EXTENSÃO DO ESQUEMA IFC PARA MODELAGEM DO MACIÇO EM PROJETOS DE TÚNEIS COM USO DO BIM[1]

PASCOAL JÚNIOR, J., Universidade de São Paulo, email: jairo.pascoal@usp.br; DE MIO, G., e-GEO Ltda, email: gdemio@e-geoinfo.com.br; PRADO, F.S., Instituto Mauá de Tecnologia, email: fabio.prado@maua.br; CORRÊA, F.R., Universidade de São Paulo, email: fabiano.correa@usp.br; SANTOS, E.T., Universidade de São Paulo, email: etoledo@usp.br

ABSTRACT

This paper analyses and comments on the current stage of application of Building Information Modelling (BIM) for infrastructure projects with an emphasis on projects with underground structures based on concepts already used for building projects. It shows the complexity of projects involving ground because, as it has a very large number of variables, it is difficult to analyse. These ground characteristics, after analysed, can be stored in a network and made available to all project stakeholders. The AGS standard is used so that all can read this data. A major challenge is to be able to turn that data into IFC format, so that the projects involving ground have the interoperability required by BIM. Thus, an extension of the IFC scheme is proposed, so that the modelling of the ground is feasible in projects with the use of BIM.

***Keywords**: BIM. Infrastructure. Tunnels. IFC. Ground. AGS.*

1 INTRODUÇÃO

Os processos BIM – *Building Information Modelling*, em português Modelagem da Informação da Construção, têm seu conceito sendo estudado desde os anos 1970, onde um protótipo de trabalho, o *Building Description System*, publicado por Charles M. Eastman no extinto *Journal* AIA em 1975 apresentava conceitos de BIM atualmente correntes e difundidos. O termo *Building Modelling* tem seu uso documentado e com o sentido aplicado nos dias de hoje datado de 1986 em um artigo de Robert Aish. Já o termo *Building Information Model* teve seu primeiro uso documentado, também com o sentido aplicado nos dias de hoje, em artigo de G.A. Van Nederveen e F. Tolman datado de 1992. Já o termo *Building Information Modelling data* do início dos anos 2000 (EASTMAN et al., 2014).

A aplicação do BIM em empreendimentos imobiliários vem ocorrendo comercialmente desde os anos 2000 em alguns países como Reino Unido, Hong Kong, Cingapura, Nova Zelândia e Estados Unidos.

Nos empreendimentos de infraestrutura, o BIM tem-se desenvolvido na década atual e, em particular, de maneira mais expressiva nas estruturas subterrâneas e túneis somente nos últimos quatro anos. Internacionalmente, alguns países tomaram a decisão estratégica de adotar o BIM como padrão para suas contratações públicas, o que acarretou a disseminação da competência dos processos BIM de modo transversal na indústria de arquitetura, engenharia e construção. No Brasil, projetos de infraestrutura

[1] PASCOAL JÚNIOR, J. et al. Extensão do esquema IFC para modelagem do maciço em projetos de túneis com uso do BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

com aplicação do BIM ainda não estão acontecendo de modo significativo.

Os túneis e as estruturas subterrâneas são elementos que compõem diferentes tipos de empreendimentos de infraestrutura como rodovias, ferrovias, sistemas metroviários, sistemas de coleta e tratamento de esgoto, geração de energia, dentre outros. Mas, sempre sendo desenvolvido debaixo do nível da superfície. Assim, a modelagem do maciço nestes casos ganha importância diferenciada em relação àquela que tem nos empreendimentos imobiliários e de infraestrutura ao nível da superfície. O atual estágio de desenvolvimento do esquema de dados IFC não possibilita a modelagem do subterrâneo.

Este artigo objetiva apresentar proposta de extensão do esquema IFC para representação dos dados geológicos e geotécnicos para projetos de túneis.

O método de pesquisa adotado para o trabalho é o da pesquisa construtiva (*constructive research* ou *design science research*).

Como resultado, é apresentada proposta inicial de extensão do IFC para modelos de dados de produtos da construção para descrever o maciço a partir de suas características geotécnicas com base na interpretação geológica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Industry Foundation Classes* (IFC)

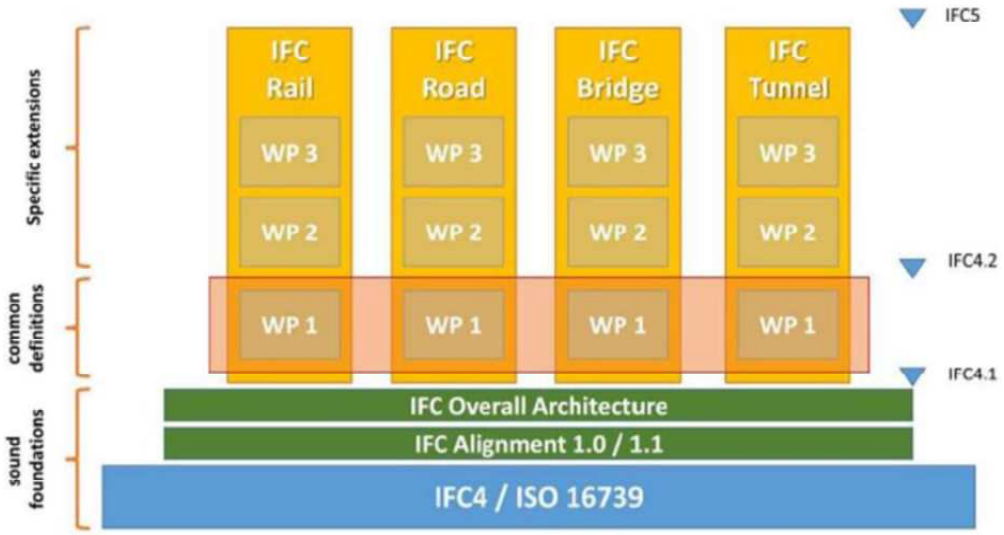
O IFC é um dos principais modelos de dados de produtos de construção que representa geometria, relações, processos, materiais, desempenho, fabricação e outras propriedades necessárias para o projeto e a produção. O formato neutro do IFC possibilita o intercâmbio de modelos entre os diferentes softwares utilizados por especialistas de várias disciplinas, viabilizando assim a interoperabilidade (EASTMAN et al., 2014).

O IFC4, lançado em 28 de fevereiro de 2013, incorporou a entidade IfcCivilElement, introduzindo um novo elemento para projeto de infraestrutura em seu esquema de dados. Com isto, projetos de infraestrutura passaram a aplicar os processos BIM e a demandar evolução do modelo de esquema de dados para que os empreendimentos de infraestrutura sejam desenvolvidos em BIM, sob a representação em IFC. Em Julho de 2015, a extensão IfcAligment foi aceita como padrão oficial da *BuildingSmart International* – bSI e disponibilizada para aplicação, ampliando a capacidade do esquema IFC de descrever produtos de construção para os projetos de infraestrutura. Com a versão IFC 4.1, lançada em 2017, o IfcAligment é incorporado e integrado ao esquema IFC para projetos de infraestrutura com alinhamento de curvas e sólidos, como indicado na Figura 1 e denominado de *sound foundations*.

Em resposta a esta demanda, o projeto 1 de extensão da bSI para o IFC 5, contemplará de modo integrado as extensões de infraestrutura (IFCs *Alignment*, *Bridge*, *Road*, *Rail* e *Tunnel*), como representado na Figura 1 e

com previsão atual de lançamento para o início dos anos 2020.

Figura 1 – Estrutura geral do Projeto 1 de extensão da bSI



Fonte: (DOHMEN; EICHLER, 2017)

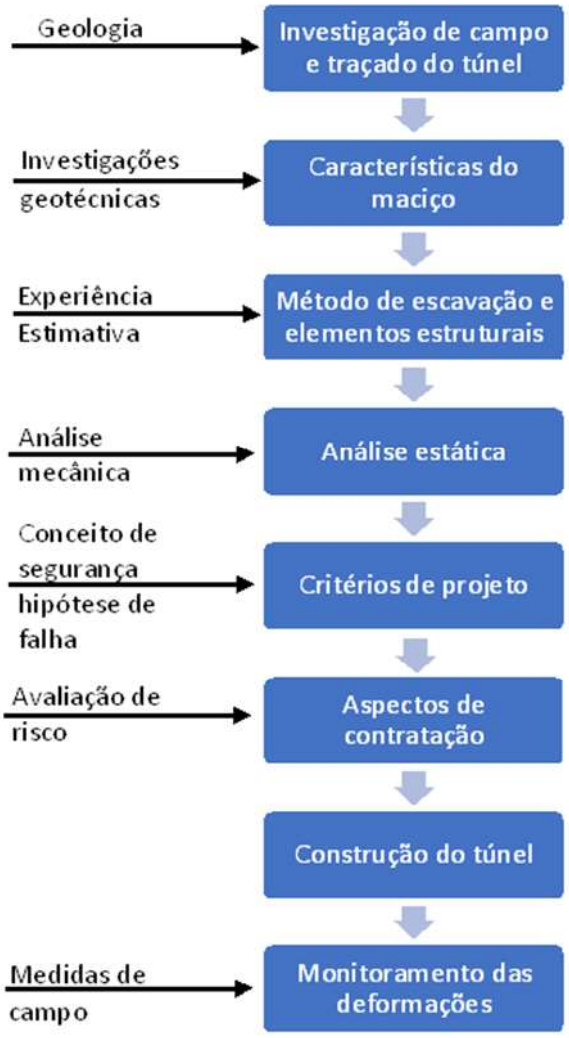
2.2 Projeto de Túneis

Segundo a Associação Internacional de Túneis – ITA (ITA, 1988) para a elaboração dos projetos de túneis é requerido uma participação interdependente entre as seguintes disciplinas:

- Geologia;
- Engenharia geotécnica;
- Tecnologia de escavação;
- Engenharia de estruturas.

Segundo a ITA, os principais elementos envolvidos no projeto de túneis podem ser visualizados no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxo de atividades de projeto de túnel



Fonte: Adaptado de ITA (1988)

2.3 Maciço

Como o maciço não é um produto fabricado onde suas propriedades, características e comportamentos são conhecidos para serem especificados para a produção, faz-se necessário a realização de estudos iniciais para sua identificação e conhecimento.

Atividades como a seleção de traçados, a definição de método construtivo e as velocidades de avanço sofrem influência direta das condições do maciço. Túneis são obras lineares, que atravessam diferentes situações geológicas e que são posicionados em diferentes profundidades, a depender de seus usos, da topografia do local e demais critérios de projeto.

As investigações geológico-geotécnicas de túneis são abrangentes e envolvem a compilação de informações de mapeamentos superficiais topográficos e geológicos, inspeções e análises de fotografias aéreas e imagens de satélite, análises de sondagens de obras anteriores, entre outras. Essas informações orientam a programação de uma campanha de

investigação por sondagens, ensaios geofísicos e ensaios especiais, com o propósito de descrever as características do maciço que são estimadas a partir das investigações e das interpretações da geologia de superfície e topografia. Esses aspectos são definidos em fase de projeto e orientam a setorização geológico-geotécnica do túnel, onde cada setor requer procedimentos e métodos específicos de construção em função das características da geologia e da hidrogeologia.

A necessidade de um formato padrão de transmissão de dados geotécnicos foi percebida no início da década de 90 por profissionais do Reino Unido que desenvolveram e propuseram o formato padrão AGS para transmissão de dados geotécnicos e geoambientais em 1992, constituindo assim uma associação denominada *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists* (www.ags.org.uk). O AGS é um formato de intercâmbio dos dados de investigações geológicas constituído por um dicionário com algumas regras e um conjunto de cabeçalhos (Campos) que descrevem todos os aspectos das investigações. Estes cabeçalhos são organizados em tabelas, com dados similares agrupados em arquivos no formato texto.

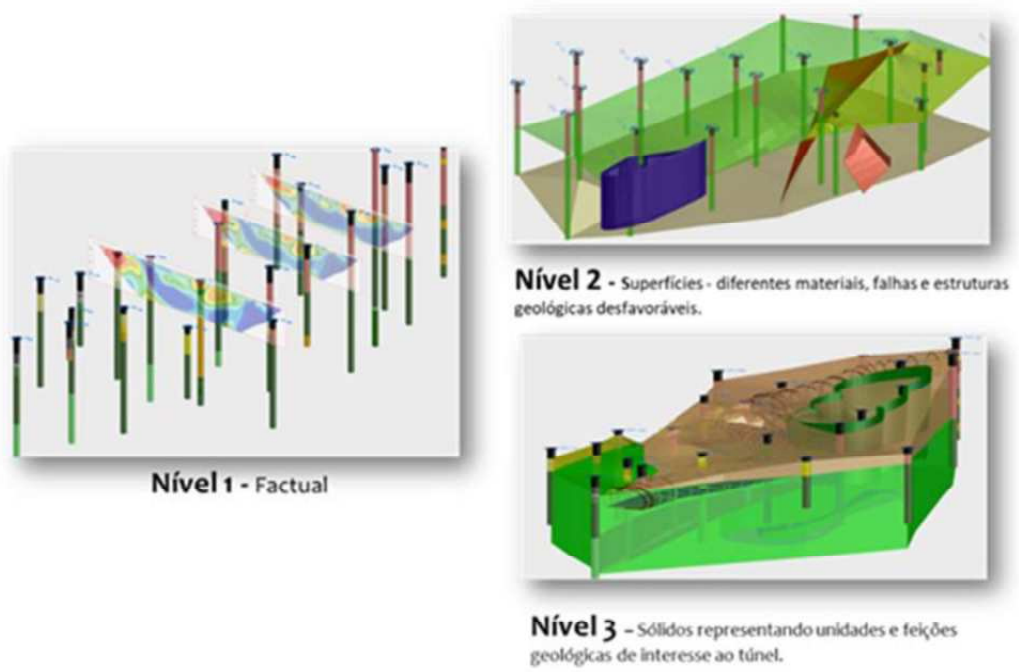
3 MODELAGEM DE DADOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

A complexidade geológica requer simplificações no desenvolvimento e na utilização dos modelos digitais tridimensionais. A identificação do Modelo Geológico que determina a natureza e os tipos de materiais, suas distribuições espaciais e as macroestruturas condicionam as interpretações de continuidade das feições e de camadas geológicas, definindo as inter-relações entre as diferentes unidades geológicas e controlando a forma como os dados são integrados e interpretados. A modelagem dos dados geológicos requer uma simplificação da complexidade geológica, porém sem perder informações que sejam importantes para o cenário de projeto em estudo. Uma pequena camada de areia ou fratura, de poucos centímetros, pode ser uma feição responsável pelo afluxo de água ao interior da escavação e paralização da obra, devendo então ser representada no modelo, caso existam evidências de dados factuais ou interpretativos. Com isto, destaca-se que a modelagem geológico-geotécnica de projetos de túneis deve ser desenvolvida de forma específica para os cenários geológicos e de projeto identificados; uma mesma base de dados pode resultar em modelagens distintas, a depender dos cenários identificados e da equipe envolvida.

São criados modelos tridimensionais que representam os dados factuais das investigações, ou seja, os logs tridimensionais das sondagens, com as classificações geológicas visualizadas em diferentes cores; os resultados de ensaios, com N_{SPT}, K, q_c, etc.; os resultados de ensaios geofísicos; posições e símbolos representando as amostras para ensaios laboratoriais, entre outros. Em um segundo estágio de interpretação, a integração destes dados com os mapeamentos de superfície proporciona a identificação das principais superfícies de transição solo-rocha, de falhas, ou mesmo de zonas anômalas

com potencial influência na obra do túnel. Com o avanço das interpretações e de acordo com os objetivos atingíveis do projeto, são delimitadas as principais unidades geológico-geotécnicas. Neste estágio de interpretação, as feições e unidades geológicas representadas no modelo geológico digital são confrontadas com o modelo digital do produto de construção túnel. Na Figura 3 são exemplificados modelos geológicos digitais com diferentes níveis de interpretação dos dados geológico-geotécnicos.

Figura 3 – Fluxo de atividades de projeto de túnel



Fonte: Os autores

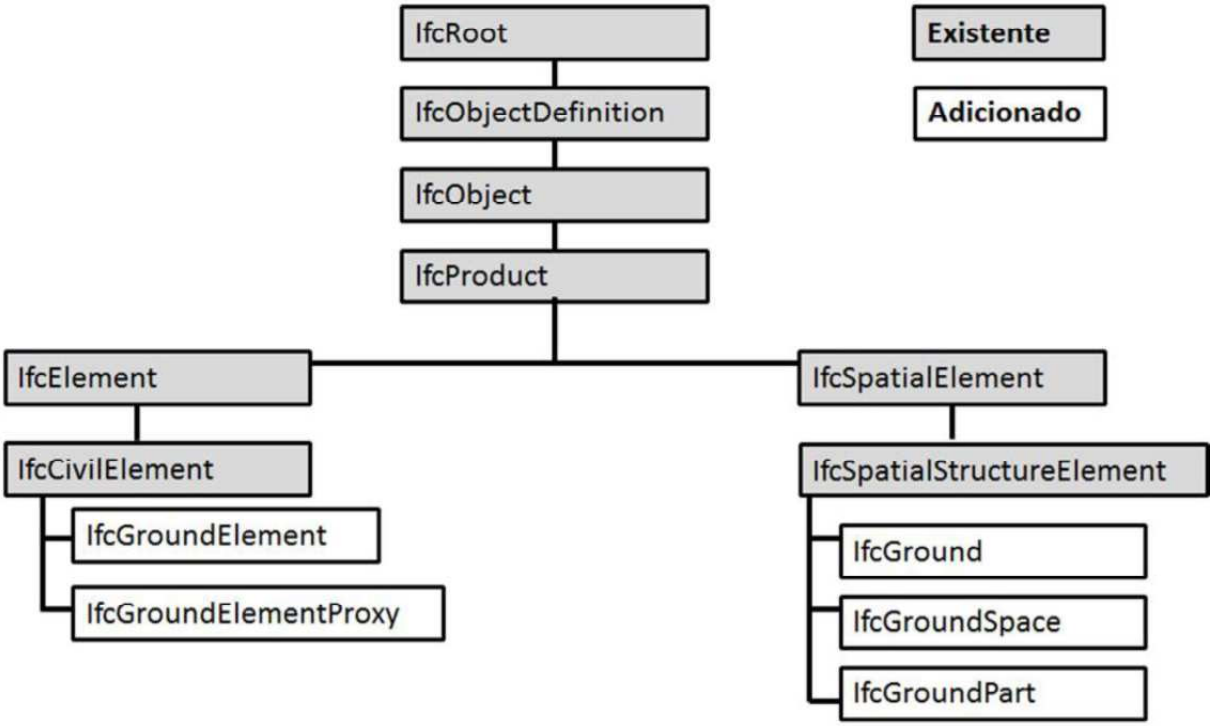
4 ESTRUTURA DO MODELO DE DADOS – EXTENSÃO DO IFC

A modelagem BIM pressupõe que os espaços sejam definidos e adequadamente localizados. Que estes espaços sejam caracterizados com elementos com propriedades e atributos. Assim, o maciço a ser modelado para integração ao projeto do túnel deve ser localizado e definido espacialmente para ser caracterizado com os diferentes tipos de rochas, solos e hidrogeologia nas diferentes partes do maciço (setores), devidamente dividido espacialmente para a aplicação ao projeto do túnel.

Dessa forma, a proposta de extensão do IFC para o modelo de dados do maciço representado na Figura 4 adiciona novas classes para a descrição espacial do maciço (IfcGround, IfcGroundSpace, IfcGroundPart) e para a descrição dos elementos do maciço (IfcGroundElement e IfcGroundElementProxy).

Os diferentes tipos de rochas, solos e hidrogeologia (IfcGroundElementType) serão tipos a serem associados ao IfcGroundElement e para cada tipo serão definidas as propriedades de interesse (Pset_GroundElementType).

Figura 4 – Proposta de Diagrama IFC – Modelo de Dados do Maciço.



Fonte: Os autores

O tratamento geométrico para a representação do maciço pode ser representado através de *voxels* (KOCH; VONTHRON; KÖNIG, 2017), sendo que o espaço maciço definido pela estrutura espacial (IfcGround e IfcGroundPart) é materializado pelo conjunto de *voxels,* e um subconjunto de *voxels* é instanciado para um tipo de elemento de maciço com propriedades que o descrevem (IfcGroundElement, IfcGroundElementType e Pset_GroundElementType).

Projetos de túneis são estruturados espacialmente. Esses devem ter um sítio (IfcSite), no qual o maciço a ser detalhado é alocado (IfcGround). Respeitando suas características geológico-geotécnicas o maciço é setorizado (IfcGroundPart). Um complexo de túneis de um empreendimento pode ser ordenado em unidades (IfcGroundSpace). A organização da estrutura espacial para o maciço representada na Figura 4 seguiu a lógica atual do IFC 4.1 para edificações, valendo-se destas equivalências: IfcGround com IfcBuilding; IfcGroundPart com IfcBuildingStorey; e IfcGroundSpace com IfcSpace.

O conceito, a semântica e a avaliação dos recursos já desenvolvidos e disponíveis atualmente no IFC 4.1 para aplicação à extensão do IFC representada na figura 4 são objeto de etapas futuras da pesquisa.

5 CONCLUSÕES

O maciço para ser descrito por um modelo de dados deve ser simplificado em função do uso da construção e do cenário (setorização).

As informações factuais das investigações geológicas geotécnicas devem

ficar disponíveis em um banco de dados acessível.

O modelo BIM do maciço representa a interpretação das informações factuais para o uso determinado na construção para um dado cenário.

As classes de elementos adicionadas para o modelo de dados do maciço em combinação com tipos de elementos (IfcElementType) e conjuntos de propriedades (Pset_ElementType) possibilita a descrição da geologia e suas propriedades.

REFERÊNCIAS

buildingSMART INTERNATIONAL LTD (Ed.). **buildingSMART for Infrastructure.** 2015. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects>. Acesso em: 15 dez. 2017.

buildingSMART INTERNATIONAL LTD (Ed.). **Schema Specifications.** 2017. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>. Acesso em: 15 dez. 2017.

DOHMEN, Philipp; EICHLER, Christoph. **IFC5.0 Underground Construction (former Tunnel):** General Information. 1.0 Zurich: buildingSMART International, 2017. 24 p. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects>. Acesso em: 15 dez. 2017.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM:** Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

ITA WG GENERAL APPROACHES TO DESIGN OF TUNNELS. Guidelines for the Design of Tunnels. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v.03, 1988. p 237-249.

KOCH, Christian; VONTHRON, Andre; KÖNIG, Markus. A tunnel information modelling framework to support management, simulations and visualisations in mechanised tunnelling projects. **Automation in Construction,** [s.l.], v. 83, p.78-90, nov. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.07.006.