

II-176 - BIM NO SANEAMENTO – PROCESSO DE PROJETO POR MODELAGEM DA CONSTRUÇÃO PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES APLICADO EM CASO REAL DE SISTEMA MBR

Fábio Yugo Fujii⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil;

Engenheiro da empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento Ltda. – São Paulo (SP), Brasil.

Nelson Luiz Rodrigues Nucci

Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Av. Pedroso de Moraes, 433, 10º andar - Pinheiros – São Paulo – São Paulo - CEP: 05419-902 - Brasil - Tel: +55 (11) 3039-1166 - Fax: +55 (11) 3814-1941 - e-mail: fujii@jnsecg.com.br

RESUMO

Uma proposição de mudança de paradigma para o desenvolvimento de projetos de plantas de processo na área de saneamento é apresentada nesse trabalho. O uso de tecnologias atualizadas e disruptivas em termos do conceito e ambiente de desenvolvimento do trabalho, comumente denominado BIM (Building Information Modeling) ou modelagem da informação da construção, baseadas no uso de recursos computacionais e aplicativos desenvolvidos para utilização de uma geometria tridimensional como suporte para a criação de modelos virtuais dos sistemas, permite que sejam associadas tantas informações e especificações quantas necessárias aos elementos paramétricos de modelagem, realizadas simulações e análises das instalações concebidas e produzida documentação de elevado nível de detalhe e precisão das informações.

O artigo relata a metodologia utilizada nos processos de implementação do conceito na empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento, e a sua aplicação em um caso real de projeto executivo de uma estação de tratamento de esgotos por processo MBR, biorreator de membranas, de grande porte.

Serão expostas as justificativas para a mudança, requisitos para a implementação do processo, demonstração da viabilidade técnica e fatores condicionantes determinantes, resultados obtidos na experiência de modelagem do projeto e produção de documentação em moldes tradicionais de trabalhos da área de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Processo de Projeto, MBR, Tratamento de Efluentes, Esgoto.

INTRODUÇÃO

A motivação inicial é um movimento de modernização e inovação que já ocorre a alguns anos no setor de arquitetura, engenharia e construção, que consiste na modelagem digital dos empreendimentos projetados, como substituição ao uso de representações essencialmente gráficas como se observava no método de projetar anterior e ainda efetivamente vigorando na engenharia sanitária nacional.

Complementarmente, a alternativa proposta é uma resposta para as necessidades que tem sido identificadas quanto às carências de capacidade produtiva do setor, possibilitando atendimento à demanda por projetos colocada pela defasagem do país quanto ao índice de atendimento por saneamento, especialmente pelo esgotamento sanitário, intensificada pelos recentes períodos de escassez hídrica que requerem, muitas vezes, a elaboração de projetos emergenciais, e ainda pela evolução em complexidade das características das estações de tratamentos de efluentes que se observa atualmente, evidenciada na abordagem das plantas como estações de recuperação de recursos.

O conceito de ETes vem evoluindo muito nos últimos anos com a incorporação de novas tecnologias, necessidade de atendimento a requisitos cada vez mais rigorosos de nível de tratamento e ainda pela mudança de paradigma que recentemente vem acontecendo, que consiste na visão dessas plantas como sistemas de recuperação de recursos provenientes dos efluentes recebidos. Isso quer dizer que muitos e variados processos

são adicionados ao sistema para possibilitar, por exemplo a produção de água purificada, energia elétrica, gás combustível, e insumos para a produção de fertilizantes.

O setor de saneamento precisa, assim, passar por uma profunda reformulação nos métodos de desenvolvimento de projetos, assim como já ocorreu com outras indústrias e setores de infraestrutura, para responder a essas demandas, que exige mudanças de processos e organizacionais, e maior aplicação de tecnologias computacionais.

A modelagem da informação da construção, BIM (Building Information Modeling) pode ser entendida como um conceito ou o processo de desenvolvimento do modelo. Em geral uma solução é constituída por um conjunto de softwares que devem ser adequadamente escolhidos para que possam ser utilizados de maneira integrada criando o ambiente colaborativo, em que diversos profissionais de variadas disciplinas desenvolvem os modelos dos respectivos sistemas simultaneamente num ambiente comum.

A interoperabilidade deve ser criteriosamente definida de modo que haja realmente a comunicação de informações entre as disciplinas e que, caso a caso, sejam estabelecidos os fluxos de trabalho que possibilite o maior aproveitamento possível da capacidade técnica, intelectual e de procedimentos e padrões que consubstanciam a experiência da empresa de projetos.

A geometria tridimensional é um dos aspectos que caracteriza o conceito BIM, como o suporte para a criação de modelos virtuais colaborativos, mas ele é plenamente estabelecido quando os componentes dessa modelagem são parametrizáveis, ou seja, as informações de seus atributos podem se refletir na geometria, ou em informações associadas a especificações, e ainda quando é possibilitada a interoperabilidade entre usuários, disciplinas e plataformas.

O presente trabalho aborda a utilização da modelagem na etapa de projetos, mas ela se estende ao longo de toda a vida útil do empreendimento, podendo ser aplicada para a modernização das outras etapas:

- Estudos de concepção e anteprojeto;
- Planejamento, gerenciamento e apoio à execução das obras;
- Cadastro das alterações de obra, o As Built;
- Operação dos sistemas, como base de informações para sistemas de gestão da operação e manutenção;
- Obras de reabilitação e expansão, representando o sistema existente, sobre o qual serão feitas as alterações, também no modelo, com a possibilidade de análises de sequenciamento de desmontagens, demolições e novas construções;
- Desativação das unidades, demolições.

Como resultados esperados de uma maneira geral o BIM viabiliza condições que favorecem:

- Maior sistematização, disciplina e padronização do processo de projeto;
- Melhores informações de contratação;
- Potencial redução de desperdícios de materiais;
- Possível previsão de problemas de execução da obra e de questões críticas para o cronograma;
- Maior qualidade de informações quanto à precisão e clareza e controle dos elementos quantificados, proporcionando também uma superior confiabilidade nos orçamentos realizados.

Na aplicação para sistemas de saneamento serão apresentadas as metodologias e resultados obtidos, esperados e conclusões sobre a experiência.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é apresentar uma alternativa de método para implementação e aplicação de processo de elaboração de projetos por meio de modelagem das informações da construção de instalações de tratamento de efluentes.

O método de implementação apresentado é a experiência da empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento Ltda. na utilização para projetos de unidades localizadas, ou seja, estações de tratamento de efluentes, estações de tratamento de água, estações de bombeamento, captações, reservatórios etc.

A aplicação real será demonstrada por meio da análise do caso do projeto de uma planta de tratamento de efluentes por processo MBR – Membrane Biorreactor – com a possibilidade de produção de água de reúso, com remoção de poluentes em nível terciário.

A estação de tratamento de esgotos foi projetada para a SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – a ser localizada no município de São Paulo, para atendimento de uma capacidade nominal de tratamento de 715 L/s de esgotos predominantemente domésticos, com configuração para remoção biológica melhorada dos nutrientes nitrogênio e fósforo, com separação de sólidos por membranas de ultrafiltração. Os reatores biológicos foram concebidos como valos de oxidação, incorporando os compartimentos anaeróbios e anóxicos para as reações dos processos de remoção de nutrientes.

METODOLOGIA

As duas metodologias são apresentadas como duas etapas de um processo geral. A análise é descrita em duas partes que são relativamente sequenciais, apresentando certa sobreposição, conforme se observa no fluxograma da Figura 1, sendo a primeira correspondente à implementação do conceito BIM e a segunda dedicada a relatar a experiência de aplicação num caso real.

A Figura 1 mostra o fluxo de atividades que compuseram as duas etapas.

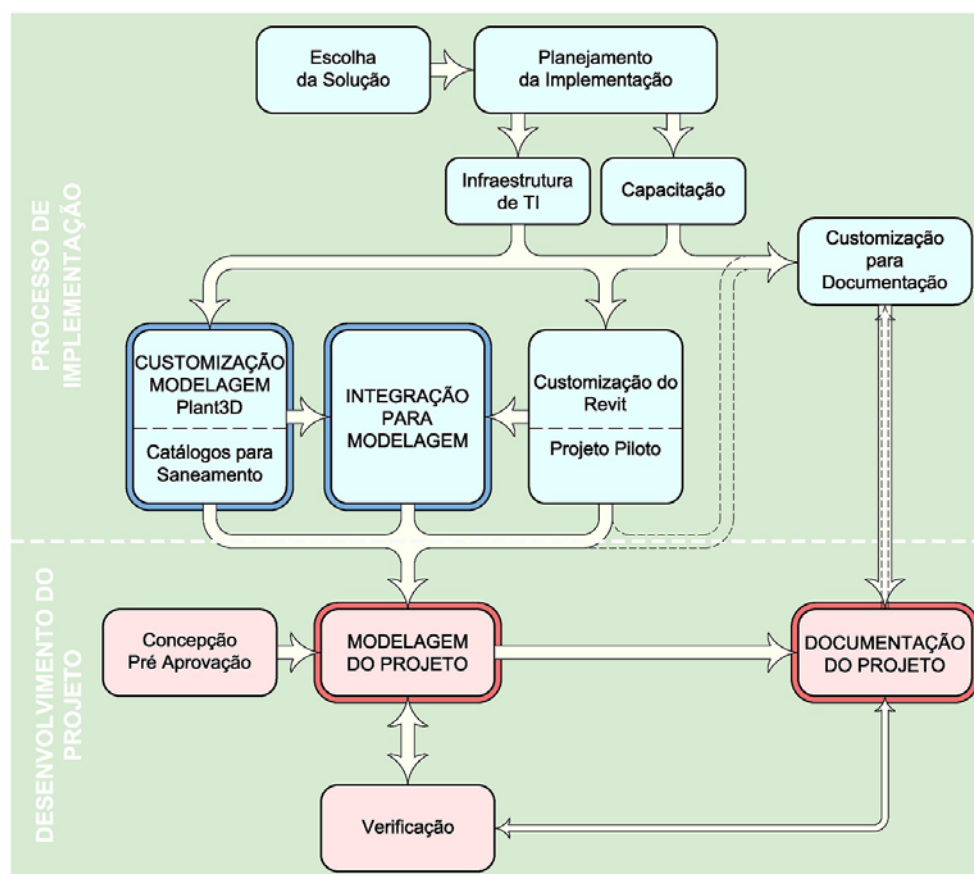


Figura 1 – Fluxograma de implementação BIM e integração das soluções para o projeto

A seguir são descritas as atividades e feitas considerações a respeito dos fluxos de trabalho.

Primeira Etapa – Processo de Implementação

Após a decisão da empresa pela realização da mudança, há uma série de passos iniciais que envolvem aprimoramento técnico para conhecimento geral dos conceitos a serem implementados e realização de diagnósticos para uma adequada definição e planejamento do sistema, além de ações de preparação de recursos físicos e da equipe de projeto. Essas atividades iniciais são descritas a seguir.

- **Definição da Solução** – após uma pesquisa do mercado de utilização do BIM e de prestadores de serviços de consultoria para implementação, quando se obtém referências das soluções tecnológicas disponíveis, é necessária a realização de diagnósticos internos para identificação e avaliação de processos existentes utilizados na elaboração de projetos e a definição do escopo daqueles que devem ser reformulados, acrescentados ou substituídos, com base na previsão preliminar de como deverão ser os processos futuros. Há características específicas e particularidades de projeto referentes à tipologia das estações de tratamento de efluentes, assim como nas demais unidades de processo. Significativa parcela das estruturas é executada em concreto, por se tratar de grandes reatores, e tanques em que devem ocorrer operações e processos específicos e bem controlados. Essa é ainda a forma mais adequada e economicamente razoável de obter as características requeridas, bem como as necessidades de controle de locação e geometria, por conta de se tratarem muitas vezes também de elementos que constituem dispositivos hidráulicos, como canais e vertedores. Dessa forma, se torna necessária uma ferramenta com recursos compatíveis para modelagem e documentação, uma das principais razões que levaram à escolha do software Revit. A mesma análise foi feita em relação à parcela hidromecânica dos sistemas. Pelas necessidades de detalhamento e apresentação dos projetos de tubulações de processo e equipamentos eletromecânicos com especificações e formatos próprios de softwares especializados no que se chama comercialmente de plant design. O AutoCAD Plant 3D mostrou-se como a melhor opção para essas necessidades, juntamente com o módulo AutoCAD P&ID, para a preparação de diagramas de processo e de instrumentação, como resultado do diagnóstico realizado para a JNS. Esses softwares citados compõem o conjunto de ferramentas autorais utilizado, ou seja, aquelas que produzem o modelo da construção;
- **Planejamento da Implementação** – A identificação das atividades, quantificação de recursos e programação de realização são feitos para que se inicie a implementação. No entanto, o dimensionamento das atividades que integram a etapa de implementação, sua estimativa de custos e avaliação da interferência com as demais atividades da empresa são particularmente imprecisos no setor de engenharia consultiva em saneamento pelo relativo desconhecimento dos profissionais da área em relação aos novos procedimentos e ainda dos profissionais de consultoria em relação às particularidades desse segmento da indústria. Esse risco é assumido, e na medida do maior conhecimento das condicionantes deve ser previsto replanejamento;
- **Infraestrutura** – as tecnologias utilizadas demandam maior capacidade de recursos de sistemas de informação e equipamentos em geral, desde servidores, estrutura de rede até estações de trabalho, incluindo possibilidades de utilização de recursos de computação em nuvem. São incluídos nesse grupo as aquisições de licenças para os softwares;
- **Capacitação** – a programação dos treinamentos para utilização dos softwares deve ser definida de modo que sejam minimizados os impactos ao andamento das demais atividades da empresa. É uma atividade que demanda grande número de horas dos colaboradores.

As atividades relacionadas à composição da solução propriamente dita, frequentemente denominadas customização, são nesse texto referidas como personalização ou padronização, de acordo com a conveniência. São relacionadas a seguir.

- **Elementos de modelagem** – para ambas as plataformas, ou seja, estruturas civis e sistemas mecânicos e de processo, há a necessidade de desenvolvimento das bases de modelagem composta pelos elementos parametrizados que numa composição gerarão o modelo. Esse trabalho é desenvolvido em grande parte na etapa de implementação, em que se deve identificar os conjuntos de objetos e componentes mais frequentemente utilizados e outros critérios que orientem de modo racionalizado a definição desse escopo de criação de elementos. Além disso em cada projeto especificamente é prevista a necessidade de complementação das bases para atendimento de necessidades específicas;

- **Integração e coordenação para modelagem** – os procedimentos ou fluxos de trabalho para o desenvolvimento de trabalhos verdadeiramente colaborativos descrevem ações de interligação dos modelos por meio de posicionamento espacial e associação de parâmetros de identificação, para que seja criado um ambiente virtual comum de interação. Além da interligação dos modelos, é também necessária a definição de rotinas de análise e revisão dos sistemas projetados, com o uso da visualização na próprias ferramentas de autoria ou em ferramentas de coordenação (utilizado pela JNS o software Navisworks), e ainda recursos automáticos de análise e conferência de conflitos normalmente oferecidos pelos softwares comerciais.
- **Configuração para documentação** – a depender da forma de contratação dos projetos será necessária a elaboração de desenhos de execução no mesmo formato como são entregues atualmente. A expectativa é que essa condição perdure por um longo período até que o mercado se adapte às alterações e que os clientes observem condições de contratação em um formato que esteja mais adaptado aos novos recursos e métodos. A definição dos fluxos de trabalho deve então ser desenvolvida para a produção de desenhos caracterizados por levar informações de componentes civis e arquitetônicas, com textos e simbologias de desenho técnico, e ao mesmo tempo em que apresentam os dados referentes aos elementos mecânicos, com apresentação gráfica típica e usual em softwares de tubulações, além de outros elementos como por exemplo listas de materiais vinculadas com as especificações dos elementos cadastrados em bancos de dados e produção de desenhos isométricos de linhas. Para isso, há a necessidade de definição dos procedimentos de integração entre plataformas também para a para confecção desses produtos finais, soluções que são definidas em função dos padrões de apresentação usuais de cada empresa.

É recomendável ainda a previsão de desenvolvimento de trabalhos em caráter piloto para o desenvolvimento de procedimentos e ainda a avaliação da validade dos que tenham sido definidos, sendo importantes as simulações de modelagem diversas, testes de procedimentos de integração e de coordenação e as soluções para a geração de produtos, especialmente desenhos técnicos.

Ressalta-se que as atividades referentes a implementação descritas devem estar continuamente aperfeiçoamento, já que dependem da evolução da experiência da empresa, solução tecnológica adotada, das particularidades dos projetos em desenvolvimento, da equipe envolvida e das necessidades dos clientes.

Segunda Etapa – Desenvolvimento do Projeto

A metodologia de integração das plataformas para a etapa de projeto também é mostrada em linhas gerais no fluxograma da Figura 1. Na fase de Desenvolvimento do Projeto também é indicada uma etapa de concepção ou pré-aprovação do projeto, em que foram desenvolvidas modelagens em menor nível de detalhe e produzidas saídas com os recursos de visualização já incluídos no Revit. As renderizações e vistas simplificadas proporcionaram grandes benefícios para a agilização do processo de aprovação da concepção junto ao cliente.

Após concebido e pré-dimensionado o sistema a ser projetado para a ETE, houve ainda uma etapa de preparação das bases de modelagem específicas para o projeto, que consistiu em:

- Complementação de famílias de Revit (nome dado às bibliotecas de componentes Revit) e *specs* (conjuntos pré-definidos, com uso validado para projeto, de componentes de softwares de *plant design*) para a parte mecânica do AutoCAD Plant 3D;
- Estabelecimento dos critérios de integração entre as diversas áreas de projeto por meio da fixação de uma referência espacial única para o posicionamento relativo entre cada fração do projeto, caracterizada por arquivos diferentes, tanto em Revit como em AutoCAD Plant 3D.

A interface entre plataformas, para possibilitar a modelagem integrada, é feita por meio de procedimentos de importação e exportação, organizados de modo a possibilitar o trabalho coordenado. A depender dos principais elementos que definam um sistema, a modelagem se inicia na plataforma em que estes se originem. Nas figuras 2 e 3 estão demonstradas representações dos modelos em seus softwares de autoria.

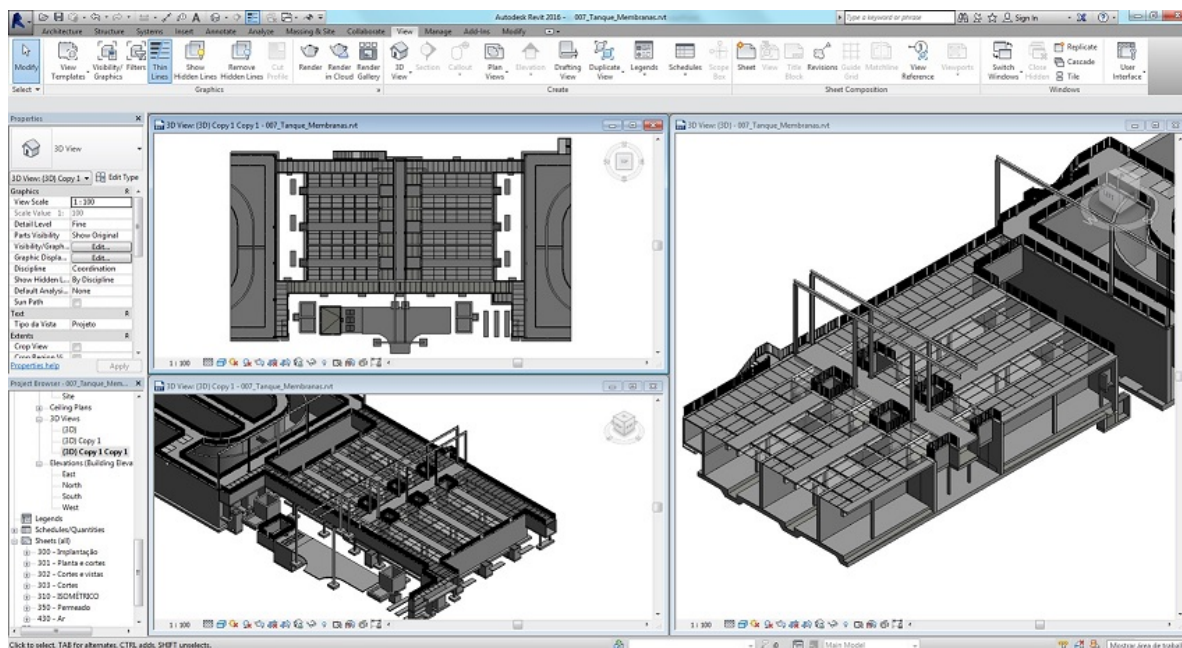


Figura 2: Capturas de tela do processo de modelagem – componentes de estruturas civis.

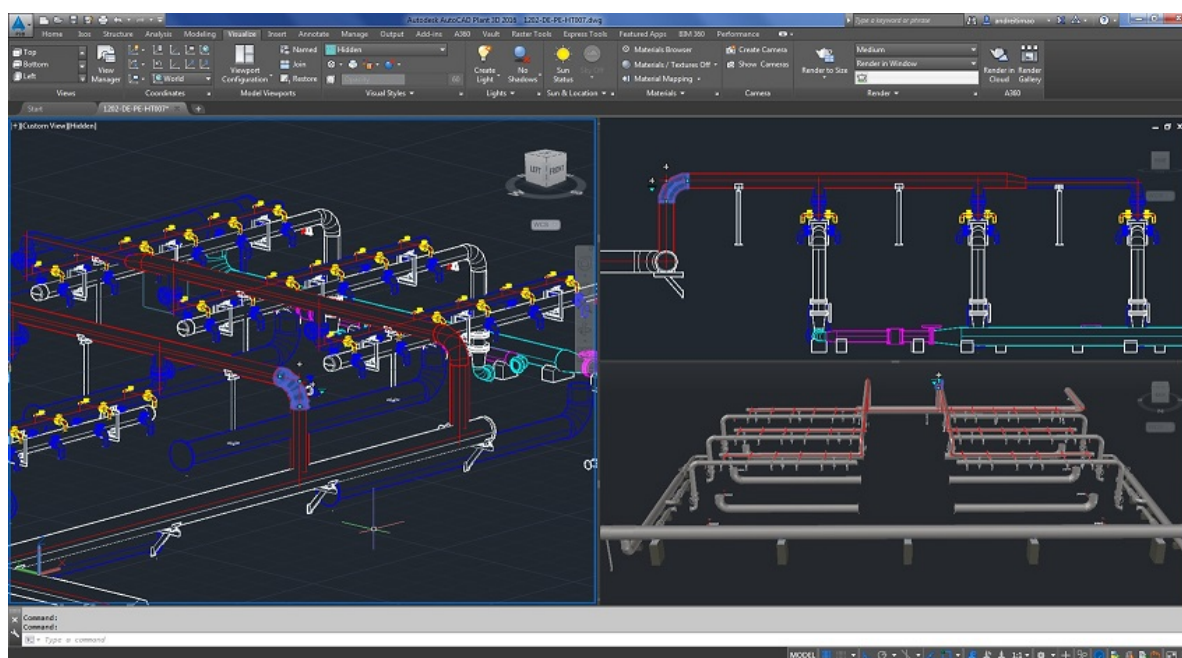


Figura 3: Capturas de tela do processo de modelagem – sistemas de tubulação e equipamentos.

Os procedimentos para coordenação ocorrem no decorrer de todo o processo de modelagem, e não somente em momentos específicos como no processo tradicional, em que houvesse a conclusão de desenhos, mesmo que preliminares. O desenvolvimento de um projeto envolvendo diversas disciplinas e frentes de trabalho, e ainda modelagens feitas em plataformas diferenciadas, determina a necessidade de controle, disciplina e comunicação. Na Figura 4 é apresentado o modelo integrado, como é utilizado normalmente para elaboração da modelagem.

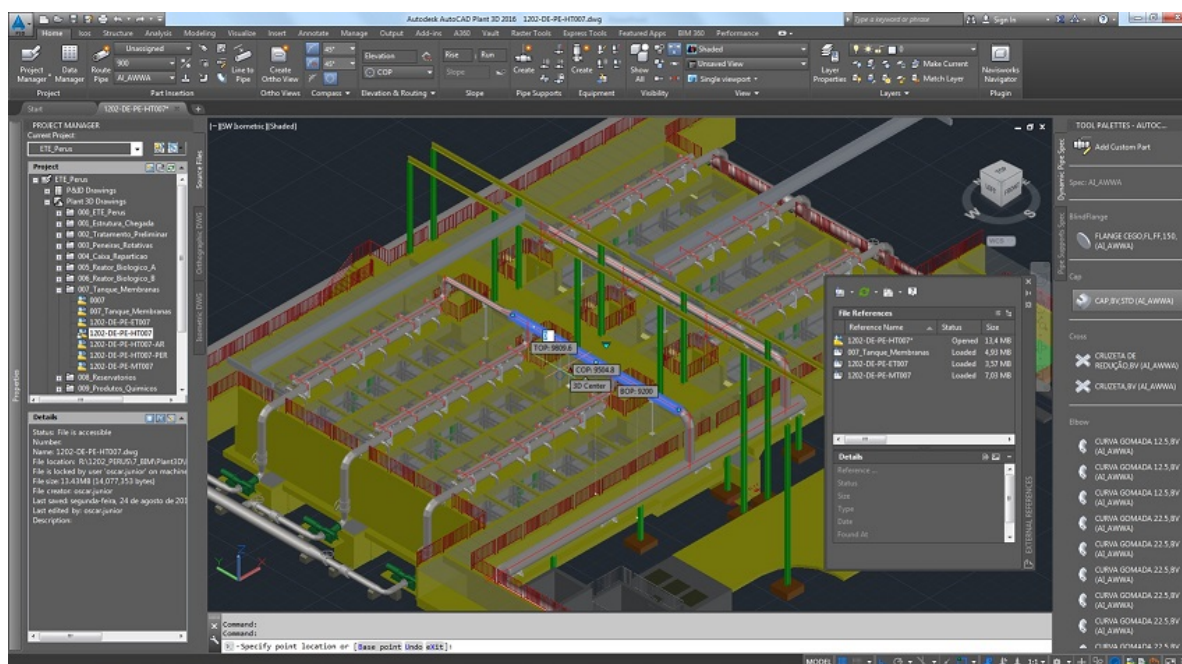


Figura 4: Capturas de tela do processo de modelagem – integração dos modelos no ambiente do software de sistemas mecânicos.

Sem o adequado planejamento e configuração dos procedimentos de coordenação antes do início do projeto alterações ao longo do decorrer do desenvolvimento podem ser trabalhosas ou fazer com que a produção seja afetada.

Para o desenvolvimento do projeto de implantação foi também utilizada uma terceira componente que integra uma solução completa BIM para projeto de estações de tratamento de efluentes, responsável pela modelagem dos itens de infraestrutura. No caso do projeto em estudo foi utilizado o software AutoCAD Civil 3D, que trabalha com superfícies com recursos para projeto geométrico de sistemas viários e projeto de tubulações enterradas.

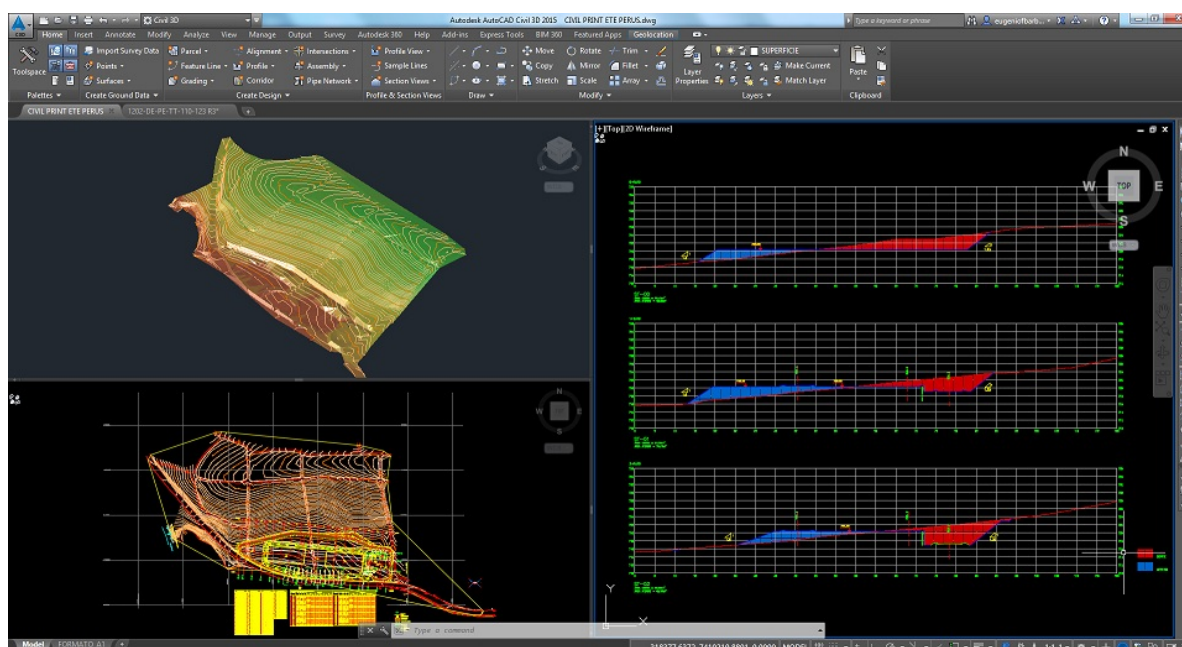


Figura 5: Capturas de tela do processo de modelagem – projeto de implantação e terraplenagem.

A produção dos desenhos de projeto e demais documentos pode ser chamada de documentação ou publicação, e se inicia com a geração de vistas ortogonais, perspectivas e cortes dos sistemas em cada um dos softwares de autoria e a depender da natureza das informações neles representadas, deve passar por uma etapa de arte-final na ferramenta que se mostrar mais adequada.

O modelo desenvolvido é integrado também aos desenhos produzidos de modo que modificações no projeto são refletidas nessas saídas. Todos os elementos projetados incorporam informações quanto à forma ou especificações, e podem ser adicionadas características e dados que sejam de interesse para o acompanhamento de todo o ciclo de vida do empreendimento. Com base na inteligência atribuída ao sistema por conta das informações adicionadas, análises e simulações podem ser realizadas.

CONCLUSÕES

O método se mostrou notavelmente eficiente quanto ao alcance dos objetivos de prazo de execução e de capacidade de lidar com a complexidade do sistema projetado face aos recursos disponíveis. A impressão do cliente foi também bastante positiva quanto ao nível de informação apresentado, a precisa representação e facilidade de compreensão da intenção do projeto.

Diversos outros resultados positivos são observados nos aspectos de racionalização do processo de projeto, aumento da qualidade e do valor agregado ao produto. Observa-se ainda a mudança da dinâmica do relacionamento com o cliente já que as informações são transmitidas de maneira muito mais clara e ágil, com uso de visualizações tridimensionais e pela maior velocidade de desenvolvimento.

Os diversos produtos gráficos típicos de projetos de sistemas de saneamento foram confeccionados com sucesso seguindo padrões semelhantes aos usuais nos documentos convencionais atualmente produzidos.

As possibilidades de extração de informações do projeto podem ser extensamente exploradas, como por exemplo a geração automática de listas de materiais hidráulico-mecânicos e levantamentos de quantidades de estruturas civis.

RECOMENDAÇÕES

Diante do maior volume de trabalho, maior necessidade de qualidade e confiabilidade dos produtos gerados em consequência do aumento de complexidade dos novos projetos que deverão ser desenvolvidos no setor de saneamento, torna-se imprescindível a mudança para adoção de processos adequados de produção de projetos. Ao mesmo tempo os prazos cada vez menores e necessidade de agilidade e flexibilidade na execução fazem com que a forma anterior de trabalho, com base em desenhos planejados em duas dimensões fique definitivamente inviável numa perspectiva futura.

Observou-se uma série de benefícios adicionais vindos com a mudança realizada. A disciplina inerente do uso dessas plataformas oferece maior garantia de qualidade das informações e efetivação do planejamento, com menor ocorrência de imprevistos.

As empresas de consultoria e de projetos do setor precisam realizar a mudança, bem como as concessionárias de sistemas de saneamento e órgão reguladores devem estar preparados para a contratação de serviços nessa nova concepção e aproveitamento do maior valor dos produtos gerados.

As possibilidades de melhoria dos produtos apresentados e incremento com mais elementos, enriquecimento em detalhes e informações são enormes. Entretanto, é fundamental a consciência de que para obter os resultados pretendidos as etapas de implementação e preparo rigoroso e disciplinado de bases de projeto não podem ser negligenciadas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EASTMAN, C. THEICOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K., 2011, BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Wiley.
2. MANZIONE, L. Estudo de métodos de planejamento do processo de projeto de edifícios. 2006. 250 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
3. MANZIONE, L. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. 2013. 325 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
4. TZORTZOPOULOS, P. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. (Dissertação de Mestrado).
5. VILLAGARCIA ZEGARRA, S L; FRIGIERI Jr., V; CARDOSO, F. F. A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1. Recife, 1999. A competitividade da construção civil no novo milênio: anais I SIBRAGEQ, Recife : GEQUACIL/UPE, 1999.v. 1, p. 71-80.
6. PENNSYLVANIA UNIVERSITY. PennState: BIM Execution Planning Guide. 2010. 127 p.
7. UNITED STATES ARMY CORP OF ENGINEERS. USACE: Building Information Modeling (BIM) Roadmap. 2006. 51p.