

DIRETRIZ NORMATIVA DA
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA: ABGE DIRETRIZ NORMATIVA 300/2023
1ª Edição, 2024

MINUTA 01 – outubro/2023

(A ser enviada a revisores e disponível no site da ABGE - previsão de publicação em 2004)

NÍVEIS DE CONFIABILIDADE PARA O BIM GEOTÉCNICO

1ª Edição, 2024

ABGE - AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR

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

ABGE DIRETRIZ NORMATIVA 300 – Níveis de confiabilidade para o BIM Geotécnico. Giuliano De Mio.
1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

Vários participantes.

ISBN

1.BIM 2.BIM Geotécnico 3. Modelo geológico-geotécnico 4.Geotecnia.

.....

CDD....

Índice para catálogo sistemático:

1. Geotecnia: Tecnologia 620
2. Norma de associação técnica e científica:

.....Bibliotecária – CRB.....

Referência bibliográfica:

De Mio, G. ABGE DIRETRIZ NORMATIVA 300/2024: Níveis de confiabilidade para o BIM Geotécnico. 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, autor 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

ABGE DIRETRIZ NORMATIVA 300/2024

SUMÁRIO

pg

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. FINALIDADE	6
3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES	7
4. EXEMPLOS DE NÍVEIS DE CONFIABILIDADE EM EDIFICAÇÕES.....	8
5. ENQUADRAMENTO DOS MODELOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM NÍVEIS DE CONFIABILIDADE PARA O BIM GEOTÉCNICO.....	8
5.1 Premissas.....	9
5.2 Elementos que integram os Modelos do BIM Geotécnico e as Investigações correspondentes	10
5.3 Níveis de confiabilidade.....	12
6. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO	12
7. PRINCIPAIS PARTICIPANTES.....	13
8. REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS	13
9. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS	14

Anexo 1: Tabela com a descrição dos níveis de confiabilidade de modelos geológico-geotécnicos para o BIM

ABGE NORMA 300/2024

APRESENTAÇÃO

(Modelo utilizado em outras Normas ABGE)

Essa Diretriz Normativa apresenta os principais conceitos, métodos e técnicas da modelagem geológico-geotécnica aplicadas ao BIM. Trata-se de Norma que aborda assunto pioneiro, por isso a ABGE incentivou o debate do tema junto ao meio técnico profissional, para que todas as colaborações recebidas pudessem ser consideradas pelo autor e editor da publicação.

A Diretriz Normativa 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 DIRETRIZ NORMATIVA 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 OU DIRETRIZ NORMATIVA 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.

João Jeronimo Monticelli
Editor

Fábio Soares Magalhães
Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

PREFÁCIO

(Reservado para entidade parceira da ABGE – pode ser um ou mais prefácios)

ABGE NORMA 300/2024

1. INTRODUÇÃO

A metodologia Bim (*Building Information Modelling*) está praticamente consolidada no mercado de edificações no Brasil e avançando significativamente no mercado de infraestrutura.

Os projetos de infraestrutura estão sendo impulsionados pelas concessões de rodovias, ferrovias, portos e outros empreendimentos e o sucesso na implantação e operação está cada vez mais relacionado ao BIM, pois essa metodologia permite maior previsibilidade de custos, cronogramas factíveis, soluções técnicas consistentes e validações por modelagens e simulações.

A área de geotecnia, mais especificamente as investigações geológico-geotécnicas, tem sido a causa de muitos desvios de custo e de cronograma das obras e, desta forma, torna-se relevante a sua incorporação no processo do BIM. É de pleno conhecimento do mercado que o custo, cronograma e a qualidade dos projetos, construção e operação de obras de engenharia dependem significativamente dos modelos geológico-geotécnicos, e estes estão diretamente relacionados a qualidade da campanha de investigação geológico-geotécnica, tanto no que se refere às quantidades, tipos e métodos de investigação, como pela expertise das equipes envolvidas no planejamento, execução, interpretação e apresentação integrada dos resultados das investigações.

A saúde financeira de concessões é normalmente afetada por má condução das investigações e do modelo geológico-geotécnico resultante. Isso leva a: (i) projetos falhos; (ii) riscos técnicos e socioambientais de várias naturezas; (iii) a custos não administráveis durante a operação dos empreendimentos; (iv) à impasses de natureza jurídica entre a concessionária e o poder público concedente.

2. FINALIDADE

A Norma apresenta uma classificação de níveis de confiabilidade de modelos geológicos-geotécnicos resultantes de campanha de investigações geológico-geotécnicas para obras civis e minerárias.

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 ciente de que a apresentação dos resultados e a obtenção de um modelo geológico-geotécnico para atender às diversas etapas da vida de uma obra ou empreendimento (estudo iniciais, fases do projeto de engenharia, construção, operação e descomissionamento) possuem correspondência direta com cada nível de investigação¹;
- Permitir ao Empreendedor/Investidor estabelecer especificações e orçamento de serviços compatíveis com cada nível indicado nessa Norma, ou criar níveis intermediários condizentes com as necessidades;

¹ 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.

- 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 vida da obra.

3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

BIM – é um processo integrado para criar, usar e atualizar um modelo digital de uma obra, para uso por todos os participantes do empreendimento, durante todo o ciclo de vida da obra. (NBR/ISO 12006-2, 2018).

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 ou a um Consultor especializado.

Engenharia Geotécnica - aplicação da geotecnia (mecânica dos solos, mecânica das rochas e geologia de engenharia) 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. O termo geológico-geotécnico, em detrimento de outros (investigação geológica, ou investigação geotécnica, por exemplo) é o mais adequado para expressar a integração entre as Geociências e a Geotecnia nos trabalhos de investigação do meio físico. Assim também se justifica o uso da denominação **modelo geológico-geotécnico**, em vez de outras denominações, como modelo geológico ou modelo geomecânico. Esses conceitos podem ser estendidos às investigações em terrenos antrópicos (construídos), como o caso de barragens, pilhas de 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 BIM*/Nível de Desenvolvimento BIM– é uma escala usada para mostrar a confiabilidade de conteúdo durante o desenvolvimento de um projeto de construção civil, utilizando-se de modelagem por softwares. Foi originalmente criado pela Vico Software com objetivo de retratar a confiabilidade e a adequação dos elementos constituintes do modelo, nomeado então *Level of Detail*, daí surgindo a sigla LOD. Por questões históricas, o LOD é referido e interpretado como nível de detalhe do modelo, e não como nível de desenvolvimento ou de detalhe das informações. O nível de detalhe refere-se à quantidade, supondo-se que todas

as informações são relevantes e confiáveis. O nível de desenvolvimento ou de detalhe das informações corresponde a análise conjunta de quanto elas podem ser confiáveis e utilizáveis. O nível de detalhe é a porta de entrada para um dado, enquanto o nível de desenvolvimento ou de detalhe das informações garante uma saída de dados confiáveis (Garibaldi, B. C. B., 2020. In: www.sienge.com.br, acessado pelo Google em 11.09.2023).

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

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 do Modelo depende do nível das investigações e deve atender as necessidades do projeto e da obra de engenharia, **Modelo geológico**, **modelo geomecânico** e **modelo fenomenológico** são denominações correlatas. (ABGE NORMA 100/2023; Baynes & Parry, 2022)

Padronização de descrição geológico-geotécnica – a digitalização de informações de investigações pressupõe a necessidade de padronização dos procedimentos de descrição de mapeamentos geológicos, de perfis de intemperismo e de ensaios e amostras obtidos de sondagens. Por vezes a padronização da descrição de ensaios e amostras de sondagens é denominada **classificação de sondagens**, por agrupar em faixas de valores os diversos parâmetros, como índice de penetração SPT, grau de fraturamento, condutividade hidráulica e outros, variando das melhores às piores condições. O termo não deve ser confundido com classificação de maciços rochosos. (ABGE NORMA 100/2023).

4. EXEMPLOS DE NÍVEIS DE CONFIABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

A referência principal adotada no Brasil é a do AIA (*American Institute of Architects*) e os níveis de LOD a serem aplicados em cada área e etapa de projeto são definidos no Plano de Execução do BIM. Como são definidos a partir de bibliotecas (portas, janelas, paredes etc.), em um ambiente projetado e construído, a precisão alcançada é bastante alta. A Figura 1 exemplifica os níveis de desenvolvimento (LOD) para uma edificação.

5. ENQUADRAMENTO DOS MODELOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM NÍVEIS DE CONFIABILIDADE PARA O BIM GEOTÉCNICO

Os conceitos de LOD das edificações 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 distribuídos 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.

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

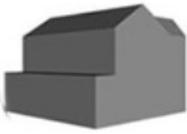
Modelo BIM	LOD	Detalhamento	Descrição
	LOD 100	PROJETO CONCEITUAL	Neste nível é definido o modelo conceitual, onde parâmetros como área, altura, volume, localização e orientação estão determinados.
	LOD 200	MODELAGEM CONCEITUAL COM PROJETO ESQUEMÁTICO	Neste, os elementos quantidades, tamanho, forma, localização e orientação são aproximadas. Informações não geométricas podem ser incluídas nos modelos com LOD 200.
	LOD 300	MODELAGEM PRECISA COM PROJETO DETALHADO	Este nível envolve modelagem e detalhes precisos, onde os elementos são definidos em conjuntos específicos com precisão na quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não geométricas podem também ser inseridas nos modelos com LOD 300.
	LOD 350	MAIOR DETALHAMENTO E DOCUMENTAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO	O LOD 350 inclui mais detalhes e elementos que representam como os elementos da construção interagem nos vários sistemas construtivos. Ele também pode conter definições gráficas e descrições detalhadas.
	LOD 400	FABRICAÇÃO E MONTAGEM	Neste nível, os elementos do modelo são representados como conjuntos específicos completos com informações detalhadas sobre fabricação e montagem, adicionais a precisão em quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não geométricas podem ser incluídas no LOD 400.
	LOD 500	COMO CONSTRUÍDO	No LOD 500 os elementos são modelados conforme foram montados e construídos como base para a operação e manutenção. Eles são precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação, e informações não geométricas podem ser inseridas nos modelos

Figura 1– Níveis de desenvolvimento (LOD) para uma edificação. Fonte: traduzido de Bedrick, J. et all (2021).

5.1 Premissas

- i. Nas Investigações Geológico-Geotécnicas (IGG) e no Modelo do BIM Geotécnico correspondente não é possível obter níveis de confiabilidade equiparáveis àqueles obtidos para edificações.
- ii. O nível de detalhamento e de confiabilidade do Modelo do BIM Geotécnico está diretamente relacionado a qualidade da campanha de investigação. Isso exige a adoção de conceitos e metodologia da Geotecnia, essencialmente da Geologia de Engenharia. Esses conceitos e metodologias devem ser aplicados e executados por empresas e profissionais capacitados, com comprovada experiência curricular.
- iii. Para um mesmo modelo (plano, orçamento, expectativa de resultados) de uma campanha de investigação, o nível de confiabilidade do Modelo do BIM Geotécnico pode variar muito em função do contexto geológico. Quanto

maior a complexidade e a variabilidade 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 da obra.

iv. O máximo nível de desenvolvimento do Modelo BIM Geotécnico 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), de análise de ensaios mais representativos e de resultados da instrumentação/sensores instalados em frentes de escavações de obras de taludes, aterros, barragens, túneis, fundações, entre outras.

5.2 Elementos que integram os Modelos do BIM Geotécnico e as Investigações correspondentes

A construção de níveis de confiabilidade com base no BIM Geotécnico segue os seguintes princípios norteadores:

- 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. A ausência desse procedimento corresponde ao nível de confiabilidade mais baixo.
- 2) Execução e 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 obtido), localização de amostragens e de instrumentações, resultados de ensaios etc. Podem incluir ou não levantamentos geofísicos, mapeamento de superfície e investigações e ensaios especiais.
- 3) Completando a anterior, esse nível é resultante da integração e interpretação dos dados, com delimitação e representação de unidades tridimensionais² e das respectivas parametrizações dos condicionantes geológicos – geotécnicos³ 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.

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 BIM Geotécnico. Todo Modelo do BIM Geotécnico deve ser acompanhado por relatório sucinto (ABGE NORMA 100/2023).

² **Unidade** corresponde à delimitação de feições ou condicionante geológico-geotécnico de um corpo de solo e de rochas de mesmas características de comportamento perante a obra de engenharia.

³ Por **condicionante geológico-geotécnico** deve ser entendido as feições geológicas que interferem diretamente no projeto de engenharia; abrange unidades anteriormente citadas, descontinuidades e contatos entre materiais naturais de diferentes naturezas, inclusive entre obra e meio físico.

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

1. Pesquisa bibliográfica/Compilação de informações existentes

2. Mapeamentos sistemáticos

3. Investigações diretas e semidiretas

- ✓ poços e trincheiras
- ✓ sondagens à percussão
- ✓ sondagens mistas e rotativas (eventualmente sondagens sônicas)
- ✓ investigações especiais de solos em campo: Vane test, CPTu, DMT, Ensaio pressiométrico
- ✓ Ensaios mecânicos (rocha e paredes de fraturas): compressão simples, tração, puntiforme, triaxial, esclerométrico e outros
- ✓ Ensaios em rocha e agregados: apreciação petrográfica, dilatação térmica, alteração acelerada, abrasão e outros
- ✓ Ensaios em amostras deformadas de solo: índices físicos, classificação MCT, compactação, CBR e permeabilidade
- ✓ Ensaios em amostras indeformadas de solo: compressão triaxial e uniaxial
- ✓ Cisalhamento direto
- ✓ Permeabilidade (ensaio de Darcy) e condutividade hidráulica em rocha (perda d'água específica)
- ✓ Adensamento ou compressibilidade
- ✓ Identificação de solos expansíveis e colapsíveis
- ✓ Imageamento de furos
- ✓ Levantamento geofísicos em furos de sondagens e em malhas de investigação
- ✓ Posicionamento e identificação de instrumentação de auscultação

Nas sondagens a trado, percussão, mista e rotativa e sísmica cabe identificar e apresentar (ABGE Normas 103/2013, 104/2023 e 109/2023):

- ✓ Nível d'água e presença de artesianismo
- ✓ Descrição genética e textural (granulometria) dos solos
- ✓ Descrição litológica das rochas, com base em perfil de intemperismo
- ✓ Descrição e classificação dos parâmetros geotécnicos: SPT, recuperação por manobra (com corresponde diâmetro e especificação do barrilete e coroa utilizados, DCMA ou Craélius), graus de alteração, IQR/RQD, grau de fraturamento, coerência, disqueamento e permeabilidade (condutividade hidráulica)

As principais unidades e condicionantes geológico-geotécnicos ao projeto, construção, operação e descomissionamento de obras de engenharia são:

- ✓ Delimitação em 2D ou 3D das unidades geológico-geotécnicas
- ✓ Identificação e representação dos condicionantes geológico-geotécnicos
- ✓ Nível d'água e suas relações com os aquíferos e ambiente hidrogeológico

- ✓ Estabelecimento dos parâmetros geológico- geotécnicos das unidades e condicionantes de interesse ao projeto, com base em ensaios, expertise e bibliografia

5.3 Níveis de confiabilidade

São estabelecidos quatro níveis de confiabilidade do Modelo do BIM Geotécnico (MBG), relacionados diretamente a qualidade da campanha de Investigações Geológico Geotécnica (IGG), a saber LOD100, LOD-200, LOD-300 e LOD-500, conforme mostrado na Tabela 1. A ausência do LOD 400 é para ressaltar que não é possível ou viável a obtenção dos mesmos níveis de confiabilidade e de precisão obtidos nas edificações.

O LOD 100 é considerado é 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 confiabilidade³.

A definição das investigações e do modelo correspondente a ser alcançado devem ser estabelecidos pelo Empreendedor/Investidor ou por entidade pública, cabendo a esses entes capacitarem seus profissionais para tanto ou recorrerem a consultoria de empresas ou de profissionais capacitados que os orientem.

³ 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 estarem disponíveis para a etapa de operação e descomissionamento.

6. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO

O planejamento da campanha de investigação deve ser feito considerando a complexidade geológica de cada região e o nível de confiabilidade desejados em função dos riscos e natureza do projeto.

As Normas ABGE para sondagens mecânicas e investigações geofísicas, série 100 e 200, respectivamente, assim como outras publicações correlatas editadas pela ABGE (item 6 e 7), 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 entes envolvidos durante o período de vida do empreendimento, desde os estudos iniciais, projeto, construção, operação e até o descomissionamento; e
- b) construção de bancos de dados.

A adoção do BIM Geotécnico implica necessariamente na digitalização dos dados das investigações geológico-geotécnicas, devidamente organizados em bancos de dados geológico-geotécnicos acessíveis, e a adoção de softwares que possibilitem o desenvolvimento das atividades necessárias para atender os requisitos técnicos e para desenvolvimento dos estudos e produtos necessários a cada tipo de projeto.

A execução dos ensaios e sondagens deve ser feita por empresa qualificada e a análise e interpretação dos dados deve envolver técnicos com experiência no tipo de obra e condição geológica presente. As empresas de investigação devem estar informadas e estarem conscientes dos requisitos do projeto; e terem disponíveis especificações completas, incluindo os critérios e classificações geológico-geotécnicas padronizados a serem adotadas na descrição de mapas, de perfis de sondagens e para os formatos da apresentação digital dos resultados.

A utilização do BIM Geotécnico exige que os resultados das sondagens e investigações devam ser obrigatoriamente apresentados pelas empresas que os executam, em formato digital, evitando desta forma que os dados sejam novamente digitalizados a partir de boletins impressos. Portanto, as empresas e profissionais responsáveis pela execução e apresentação dos resultados das investigações devem estar plenamente informados e conscientes dos trabalhos a serem feitos, para poderem apresentar os seus orçamentos de acordo com o especificado.

7. PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Autor: Giuliano De Mio

Revisores: (a convidar):

Contribuições e sugestões recebidas: (sócios e não sócios que entrarem no site e enviarem contribuições)

8. REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS

ABGE NORMA 103/2023. Sondagem à percussão. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

ABGE NORMA 104/2023. Sondagem mista e rotativa. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

ABGE NORMA 109/2023. Descrição de sondagens. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

AGS Data Format (2010) – Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialist, acessível em <https://www.ags.org.uk/data-format/>

AGS Brasil Data Format (2019) – acessível em http://www.padraoags.com.br/arquivos/AGS4_Brasil_v1.0.pdf

Bedrick, J. et all (2021) Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary For Building Information Models and Data

DIGGS Data Format (2020) - Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists, acessível em <https://www.geoinstitute.org/special-projects/diqgs>

FAIA/BIM Forum Organization, acessível em <https://bimforum.org/resource/level-of-development-specification/>

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, 13 p. Disponível em www.abge.org.br

9. 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, 2021. Investigações Geológico-Geotécnicas - Guia de Boas Práticas - Editor João Jeronimo Monticelli. Vários participantes. São Paulo: ABGE, 2021.

ABGE NORMA 100/2023. Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e Técnicas. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação — Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação

ABNT NBR 15965-1:2011 – Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura

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

DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling

DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020 - 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.

ANEXO

Tabela 1 - Descrição dos níveis de confiabilidade de modelos geológico-geotécnicos para o BIM Geotécnico

LOD	Campanha de Investigação	Modelo geológico-geotécnico 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 softwares não apropriados para representações 2D e 3D de resultados de sondagens e ensaios, e de unidades e condicionantes geológicos</p> <p>Modelos muito simplificados, construídos com ferramentas de inserção manual, que não retratam adequadamente as condições geológico-geotécnicas necessárias ao 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 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>
200	<p>Campanhas de investigação contando com execução por empresas qualificadas e profissionais especializados, cujas opiniões são acatadas pelo Investidor.</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 dos resultados, vinculados às unidades e aos condicionantes geológicos, apresentação em modelos 2D ou 3D.</p> <p>Indicação de índices físicos e mecânicos às unidades e aos condicionantes geológico-geotécnicos, 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 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 qualificada, da 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>300</p>	<p>Atende ao descrito acima para o LOD200, acrescido por ensaios e análises mais especializadas, focados em problemas geotécnicos específicos, como previsão de adensamento de aterros sobre solos moles, 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>Corresponde ao LOD200 em modelagem 3D (em 2D caso obras simples).</p> <p>Contém um maior detalhamento do modelo, 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 qualidade, com a limitação inerente à investigação de subsuperfície ser do tipo indireta ou semidireta, e que somente atingirá nível máximo de qualidade 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>500</p>	<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 obra; - 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>LOD 300 acrescido de maior detalhamento do modelo, com a incorporação das informações de “como-construído/<i>as built</i>”, de resultados da instrumentação e das análises da geologia estrutural e da sismicidade natural e induzida.</p> <p>Durante a operação 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 qualidade 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 a modelagem anterior (LOD 300) devem ser analisadas dentro dos conceitos de gestão de riscos, visando avanço tecnológico, segurança, administração de custos e acúmulo de experiências para outros projetos.</p>