

Implantação da plataforma BIM em projetos geotécnicos nas dimensões 3D, 4D e 5D

Débora Ferrão Antonio¹, Felipe Dellaroli², George de Barcellos Sá Antunes³

Submissão: 26/08/2021 – Aprovação: 06/10/2021

Resumo – As ferramentas consideradas tradicionais na execução dos projetos de engenharia civil vêm sendo substituídas por novos métodos e softwares que proporcionam mais precisão e agilidade tanto no desenvolvimento de um determinado projeto quanto nas demais fases do empreendimento. O Building Information Modeling (BIM), ou seja, a Modelagem de Informação da Construção, consegue, por meio da interoperabilidade entre softwares, a geração e compartilhamento de informações entre todos os profissionais envolvidos, compreendendo todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a sua construção até a fase de uso e manutenção. Este trabalho tem o objetivo de analisar a implementação da plataforma BIM em um projeto geotécnico na modelagem paramétrica (BIM 3D), no gerenciamento de tempo (BIM 4D) e no custo (BIM 5D). A metodologia adotada consiste no estudo de caso desses elementos geotécnicos de uma edificação residencial em Vitória/ES, dimensionado e projetado anteriormente em ferramentas convencionais como o software Autodesk AutoCAD, sendo o projeto modelado em BIM 3D e vinculado ao planejamento de obra e ao orçamento. Desse modo, baseado nas ferramentas disponíveis nos softwares utilizados, AutoDesk Revit (3D), Autodesk Navisworks (4D) e plugin OrçaBIM (5D), foi possível avaliar e concluir as facilidades e dificuldades encontradas durante a implementação do BIM nessas dimensões em um projeto geotécnico. No fim do estudo de caso, recomenda-se o uso dos softwares Autodesk Revit e Autodesk Navisworks e o plugin OrçaBIM em projetos geotécnicos, sobretudo pela confirmação da melhora da visualização da modelagem, do gerenciamento do tempo e pela agilidade na conclusão do orçamento.

Palavras-chave: BIM. Projetos Geotécnicos. Modelagem paramétrica. Planejamento. Orçamento.

Implementation of the BIM platform in geotechnical projects in 3D, 4D and 5D

Abstract – The methods considered traditional in the execution of civil engineering projects have been replaced by new technique procedure and software that provide more precision and agility, both of a given project development, as in the other phases of the enterprise. Building Information Modeling (BIM), that is, Construction Information Modeling, achieves through the interoperability between software, the generation and sharing of information that involves the entire life cycle of a building, from construction to use and maintenance, among all professionals involved. This work aims to analyze the implementation of the BIM platform in a geotechnical project in parametric modeling (BIM 3D), time management (BIM 4D) and cost (BIM 5D). The methodology adopted consists of the case study of these geotechnical elements of a residential building in Vitória / ES, previously dimensioned and designed using conventional methods such as Autodesk AutoCAD software, where the project was modeled in BIM 3D and linked to the construction planning and budget. Thus, based on the methods available in the software used, AutoDesk Revit (3D), Autodesk Navisworks (4D) and OrçaBIM plugin (5D) it was possible to conclude the facilities and difficulties encountered during the implementation of BIM in these dimensions in a geotechnical project. At the end of the case study, the use of Autodesk Revit and Autodesk Navisworks and the OrçaBIM plugin in geotechnical projects is recommended, especially for confirming the improvement in modeling visualization, time management and speed in budget completion.

Keywords: BIM. Geotechnics. Parametric modeling. Planning. Budget.

1 Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Mestranda em Engenharia Civil na área de Geotecnia pela UFES. Pós-graduanda em Engenharia de Barragens pela PUC-Minas. E-mail: debora_ferrao@hotmail.com

2 Professor de matemática e estudante de Engenharia Civil. Graduado em Licenciatura em Matemática – UFES. E-mail: felipe.dellaroli@hotmail.com

3 Engenheiro Civil, Professor do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES nos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, Mestre em Engenharia Civil pela UFES, Graduado em Engenharia Civil pela UFES. E-mail:gbsantunes@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os intrínsecos processos, sistemas e subsistemas construtivos tornam o setor da construção civil um desafio. Inevitavelmente, ferramentas convencionais de projeto vão sendo substituídas por novos métodos e softwares que proporcionam mais precisão e agilidade no desenvolvimento projetual, no planejamento da construção e nas demais fases do empreendimento. O Building Information Modelinha (BIM) surge nesse contexto, sendo uma única plataforma de informações que pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído. Por meio da interoperabilidade entre softwares, permite a geração e compartilhamento de informações entre os profissionais envolvidos (CBIC, 2016).

A plataforma digital é uma ferramenta para analisar e facilitar o acesso a inovações e soluções em métodos, ferramentas, processos e conceitos na área da construção civil (CAMPESTRINI, 2015). Nesse cenário, percebe-se que para chegar ao produto final da construção é necessário gerenciar todo o processo construtivo, desde a fase de projetos até a manutenção, e, assim, fez-se necessário dividir o conceito da informação em dimensões: 3D, modelagem paramétrica; 4D, planejamento e gerenciamento do tempo; 5D, gerenciamento dos custos; 6D, gerenciamento do ciclo de vida e manutenção; 7D, gerenciamento de energia. Pode ser compreendido, assim, como um modelo da edificação em um ambiente virtual computacional 3D, compreendendo informações como análises estruturais e energéticas, além dos aspectos físicos (EASTMAN et al., 2014).

No contexto deste trabalho, onde objetiva-se analisar as dimensões 3D, 4D e 5D, Eastman et al. (2014) reforçam que para conseguir atingir uma implementação integrada, ou seja, para que seja BIM, a simulação deve exibir seis características principais: digital, espacial (3D), mensurável, abrangente (relacionando e comunicando a intenção do projeto, o desempenho da construção e também aspectos financeiros), acessível (a toda a equipe do empreendimento por meio de uma interface interoperável e intuitiva) e durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação). Dessa forma, não se trata apenas da modelagem tridimensional, mas principalmente da modelagem da informação existente

em cada objeto (BIMEXPERTS, 2019). Já no modelo 4D, pode-se oferecer a visualização do cronograma associado ao modelo 3D, simulações no modelo 4D, além de permitir o replanejamento da construção e o monitoramento do campo (BAÍÁ, 2015). No campo da orçamentação (BIM 5D), o uso da tecnologia BIM facilita tanto na etapa de levantamento de quantitativo quanto “[...] para rapidamente, visualizar, identificar e avaliar as condições, e para otimizar preços dos subempreiteiros e fornecedores”, pois trata-se agora de um modelo da construção que favorece a mitigação dos erros e conseqüentemente aumento na concorrência dos preços, já que reduz a incerteza associada na apuração das quantidades de materiais (EASTMAN et al., 2014).

Os recursos da plataforma BIM permitem um maior domínio de todo o ciclo de vida da construção nas suas diversas etapas, interfaces e simultaneidade de desenvolvimento de uma edificação. Gerenciar todas as etapas do ciclo de vida ainda é, porém, um desafio para todas as empresas, sobretudo por ter muitos softwares envolvidos e ser necessário uma reorganização corporativa. Dessa forma, é necessário implementar o BIM baseado em um projeto-piloto, com processos formais e estruturados, permitindo a análise da necessidade desde adaptações organizacionais, como treinamentos e contratação até o controle de qualidade do resultado final.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é analisar a implementação do BIM em um projeto geotécnico, com modelagem de fundações, contenções e movimentação de terra, nas seguintes dimensões: modelagem paramétrica (3D), gerenciamento do tempo (4D) e custo (5D).

MATERIAIS E MÉTODO

O método adotado foi o estudo de caso de uma edificação em construção, cujo projeto foi realizado de modo convencional em softwares não BIM. O edifício, localizado em Vitória/ES, é um empreendimento com apartamentos residenciais.

Na etapa inicial da pesquisa, foi realizada a transferência dos projetos 2D para o modelo 3D BIM, utilizando o software Autodesk Revit (versão 2019). Para isso, foram analisados projetos elaborados em 2D no

software Autodesk AutoCAD em arquivos de extensão DWG. No fim dessa etapa, realizou-se a compatibilização dos projetos arquitetônico e complementares com o software AutoDesk Revit (versão 2019). É possível realizar a modelagem e compatibilização do projeto em um mesmo software, pois o Revit se trata de um modelo virtual onde é possível utilizar informações reais para analisar conflitos de projeto, além de que os construtores do projeto têm a facilidade de simular várias opções de construção, economizando material e tempo de obra (NETTO, 2017).

Na etapa seguinte da pesquisa, realizou-se a implementação do BIM 4D pelo software AutoDesk Navisworks (versão 2019), e o planejamento de obra foi feito utilizando o MS Project. O Navisworks é um integrado de modelos BIM de arquitetura, instalações, estrutura e também da infraestrutura, possibilitando adaptar o seu projeto a necessidade do negócio (OLIVEIRA; NETTO, 2017). Por fim, com os projetos prontos, realizou a implementação BIM 5D utilizando o plugin OrçaBIM, uma ferramenta que permite que quaisquer alterações em projeto, orçamento e cronograma refletem uns aos outros, estando as três disciplinas vinculadas (FONSECA, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

IMPLEMENTAÇÃO DO BIM 3D

O primeiro resultado verificado ao implementar o BIM em um projeto geotécnico é com relação aos templates do software AutoDesk Revit. O modelo/template é um arquivo de extensão RTE que tem os parâmetros iniciais de um projeto, com as configurações padrões de projetos e é nele que carregamos as principais famílias utilizadas (NETTO, 2017). Diversos são os templates disponíveis para a modelagem 3D, como arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros. Porém não há um modelo de configuração para a área da geotecnia. Dessa forma, há duas opções de escolha do projetista: estudar qual o melhor template a ser utilizado de acordo com o objetivo; e criar um template para as configurações geotécnicas que deseja.

Na pesquisa, escolheu-se estudar os templates arquitetônico e estrutural do acervo dos autores. Observou-se que a escolha depende do objetivo do projetista para quantificar armaduras (Quadro 1).

Funções	Templates	
	Template Arquitetônico	Template Estrutural
Modelar a topografia	Sim	Sim
Modelar as camadas de solo	Sim	Sim
Modelar as estruturas de concreto	Sim	Sim
Inserir armadura nas estruturas de concreto	Não	Sim
Inserir bibliotecas de fundações	Sim	Sim
Quantificar volume de armadura	Apenas inserindo fórmulas nas tabelas (vide passo 13 do apêndice A)	Se for previamente modelada, quantificará automaticamente

Figura 1. Corte gerado automaticamente no projeto geotécnico 3D vinculado com o projeto arquitetônico, ambos modelados no software AutoDesk Revit.

Outro resultado visível é quanto às tabelas de quantitativos. As apresentadas nos projetos 2D modelados no AutoDesk AutoCAD geralmente são feitas no Excel. Isso acontece pois, nos projetos geotécnicos, grande parte dos cálculos e quantitativos são feitos nessas planilhas com fórmulas inseridas pelo projetista. Por exemplo, para o cálculo do volume de concreto das estacas deve-se calcular o produto da área pelo comprimento, e, em alguns casos, o sobreconsumo de concreto, como em estacas hélice contínua. Dessa forma, o processo é totalmente manual e deve ser feito de forma cautelosa, a fim de evitar erros.

As tabelas geradas pelo software BIM AutoDesk Revit devem ser configuradas para gerar quantitativos automaticamente. Uma vantagem da plataforma BIM é que a partir do quantitativo gerado automaticamente pode-se observar se há alguma modelagem incorreta. No estudo de caso, notou-se que a tabela de fundação em hélice contínua apresentou uma contagem de 137 estacas, sendo que deveria ser 31 estacas. Ao analisar a tabela de fundações hélice contínua e adicionando o campo de “volume estimado de armadura” observou-se que exatas 31 estacas estavam com armadura inserida,

que são corretas, e outras 89, não (Figura 5). Ao buscar o erro de modelagem, percebeu-se que havia muitas estacas sobrepostas a outras.

Outra dificuldade encontrada foi quanto ao quantitativo de armadura. Automaticamente o software calcula o volume estimado da armadura, mas muitas vezes é interessante obter o peso em quilogramas a partir do peso linear, pois não é uma propriedade do material como mostrado na Figura 2. Essa opção não é automática do AutoDesk Revit e os vergalhões

inseridos não possuem o peso linear em suas propriedades. Como o volume de armadura é dado pelo elemento de concreto, ou seja, sem diferenciar qual a bitola da armadura, não é possível calcular o peso de armadura no próprio software. Para solucionar, recomenda-se inserir sua tabela do Excel no Auto-Desk Revit, colocando primeiramente em um projeto em AutoCard, e, depois, inserir o projeto 2D no Revit, fazendo um relatório a parte com as informações de armadura ou inserindo manualmente na tabela.

Modelagem	Vantagem	Desvantagem
Corte no projeto 2D (software AutoDesk AutoCAD)	Não é necessário vincular outros projetos, outros arquivos, apenas um é necessário para modelar o corte	Extremamente lento e manual
	Permite modelar e detalhar conforme a preferência do projetista, por ser manual	Por ser manual, a chance de erro é grande
		Caso haja alguma mudança no projeto, o corte deve ser modificado manualmente
Corte no projeto 3D (software AutoDesk Revit)	Extremamente mais rápido	Baixo nível de detalhamento, que deve ser feito manualmente, caso necessário;
	Pequena possibilidade de erro	Para aparecer os pavimentos, pilares, e outros elementos de concreto é necessário vincular estes projetos (arquitetônico e/ou estrutural), utilizando a função Vínculo de Revit. Caso estes projetos não esteja modelados na plataforma BIM, não é possível vincular, sendo necessário modelar manualmente.
	Caso haja alguma mudança no projeto, o corte é modificado automaticamente	

Quadro 2. Vantagens e desvantagens dos cortes na modelagem 2D e 3D.

Ao vincular o projeto arquitetônico do edifício com o projeto geotécnico e gerar o corte (Figura 1), pode-se observar uma configuração automática do AutoDesk Revit: no estilo visual “sombreado”, os pilares mais próximos do corte estão em cor mais escura (cinza escuro), os em posição intermediária estão em um cinza mais claro e as mais do fundo sem coloração.

Além disso, pode-se observar que como a modelagem da arquitetura não havia o poço do elevador, o mesmo não foi mostrado no projeto, bem como alguns pilares que não haviam sido modelados. Dessa forma, ressalta-se a importância de ter projetos compatibilizados na hora de vinculá-los, para evitar interferências como pilares em posições diferentes.

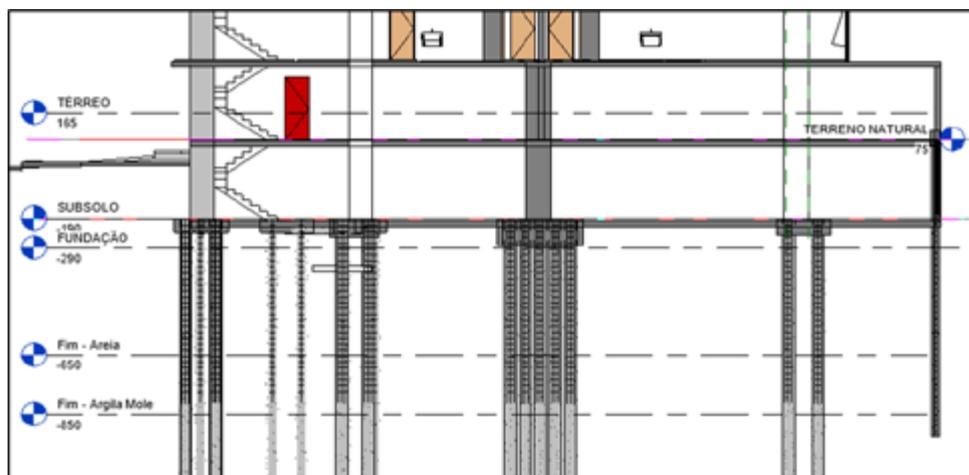


Figura 1. Corte gerado automaticamente no projeto geotécnico 3D vinculado com o projeto arquitetônico, ambos modelados no software AutoDesk Revit.

Outro resultado visível é quanto às tabelas de quantitativos. As apresentadas nos projetos 2D modelados no AutoDesk AutoCAD geralmente são feitas no Excel. Isso acontece pois, nos projetos geotécnicos, grande parte dos cálculos e quantitativos são feitos nessas planilhas com fórmulas inseridas pelo projetista. Por exemplo, para o cálculo do volume de concreto das estacas deve-se calcular o produto da área pelo comprimento, e, em alguns casos, o sobreconsumo de concreto, como em estacas hélice contínua. Dessa forma, o processo é totalmente manual e deve ser feito de forma cautelosa, a fim de evitar erros.

As tabelas geradas pelo software BIM AutoDesk Revit devem ser configuradas para gerar quantitativos automaticamente. Uma vantagem da plataforma BIM é que a partir do quantitativo gerado automaticamente pode-se observar se há alguma modelagem incorreta. No estudo de caso, notou-se que a tabela de fundação em hélice contínua apresentou uma contagem de 137 estacas, sendo que deveria ser 31 estacas. Ao analisar a tabela de fundações hélice contínua e adicionando o campo de

“volume estimado de armadura” observou-se que exatas 31 estacas estavam com armadura inserida, que são corretas, e outras 89, não (Figura 2). Ao buscar o erro de modelagem, percebeu-se que havia muitas estacas sobrepostas a outras.

Outra dificuldade encontrada foi quanto ao quantitativo de armadura. Automaticamente o software calcula o volume estimado da armadura, mas muitas vezes é interessante obter o peso em quilogramas a partir do peso linear, pois não é uma propriedade do material como mostrado na Figura 4. Essa opção não é automática do AutoDesk Revit e os vergalhões inseridos não possuem o peso linear em suas propriedades. Como o volume de armadura é dado pelo elemento de concreto, ou seja, sem diferenciar qual a bitola da armadura, não é possível calcular o peso de armadura no próprio software. Para solucionar, recomenda-se inserir sua tabela do Excel no AutoDesk Revit, colocando primeiramente em um projeto em AutoCAD, e, depois, inserir o projeto 2D no Revit, fazendo um relatório a parte com as informações de armadura ou inserindo manualmente na tabela.

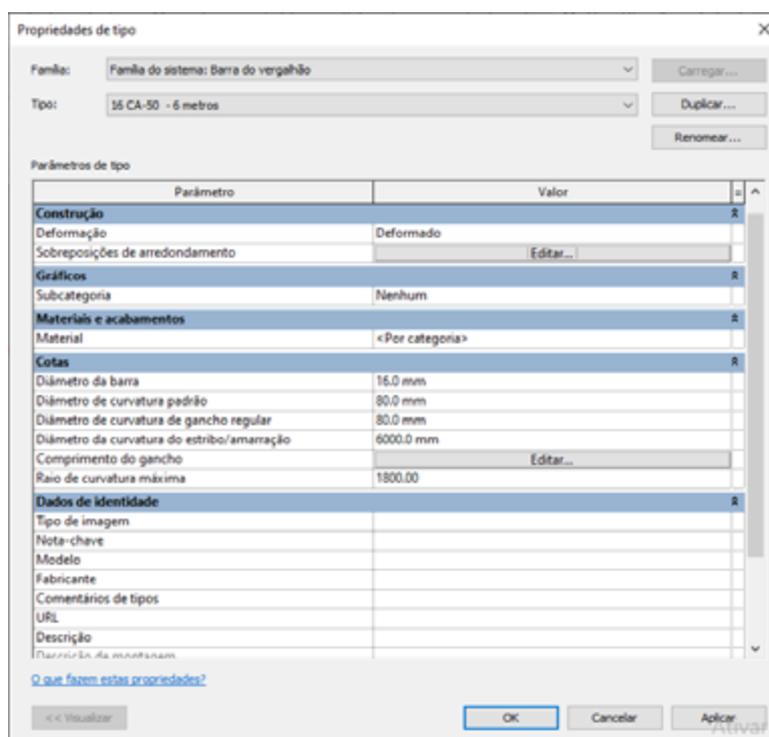


Figura 2. Propriedades de um vergalhão estrutural no software AutoDesk Revit.

Observa-se que as configurações de tabela, de corte, de templates, entre outras, transformam o modelo em um banco de dados da construção relativamente aberto, com

a capacidade de compilação e agregação de informação virtualmente infinita, além de ter um registro tridimensional, podendo agregar mais informação (SILVA, 2016).

IMPLEMENTAÇÃO BIM 4D

A implementação do BIM 4D iniciou com o planejamento de obra do projeto geotécnico. Esse foi feito a partir da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), onde se descreveu todos os elementos a serem quantificados, entre a movimentação de terra e infraestrutura. A partir do quantitativo e com base nos índices de produtividade do IOPES e SINAPI, calculou-se o tempo de cada atividade e se estabeleceu a sequência executiva da obra, obtendo o gerenciamento do tempo. Com base na informação de que o AutoDesk Navisworks proporciona a importação dos planeja-

mentos com extensão .mpp, ou seja, do Ms Project, optou por inicialmente utilizá-lo para esse primeiro gerenciamento do tempo de obra e posteriormente seria exportado para o software BIM.

Após finalizar os planejamentos de obra e exportá-los para o software AutoDesk Navisworks, o primeiro resultado que se observa é o gráfico de Gantt produzido pelo AutoDesk Navisworks. Na figura abaixo, um gráfico de Gantt (fig. 3 a)) foi o gerado pelo MS Project, e o outro pelo software BIM (fig. 3 b)), após importar o gerenciamento do tempo na extensão .mpp.

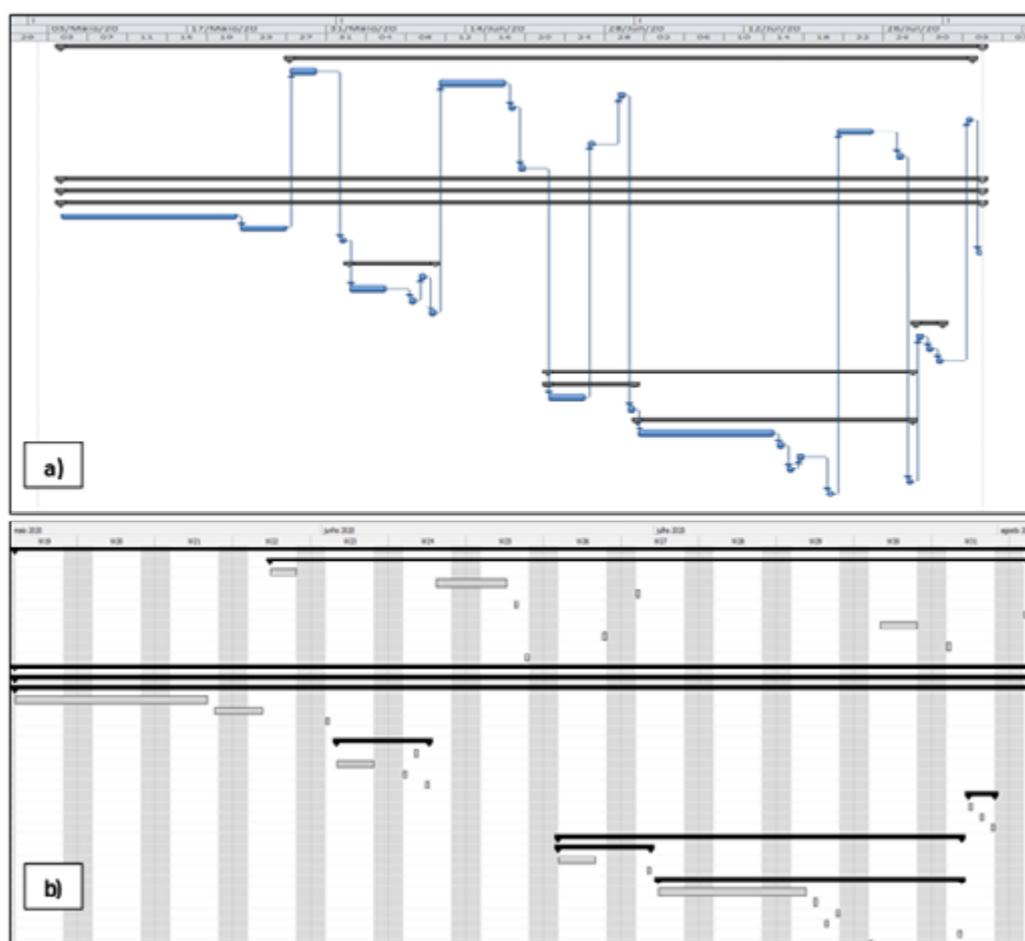


Figura 3. a) Gráfico de Gantt produzido pelo MS Project. b) Gráfico de Gantt produzido pelo AutoDesk Navisworks.

Observa-se inicialmente que o gráfico apresenta as mesmas informações, ou seja, o software BIM produz um gráfico de Gantt semelhante ao do MS Project. Porém há mudanças de formato no template, como, por exemplo, o MS Project informa os dias de início da semana logo abaixo da data e o mês (por exemplo, 03/Mai/20), já o Navisworks divide por semanas (em inglês weeks, por isso Wi sendo i a

semana, por exemplo “Junho W23”). Outra observação importante é a representação de setas que interligam as atividades a serem seguidas no gráfico do MS Project, que não é mostrado no software BIM.

Uma configuração que o MS Project permite para o gráfico de Gantt é apresentá-lo com as atividades críticas, o “Gráfico de Gantt Crítico”. Esse mostra

as atividades que não existem folgas, ou seja, são as críticas, já que uma atividade inicia após a outra ser finalizada. O AutoDesk Navisworks não possui essa opção de configuração, permite apenas filtrar as atividades de acordo com as iniciadas, finalizadas, atrasadas ou apenas planejadas. Já no MS Project, diversas outras configurações podem ser feitas, como alterar as cores das barras, verificar a porcentagem da atividade concluída, entre outras.

Durante a modelagem da simulação 3D, uma das dificuldades encontradas foi a surpresa da necessi-

dade de simular as movimentações de terra, já que inicialmente a modelagem 3D foi feita apenas com base no projeto 2D e ele não havia a movimentação de terra, apenas apresentava a necessidade deles. Dessa forma, houve a necessidade de retornar a modelagem 3D e modelar essas etapas, pois sabe-se que para a simulação 4D é necessário que todas as etapas do planejamento estejam devidamente modeladas. Porém, algumas dificuldades foram encontradas, como a modelagem das bermas nas quinas do terreno utilizando plataformas de construção do AutoDesk Revit.

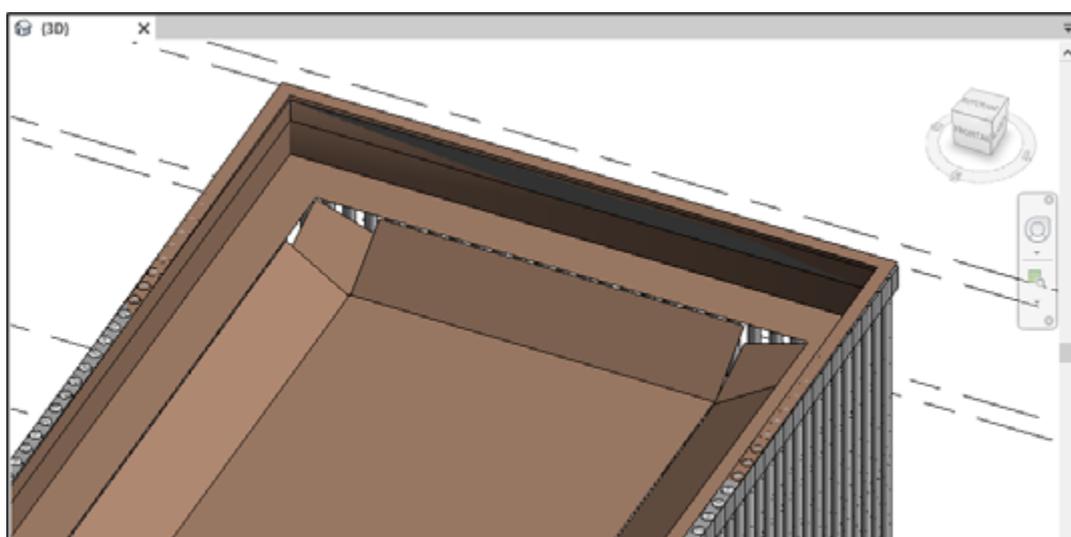


Figura 4. Modelagem 3D no software BIM AutoDesk Revit da movimentação de terra.

Observa-se na Figura 4 que os encontros da bermas de equilíbrio nas quinas do terreno, utilizando a ferramenta de plataforma de construção no software AutoDesk Revit, ficam incoerentes. Uma maneira de solucionar esse problema seria fazer a bermas com curvas de nível, uma modelagem dispendiosa e demorada. Esse mesmo problema ocorre com a escavação para execução das vigas e blocos de coroamento e vigas de rigidez e equilíbrio, ou seja, em quase toda a movimentação de terra. Dessa forma, nota-se que para a modelagem de detalhes topográficos em 3D não se torna vantajosa para a simulação 4D, a não ser que seja o enfoque da simulação ou seja de uma grande movimentação de terra, onde o detalhamento não terá grande importância no gerenciamento do tempo 4D.

Outra etapa intermediária que haveria a necessidade de modelagem 3D seria a instalação de ponteiros drenantes ao escavar o terreno para a execução dos

blocos de coroamento e também os equipamentos de execução da estaca hélice contínua monitorada. Para isso, haveria a necessidade de possuir a modelagem desse elemento específico ou possuir uma biblioteca que possua essa modelagem. Sabe-se que para fazê-lo manualmente demandaria tempo e mão de obra qualificada, já que necessita de conhecimento de parâmetros e outras ferramentas específicas. Ao procurar uma biblioteca deste, seja o fornecido pelo software ou por outros projetistas, não foi encontrado este tipo de família.

Dessa forma, não foi possível fazer a modelagem 3D da movimentação de terra, nem de etapas que necessitam de bibliotecas específicas. Logo, ainda há a necessidade de evolução desses softwares BIM para a utilização do mesmo em projetos geotécnicos, já que tais observações são de extrema importância na escolha da fundação e contenção.

Após a observação dessas dificuldades e com o planejamento de obra e a modelagem 3D feitos e exportados para o software BIM AutoDesk Navisworks, observou que parte do planejamento de obra não iria ser visto na simulação 4D pois não foi modelado no

3D, como a movimentação de terra. O software BIM, porém, permite que isso seja alterado na própria plataforma, apenas selecionando as tarefas que devem aparecer na simulação (Figura 5).

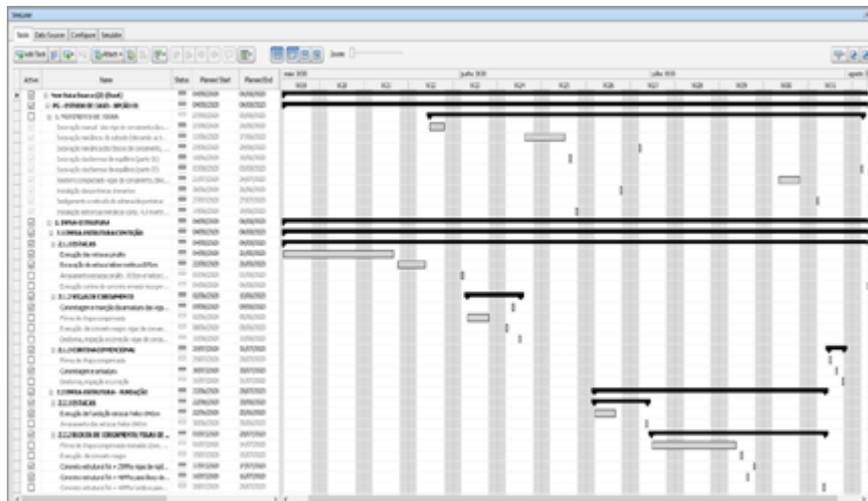


Figura 5. Timeliner com os elementos que irão aparecer na simulação e gráfico de Gantt.

Assim, o gerenciamento do tempo seguiu por tarefa. Por exemplo, todas as estacas pirulito foram executadas em 14 dias. Essa configuração de planejamento resultou em uma simulação 4D diferente da realidade, pois ao executar as estacas, se executa uma de cada vez, no entanto a simulação demonstra

toda essa tarefa sendo executada simultaneamente, todas as estacas executadas de uma única vez (Figura 6). Apesar de estar correto, não corresponde fielmente com a realidade de obra. Por isso, decidiu-se alterar no próprio AutoDesk Navisworks dividindo cada etapa em subetapas.

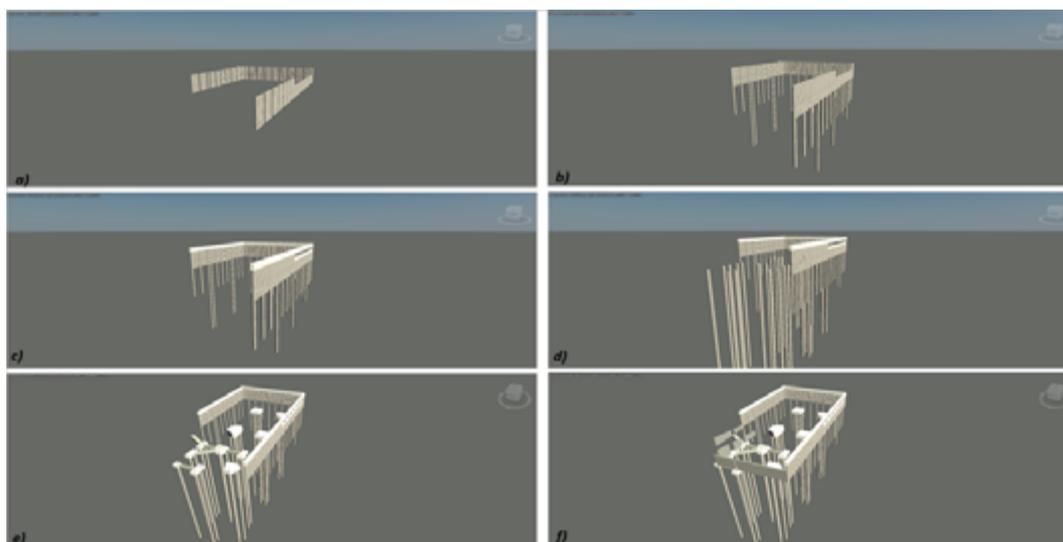


Figura 6. Simulação 4D no software AutoDesk Navisworks do estudo de caso com base no planejamento de obra a partir da estrutura analítica. a) Execução das estacas pirulito da contenção; b) Execução das estacas hélice contínua monitorada da contenção; c) Execução das vigas de coroamento; d) Execução da fundação em estaca hélice contínua monitorada; e) Execução dos blocos de coroamento, vigas de rigidez e de equilíbrio; f) Execução da cortina convencional em concreto armado.

Após simulação dos projetos geotécnicos com base em planejamentos de obra que foram realizados com base na estrutura analítica, subdividiu-se uma única tarefa em 3 ou 4 etapas. Por exemplo, as estacas pirulito que antes seriam executadas em 14 dias, agora serão executadas no mesmo tempo, porém divididas em 5, 5 e 4 dias.

Durante a modelagem 4D com as subdivisões das etapas, notou-se que a primeira dificuldade foi a de selecionar os objetos. Os nomes dos elementos modelados em 3D foram feitos de acordo com todos os elementos. Por exemplo, todas as estacas pirulito foram nomeadas como “Estacas pirulito Ø15cm”. O AutoDesk Navisworks, porém, permite que se selecione todos os elementos com o mesmo nome ou o

mesmo tipo, então só conseguiria associar todos os elementos de uma vez, e não subdividindo de acordo com as subetapas. Dessa forma, foi necessário selecionar elemento por elemento manualmente, dificultando o processo. Então cabe ressaltar a importância de nomear as estacas conforme deseja mostrar na simulação 4D.

Após a modelagem, pode-se verificar que o resultado acaba sendo mais próximo do real do que o simulado anteriormente, com o planejamento baseado nas composições unitárias (Figura 7). Ainda não corresponde totalmente com a realidade, e nem o seria se dividisse a simulação por dia, já que em um único dia executa mais que uma estaca, todavia consegue aproximar da realidade.

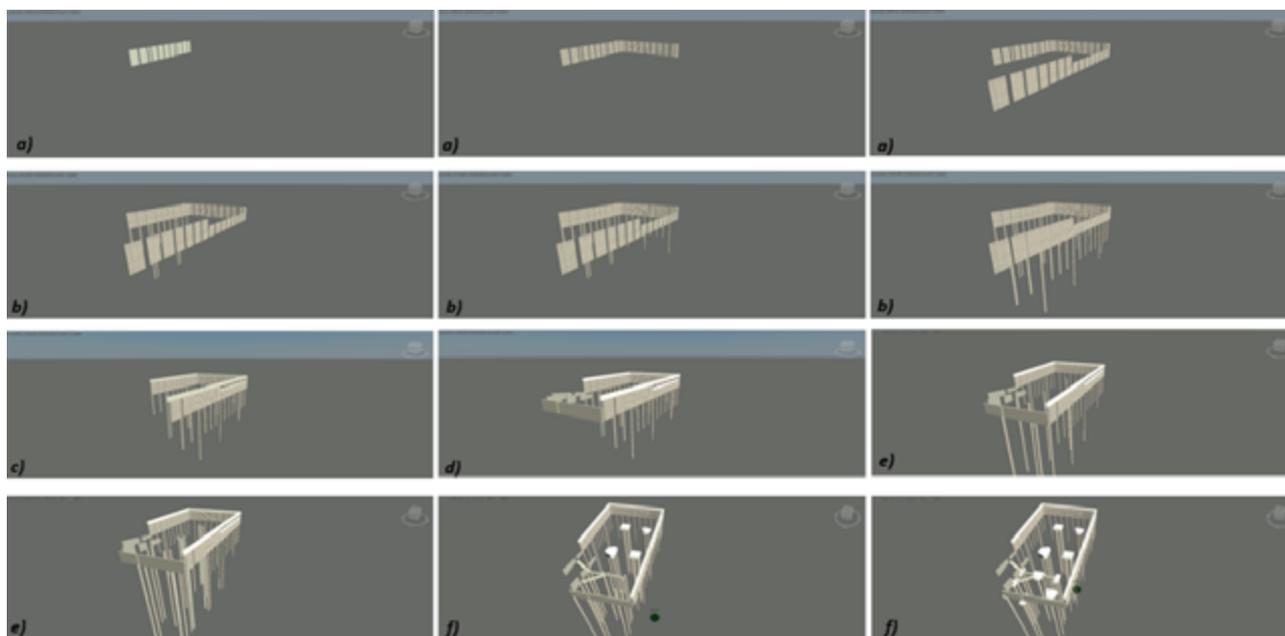


Figura 7. Simulação 4D no software AutoDesk Navisworks do estudo de caso com base no planejamento de obra a partir da estrutura analítica e subdividido em etapas. a) Execução das estacas pirulito da contenção; b) Execução das estacas hélice contínua monitorada da contenção; c) Execução das vigas de coroamento; d) Execução da cortina convencional em concreto armado; e) Execução da fundação em estaca hélice contínua monitorada; f) Execução dos blocos de coroamento, vigas de rigidez e de equilíbrio.

Além da modelagem da obra como um todo, pode-se também simular detalhes construtivos que geram muitas dúvidas durante a execução como quanto a ligação da estaca da fundação ao bloco de coroamento. O item 8.5.5 da ABNT NBR 6122 (ABNT, 2019) diz que se deve garantir a integridade da cabeça da estaca e a seção resultante pós-arrasamento, obtendo uma superfície plena e perpendicular ao eixo. Além disso, ressalta nesse item a obrigatoriedade do lastro de

concreto magro com espessura não inferior a 5cm e a cabeça da estaca deve ficar pelo menos 5cm acima do lastro.

Dessa forma, considerando dois blocos, com 1 e 2 estacas, capazes também de proporcionar a demonstração da ligação com a viga de rigidez. Na figura 8 abaixo estão as suas modelagens com intuito de ilustrar a obrigatoriedade da norma.

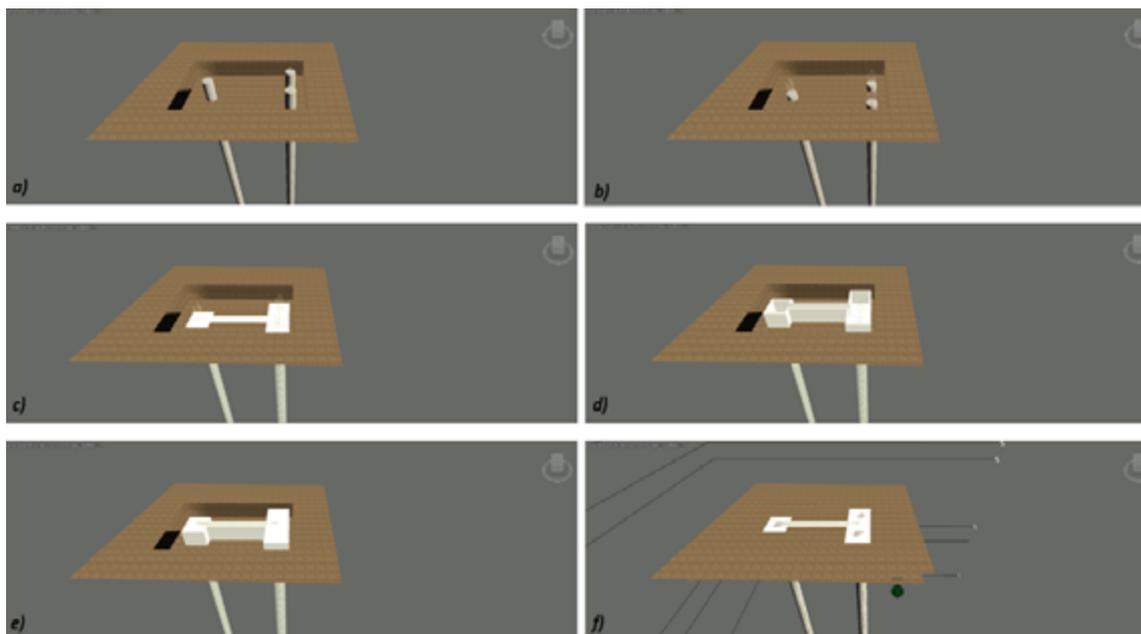


Figura 8. Simulação 4D no software AutoDesk Navisworks do detalhe construtivo da ligação da estaca da fundação com o bloco de coroamento. a) Escavação do terreno; b) Arrasamento das estacas; c) Execução de concreto magro; d) Formas dos blocos de coroamento e viga de rigidez; e) Concretagem dos blocos de coroamento e viga de rigidez; f) Reaterro da cava.

Observe que a simulação 4D dessa especificação facilita a visualização de como deve ser executada, evitando dúvidas e enfatizando a necessidade dessa execução. Isso torna a comunicação entre o projetista e o engenheiro de obra muito mais clara, bem como torna a execução muito mais segura. Além disso, tal detalhe pode ser usado em outros projetos com o mesmo tipo de fundação e especificação, tornando a modelagem do projeto mais produtiva já que evita que se modele várias vezes em diferentes projetos.

Outro detalhe construtivo importante são as bermas de equilíbrio da contenção, prescrita pelo projetista geotécnico, bem como as especificações da ligação da estaca da contenção com a viga de coroamento, a mesma descrita anteriormente. O resultado dessa, porém, se mostrou diferente da ligação da estaca da fundação com o bloco de coroamento, pois essa envolve uma maior movimentação de terra e assim

necessitando diversas etapas de modelagem 3D. Notou-se que mesmo ao configurar os Tasks Types para a correta visualização da simulação, houve um atraso executivo, como se houvesse uma pausa entre uma tarefa e outra.

A dificuldade dessa mesma modelagem foi que parte dela necessita da execução da superestrutura, que não havia sido modelada no 3D. Entre a etapa f e g da Figura 9, é necessária a execução da laje para travamento da contenção e só após esta etapa deve-se retirar a bermas de equilíbrio. Ressalta-se a importância de todos os projetos serem modelados na plataforma BIM, evitando retrabalhos ou que outras disciplinas tenham que modelar outros elementos para realizar sua simulação. Uma solução alternativa é inserir notas e comentários enfatizando essas especificações construtivas.

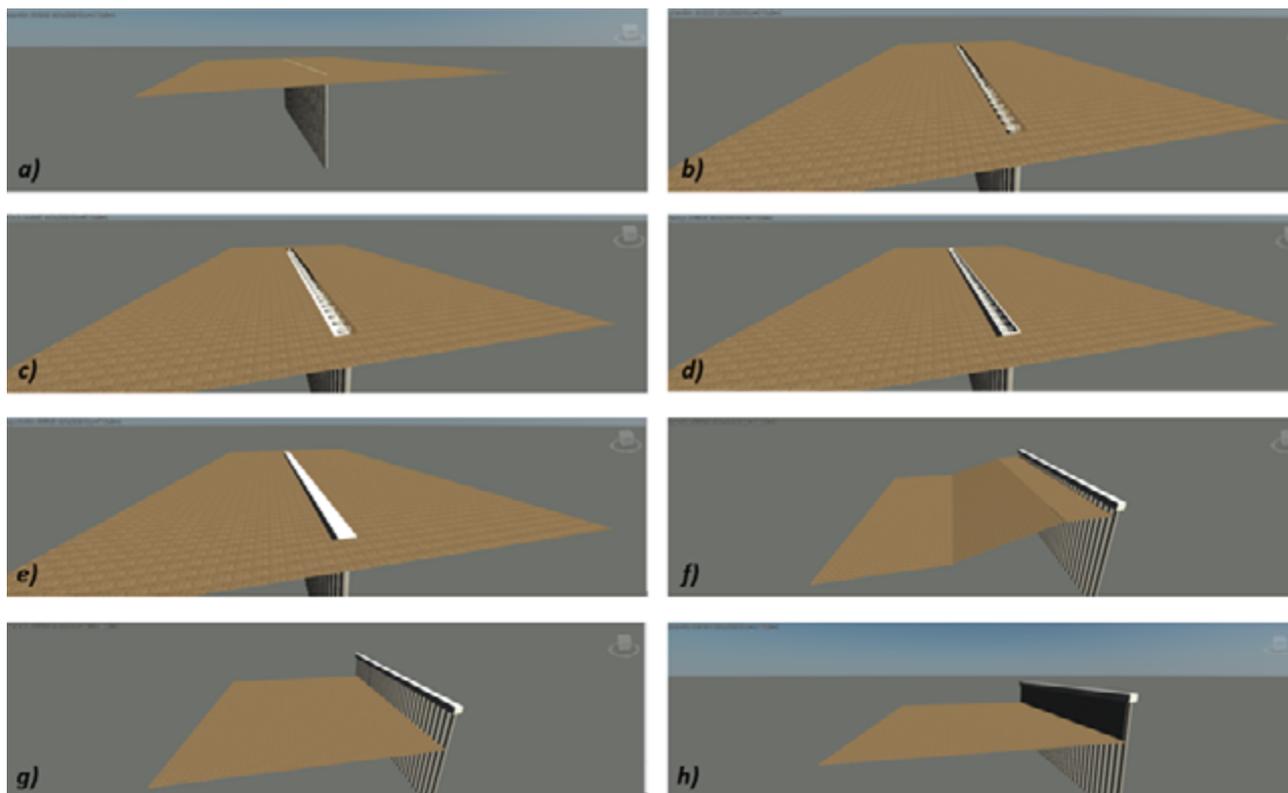


Figura 9. Simulação 4D no software AutoDesk Navisworks do detalhe construtivo da ligação da estaca da contenção com a viga de coroamento. a) Execução das estacas; b) Escavação para execução das vigas de coroamento; c) Concreto magro; d) Formas da viga de coroamento; e) Concretagem da viga de coroamento; f) Escavação do terreno deixando a bermas de equilíbrio, enquanto executa a fundação; g) Após a execução da fundação e travamento com a laje (vide projeto estrutural), retirada da bermas; h) Fechamento da contenção com malha de aço e concreto projetado.

Apesar disso, a simulação 4D apresenta o benefício de facilitar a visualização da execução de elementos prescritos pelo projetista geotécnico, já que apesar de não apresentar um vídeo com continuidade correta, ou seja, com pequenas pausas entre uma atividade e outra, executivamente está correto. Dessa forma, evita desentendimentos entre o projetista e o executor, ressaltando a importância das bermas de equilíbrio quanto à estabilidade da contenção, já que é sabido que essa etapa da obra carece de maior atenção pois a contenção está em balanço, ou seja, ainda não está travada nas lajes.

IMPLEMENTAÇÃO BIM 5D

Após a finalização da implementação 3D dos projetos deste trabalho, a etapa de orçamentação iniciou-se a partir da identificação dos serviços necessários para execução da obra. As composições de preços unitários foram do banco de dados do IOPEs (02/2020), SINAPI (03/2020) e, em específico, foi utilizada composição própria para o serviço de rebaixamento do lençol freático com base no mercado local.

Em posse do plugin para Revit OrçaBIM, pode-se iniciar o processo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP) por duas maneiras: a primeira é por meio direto do Revit pela aba do Orçafascio, mediante a opção Novo Orçamento, definindo um Código e Descrição, assim como consideração dos Encargos Sociais Desonerados e Não Desonerados.

A próxima etapa é escolher os bancos de dados das composições unitárias que serão utilizadas no orçamento e criação das EAP por meio da ferramenta “Editar Orçamento”, pelo qual é necessário criar as etapas e sub-etapas que se desejam contemplar no orçamento.

Em suma, reforça-se a facilidade para criação da EAP para o desenvolvimento da orçamentação, tanto via plugin OrçaBIM quanto pela importação de uma estrutura criada anteriormente pelo orçamentista em arquivo Excel pela plataforma Web do Software Orçafascio. As duas possibilidades permitem ao responsável pelo orçamento, vinculação com o projeto modelado 3D de forma ágil e assertiva, por meio das interoperabilidades entre os softwares.

Assim, com a Estrutura Analítica de Projeto criada ou importada para o plugin OrçaBIM, parte-se para atribuição das composições dos elementos do projeto no Revit. A clareza da interface do OrçaBIM possibilita

que a atribuição das composições aos elementos do projeto seja de forma intuitiva, sendo possível inseri-las aos itens por meio do seu código do serviço ou sua descrição. A criação da EAP no plugin (Figura 10).

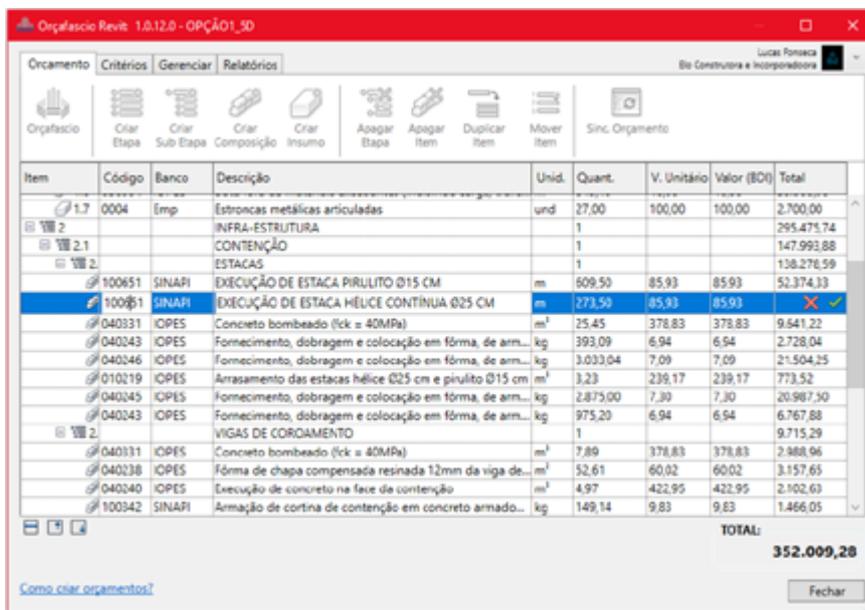


Figura 10. Criação da EAP (Estrutura Analítica de Projeto)

Quando a inserção da composição do item for pela descrição, é possível descrever uma palavra-chave sobre o serviço e, então, o programa oferece possíveis resultados de busca, possibilitando agilidade no processo. Outra facilidade é a opção de alteração ou inclusão de outros bancos de dados de composi-

ções, atualizados ou não, diferentes daqueles considerados inicialmente no início da orçamentação. Basta apenas ir na aba “Gerenciamento” e clicar em “Editar Bancos” (Figura 11), e assim surge as possibilidades oferecidas pelo Software Orçafascio via plugin OrçaBIM.

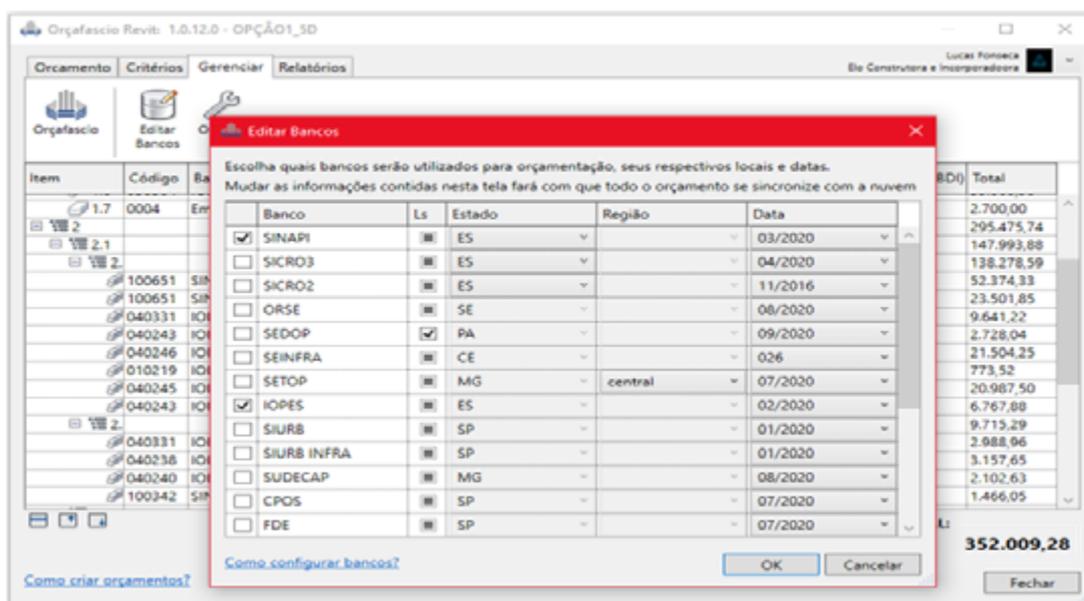


Figura 11. Banco de dados do plugin OrçaBIM.

Nesse contexto, sabe-se que o levantamento de quantitativo é uma das fases mais primordiais da orçamentação e, muitas vezes, demanda tempo, assertividade e certa experiência do orçamentista, pois qualquer erro de cálculo pode gerar desbalanceamento dos preços (MATTOS, 2006).

A utilização da tecnologia BIM na orçamentação na extração do quantitativo tem o objetivo de mitigar os erros e principalmente reduzir a incerteza associa-

da na apuração das quantidades. Utilizando o plugin OrçaBIM, a extração pode ser realizada por regras. Basta ir à ferramenta “Editor de Critério” e definir os critérios e subcritérios (Figura 12).

Consegue-se então a associação do elemento ao serviço às categorias e filtros existentes (filtros de fase, filtros de família e filtros de parâmetros gerais) que o elemento Revit foi modelado.

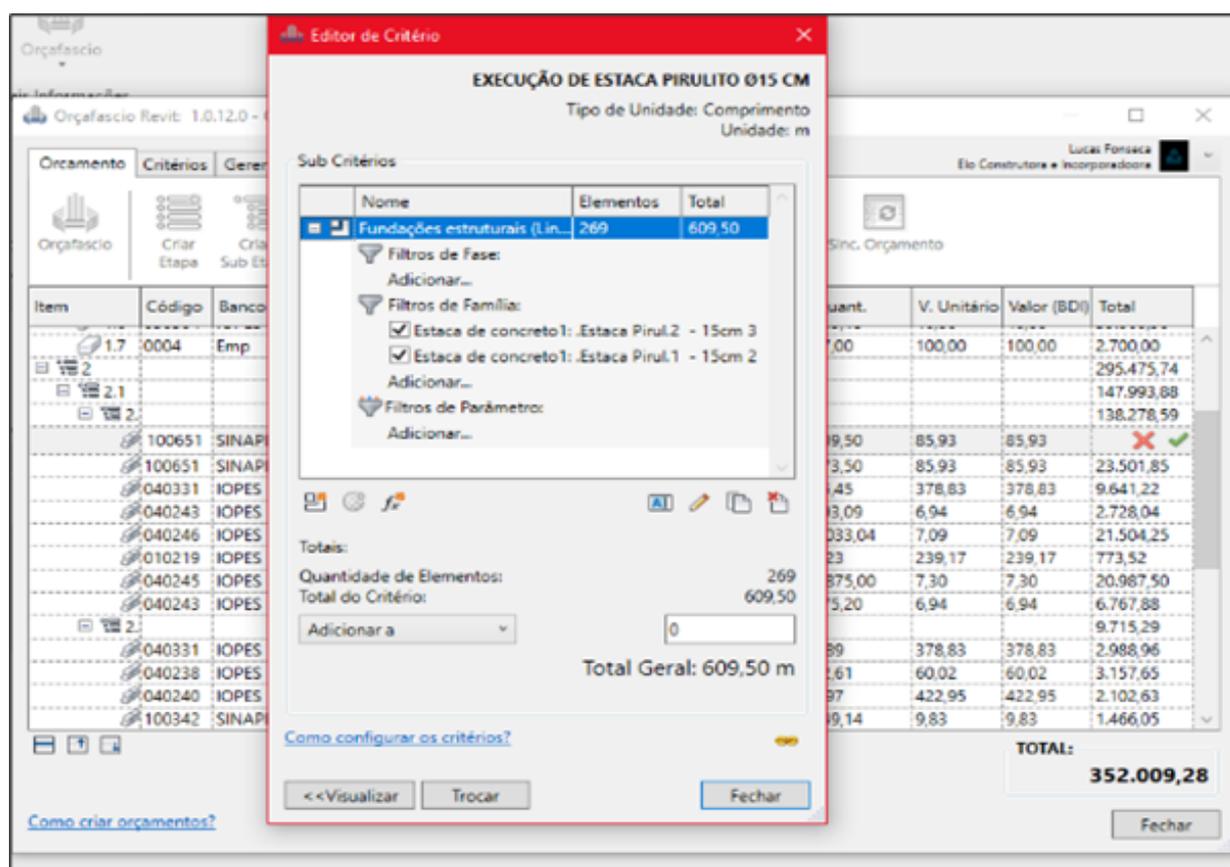


Figura 12. Editor de Critérios.

Para extração do exemplo acima, foi necessário estabelecer subcritérios de filtros de família que representassem os elementos em si. Nesse caso a família Estaca de Concreto 1. Tais famílias são definidas pelo projetista na etapa de modelagem 3D. Pode-se observar que a unidade estabelecida foi o metro linear (m), que é imposta pela unidade da composição escolhida do banco de dados especificado na etapa inicial da orçamentação. No entanto, a escolha dos melhores critérios e/ou subcritérios fica a preferência do responsável pelo orçamento, desde que a quantidade extraída referente ao elemento construtivo no

projeto seja assertiva, evitando possíveis erros.

Destaque-se a opção “Visualizar”, pois ao clicar nessa ferramenta será possível visualizar o próprio elemento que está em processo de extração do quantitativo. Esse é um recurso muito importante para checagem e conferência das informações. A ferramenta de visualização do elemento construtivo no momento da extração do quantitativo aumenta consideravelmente a precisão e assertividade do orçamento, como outro exemplo, que evidencia o momento da extração do volume de concreto dos blocos de coroamento (Figura 13).

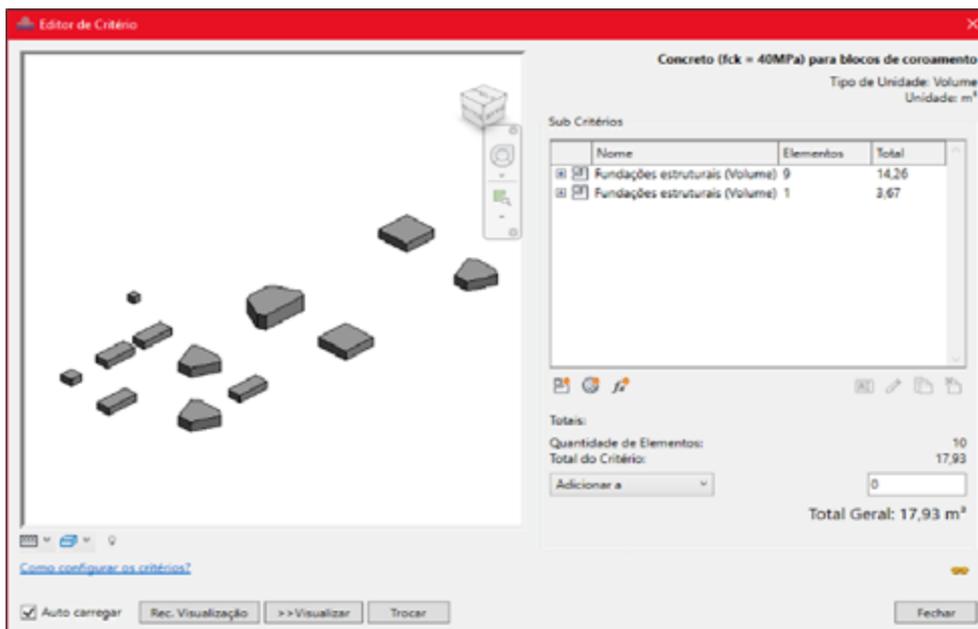


Figura 13. Extração do volume de concreto dos blocos de coroamento.

Ainda existe a possibilidade de utilização de fórmulas matemáticas para alteração do quantitativo extraído de forma automática, para que fique o mais real possível em campo, como, por exemplo, a majoração de 25% do volume de concreto para as estacas, sendo possível

considerar o sobreconsumo do concreto em campo. É necessário somente selecionar a opção “Multiplicado por” abaixo do Total do Critério e inserir no campo em branco o valor de 1.25. Assim o valor total do extraído será multiplicado pelo fator 1,25 (Figura 14).

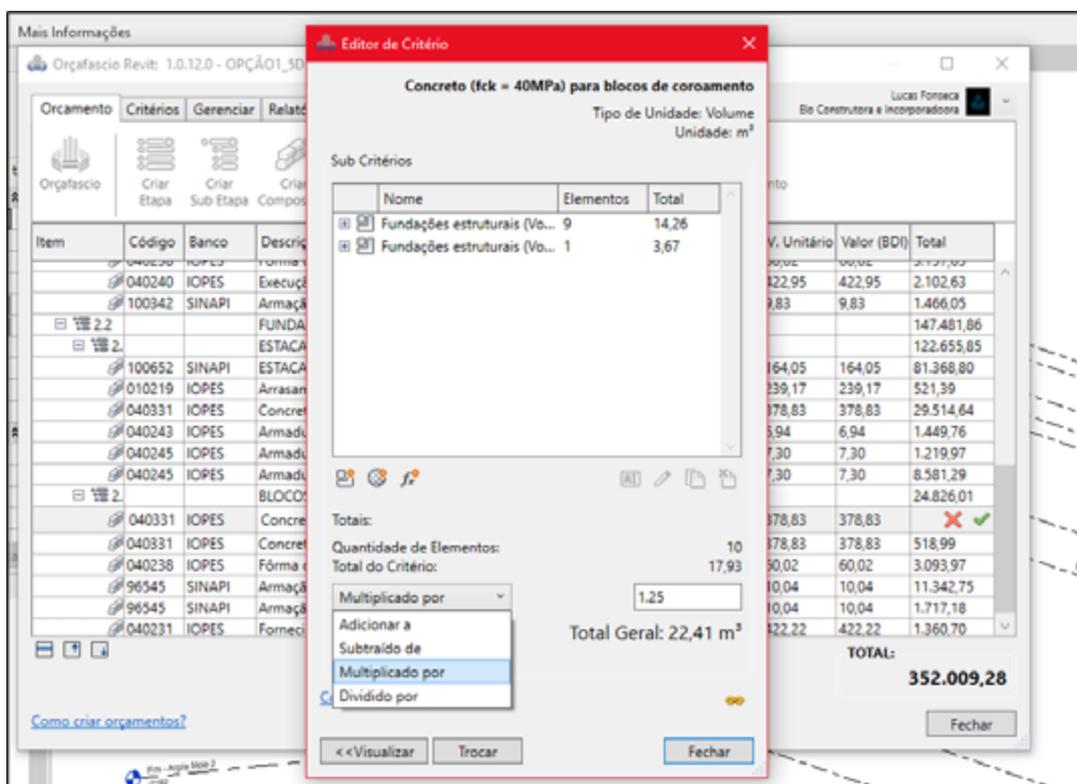


Figura 14. Majoração de 25% do volume de concreto.

CONCLUSÃO

A partir do estudo de caso e análise dos resultados aferidos como também durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi possível concluir as seguintes considerações referentes às implementações das dimensões 3D, 4D e 5D.

Sobre a dimensão 3D, em relação à comparação da modelagem paramétrica em 3D com o projeto 2D, recomenda-se uma padronização de nomes de modelos, plantas baixas e tabelas, antes de iniciar a modelagem paramétrica. Além disso, necessita de um estudo prévio de templates e um curso básico de utilização do software. Com esse estudo o processo da modelagem se torna simples. O resultado final pode ser igual ao que se apresenta em 2D ou pode incluir outros elementos, como vistas 3D, sendo que esse facilita a visualização do projeto por leigos, permitindo uma melhor apresentação para clientes. Por fim, observou-se que ainda há necessidade de investimento em bibliotecas e famílias de elementos geotécnicos pelas empresas de software BIM ou projetistas especializados.

Sobre a modelagem 4D, observou-se que é necessária uma mão de obra qualificada para modelar a simulação, com um conhecimento prévio do software e dos seus resultados, bem como a necessidade de um planejamento de obra convencional e a modelagem 3D de todos os elementos a serem simulados. Vale ressaltar que diferente do BIM 3D, onde se observa que ele substitui integralmente o projeto 2D, o 4D não permite isso, já que é interessante que se faça o planejamento convencional para depois fazer a simulação 4D e o resultado da simulação não se apresentou fielmente à sequência executiva do projeto geotécnico em campo, embora esteja gerenciado corretamente. A principal vantagem da simulação 4D foi quanto aos detalhes de execução, pois consegue transmitir clareza às especificações de projeto, facilitando a comunicação entre o projetista e o engenheiro de obra.

Sobre a dimensão 5D, se enfatizou a facilidade de criação do orçamento e utilização de diferentes bancos de dados (nacionais ou regionais) para atribuição das composições a estrutura EAP, tendo em vista a redução do tempo para buscar as informações nos arquivos disponibilizados pelos órgãos de referência. A extração do quantitativo ocorre com

maior precisão e assertividade, pois é possível visualizar o elemento do projeto durante a atribuição da composição, apesar de que os elementos que não foram possíveis modelar ainda é necessária uma orçamentação no processo tradicional. Especificamente do plugin Orçafascio, ressalta-se a praticidade na criação do orçamento e relatórios finais para fim de proposta de venda.

Logo, tendo em vista os itens descritos acima referentes às dimensões 3D, 4D e 5D, recomenda-se o uso dos softwares Autodesk Revit e Autodesk Navisworks e o plugin OrçaBIM integrante da plataforma Orçafascio em projetos geotécnicos, sobretudo pela confirmação da facilidade de visualização da modelagem, do gerenciamento do tempo e pela agilidade na conclusão do orçamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro: ABN, 2019.

BAÍÁ, D. *Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil*. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil. Universidade de Brasília. 2015.

BIM Experts. *O que é bim?*. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1xHcPH3vWPZooBpclfV-0N33sXrW_o8z4a/view>. Acesso em: 28 agos. 2019

CAMPESTRINI, T.; GARRIDO, M.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. *Entendendo BIM*. IN: CAMPESTRINI, T. F. (Ed.). Curitiba, 2015.

CBIC. CATELANI, W. *Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras – Volume 1 – Fundamentos BIM*. Presidente da CBIC: José Carlos Martins. Revisão: Beatriz Vasconcelos, 2016.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FONSECA, K. L. *Estudo de caso de projeto residencial unifamiliar padrão com abordagem na concepção e desenvolvimento da engenharia de projeto, orçamentação e planejamento a partir da modelagem na plataforma Building Information Modeling (BIM)*

de três métodos construtivos diferentes. 2018. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.

MATTOS, D. A. *Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos*. São Paulo: Pini, 2006.

NETTO, C. *AutoDesk Revit 2017 Architecture – Conceitos e aplicações*. Saraiva. São Paulo: 2017

OLIVEIRA, A.; NETTO, C. *AutoDesk Navisworks 2017 – Conceitos e aplicações*. Saraiva. São Paulo: 2017

SILVA, A.; SILVA, D.; SILVA, F.; DIAS, R. *O que há de BIM em NOZ*. Portugal, 2016. 1º Congresso Português de Building Information Modeling, 2016.