

# INTEROPERABILIDADE DE FERRAMENTAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA EM PROJETOS DE PLANTAS INDUSTRIAIS

## Interoperability of parametric modeling tools in industrial plant designs

Ezequiel Rosa Dias<sup>1</sup>, Eduardo Marques Arantes<sup>1</sup>

**RESUMO** Este trabalho resulta de uma pesquisa de mestrado que investigou a troca de dados entre diferentes ferramentas BIM utilizadas por um grupo de empresas de Belo Horizonte na elaboração de projetos industriais. As principais fontes da pesquisa exploratória foram entrevistas não estruturadas e análises de documentações. Verificou-se que as empresas utilizam a modelagem 3D principalmente para visualização e verificação de interferências construtivas. As mesmas se encontram focadas na resolução de problemas de interoperabilidade em função da utilização simultânea de ferramentas BIM e de modelagem paramétrica industrial, mescla que pode induzir o uso de novas tecnologias pelo setor AEC à medida que projetos mais complexos são desenvolvidos pelo setor. A interoperabilidade entre os softwares utilizados ocorre preferencialmente por links diretos e padrões proprietários, em virtude de inexistência de definições normativas, fato que requer iniciativas de harmonizações entre padrões como IFC, CIS/2 e ISO-15926. Este estudo mostra que as disciplinas de projeto compõem um modelo digital 3D integrado. Contudo, o modelo integrado não dispõe de características paramétricas suficientes para o emprego de simulações do empreendimento como um todo. Para a gestão da modelagem, as empresas adotam uma ferramenta própria para criação de objetos paramétricos, tradução de modelos entre ferramentas não interoperáveis e gestão de listas de materiais. A pesquisa possibilitou a compilação do fluxo da troca de dados entre softwares, com a discriminação das linguagens utilizadas, das fases de projetos e das equipes envolvidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIM, Modelagem paramétrica de plantas industriais, Interoperabilidade.

**ABSTRACT** This study results from a master's research that investigated data exchange among different BIM tools used by a group of Belo Horizonte companies in the development of industrial plant designs. The main sources of the exploratory research were unstructured interviews and documentation analysis. We found that companies use 3D modeling mainly for visualization and clash detection. Companies are focused on solving interoperability problems due to the simultaneous use of BIM and industrial parametric modeling tools, a blend that can induce the use of new technologies for the AEC field to the extent that more complex designs are developed by this sector. The interoperability between the software occurs mainly by direct links and proprietary standards, due to the lack of normative definitions, a fact that requires harmonization initiatives between standards such as IFC, CIS/2 and ISO-15926. This study shows that the design disciplines comprise a 3D integrated digital model. However, the integrated model lacks enough parametric features for the whole building simulation. For management modeling, companies adopt their own tool for creating parametric objects, translation models between non-interoperable tools and bills of material management. This study led to the compilation of the data exchange flow between software, specifying the used extension, the design phases and the involved teams.

**KEYWORDS:** BIM, Industrial plant parametric modeling, Interoperability.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

### How to cite this article:

DIAS, E. R.; ARANTES E. M. Interoperabilidade de ferramentas de modelagem paramétrica em projetos de plantas industriais. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 35-46, jul./dez. 2015. <http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i2.101369>

### Fonte de financiamento:

Declararam não haver

### Conflito de interesse:

Declararam não haver

**Submetido em:** 31 jul. 2015

**Aceito em:** 14 set. 2015



## INTRODUÇÃO

A falta de interoperabilidade entre ferramentas de modelagem paramétrica é um paradigma a ser superado por empresas projetistas que objetivam desenvolver-se no tocante à tecnologia BIM – *Building Information Modeling*. Neste sentido, este trabalho objetivou investigar as formas pelas quais um grupo formado por quatro empresas de projeto em Belo Horizonte trabalha a questão da interoperabilidade entre os softwares utilizados na elaboração de projetos de plantas industriais. Neste estudo compilou-se um fluxograma descrevendo-se a troca de dados entre os diferentes softwares de modelagem utilizados pelas equipes nas diferentes fases de projetos. O alvo da pesquisa não se referiu a um estudo de caso específico. O fluxograma foi elaborado à luz de um processo idealizado junto ao grupo pesquisado, com duração padrão de 12 meses, de forma que esse mapeamento pudesse representar qualquer processo de projeto (design) desenvolvido pelas empresas pesquisadas, como projetos de Mineração, Siderurgia, Metalurgia, Óleo e Gás, etc. Como a projeção nessas indústrias envolve diversas especialidades de projeto e equipamentos de custo elevado, é de se esperar que essas indústrias sejam rigorosas quanto à representatividade dos modelos digitais, que envolvem uma gama de sistemas computacionais muitas vezes desconhecidos pela Construção Civil. A partir dessa hipótese, espera-se que as metodologias adotadas em projetos industriais, assim como os avançados sistemas computacionais utilizados, possam trazer contribuições para o setor AEC, não somente pela diversidade tecnológica, mas também pelas possibilidades de interoperabilidade requerida associada à gama de sistemas utilizados. Essas possíveis contribuições das empresas de projetos industriais ao setor AEC justificam o desenvolvimento deste trabalho. Como o grupo pesquisado adota softwares de modelagem de diferentes indústrias, esperava-se que a maioria das trocas entre ferramentas ocorresse em formatos de padrão proprietário, dada a complexidade de se encontrarem soluções abertas que deem suporte à modelagem integrada voltada a duas ou mais indústrias.

## FUNDAMENTAÇÃO

De acordo com Müller (2011), apesar da grande e recente evolução das Tecnologias da Informação (TIs) voltadas à Construção Civil, os sistemas computacionais nem sempre são suficientemente robustos ao ponto de darem suporte ao trabalho conjunto, ou seja, não são interoperáveis.

A interoperabilidade retrata a necessidade de transmissão de dados entre diferentes aplicativos, permitindo a contribuição de diferentes especialistas e aplicações ao trabalho de toda a equipe envolvida no empreendimento. Essa possibilidade de troca elimina a necessidade de repetição de entradas de dados gerados, além de facilitar os fluxos de trabalho e a automação no processo de projeto (EASTMAN et al., 2011).

De acordo com Shen et al. (2010), a interoperabilidade traduz a capacidade de certos dados – gerados por uma parte específica – serem corretamente interpretados por outras partes. Segundo os autores, esse é o primeiro passo para qualquer integração de sistemas e colaboração. A tecnologia que permite a interoperabilidade de dados é a modelagem desses.

Segundo Eastman et al. (2011), a partir do final dos anos 1980, modelos de dados foram desenvolvidos para darem suporte ao intercâmbio de modelos de produtos e de objetos entre diferentes indústrias, esforço esse liderado pelas normas internacionais ISO (*International Organization for Standardization*). As normas de modelos de dados são desenvolvidas tanto pelas organizações ISO quanto pelos esforços liderados pela indústria, ambas utilizando a mesma tecnologia, mais especificamente a linguagem de modelagem de dados Express.

Como pode ser lida por computador, a linguagem Express possui múltiplas aplicações, incluindo um formato compacto de arquivo de texto, definições de esquemas em bancos de dados SQL (*Structured Query Language*) e orientados a objetos, bem como esquemas em XML. A interoperabilidade pode ocorrer de quatro maneiras distintas: links diretos (conexão integrada entre duas aplicações de diferentes desenvolvedores), formato proprietário (interoperabilidade entre aplicativos de uma mesma empresa desenvolvedora de software), formato público e padrões de trocas baseados em XML (EASTMAN et al., 2011).

Para Shen et al., (2010), por causa do grande número de parceiros multidisciplinares envolvidos em projetos da construção, a indústria AEC tem se empenhado no desenvolvimento de normas internacionais e industriais voltadas à interoperabilidade. Algumas dessas normas são desenvolvidas para projetos e especificações de edifícios em geral. Outras se voltam à interoperabilidade de indústrias específicas, como a indústria do aço e do concreto pré-moldado. De acordo com os autores, muitos desses padrões compartilham uma base tecnológica comum com a norma ISO-STEP. Os autores citam os padrões IFC, CIS/2 e ISO 15926 (voltada a projetos industriais) como as três maiores nesta área.

Existem vários modelos de dados de produtos da construção com sobreposição de funcionalidades, todos utilizando a linguagem Express. Esses modelos variam em relação às informações AEC que representam e à utilização pretendida, contudo, com sobreposições ou interfaces comuns. Por exemplo, o IFC pode representar geometrias construtivas, assim como a ISO 15926. Existe sobreposição entre o CIS/2 e o IFC no projeto de aço estrutural e entre a ISO 15926 e o IFC nas áreas de tubulações e equipamentos mecânicos. Esses esforços, segundo Eastman et al. (2011), necessitam ser harmonizados.

Atualmente, esforços de harmonização de interfaces entre os padrões da construção como o IFC e a ISO 15926 podem ser vistos nos trabalhos de Liebich (2013) pelo *Building Smart*. De acordo como o autor, o IFC, que tem suas origens nos anos 1990 e que está em sua quarta versão (IFC4 ou IFC2x4), busca, em um futuro próximo, apoiar atividades construtivas de outros setores. O próximo passo deste padrão (IFC5) focará na harmonia de interfaces com outros setores industriais e infraestrutura em geral. Essa abordagem, segundo o autor, não será realizada apenas pelo Comitê Técnico ISO/TC 59, mas em harmonia e colaboração com os grupos relacionados.

Eastman et al. (2011) salientam que enquanto alguns afirmam que o IFC e as normas públicas são a única solução para a interoperabilidade entre ferramentas BIM, outros dizem preferir os padrões proprietários, uma vez que o movimento das normas públicas para tratar questões não resolvidas é muito vagaroso.

## MÉTODO

Esta investigação se insere no contexto de Pesquisa Exploratória, que, de acordo com Gil (2002), objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. O grupo pesquisado é formado por uma empresa de projetos industriais (Empresa A), uma empresa de automação de projetos (Empresa B), uma empresa de projeto em estruturas metálicas (Empresa C) e uma de projeto em estruturas de concreto (Empresa D).

As fontes desta pesquisa foram aquelas comumente adotadas na área de Gestão de Projetos, ou seja, fontes orais (entrevistas), fontes documentais, observações, anotações e reuniões, que permitiram analisar o processo de projeto desenvolvido pelas empresas pesquisadas e as tecnologias da informação adotadas na elaboração dos projetos. As entrevistas – presenciais

– foram realizadas do tipo informal (entrevista não estruturada), visando à obtenção de opiniões espontâneas e naturais por parte dos entrevistados.

Para entendimento e elaboração do fluxograma do processo de projeto das empresas, foram realizadas aproximadamente trinta entrevistas com os agentes do processo, englobando cargos como coordenadores dos projetos e de disciplinas, coordenador do projeto em disciplinas específicas, projetistas, desenhistas, consultores, analistas de materiais e administradores de sistemas 3D. Com o objetivo de se extrair o máximo das informações fornecidas nas entrevistas, essas foram gravadas e muitas informações anotadas em um caderno de campo. A coleta de dados possibilitou cruzar informações para as análises que se sucederam. Em caso de dúvidas fazia-se novo contato com o entrevistado. Em alguns casos, novas entrevistas foram agendadas para complementação e esclarecimentos de informações.

Ao longo do processo de investigação compilou-se todo um fluxograma de importação e exportação de informações de modelagens compartilhadas entre as diferentes ferramentas utilizadas pelo grupo pesquisado (Figura 1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se aqui resultados finais de uma pesquisa de mestrado que, além do tema interoperabilidade, investigou o grupo supracitado no que tange à evolução da utilização BIM de acordo com os paradigmas citados por Taylor e Bernstein (2009), quanto ao estágio de capacidade BIM segundo Succar (2009) e quanto à sequência do desenvolvimento de projetos segundo Fabrício (2002).

O grupo pesquisado adota as seguintes fases de projeto antes da entrega do projeto ao cliente: Fase A1: Projeto Conceitual; Fase A2: Projeto básico; Fase B: Projeto detalhado (3D) / Modelagem BIM ou modelagem paramétrica industrial; Fase C: Simulações ou análises; Fase D: Gestão de modelagem; Fase E: Gestão de materiais; Fase F: Gestão do conhecimento.

As disciplinas de projetos, com respectivos códigos, adotados pelo grupo pesquisado, são: Processo (KP); Mecânica (MM); Terraplanagem / Geometria (CV); Civil Concreto (CC); Civil Estrutura Metálica (ST); Elétrica Industrial (ED); Tubulação (HT); Civil Arquitetura (CA); Automação/Instrumentação (TI); Hidrossanitário/Drenagem Cobertura (CH) e Civil Drenagem/Pavimentação (CD).

A seguir descreve-se, de forma geral, o processo de modelagem de projetos desenvolvido pelo grupo pesquisado, passando pelas diferentes fases, com informações a respeito das especialidades, dos softwares de modelagem empregados e da linguagem utilizada para a interoperabilidade entre eles.

### Projeto conceitual

De uma forma geral, o projeto conceitual, no grupo pesquisado, refere-se a estudos preliminares. Este estágio é utilizado para concepção da ideia do empreendimento ou edificação industrial. Normalmente, para esta concepção, não se utiliza modelagem tridimensional. As documentações são, na maioria das vezes, desenhos bidimensionais e/ou esquemáticos.

Nesta fase, inicia-se, na disciplina KP, o estudo da rota do processo industrial. Por sua vez, a equipe da MM inicia o pré-dimensionamento dos equipamentos de acordo com a rota definida pelo processo. Os softwares utilizados na disciplina MM são o Inventor, da Autodesk (para modelagem), o PDMS, da Aveva e o Autodesk Revit, ambos para alocação de equipamentos. A equipe de HT utiliza basicamente modelagem 2D, fazendo-se uso do Pipenet para cálculo e dimensionamento das redes extensas. O AutoCAD 2D é empregado na disciplina EI para elaboração de diagramas unifilares,



arranjos, lista de cargas, etc. Na disciplina Arquitetura (CA) realizam-se estudos de volumetria e arranjos físicos utilizando-se Revit. Raramente inicia-se a modelagem de estruturas metálicas nesta fase. Os estudos na disciplina ST se limitam a estimativas de materiais, tarefa para a qual dificilmente empregam-se softwares. A ferramenta utilizada para elaboração de croquis na disciplina CC é o AutoCAD, software normalmente utilizado como suporte a estudos de volumetria e viabilidade. No projeto conceitual Hidrossanitário (CH), quando desenvolvido, utiliza-se o Revit para geração de croquis 2D. Estudos iniciais do projeto geométrico (CD) são realizados com o emprego do Revit, sem a necessidade da modelagem propriamente dita. A equipe TI inicia o desenvolvimento do projeto para a infraestrutura de instrumentação e automação da planta industrial, utilizando-se o AutoCAD 2D. Iniciam-se os estudos dos sistemas e dispositivos de medição e controle da planta por instrumentação. Na disciplina CV normalmente não há modelagens nesta fase. Estudos preliminares ficam restritos a estudos superficiais de volumetria, como cortes e aterros. O emprego do AutoCAD 2D pode ocorrer no caso de início da modelagem nesta fase. Em relação à interoperabilidade interdisciplinar, a fase de projeto conceitual se encerra sem nenhuma troca de dados, uma vez que o modelo digital é ainda incipiente. Esse fato mostra que a tecnologia BIM ou a modelagem paramétrica industrial não envolve todo o ciclo de projeto do grupo pesquisado, visto que, nesta fase, o emprego dessa tecnologia se mostra ainda incipiente.

### **Projeto básico**

Na fase de Projeto Básico tem início a distribuição espacial do processo industrial com a percepção do empreendimento. O objetivo, segundo os entrevistados, é que, ao final da projeção básica, os equipamentos que serão instalados na planta industrial estejam definidos, o que proporcionará uma modelagem mais precisa. É neste estágio que a modelagem tridimensional parametrizada e/ou não parametrizada se inicia.

Nesta fase inicia-se na disciplina HT a modelagem de diagramas e fluxogramas do empreendimento industrial, bem como a definição dos equipamentos mecânicos a serem empregados. As representações de interligação de equipamentos são modeladas utilizando-se ferramentas 2D P&ID, por meio das quais é possível fornecer informações não geométricas à modelagem, como capacidade de vazão, pressão etc. Nesta fase pode haver o emprego das ferramentas Excel e AutoCAD. A equipe da MM inicia a distribuição dos equipamentos no espaço, objetivando definir-se todos os equipamentos que serão alocados no empreendimento. Os softwares utilizados nesta fase para modelagem e alocação são o Inventor, o PDMS, o Solidworks e o Microstation. Vale salientar que a modelagem, em alguns projetos, é desenvolvida pelo próprio fornecedor de equipamentos. Informações relativas a equipamentos e tubulações são compartilhadas entre os modelos (PDMS) das disciplinas MM e HT. A equipe de HT inicia a modelagem das redes, fazendo ainda emprego das ferramentas Plant 3D (Autodesk) e Smart 3D (Sisgraph). A troca de informações do Plant para o PDMS e para o Smart 3D é realizada com o suporte do tradutor MEX 3D, desenvolvido pela Empresa B. Na disciplina EI utilizam-se o AutoCAD 2D (detalhes típicos) e o Revit para modelagem 3D; em casos em que as disciplinas da Engenharia Civil e Mecânica estejam utilizando o Revit e o Inventor, respectivamente. O fato de esses dois últimos softwares pertencerem à empresa Autodesk é um fator facilitador à interoperabilidade entre eles. Nesses casos as extensões de arquivos utilizadas para troca de informações interdisciplinares são o .RVT e o .SAT. O modelo conceitual da disciplina CA é transformado em projeto básico, ao passo que se aumenta, nesta fase, o nível de detalhes. Inicia-se a modelagem das estruturas em aço utilizando-se o SAP 2000 (da Computers & Structures, Inc.) e o Revit. As tarefas de dimensionamento

estrutural são também desenvolvidas com o auxílio do SAP. Informações são compartilhadas entre o Revit e o SAP na linguagem de padrão aberto .SDNF, sendo esta a única troca de padrão neutro desta fase. Na disciplina CC inicia-se a modelagem propriamente dita. Como a ferramenta utilizada – neste caso – é o Revit, o modelo pode ser desenvolvido pela própria equipe CC ou importado da modelagem arquitetônica. As disciplinas CH, CD e TI iniciam a composição do modelo empregando-se o Revit. As trocas de informações interdisciplinares são realizadas no formato .RVT. A equipe CV utiliza os dados dos estudos preliminares, importando-os na extensão .DWG para iniciar a modelagem da terraplanagem nos softwares AutoCAD 2D ou Civil 3D. Iniciam-se as trocas de dados interdisciplinares. O formato mais empregado, neste caso, é o .RVT, uma vez que a maioria das disciplinas fazem emprego do Revit nesta etapa.

## Projeto detalhado

Nesta fase conclui-se a modelagem propriamente dita. Em cada uma das disciplinas, com exceção de KP e CV, tem-se um modelo 3D parametrizado. Para o grupo de empresas pesquisadas, o modelo BIM ou paramétrico industrial representa o projeto detalhado. Na disciplina KP fazem-se apenas revisões e adequações pontuais. Em MM compila-se toda a modelagem na ferramenta Inventor e o arranjo espacial no Revit. As trocas de dados entre o Revit e o Inventor são realizadas por meio do formato proprietário .SAT. O compartilhamento de informações entre a MM e outras disciplinas são realizadas empregando-se a ferramenta Revit, nos formatos .RVT e .DWG. Conclui-se o modelo da disciplina HT utilizando-se as mesmas ferramentas da fase anterior. A troca de informações entre os softwares utilizados pela equipe de tubulações ocorre basicamente por meio dos formatos .PCF e MEX 3D. Em EI empregam-se as ferramentas Revit e Smart Plant 3D (Intergraph) para composição do modelo. A modelagem arquitetônica é concluída com o auxílio do Revit. Em ST conclui-se o dimensionamento e a modelagem por meio dos softwares SAP2000 e Revit, respectivamente. Para o detalhamento estrutural utiliza-se, contudo, o AutoCAD 2D, fato que não condiz com a tecnologia BIM. Os formatos de troca de dados utilizados se mantêm. Em CC o modelo detalhado, desenvolvido no Revit, recebe contribuição dos softwares de cálculo e dimensionamento – SAP 2000 e Robot. A comunicação entre o Revit e o Robot ocorre de forma nativa, por serem ambos da Autodesk. Nas disciplinas CH, CD e TI conclui-se a modelagem paramétrica pelo Revit, complementando-se as informações de projeto da fase anterior. Empregando-se a ferramenta Civil 3D, conclui-se a modelagem da disciplina CV, utilizando-se os dados de entrada da fase de projeto básico. Obtém-se toda a geometria da terraplanagem, como curvas de nível, informações de volumetria para cortes e aterros, bota-foras, etc.

## Simulações e/ou análises

Simulações e/ou análises são realizadas separadamente por disciplina de projeto, e não do modelo como um todo. No grupo pesquisado, as simulações (identificadas como verificações, análises e dimensionamentos), são realizadas apenas em modelos tridimensionais. Vale ressaltar que esta fase ocorre concomitantemente ao projeto detalhado.

A disciplina KP realiza simulações de perdas de cargas empregando-se ferramentas 2D P&ID. Utilizando-se o software Inventor, realizam-se, na disciplina MM, análises de flexibilidade e de tensões e deformações dos equipamentos. Utilizando-se ainda este software, a equipe da MM pode realizar análise dinâmica (fluxo industrial) e análise estrutural pelo Método dos Elementos Finitos. As informações utilizadas são aquelas presentes no

projeto detalhado. Os formatos utilizados pelo Inventor são o .IPT e o .IAM. Em HT faz-se análise de flexibilidade das linhas de tubulações utilizando-se os softwares Ceaser e Triflex. O formato utilizado para a troca de dados é o .PCF. A disciplina ST realiza a análise estrutural pelo SAP2000. CC realiza análises e simulações de cálculo e dimensionamento por intermédio dos softwares SAP2000 e Robot. A equipe de TI utiliza a ferramenta CONVAL para composição das folhas de dados, fazendo-se dimensionamento de válvulas de segurança, medidores de vazão, etc. Com os dados advindos de KP, verifica-se a capacidade dos instrumentos (TI), a serem utilizados na planta industrial, de captar as informações de que o processo necessita. As demais disciplinas não realizam simulações e/ou análises. A inexistência de simulações do modelo único se deve ao fato de que este (integrado via ferramenta Navisworks) não guarda características paramétricas suficientes para esta análise. A parametrização fica restrita aos modelos disciplinares. Desta forma o modelo integrado é utilizado apenas para visualização e verificação de interferências construtivas.

### **Gestão da modelagem interdisciplinar**

Para gestão da modelagem 3D emprega-se a ferramenta Navisworks, por meio da qual os modelos disciplinares são integrados. Durante a fase de modelagem os dados geométricos dos modelos disciplinares, por meio de diferentes formatos, geram o modelo da disciplina específica no Navisworks. Esses modelos se comunicam via referência cruzada, de forma que cada disciplina visualiza as informações das demais. As interferências e inconsistências construtivas detectadas no modelo, com o auxílio da ferramenta *clash detective* do Navisworks, são considerados e discutidos em reuniões presenciais entre o coordenador do projeto, os líderes das disciplinas e os projetistas. Um relatório de interferências interdisciplinar é exportado do Navisworks aos softwares de modelagem. Na sequência cada equipe de projeto atualiza seu modelo em sua própria ferramenta de modelagem. Ao final de cada dia, uma rotina automática retroalimenta o modelo geral no Navisworks para novas verificações. Esse ciclo se repete até que não haja questões de inconsistências construtivas.

Somente na fase de entrega do projeto ao cliente final é que o modelo único é gerado, para representação geral do empreendimento industrial. Essa compilação dos modelos em um arquivo 3D único é chamada pelo grupo de “pré-montagem da planta industrial”. O Navisworks recebe informações dos softwares de modelagem basicamente nos formatos .RVT, .NWD e DWG. Contudo, o modelo integrado é apenas uma representação geométrica do modelo 3D parametrizado. Esse fato mostra que a tecnologia BIM ou de modelagem parametrizada industrial não engloba todas as etapas de projeto do grupo pesquisado, uma vez que não existe um modelo único, parametrizado, sendo o modelo integrado apenas uma representação espacial dos vários modelos paramétricos disciplinares.

### **Gestão de especificações de materiais**

Para gestão de materiais o grupo pesquisado desenvolveu uma ferramenta específica intitulada MEX – *Material Explorer*. Por meio deste software desenvolvem-se especificações de materiais e criação de objetos paramétricos para exportação aos softwares de modelagem. Esses objetos contêm, além de informações geométricas para modelagem, especificações dos materiais que representam alinhadas à rede de suprimentos. Concluídos os modelos 3D parametrizados por disciplina, importam-se pelo MEX listas de materiais das ferramentas de modelagem. Um fato importante a ser salientado é que, no início da modelagem, cada projetista tem a



sua disposição, em seu software de modelagem, unicamente os objetos paramétricos necessários à sua disciplina. Dessa forma obtém-se, na fase de projeto (design), o controle dos materiais que irão para o canteiro de obra, evitando-se erros, retrabalhos e desperdícios. O MEX realiza troca de informações com os softwares de modelagem basicamente nos formatos .RSV, .XLS, e TXT.

## **Gestão do conhecimento**

A gestão do conhecimento também é realizada via MEX. Esse gerenciamento é realizado entre projetos subsequentes por meio de tarefas que permitem manutenção e aplicação das boas práticas de Engenharia a cada novo projeto. Especificações e informações relativas a diferentes materiais, utilizadas em projetos anteriores, são reutilizadas em novos modelos de empreendimentos. Essas informações são mantidas em um banco de dados único do MEX. Segundo os entrevistados, a gestão do conhecimento ainda contempla sessões de revisão do projeto e a manutenção da ligação entre as ferramentas de modelagem e a localização das documentações nos arquivos de rede – árvore hierárquica – construída com o auxílio do MEX a partir das propriedades específicas de cada família de material. A árvore hierárquica é utilizada para gestão do conhecimento e para armazenamento centralizado de especificações de materiais parametrizados, permitindo acesso por função do profissional, por disciplina ou por projeto. O acervo técnico comum a diferentes tipos de projetos ainda conta com vídeos gerados a partir de modelos 3D, imagens de acompanhamento de obra, instruções de montagem, cópias documentos em formato PDF para consulta rápida e links para conteúdos relacionados aos projetos.

A gestão do conhecimento é realizada durante todo o período de desenvolvimento do projeto, uma vez que se trata de compilação e aplicação de boas práticas de Engenharia, Arquitetura, Construção e processo de montagem de planta industrial, obtidas e desenvolvidas à medida que elaboram mais e mais projetos construtivos.

## **Entrega do projeto ao cliente**

A entrega do projeto do produto ao cliente final pode ser realizada via modelo digital e/ou no formato impresso (papel). Os formatos digitais podem ser disponibilizados nas extensões .DWG 2D, .XLSX (planilhas) ou .NWD. Este último formato representa o modelo tridimensional integrado, compilado com o auxílio da ferramenta Navisworks ao final do desenvolvimento do projeto. Esse modelo, compatibilizado ao longo do processo de projeção, contempla os dados geométricos de todas as disciplinas. De acordo com os entrevistados, mesmo em casos em que o cliente não solicita, o projeto 3D é desenvolvido. Segundo eles, a modelagem 3D é considerada uma boa prática já padronizada pelo grupo. Além disso, segundo os entrevistados, esse tipo de elaboração de projetos facilita a gestão do conhecimento entre projetos subsequentes. A forma de entrega do projeto reflete a contratação firmada entre as empresas projetistas e o cliente. Há casos em que o cliente contrata apenas projetos impressos e formatos digitais 2D. Dessa forma, esses serão os formatos entregues, apesar de o modelo tridimensional ser sempre elaborado. Como estratégia de Engenharia, independentemente da forma de projeto contratado, o grupo pesquisado sempre desenvolve o projeto 3D – modelos disciplinares parametrizados e o modelo 3D integrado (não parametrizado) no Navisworks. Para adquirir o modelo Navisworks, o cliente precisa contratar tal formato. Caso contrário, este modelo servirá às empresas projetistas como fonte de conhecimento para trabalhos futuros e a entrega será realizada conforme contrato entre as partes.

## Fluxograma do processo de projeto

Como forma detalhar a troca de informações de projeto e o formato utilizado entre as várias ferramentas utilizadas pelo grupo, compilou-se, neste trabalho, um fluxograma que ilustra as Fases *versus* Disciplinas de Projeto. Para cada disciplina e para cada fase foram discriminados os softwares utilizados, detalhando-se os formatos (extensões) em que as ferramentas recebem e/ou enviam as informações a outras fases e/ou disciplinas.

Utilizou-se, no referido fluxograma, um sistema de cores para identificação e discriminação das ferramentas e/ou documentações empregadas para elaboração e entrega dos projetos ao cliente. A cor vermelha foi utilizada para identificação de documentações que são entregues no formato papel; impresso. Ferramentas de modelagem bidimensional foram destacadas em amarelo. Softwares de modelagens 3D – não parametrizadas – estão identificados em azul. A ferramenta MEX, utilizada para gestão de materiais e de conhecimento de projeto foi identificada com a cor alaranjada. As ferramentas de suporte à modelagem 3D parametrizada foram identificados com a cor verde.

Além dos projetos descritos neste trabalho, o grupo pesquisado ainda contrata – de empresas externas ao grupo – projetos de ar condicionado, que não são desenvolvidos pelas empresas pesquisadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou o diagnóstico do estado da arte quanto ao uso da tecnologia BIM sob determinados aspectos e que tem impactado o processo de projeto, além de mostrar que a interoperabilidade requerida no processo exige um trabalho interdisciplinar mais colaborativo, em busca da elaboração de modelos do produto mais integrados.

Em relação às empresas pesquisadas, a principal contribuição desta pesquisa está na compilação do fluxograma mostrado na Figura 1, visto que as empresas não possuíam esse mapeamento. Por intermédio do referido fluxograma compilou-se a lógica no que tange às trocas de informações entre os softwares de modelagem empregados, bem como as linguagens utilizadas para essa interoperabilidade ao longo das fases de projeto (design).

Para o setor AEC, a contribuição deste trabalho está na constatação de que a tecnologia BIM, ao se inserir no contexto de outras indústrias, depara-se com questões normativas não harmonizadas, inclusive entre padrões abertos de interoperabilidade. Esse fato mostra que existe uma necessidade de gestão de interfaces entre essas indústrias para que os projetos do produto, que envolvam diferentes setores, sejam desenvolvidos com todo o potencial oferecido pela tecnologia de modelagem paramétrica.

Como esperado, as soluções proprietárias ou links diretos para a troca de informações entre diferentes aplicações prevaleceram como solução adotada pelas empresas pesquisadas. Tal solução advém do fato de que inexistem padrões abertos de interoperabilidade, como o IFC, para todas as disciplinas utilizadas em projetos industriais. Nessa direção, o grupo pesquisado desenvolveu uma ferramenta específica para a gestão e aplicação de objetos nos projetos denominada MEX. Salienta-se, contudo, que a compilação desse tipo de troca de dados exige mão-de-obra especializada e muitas vezes custos elevados, fato que confere exclusividade BIM às empresas que o utilizam. Contudo, trocas de informações via formato neutro ocorrem entre os softwares de ST (SAP2000 e Revit) que utilizam o formato SDNF nas fases de projeto Básico e Detalhado. As informações são compartilhadas entre o modelo estrutural (do Revit), o cálculo e dimensionamento (SAP2000).

Se por um lado, os padrões proprietários são uma saída à falta interoperabilidade, por outro inviabilizam ou excluem pequenas empresas do uso das novas tecnologias pela impossibilidade de acesso a esses padrões. Nessa direção, faz-se necessária a participação das universidades e do

setor público na promoção de parcerias com o setor privado, visando o desenvolvimento de padrões públicos para a disseminação do conhecimento na área. Nesse sentido, sugere-se aqui, que iniciativas públicas brasileiras sejam criadas com vistas ao desenvolvimento de ferramentas de gestão de materiais e da modelagem BIM – a exemplo do MEX – focando-se, contudo, em características de software de padrão aberto e livre.

Os resultados mostram que objetos paramétricos criados por meio MEX são importados e exportados pelas ferramentas de modelagem paramétrica como o Plant 3D e o PDMS. O MEX utiliza parâmetros em consonância com o modelo matemático de geometria do software receptor que reconhece o objeto como se lhe fosse próprio ou nativo. Mesclando diferentes tipos de trocas de dados, o grupo pesquisado confere considerável interoperabilidade na elaboração dos projetos industriais.

Uma ponderação a ser feita, no entanto, é que o detalhamento estrutural nas disciplinas ST e CC é realizado com auxílio do AutoCAD 2D, ferramenta que não condiz com os conceitos BIM. A interoperabilidade interdisciplinar dos modelos 3D parametrizados pode sempre ocorrer via Revit entre todas as disciplinas de projeto, com exceção de HT e CV. O modelo 3D dessas disciplinas é integrado aos demais por meio dos softwares Plant 3D e Civil 3D, no formato DWG. O modelo geométrico (não parametrizado) é interoperável entre todas as disciplinas de projeto que, integrados, formam o modelo único. Por fim, o MEX propicia a gestão de materiais para a maioria das disciplinas, com exceção de Concreto e Terraplanagem.

Como foi constatado nas entrevistas, a maioria dos clientes do grupo pesquisado é bastante rigorosa no que diz respeito à representatividade dos modelos digitais dos empreendimentos. Nesse ínterim, as empresas projetistas buscam se empenhar para a composição de um modelo único, 3D, que represente o empreendimento de acordo com as necessidades do cliente. Para isso, o grupo pesquisado disponibiliza aos seus clientes o modelo 3D no Navisworks, independentemente do produto contratado. Salienta-se que o fato de alguns clientes contratarem apenas projetos 2D, reflete uma cultura empresarial ainda com necessidade de evolução no sentido de utilização de todo o potencial fornecido pelas tecnologias disponíveis.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, C. E.; SCHEER, S. Requisitos de informação e mapas do processo de projeto de estruturas em concreto armado: um estudo de caso utilizando a metodologia IDM. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 18-34, jan./jun. 2014.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc., 2011.
- FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002. 175p.
- LIEBICH, T. IFC for INFRAstructure. **INFRA-BIM Workshop**. 2013, Helsinki. Building Smart. International home for openBIM.
- MÜLLER, F. M. **A interoperabilidade entre sistemas CAD de projetos de estruturas de concreto armado baseada em arquivos IFC**. 2011. 129f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SHEN, W.; HAO, Q.; MAK, H.; NEELAMKAVIL, J.; XIE, H.; DICKINSON, J.; THOMAS, R.; PARDASANI, A.; XUE, H. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: a review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 2, p. 196-207, abr. 2010. DOI: 10.1016/j.aei.2009.09.001.
- SUCCAR, B. **Building information modelling maturity matrix**. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction

Informatics: Concepts and Technologies. 2009. 50p. Disponível em <<https://www.academia.edu>>. Acesso em 21 out. 2014.

TAYLOR, J. E.; BERNSTEIN, P. G. Paradigm trajectories of building information

modeling practice in project networks. **Journal of Management in Engineering**, v. 25, n. 2, p. 69-76, abr. 2009. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2009\)25:2\(69\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2009)25:2(69)).

**Ezequiel Rosa Dias**  
ezequiel.rosadias@gmail.com

**Eduardo Marques Arantes**  
arantes@denc.ufmg.br