

BIM Geotécnico: Digitalização de Dados de Sondagens para Modelagem de Informação do Subterrâneo

Matheus Lima de Barros

Engenheiro Civil, Mestre, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, matheuslb.eng@gmail.com

André Luís Brasil Cavalcante

Professor Associado, Doutor, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, a brasil@unb.br

Eleudo Esteves de Araújo Silva Júnior

Professor Associado, Doutor, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, eleudo@unb.br

RESUMO: A transformação digital da engenharia tem revolucionado a forma de gerenciar as informações de uma construção. Diante do contexto de novas tecnologias e a adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Brasil, o objetivo deste trabalho é propor um fluxo de trabalho para digitalização e a modelagem 3D de sondagens à trado mecanizado, destacando benefícios e limitações em um estudo de caso. Para isso foi proposto um fluxo de trabalho composto pelas etapas i) tratamento de dados no Microsoft Excel; ii) importação dos dados no Autodesk Civil 3D; iii) apresentação de resultados no Autodesk Navisworks. A modelagem das sondagens foi realizada incluindo informações como coordenadas, profundidade de camadas, descrições de materiais e resultados de ensaios. Os objetos dinâmicos no contexto do BIM facilitam revisões de projeto e permitem representações de múltiplas perspectivas. Destaca-se a necessidade da padronização de informações e o georreferenciamento correto dos modelos. O modelo foi exportado para o Autodesk Navisworks, garantindo consistência geométrica e das propriedades. A adoção do BIM é crescente na indústria da construção. Incertezas das condições do subterrâneo impactam decisões de obras e custos, assim, a digitalização de dados de sondagens contribui para tomadas de decisão e gestão de riscos.

PALAVRAS-CHAVE: BIM Geotécnico, Investigações de Campo, Sondagem.

ABSTRACT: The digital transformation of engineering has revolutionized the way construction information is managed. In the context of new technologies and the adoption of Building Information Modeling (BIM) in Brazil, this work aims to propose a workflow for digitizing and 3D modeling mechanized auger borings, highlighting the benefits and limitations through a case study. The proposed workflow consists of the following steps: i) data processing in Microsoft Excel; ii) data import into Autodesk Civil 3D; iii) presentation of results in Autodesk Navisworks. The boreholes were modeled, incorporating information such as coordinates, layer depths, material descriptions, and test results. Within the BIM context, dynamic objects facilitate design revisions and enable representations from multiple perspectives. The importance of standardizing information and accurately georeferencing the models is emphasized. The model was exported to Autodesk Navisworks, ensuring geometric and property consistency. The adoption of BIM is growing in the construction industry. Uncertainties of underground conditions impact construction decisions and costs; thus, digitizing borehole data contributes to improved decision-making and risk management.

KEYWORDS: Geotechnical BIM, Field Investigations, Survey.

1 INTRODUÇÃO

A transformação digital da engenharia tem revolucionado a forma de gerenciar as informações de uma construção. A adoção de novas tecnologias favorece a integração e a automação de processos de engenharia, o que pode contribuir para uma maior qualidade dos projetos e em reduções de prazos em cronogramas. No âmbito da Engenharia Geotécnica, a modernização na coleta e armazenamento de dados de campo facilita a consolidação das informações e a sua consulta por diferentes agentes.

Em obras geotécnicas, como túneis, barragens, contenções e fundações, incertezas do modelo geológico-geotécnico podem acarretar em aumentos de custos e atrasos de cronogramas de obras (Paraíso da Mata & Pinho, 2016). Campanhas de investigação adequadas ao contexto e a gestão inteligente dos dados geotécnicos minimizam tais riscos.

Diante do contexto de novas tecnologias e a disseminação da Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM) no Brasil, o objetivo deste trabalho é propor um fluxo de trabalho para digitalização e a modelagem 3D de sondagens à trado mecanizado, destacando benefícios e limitações. Como estudo de caso, serão utilizados dados da área piloto do Projeto Plataforma de Monitoramento em Tempo Real do Risco da Perda de Recarga de Aquíferos em Internet das Coisas para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos em Cidades Inteligentes (GeoPARLARE).

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Modelagem da Informação da Construção (BIM)

Building Information Modeling (BIM) é um conjunto de políticas, processos e tecnologias para gerenciar o fluxo de informações em projetos do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Os modelos virtuais apresentam informações relevantes e coerentes com as fases do ciclo de vida do empreendimento, desde as fases iniciais de conceituação às finais de demolição ou reforma, o que é uma evolução da forma de projetar frente ao *Computer Aided-Design* – CAD (CBIC, 2016).

No setor de AECO, muitos casos práticos de usos do BIM em projetos de edificações foram desenvolvidos nos últimos anos. Na área de infraestruturas, o uso do BIM está em ascensão e frequentemente associado ao uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ou *Geographic Information Systems* (GIS). O intuito é acoplar as informações de projeto e de construção no ambiente geográfico (Cursino *et al.*, 2021).

O uso do BIM foi promovido em nível federal no Brasil com a publicação de decretos, como o Decreto nº 11.888/2024, no qual atualizou a Estratégia BIM BR, a estratégia nacional da difusão do BIM e seus benefícios. O Decreto nº 10.306/2020 também exerceu papel importante ao estabelecer o uso do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia por órgãos e entidades federais (Planalto, 2024).

2.2 BIM Geotécnico

Pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), o BIM Geotécnico pode ser definido como o conjunto de procedimentos, inspirados no BIM, para a integração das atividades geotécnicas (AGS BRASIL, 2023). Pode-se entender, portanto, que o BIM Geotécnico é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que visa a elaboração e a gestão de modelos digitais de informação do subterrâneo, com o intuito de viabilizar usos do interesse geotécnico.

Estudos de investigação e reconhecimento do espaço subterrâneo, acompanhados da execução de ensaios de campo e de laboratório, constituem uma das primeiras etapas de projetos de engenharia. Uma grande quantidade de dados geotécnicos é produzida em empresas de maneira independente, de forma a atender requisitos específicos do agente demandante, sem o uso de padrões de armazenamento e de apresentação (Oliveira *et al.*, 2021). A construção de um banco de dados de informações geotécnicas torna-se um desafio.

Tawelian & Mickovski (2016) recomendam a utilização de formatos de dados interoperáveis, ou seja, que possam garantir o fluxo de informações entre distintas ferramentas e empresas. Como exemplos, podem-se citar o formato *Comma Separated Value* (CSV) e o formato da *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists* (AGS).

3 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para a elaboração do artigo foi proposto um fluxo de trabalho ilustrado na Figura 1 com três etapas:

- Tratamento de dados para padronização no Microsoft Excel: nessa etapa os arquivos dos relatórios de sondagem à trado mecanizado foram analisados para entendimento da variedade das amostras. Uma base de dados foi estruturada no Microsoft Excel contendo a identificação de cada sondagem, profundidade das amostras, descrição do material e resultados de ensaios de laboratório executados após a coleta em campo.
- Importação dos dados na extensão Modelador Geotécnico ou *Geotechnical Modeler* do Autodesk Civil 3D: a partir dos dados estruturados na etapa anterior, os arquivos em formato CSV e AGS foram importados na extensão de modelagem geotécnica do programa Autodesk Civil 3D, ferramenta comum na elaboração de projetos de infraestrutura. As sondagens foram modeladas como objetos do tipo Sólidos 3D e as propriedades correspondentes foram atribuídas para cada camada por meio do comando *Define Property Sets*.
- Apresentação de resultados no Autodesk Navisworks: na última etapa, o modelo gerado foi exportado para a ferramenta Navisworks, comum na coordenação de projetos BIM, de forma a atestar a interoperabilidade das geometrias e das propriedades do modelo.

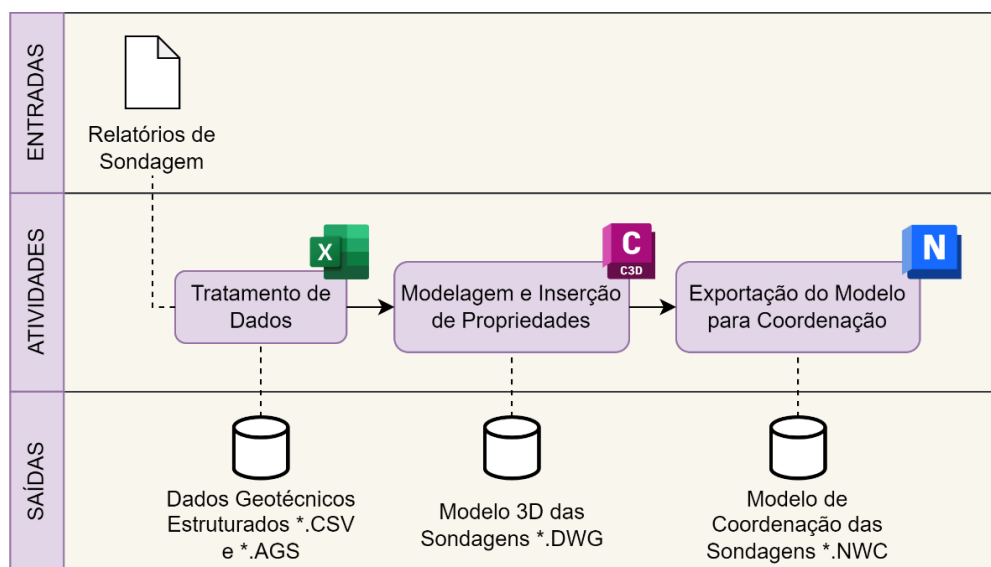


Figura 1. Fluxo de Trabalho Proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área do estudo de caso está situada na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), sendo um local estratégico de monitoramento no contexto do Projeto GeoPARLARE. Na Figura 1, apresenta-se a Carta de Localização com o posicionamento das sondagens à trado mecanizado executadas para entendimento da estratigrafia local.

A partir da análise e leitura dos relatórios de campo, os dados foram estruturados conforme as especificações de importação da ferramenta de modelagem. Ressalta-se nesse ponto que a depender da variabilidade de relatórios da campanha de sondagens pode haver um esforço manual significativo na digitalização, visto que cada empresa de investigação possui um padrão próprio.

A área piloto caracteriza-se pela presença de cambissolos, latossolos e gleissolos segundo o mapa pedológico do Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA). Os cambissolos e os latossolos constituem em torno de 90% do território do Distrito Federal (DF), onde foram realizadas as sondagens à trado (ST) mecanizado ST-01 a ST-04 (IPE-DF, 2020). A ST-01 e ST-03 foram executadas em latossolos, enquanto as sondagens ST-02 e ST-04 foram executadas em áreas de cambissolo. A sondagem ST-05 foi executada em uma região classificada com a presença de gleissolos, materiais considerados hidromórficos. Para todas as

amostras coletadas foram disponibilizados os resultados de ensaios de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP), densidade real dos grãos (Gs) e classificação S.U.C.S. (Sistema Unificado de Classificação de Solos).

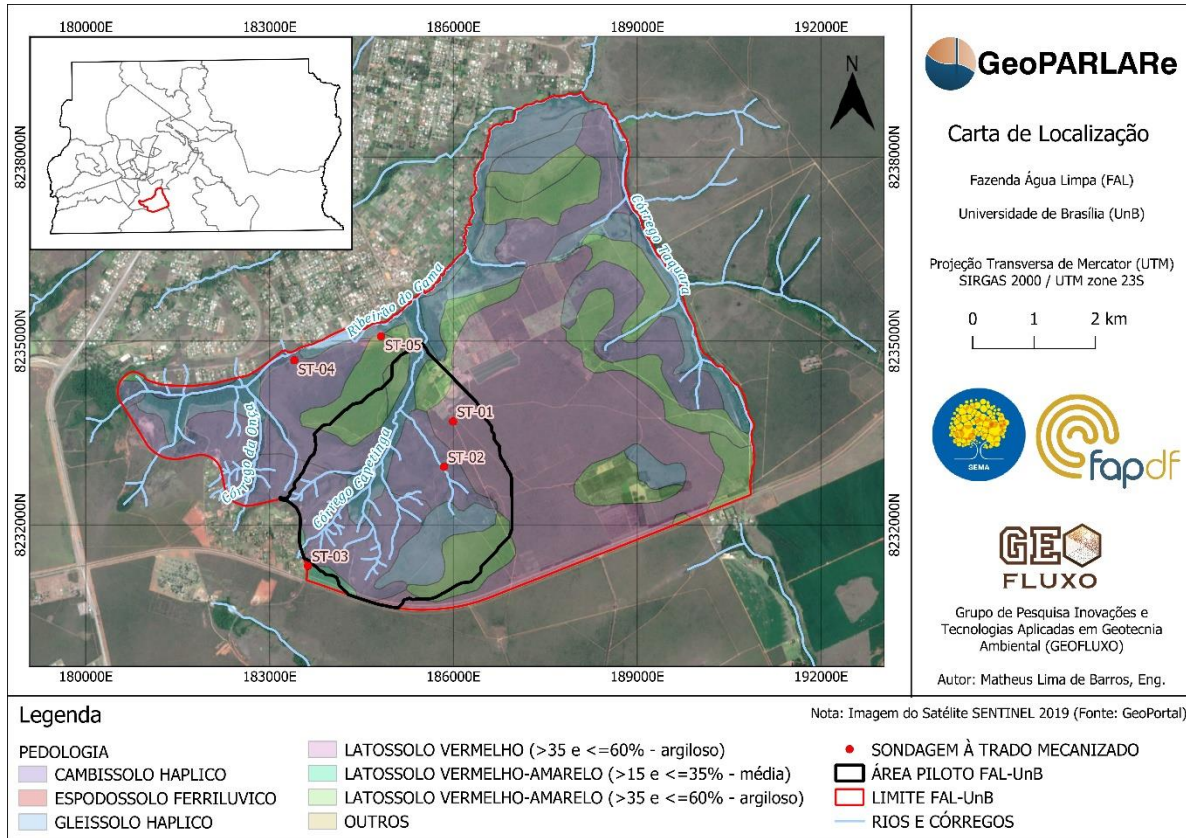


Figura 2. Área de Estudo e Localização de Sondagens.

Os dados tratados em formato CSV foram importados pela extensão *Geotechnical Modeler* no Autodesk Civil 3D, em que foi realizado um mapeamento das informações incluindo as coordenadas em planta X e Y, profundidade de topo e de fundo de cada amostra da sondagem e a descrição dos materiais. Na Figura 3, apresentam-se duas das sondagens com a superfície do terreno em visualização 3D.

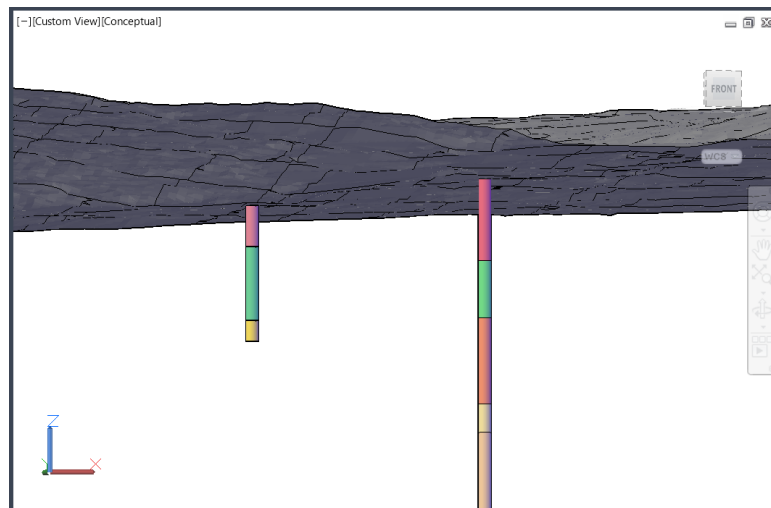


Figura 3. Visualização das Sondagens e da Superfície de Terreno.

Destaca-se a importância da configuração do sistema de coordenadas para o georreferenciamento do modelo. A distribuição espacial de investigações afeta de forma significativa decisões de projetos, o que evoca a relação da engenharia com informações geográficas.

De forma geral, as sondagens ST-01 a ST-04 foram classificadas como siltes inorgânicos de baixa plasticidade. Enquanto a ST-05 foi classificada como silte inorgânico de alta plasticidade, coerente com a categoria de gleissolo apontada no mapa do SISDIA. Essa região é próxima do Córrego Capetinga, o que reforça o excesso de umidade local para a ocorrência de fenômenos de hidromorfia. Dentre as sondagens realizadas não foi identificado o nível de água, o que pode indicar a ocorrência de aquíferos profundos, predominantes na região do Distrito Federal (DF).

Na Figura 4 apresenta-se um perfil longitudinal na área piloto com a representação de uma das sondagens e as respectivas informações das camadas. Caso haja uma atualização das informações das camadas da sondagem ST-02, o perfil automaticamente é corrigido com a importação dos novos dados. No contexto de modelagem de informação, destacam-se os ganhos de tempo em revisões de dados pela adoção de objetos paramétricos dinâmicos. Diferentemente de um ambiente CAD, onde todas as linhas, textos e demais elementos devem ser atualizados de forma manual.

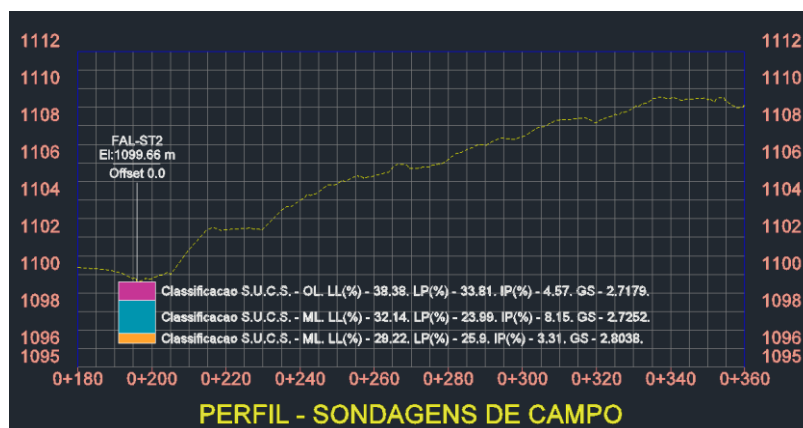


Figura 4. Visualização de Sondagens em Perfis Longitudinais.

A modelagem das sondagens, dessa forma, foi exportada para o Autodesk Navisworks com a geometria das camadas e as propriedades. O modelo de coordenação possibilita a visualização e a compatibilização de disciplinas de projeto, diferentemente das ferramentas de modelagem cujo foco está na criação de objetos. A interoperabilidade entre as ferramentas deve garantir a consistência gráfica e não gráfica dos conteúdos importados, o que foi possível constatar no fluxo de trabalho proposto.

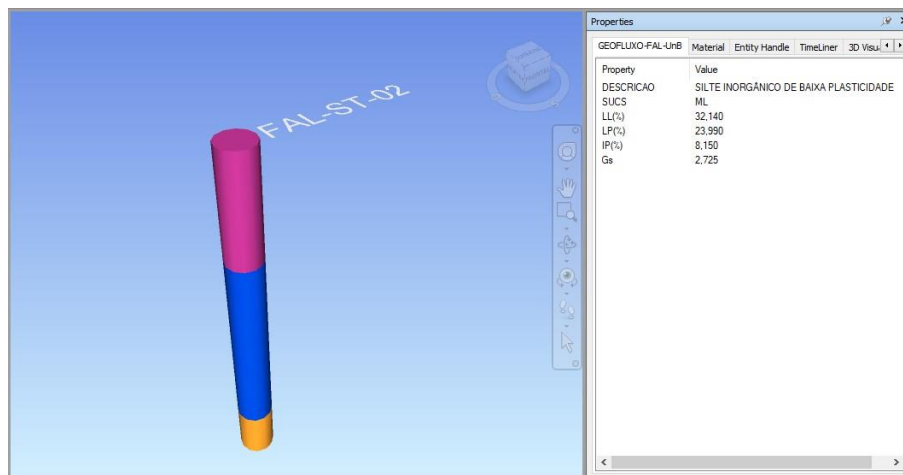


Figura 5. Visualização de Sondagens no Modelo de Coordenação BIM.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do BIM é crescente na indústria da construção e as legislações brasileiras cada vez mais recomendam a sua implementação. As incertezas das condições do subterrâneo impactam decisões de obra e afetam custos, o que pode ser mitigado com a elaboração de campanhas de sondagem e a gestão inteligente das informações.

Nesse artigo foi apresentado um estudo de caso de digitalização de sondagens à trado mecanizado. As ferramentas adotadas no fluxo de trabalho proposto apresentaram interoperabilidade, garantindo consistência geométrica e de propriedades. A utilização de novas tecnologias para modelagem no contexto geotécnico está associada à consolidação de bancos dados estruturados, o que enfatiza a importância do incentivo para aplicação de padrões nacionais. A partir do tratamento de dados, muitos benefícios são observados, incluindo a identificação de áreas de atenção para mitigação de riscos, facilidade em revisões projetos e visualizações em múltiplas perspectivas.

Como recomendações futuras, sugere-se o estudo de bancos de dados geográficos e de padrões existentes para o contexto geotécnico. Além disso, o formato AGS pode ainda ser explorado como forma de tornar perene as informações de campanhas de sondagem entre os diversos atores envolvidos em uma obra e ferramentas de análise geotécnica.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 306975/2023-8) e pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF Projeto 00193-00001609/2023-44). Agradecem, também, o apoio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Proteção Animal do Distrito Federal (SEMA/DF), da Administração da FAL-UnB e das empresas SONDA pela parceria na execução das sondagens e Rural Tech no levantamento topográfico do terreno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGS BRASIL (2023). GLOSSÁRIO / CONCEITOS BÁSICOS. Disponível em: <http://www.padraoags.com.br/arquivos/Glossario.pdf>. Acesso em Junho de 2023.
- CBIC (2016). Volume 01 - Fundamentos BIM : Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Brasília, Brasil.
- Cursino, P.L.S., Machado, F.A. & Scheer, S. (2021). A interface GIS / BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas. Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, 3, 1-15. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/602>. Acesso em Abril de 2022.
- IPEDF (2020). Atlas do Distrito Federal. Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal. Disponível em: <https://atlas.ipe.df.gov.br/>. Acesso em Junho de 2023.
- Oliveira, B.R. de, Souza, N.M. de, Silva, R.C. & Silva Júnior, E.E. de A. (2021). Tridimensional geotechnical database modeling as a subsidy to the standardization of geospatial geotechnical data. Soils and Rocks. ISSN 26755475, 44(4): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.28927/SR.2021.073321>.
- Paraíso da Mata, P. & Pinho, F.F.S. (2016). BIM-GGIM : conceitos e aplicações na geotecnia. 15CNG/8CLBG – 15º Congresso Nacional de Geotecnia/8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia. FEUP, Porto, Portugal.
- Planalto (2024). Decreto N° 11.888, de 22 de Janeiro de 2024. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Secretaria-Geral, Presidência da República. Brasília, DF.
- SEMA/DF (2024). Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e de Proteção Animal do Distrito Federal. Disponível em: <https://sisdia.df.gov.br/home/>. Acesso em Abril de 2024.
- Tawelian, L.R. & Mickovski, S.B. (2016). The implementation of geotechnical data into the BIM process. Procedia Engineering. ISSN 18777058, 143(Ictg): 734-741. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.115.