidos vários modelos do BIM Geotécnico das investigações, em função dos diferentes objetivos da IGG e da complexidade/densidade de informações existentes.

São estabelecidos quatro níveis de confiabilidade dos Modelos do BIM Geotécnico (MBGc), relacionados diretamente à qualidade da campanha de Investigações Geológico Geotécnica (IGG), a saber:

LOD-100, LOD-200, LOD-300 e LOD-500.

A Tabela 1 descreve esses quatro níveis de confiabilidade, considerando que eles contemplam os objetivos e usos da maioria dos empreendimentos citados no caput deste item e, com pequenas adaptações, registradas nas Especificações, caso a caso, vêm a atender com eficácia as necessidades técnicas e econômicas de investigações (IGG), de modelagem (MBGc) e, portanto, de avaliação dos níveis de confiabilidade de um projeto ou empreendimento.

A ausência do LOD-400 se deve a impossibilidade ou inviabilidade de obtenção dos mesmos níveis de confiabilidade e de precisão obtidos nas edificações.

Os quatro níveis devem ser compatibilizados com as necessidades de cada projeto ou empreendimento, em função dos usos ou objetivos previstos para o modelo (MBGc), inclusive podem ser inseridos níveis intermediários que atendam as especificidades de cada projeto.

O LOD-100 é considerado o de menor confiabilidade e o nível de precisão das estimativas feitas a partir dele é baixa, por ter sido desenvolvido com base em campanha de investigação com falhas. Já o LOD-300 é o de alto nível de confiabilidade técnica e maior previsibilidade dos custos e dos prazos, pois incorpora uma melhor qualidade das investigações. O LOD-200 é intermediário. O LOD-500 incorpora as informações de investigações complementares e específicas, de inspeções e de mapeamentos geológico-geotécnicos de frentes de escavação, dados de instrumentação e outros, obtidos durante as etapas de construção e de operação, resultando no Modelo de BIM Geotécnico de mais alta confiabilidade.*

* LOD-500 exige que os dados das investigações anteriores sejam integrados e analisados junto com aqueles obtidos durante a etapa de construção, unificados através de dados digitais padronizados (padrão único), e estejam disponíveis para a etapa de operação e descomissionamento.

A definição das investigações, do modelo e do nível de confiabilidade a ser alcançado devem ser estabelecidos pelo Empreendedor/Investidor ou por entidade pública reguladora e devem integrar o BEP (Plano de Execução BIM) de cada projeto, cabendo a esses entes capacitarem seus profissionais para tanto ou recorrerem a consultoria de empresas ou de profissionais capacitados que os orientem.

5 PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO

O planejamento e a execução da campanha de investigação devem ser feitos considerando a complexidade geológica de cada região, os usos previstos dos dados e o nível de confiabilidade desejado (item 4.3).

As Normas ABGE para sondagens mecânicas e investigações geofísicas, série 100 e 200, respectivamente, assim como outras Normas e publicações correlatas editadas pela ABGE (item 7 e 8, a seguir), justificam a importância do planejamento, da digitalização e da padronização das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, utilizando-se *softwares* disponíveis no mercado, que possibilitem intercâmbio de informações da campanha, segundo uma linguagem comum, a qualquer tempo, entre os diversos envolvidos nos serviços, principalmente Investidor, Projetista, Fiscalização e Executor. Isso adquire importância ainda maior ao longo do tempo ao assegurar:

- a) rapidez e eficiência, mesmo que sejam alterados os atores envolvidos durante o ciclo de vida do empreendimento, desde os estudos iniciais, projeto, construção, operação e até o descomissionamento; e
- b) construção de bancos de dados.

Os procedimentos de planejamento, padronização e digitalização são imprescindíveis à Investigação (IGG), à modelagem em ambiente BIM (MBGc) e, portanto, à avaliação de seus níveis de confiabilidade. Entretanto, constatam-se muitas dificuldades no mercado, sendo frequente a necessidade de auditoria para validação da digitalização de campanhas de investigação. É

comum falhas nas Especificações, o que poderia ser evitado com a presença de profissionais capacitados e com experiência atuando ao lado do Investidor/Contratante (proponente das Especificações) e do Executante (responsável por entender o escopo da atividade e cumprir com o especificado).

6 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Autor: Giuliano De Mio

Revisores/Colaboradores: Antônio Manoel dos Santos Oliveira, Carla Thamilis Fonseca Chaves, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Eduardo Toledo Santos, Erik Wunder, Iramir Barba Pacheco, Marcelo Denser Monteiro e Rafael Fernandes Corrêa-Silva.

7 REFERÊNCIAS / LEITURAS RECOMENDADAS

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. **Geologia de Engenharia e Ambiental – V. 1 Estrutura do livro**, 86p., **V.2 Métodos e Técnicas**, 477p. e **V.3 Aplicações**, 356p. - Editores Antônio Manuel dos Santos Oliveira e João Jeronimo Monticelli. Vários participantes. São Paulo: ABGE, 2018.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 100/2023. Investigações Geológico-Geotécnicas para Obras de Infraestrutura – Métodos e Técnicas**. 1ª Ed, 54p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em https://www.abge.org.br/arquivos/DTP_NormaABGE_100.pdf, acessado em 17-04-2024.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 101/2024. Investigações Geológico-Geotécnicas para Obras de Infraestrutura – Métodos e Técnicas**. 1ª Ed. São Paulo: ABGE, 2024. No prelo.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA 102/2024. Investigações Geológico-Geotécnicas para Obras de Infraestrutura – Métodos e Técnicas**. 1ª Ed. São Paulo: ABGE, 2024. No prelo.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 103/2023. Sondagem à percussão**. 1ª Ed. 78p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em https://www.abge.org.br/arquivos/DTP_NormaABGE_103.pdf, acessado em 17-04-2024.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 104/2023. Sondagem Rotativa e Sondagem Mista**. 1ª Ed. 53p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em https://www.abge.org.br/arquivos/DTP_NormaABGE_104.pdf, acessado em 17-04-2024.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 109/2023. Descrição e Classificação de sondagens**. 1ª Ed. 98p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em <https://www.abge.org.br/arquivos/NORMA%20ABGE%20109.pdf>, acessado em 17-04-2024.

ASCE - American Society for Civil Engineers - Geoinstitute (2020) **DIGGS Data Format – Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists**, Versão 2.6. Disponível em <https://www.geoinstitute.org/special-projects/diggs>, acessado em 17-04-2024.

AGS – Association of Geoenvironmental Scientists (2017) – **Electronic Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data – AGS 4**, Ed. 4.0.4, 138p, Londres, Fev 2017, Disponível em <https://www.ags.org.uk/data-format/>, acessado em 17-04-2024.

AGS Brasil (2019) – **Transferência Eletrônica de Dados Geotécnicos e Geoambientais AGS 4 BR**, Ed. 1.0 – 62p. São Paulo, Set 2019. Disponível em http://www.padraoags.com.br/arquivos/AGS4_Brasil_v1.0.pdf, acessado em 17-04-2024.

BIM Forum Brasil (2023a) - **LOD Detalhe x Confiabilidade** – Vídeo 4min. disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=raIQEemkG00>, acessado em 17-04-2024.

BIM Forum Brasil (2023b) - **LOD x Etapas de Projeto** – Vídeo 4min. disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=yyzSXE1Cva4>, acessado em 17-04-2024.

BIM Forum [org.] (2023) **Level of Development (LOD) Specification Part 1**, 165 p. Disponível em <https://bimforum.org/resource/lod-level-of-development-lod-specification/>, acessado em 17-04-2024.

MONTICELLI, J.J. (Ed.) 2021. **Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas**. Vários autores, 526 p. São Paulo: ABGE.

PASSINI & ALVARES – Sociedade de Advogados. 2021. **Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE**. Relatório de consultoria jurídica, 13p, Disponível em <https://www.abge.org.br/downloads/Parecer%2012.07.2021.pdf>, acessado em 17-04-2024.

PASTORE, ERALDO. 2009. “**Risco Geológico em Obras Civis**”, REVISTA ENGENHARIA nº 592-2009, Instituto de Engenharia, Engenho Editora Técnica Ltda., São Paulo, 2009.

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:

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – **NORMA ABGE 100/2023. Investigações Geológico-Geotécnicas para Obras de Infraestrutura – Métodos e Técnicas.** 1ª Ed, 54p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em https://www.abge.org.br/arquivos/DTP_NormaABGE_100.pdf, acessado em 17-04-2024.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - **NORMA ABGE 109/2023. Descrição e Classificação de sondagens.** 1ª Ed. 98p. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em <https://www.abge.org.br/arquivos/NORMA%20ABGE%20109.pdf>, acessado em 17-04-2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação — Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT NBR 15965-1:2011 – Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura.** Rio de Janeiro, 2010.

BAYNES, F. & PARRY, S. (2022) **Guidelines for the development and application of engineering geological models on projects.** IAEG Commission 25 Working Group. Disponível em <https://www.iaeg.info/wp-content/uploads/2022/12/IAEG-C25-EGM-Guidelines-v1.0-14-December-2022.pdf>, acessado em 17-04-2024.

BRASIL. Decreto N° 9.377, DE 17 de maio de 2018 - **Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*.** D.O.U. DE 18/05/2018, P. 3. Brasília, 2018

BRASIL. Decreto N° 10.306, DE 2 do abril de 2020 - **Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.** D.O.U. DE 03/04/2020, P. 5, Brasília, 2020.

BRASIL. Decreto N° 11.888 de 22 de janeiro de 2024 **Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR** e institui o Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modelling* - BIM BR. D.O.U de 23/01/2024, pág. n° 8. Brasília, 2024. (vigente).

BRASIL. LEI N° 14.133, de 1° de abril de 2021 Estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (**Lei de Licitações e Contratos Administrativos**), no **Art. 19, § 3° dispõe sobre adoção de Modelagem da Informação da Construção - BIM**). Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14133.htm, Brasília, 2021, acessado em 17-04-2024.

ISO 17.412-1-2020. **Building Information Modelling – Level of information need – Part 1: concepts and principles**. Disponível em <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/af601b9e-64f1-4eeb-acca-14d626a3fada/en-17412-1-2020>, acessado em 25.04.2024.

Tabela 1 – Níveis de confiabilidades de campanhas de investigação e dos respectivos modelos geológico-geotécnicos para uso em ambiente BIM

LOD	Campanhas de Investigação	Modelos geológico-geotécnicos do BIM	Observações
100	<p>Campanhas de investigação contratadas e desenvolvidas sem participação de equipe e profissionais especializados, com falhas na adoção dos conceitos e metodologias da Geotecnia (Mecânica de Solos, Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia).</p> <p>Tipo e quantidade de sondagens e ensaios em desacordo com o contexto geológico e necessidade do projeto.</p> <p>Uso de normas ou de especificações simplificadas e genéricas, que não consideram o Planejamento, a Execução, a Interpretação e a Apresentação Final das informações.</p> <p>Ausência (completa ou parcial) de análise integrada das investigações .</p> <p>Fornecimento de resultados em padrão digital ou não, normalmente incompatíveis entre as diversas campanhas e distintos executantes, com impossibilidade ou muitas dificuldades de validação.</p>	<p>Uso de <i>softwares</i> não apropriados para representações 2D e 3D de resultados de sondagens e ensaios, e de unidades e condicionantes geológicos, como por exemplo, ausência de recursos para integração do modelo com a base de dado ou os <i>softwares</i> onde as representações 2D e 3D são elementos geométricos desenhados manualmente.</p> <p>Modelos muito simplificados, que não retratam adequadamente as condições geológico-geotécnicas necessárias ao projeto/ empreendimento.—</p>	<p>O LOD100 indica campanha de investigação com o menor nível de qualidade e, como consequência, modelo com baixa confiabilidade.</p> <p>Riscos técnicos e financeiros ao empreendimento, podendo ter consequências judiciais.</p> <p>Pode ser inserido um nível intermediário de confiabilidade, por exemplo LOD-150, quando a campanha e o modelo forem de qualidade acima do descrito nas colunas anteriores, mas não estejam compatíveis ao LOD-200.</p> <p>Não incorpora experiência passada em projeto similar.</p>

LOD	Campanhas de Investigação	Modelos geológico-geotécnicos do BIM	Observações
200	<p>Campanhas de investigação contando com execução por empresas qualificadas e profissionais especializados, cujas opiniões são acatadas pelo Investidor (Contratante).</p> <p>Dificuldades referidas no LOD-100 parcialmente ou totalmente sanadas.</p> <p>Tipos, profundidade e quantidade de sondagens e ensaios condizentes com o contexto geológico e necessidade do projeto.</p> <p>Adoção de normas, diretivas normativas, guias, manuais e especificações atualizadas e dos conceitos e metodologias da Geotecnia.</p> <p>Campanha de investigações considerando o levantamento bibliográfico prévio, as fases de Planejamento, de Execução, Interpretação e de Apresentação integrada dos dados, inspeções e mapeamento de campo, sondagens mecânicas, ensaios e, por vezes, de levantamentos geofísicos</p> <p>Fornecimento de resultados em padrão digital</p>	<p>Representação 2D ou 3D das investigações, construídas a partir de um banco digital de dados geológico-geotécnico.</p> <p>Análise integrada dos resultados das investigações no ambiente 2D ou 3D.</p> <p>Identificação de unidades e condicionantes geológico-geotécnicos, delimitações e suas representações em 2D ou 3D .</p> <p>Resumo das características e ensaios geotécnicos, incluindo análises estatísticas e probabilísticas dos resultados, relacionados às unidades e aos condicionantes geológicos identificados, apresentação em modelos 2D ou 3D.</p> <p>Indicação de índices físicos e mecânicos relacionados às unidades e aos condicionantes geológico-geotécnicos identificados, com base em ensaios, na expertise dos profissionais e na bibliografia.</p> <p>As unidades e condicionantes podem ser representados em 2D ou 3D através de classificações geológico-geotécnicas do tipo Q, RMR e GSI.</p>	<p>Campanhas de investigação de qualidade, com nível aceitável a bom, pois foram planejadas com base nos levantamentos bibliográficos prévios, investigações de campo (superfície) e de subsuperfície (sondagens mecânicas e ensaios, principalmente), contando com equipes qualificadas na execução e no acompanhamento.</p> <p>Resultados das investigações analisados por equipe técnica qualificada, de investidor, de contratante, de projetista ou de consultoria, preferencialmente desde a campanha de investigação, para verificar necessidades de adequações ou complementações durante a campanha.</p> <p>Pode ser inserido nível intermediário de confiabilidade, por exemplo LOD-250, quando a campanha e o modelo forem de qualidade acima do descrito nas colunas anteriores do LOD-200, mas não estejam compatíveis ao LOD-300.</p> <p>Incorpora alguma experiência passada em projeto similar.</p>

LOD	Campanhas de Investigação	Modelos geológico-geotécnicos do BIM	Observações
300	<p>Atende ao descrito acima para o LOD-200, acrescido por ensaios e análises mais especializadas, focados em problemas geotécnicos específicos, como previsão de adensamento de aterros sobre solos moles, estudo da estabilização de taludes em maciços complexos de solo e rocha e outros.</p> <p>Adoção de investigações geológico-geotécnicas especiais, ou de maior número de investigações e ensaios (quando assim for recomendado por profissionais especialistas) como, por exemplo, mapeamentos de detalhe em taludes, instrumentações, levantamentos geofísicos em malha e em furos de sondagens, ensaios e medições especiais do solo e rocha, como CPTu e DMT, imageamento de furos, provas de carga e outros, definidos em função da necessidade específica do projeto.</p>	<p>O modelo tem nível mais altos de confiabilidade, em função de investigações adicionais citadas, levando à maior precisão na definição dos limites entre as unidades e a um maior detalhamento dos condicionantes geológico-geotécnicos e dos índices físicos e mecânicos.</p> <p>As unidades e condicionantes podem ser representados em 3D por classificações geológico-geotécnicas do tipo Q, RMR e GSI, em função da especificação do Investidor ou Projetista.</p>	<p>Campanha de investigação com nível alto de confiabilidade, com a limitação inerente à investigação de subsuperfície ser do tipo indireta ou semidireta, e que somente atingirá nível máximo de confiabilidade no LOD-500, durante a construção da obra.</p> <p>Os modelos permitem análises e simulações de estabilidade confiáveis e previsibilidade de custos e de prazos de melhor qualidade.</p> <p>Os riscos técnicos e financeiros são gerenciáveis e de menores graus de incertezas.</p> <p>Incorpora extenso levantamento de experiências passadas nacionais e internacionais.</p>

LOD	Campanhas de Investigação	Modelos geológico-geotécnicos do BIM	Observações
500	<p>LOD-300 acrescido por dados de:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Mapeamento geológico-geotécnico de detalhe na escala de obra (classificação do maciço e as <i>built</i> em escala 1:100, por exemplo); · Estudos de geologia estrutural de detalhe, com identificação e representação de condicionantes importantes, como falhas e avaliação de impactos de sismos naturais e induzidos; · Inspeções das frentes de escavação nas obras; · Informações da instrumentação; · Informações de sondagens mecânicas e levantamentos geofísicos complementares; · Resultados de ensaios realizados durante o acompanhamento técnico de frentes de escavação, em obras de cortes (taludes), aterros, fundações, túneis, barragens e outros. 	<p>Maior confiabilidade do modelo pela incorporação das informações de “como-construído/<i>as built</i>”, de resultados das instrumentações, das inspeções e das análises da geologia estrutural e da sismicidade natural e induzida.</p> <p>Durante a operação do empreendimento, o modelo deve ser atualizado, em função de inspeções e resultados de instrumentação ou de novos ensaios e investigações que se fizeram necessárias.</p> <p>Quando a quantidade de informações for muito grande, devem ser criados modelos 3D setoriais e específicos, com os mesmos critérios de uma base geral de referência.</p>	<p>Maior nível de confiabilidade atingido na modelagem.</p> <p>Neste nível de investigação e modelagem, os dados das investigações anteriores devem ser integrados e analisados junto com aqueles obtidos durante a etapa de construção, unificados através de dados digitais padronizados (padrão único), e estarem disponíveis para a etapa de operação e descomissionamento.</p> <p>Os desvios em relação à modelagem anterior (LOD 300) devem ser analisados dentro dos conceitos de gestão de riscos, visando avanço tecnológico, segurança, administração de custos e acúmulo de experiências para outros projetos.</p> <p>Incorpora extenso levantamento de experiências passadas nacionais e internacionais.</p>