



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

WALMIR FERREIRA DE LIMA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA BIM PARA PROJETOS DE
RECUPERAÇÃO E REFORMAS DE FACHADAS EM
EDIFICAÇÕES**

RECIFE, 2017

WALMIR FERREIRA DE LIMA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA BIM PARA PROJETOS DE RECUPERAÇÃO E
REFORMA DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

RECIFE, 2017

Catalogação na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves. CRB-4 / 1260

L732 Lima júnior. Walmir Ferreira de
Utilização da plataforma BIM para projetos de recuperação e reforma
de fachadas de edificações. / Walmir Ferreira de Lima júnior. - 2017.
51folhas, Ilus.; Tab.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM. 3. Revit. 4. Reforma de fachadas.
5. Gerenciamento de obras de construção. 6. Planejamento de obras de
construção. I. Carneiro, Arnaldo Manoel Pereira, (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-69



ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Walmir Ferreira de Lima Junior

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

Examinador 1: Prof. Paulo de Araujo Regis

Examinador 2: Jefferson Wellano Oliveira Pinto

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Utilização da plataforma BIM para projetos de recuperação e reformas de fachadas

LOCAL: Sala 106 do prédio do CTG/UFPE.

DATA: 10/02/2017 HORÁRIO DE INÍCIO: 10:00 h.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____ (deixar ‘Exame Final’, quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado aprovado com exame final.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 10 de fevereiro de 2017

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil

Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.

Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro José Carlos Gonçalves R. de Oliveira por abrir as portas da sua empresa e possibilitar a realização deste estudo.

À técnica de segurança do trabalho e engenheira ambiental Gilka Santos pelos ensinamentos sobre a dinâmica do canteiro de obras utilizado neste estudo.

Aos professores do departamento de Engenharia Civil da UFPE pelos conhecimentos transmitidos ao longo da graduação.

Ao instrutor Luciano Ramos, por sua contribuição ao transmitir os conhecimentos sobre a plataforma BIM.

Aos meus companheiros de curso, amigos, família e todos que colaboraram e me motivaram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este estudo apresenta a comparação de dois métodos. O primeiro, é o método tradicional de planejamento e acompanhamento de obras de recuperação e reforma de fachadas em edifícios, utilizado há alguns anos pela empresa de engenharia civil responsável pela execução desse serviço no edifício Solar do Gayppió, que é o objeto de estudo. E o segundo, realiza o mesmo serviço de planejamento e acompanhamento de obra, utilizando os conceitos da plataforma BIM, com as ferramentas adequadas para aplicação desse método. Serão apresentadas as vantagens e limitações de cada método, e comparadas para avaliar se é viável, para a empresa responsável pela obra, a mudança na sua maneira de realizar trabalhos com a implementação da nova metodologia, utilizando a forma mais simples, o BIM 3D, tendo como ferramenta o software Revit para realização do estudo.

Palavras chave: BIM. Revit. Reforma de fachadas. Gerenciamento de obras de construção. Planejamento de obras de construção.

ABSTRACT

This study presents the comparison of two methods. The first is the traditional method of planning and monitoring works for the restoration and renovation of façades in buildings, which is being used for a few years by the civil engineering company responsible for the execution of this service in the Solar do Gayppió building, which is the object of study. And, the second, performs the same service of planning and monitoring of work, using the concepts of the BIM platform, with the appropriate tools to apply this other method. The advantages and disadvantages of each method were present and compared to evaluate if it is feasible for the company responsible for the construction to change their current way of work with the implementation of the new methodology, using the simplest form, the BIM 3D, using the Revit software as a tool to carry out the study.

Key words: BIM. Revit. Façade reform. Construction management. Construction planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vantagens esperadas com a utilização da metodologia BIM.....	14
Figura 2 – Aplicação de cerâmica com andaimes suspensos no recuo da fachada posterior.....	18
Figura 3 – Capiaço inferior e superior na face central do recuo na fachada posterior.....	19
Figura 4 – Cálculo da área de aplicação de revestimento das faces laterais do recuo na fachada posterior.....	21
Figura 5 – Cálculo da área de aplicação de revestimento cerâmico da face central do recuo na fachada posterior.....	22
Figura 6 – Tabela para acompanhamento diário de utilização de cerâmica.....	24
Figura 7 – Formulário de pedido para abastecimento de obra.....	26
Figura 8 – Disposição dos andaimes suspensos.....	27
Figura 9 – Eixos para a modelagem.....	29
Figura 10 – Pavimentos para modelagem.....	29
Figura 11 – Criação de paredes para as faces laterais.....	30
Figura 12 – Aplicação de revestimento no componente Parede lateral.....	31
Figura 13 – Formato da Parede lateral.....	32
Figura 14 – Perspectiva da Parede lateral.....	32
Figura 15 – Parede central.....	33
Figura 16 – Aplicação de cerâmica na abertura da janela na face lateral.....	34
Figura 17 – Cerâmica no parapeito da face central	34
Figura 18 – Planta baixa primeiro pavimento.....	35
Figura 19 – Modelagem do primeiro pavimento em perspectiva.....	35
Figura 20 – Área total da edificação a ser reformada.....	36
Figura 21 – Volumetria completa de modelagem da edificação.....	36
Figura 22 – Maquete eletrônica do estudo de caso.....	37
Figura 23 – Utilização de tabelas do Revit.....	38
Figura 24 – Exemplo de tabela para Quantidade de parede.....	38
Figura 25 – Exportação de dados de tabelas geradas no Revit.....	39
Figura 26 – Planilha eletrônica com dados do Revit.....	39
Figura 27 – Exemplo de visualização dos pavimentos não concluídos.....	41
Figura 28 – Satisfação de empreendedores com a implementação da plataforma BIM.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de utilização diário de cerâmica e argamassa.....	25
Tabela 2 – Comparação da metodologia tradicional e BIM.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	10
1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 DEFINIÇÃO DE BIM.....	11
2.2 COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO TRADICIONAL E O MODELO BIM.....	13
2.3 DISCUSSÃO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....	14
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	17
3.2 MÉTODO TRADICIONAL.....	18
3.2.1 PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO TRADICIONAL.....	19
3.3 MÉTODO BIM.....	28
3.3.1 MODELAGEM UTILIZANDO REVIT.....	28
3.3.1.1 CRIAÇÃO DE GUIAS PARA A MODELAGEM.....	28
3.3.1.2 CRIAÇÃO DOS COMPONENTES.....	29
3.3.1.3 CONCEPÇÃO DA VOLUMETRIA.....	35
3.3.2 PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO UTILIZANDO BIM.....	37
4 RESULTADOS ESPERADOS.....	42
4.1 RESULTADOS DO MÉTODO TRADICIONAL.....	42
4.2 RESULTADOS DO MÉTODO BIM.....	43
4.2.1 VISUALIZAÇÃO 3D.....	43
4.2.2 PLANILHAS AUTOMÁTICAS.....	43
4.2.3 ARMAZENAMENTO DE DADOS.....	43
4.2.4 PRODUÇÃO DE DOCUMENTOS.....	44
4.2.5 LIMITAÇÕES DO BIM.....	44
5 DISCUSSÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM.....	45
6 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A evolução da indústria da construção civil está diretamente relacionada ao desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliam no processo de criação e acompanhamento de projetos. E entre as propostas das ferramentas da plataforma BIM, está a otimização do processo de desenvolvimento de projetos e acompanhamento dos mesmos, de forma mais prática e interativa.

Muitas fontes de informação listam as vantagens da utilização de BIM, tais como praticidade e velocidade de criação, através de softwares que contém ferramentas onde é possível, com poucos cliques, obter informações que demorariam de alguns minutos a algumas horas para serem preparadas e apresentadas com clareza. O que desperta muito interesse quando o assunto é otimização do gerenciamento de projetos.

Para verificar tal eficiência da plataforma BIM, o estudo proposto irá comparar o uso da tecnologia contra um método simples e tradicional de desenvolvimento e acompanhamento de projetos, no cenário da construção civil voltado a recuperação e reforma de fachadas em edificações. O que propiciará uma análise detalhada das possíveis vantagens e limitações que serão observadas durante a utilização das ferramentas da plataforma BIM e discutidas ao longo do estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A justificativa para realização do estudo deve-se ao fato da tecnologia BIM estar sendo bastante utilizada e positivamente avaliada em todo o mundo, por países que são referência na gestão de projetos de construção civil, como Estados Unidos e Reino Unido. O que gera motivação para seguir pelo mesmo caminho e utilizar os benefícios de uma das melhores ferramentas de trabalho disponíveis atualmente no mercado.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste estudo é avaliar a utilização da plataforma BIM comparando a realização de um projeto de recuperação e reforma nas fachadas de uma edificação escolhida como objeto de estudo, utilizando dois métodos: primeiro método mais conservador, pouco informatizado e o segundo método utilizando as ferramentas e diretrizes propostas pela plataforma BIM.

Como objetivos específicos, podem ser listados:

- i. Detalhar o tipo de procedimento utilizado no estudo, para projetos de recuperação e reforma de fachadas em edificações, listando as atividades necessárias para o planejamento e execução do mesmo;
- ii. Comparar o procedimento necessário para desenvolver o planejamento do projeto de recuperação e reforma de fachadas em edificações utilizando ambos os métodos citados no objetivo geral, analisando as vantagens de cada um;
- iii. Identificar as complicações encontradas na aplicação de cada um dos dois métodos utilizados no estudo;
- iv. Verificar se há melhorias relevantes para o planejamento e o gerenciamento da obra, ao utilizar as informações produzidas com as ferramentas do BIM, comparando as vantagens e limitações de cada método;
- v. Discutir a necessidade da modificação da metodologia de trabalho de uma empresa para implementação da tecnologia BIM.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DE BIM

BIM é a sigla para Building Information Modelling, que em tradução livre significa informação e modelagem para construção. O conceito do BIM, quando aplicado de forma correta, proporciona uma forma mais colaborativa de trabalho que utiliza tecnologias para desenvolver projetos de construção de melhor qualidade com redução dos prazos de execução e dos custos (EASTMAN *et al.*, 2014).

Com os softwares de modelagem que operam de acordo com a plataforma BIM, é criado um modelo virtual preciso da edificação, em 3D, com a geometria exata do objeto do projeto. O que diferencia o modelo criado com BIM de um desenho comum que possui comprimento, largura e profundidade é a parametrização de componentes. De acordo com Justi (2010) a parametrização é o coração da plataforma BIM, pois com ela cada componente utilizado na modelagem deixa de ser apenas linhas para visualização e passam a ser reconhecido como um objeto que possui informações em um banco de dados. Esse banco de dados é essencial nos softwares que utilizam os conceitos do BIM, porque com uma boa modelagem, a partir deste banco de dados é possível gerar de automaticamente uma planilha

precisa de quantitativo e detalhamento dos materiais utilizados para a execução do projeto. Como Birx (2006) defende, trata-se do processo de compartilhar informações de construção por meio de um banco de dados. As definições da plataforma BIM, são mais que apenas uma representação eletrônica de documentos em papel (BIRX, 2006).

Outra função importante do banco de dados é a capacidade de interoperabilidade ao utilizar o BIM, onde diferentes setores do mesmo projeto podem ser projetados separadamente e inseridos no modelo geral do projeto, ajustando-se à geometria quando possível e identificando eventuais conflitos que podem ser prontamente corrigidos pela equipe responsável, evitando transtornos graves na fase de execução.

Quando o projeto utiliza softwares BIM para contabilizar dados do tempo de cada etapa em conjunto com o modelo 3D, utiliza-se a nomenclatura de BIM 4D. E quando dados do custo também são contabilizado, juntamente com o tempo e o modelo tridimensional do projeto, utiliza-se a nomenclatura de BIM 5D (CONOVER *et al.*, 2009). Há estudos em andamentos para acrescentar dimensões aos projetos em BIM, como Kamardeen (2010) menciona em sua pesquisa, além do BIM 4D e do BIM 5D, que já são amplamente utilizados no mercado que faz uso da plataforma, existe a concepção BIM 6D para incorporar a gestão das instalações da edificação, BIM 7D para acrescentar simulação da sustentabilidade do projeto, quanto à emissão de gás carbônico e demais poluentes, e BIM 8D para projeto de segurança e controle de riscos, tanto na fase de execução da obra quanto na utilização da edificação.

A produção automática de plantas e vistas também faz parte da metodologia BIM, que gera automaticamente pranchas de desenhos 2D de planta baixa, elevação, vistas, cortes, detalhes, a partir do modelo 3D. E qualquer modificação feita no modelo 3D é automaticamente corrigida em todas as pranchas associadas. Scheer *et al.* (2007) viabilizaram um estudo de caso concluindo que a melhoria na produtividade utilizando BIM está ligada aos recursos de modelagem tridimensional, que possibilitam a automática visualização de plantas, elevações, cortes e, principalmente, o modelo 3D.

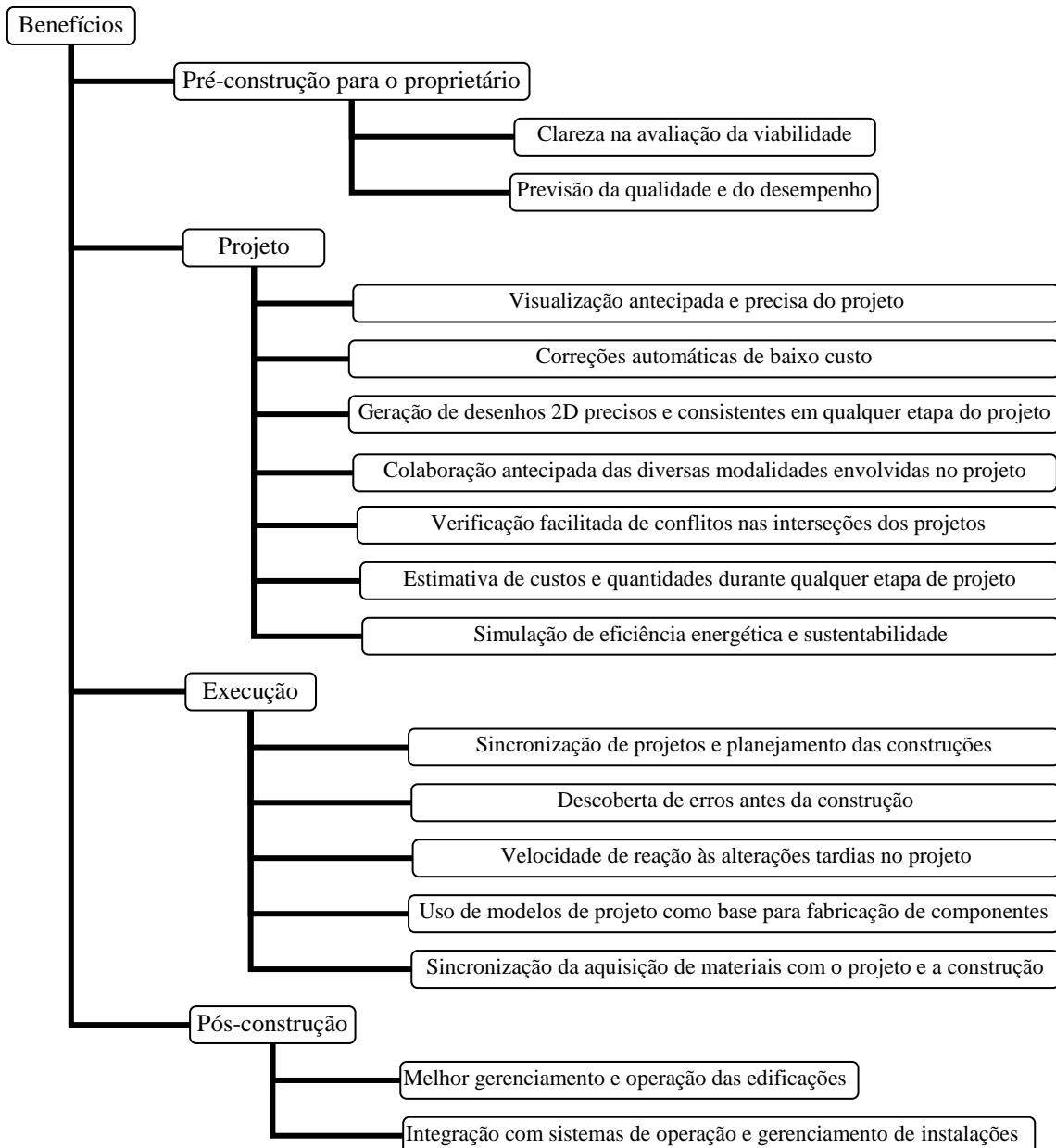
2.2 COMPARAÇÃO ENTRE MODELO TRADICIONAL E O MODELO BIM

A indústria da construção está sempre em busca do aumento de eficiência dos métodos para melhorar a qualidade dos resultados, reduzir custos e prazos de entrega. Portanto, apesar de ser amplamente utilizada e aprovada em países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Reino Unido, os benefícios da plataforma BIM ainda são ignorados ou desconhecidos pela parte mais conservadora da indústria (TAKIM, R. *et al.*, 2013).

Um dos principais problemas relacionados à metodologia tradicional é o volume de recursos gastos para produção de informações críticas sobre um projeto. Faz-se uso considerável de tempo para obter informações necessárias como quantidade de materiais e compatibilidade de projetos estruturais, arquitetônicos e de instalações, o que gera um elevado custo associado (EASTMAN *et al.*, 2014). Os softwares BIM são capazes de criar uma planilha com quantidade de materiais devido ao banco de dados dos componentes, que proporciona uma economia de tempo em relação ao modelo tradicional de levantamento manual de quantidades através de medições em plantas 2D. A compatibilidade entre os diferentes setores que compõem o projeto é facilmente identificada utilizando o modelo BIM. Os softwares são programados para indicar a existência de conflitos entre os componentes, possibilitando a correção destes durante a fase de projeto, evitando alguma superposição indesejada de partes, que comumente demandam muito tempo e esforço para que sejam identificadas na análise de compatibilidade tradicional de plantas 2D. Portanto, utilizando BIM, apesar da economia de tempo, por causa dos softwares especializados, o esforço passa a ser mais elevado durante a fase de projeto para que haja otimização da qualidade e do desempenho, de forma que não haja modificação nos custos devido a problemas de projeto durante a fase de execução (FERREIRA, B. M. L., 2015).

No estudo das vantagens do BIM, Eastman *et al.* (2014) afirma ser improvável que todas as vantagens em relação ao método tradicional estejam em uso nos projetos atuais, porém as mudanças que podem ser esperadas com o aperfeiçoamento da prática do BIM são listadas a seguir na Figura 1.

Figura 1 – Vantagens esperadas com a utilização da metodologia BIM.



2.3 DISCUSSÃO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Apesar da metodologia BIM estar sendo amplamente utilizada em diversos países, ainda é considerada como uma nova tecnologia e por isso há obstáculos a serem superados para a implementação da plataforma. Uma forma encontrada pelos órgãos reguladores da indústria da construção para incentivar o uso do BIM foi a criação de leis que exigem o uso da metodologia para realização de obras públicas. A União Europeia determinou que a partir de

outubro de 2018 toda construção pública será realizada utilizando BIM. Alguns países já se adiantaram, como no caso do Reino Unido, que a partir de 2016 só realiza construções utilizando BIM (CABLE *et al.*, 2013).

Um estudo realizado por Ciribini *et al.* (2016) acompanhou o primeiro projeto realizado pelo governo da Itália com a utilização do BIM. O objetivo do estudo era testar as vantagens da utilização da plataforma BIM, comparando com a metodologia tradicional utilizada para projeto e acompanhamento de obras e ampliar a colaboração dos profissionais de diferentes disciplinas envolvidas no empreendimento. Foi notificado um aproveitamento positivo em relação a compatibilização de projetos, para eliminação de conflitos entre projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações. A implementação da metodologia na forma de BIM 4D foi avaliada de forma otimista, porque ajudou a reparar deficiências do método tradicional para criação de um cronograma de atividades e otimizar a fase de execução da obra (CIRIBINI *et al.*, 2016).

A aplicação do BIM no mercado chinês foi impulsionada pela demanda por avanços na construção para aumentar a performance da indústria e reparar problemas frequentes, como a baixa produtividade em campo, instabilidade na qualidade, elevado consumo de recursos e energia (ZHANG *et al.*, 2016). No início o BIM foi aplicado exclusivamente na fase de projeto, utilizando ferramentas para correção de incompatibilidade entre projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações, e possibilitando uma maior utilização de componentes modulares pré-fabricados, acelerando a produção. Atualmente existe um enfoque maior para controle de custos e gerenciamento das atividades, através de simulações para análises de custo e de cronograma, comprovando que a implementação do BIM viabilizou o avanço que era esperado pelo mercado (ZHANG *et al.*, 2016).

De maneira geral, as funções da tecnologia BIM atual são limitadas em projetos usuais e podem não se ajustar a certas atividades de construção mais complexas, o que significa que ainda não é usado todo o potencial do BIM. Essa situação não é causada por limitação da plataforma, mas sim por causa da falta de conhecimento dos usuários (LIU *et al.*, 2016). Por isso, novas utilizações do BIM são estudadas para explorar as possibilidades que a ferramenta pode oferecer.

Em Sevilha, na Espanha, um grupo de pesquisadores realizou testes, com resultados positivos, para o acompanhamento de um projeto onde foi possível utilizar a plataforma para avaliação de impactos ambientais (SOUST-VERDAGUER *et al.*, 2016). Outro exemplo, foi um estudo realizado por Ding *et al.* (2016) na China para avaliar a possibilidade da utilização

de BIM para projetos de mapeamento de risco e atividades relacionadas a segurança do trabalho. Foram realizadas análises e simulações que, de acordo com os estudos, seriam impossíveis com o método tradicional em 2D.

Apesar de ser considerado uma ferramenta muito boa para projetos e gerenciamento, Chen *et al.* (2014) afirma que existem poucos registros da utilização do BIM para controle de qualidade para processos de construção. Então, ele realizou um estudo onde encontrou os seguintes avanços de qualidade na realização de projetos:

- i. Aumento na eficiência e precisão por conta de uma maior comunicação entre as partes envolvidas;
- ii. Redução de erros devido a uma melhor compatibilidade entre documentos e redução de conflitos;
- iii. Realização de simulações para aprimorar performance, diminuir custos e otimizar cronogramas;
- iv. Produção automática de documentos de engenharia com informações precisas e consistentes;
- v. Redução de custos e de tempo ao produzir na fase inicial dos projetos informações importantes para evitar retrabalho e possíveis conflitos no canteiro de obras.

Chen *et al.* (2014) concluiu em seu estudo que o uso da metodologia BIM pode ser aplicado com sucesso para realização de controle de qualidade das práticas comuns ao mercado da construção. Porém, apontou como limitações presentes no objeto de estudo utilizado, a dificuldade de utilizar computadores dentro do canteiro de obras e limitação dos softwares BIM em relação a etapas de escavação, produção de formas estruturais e utilização de estruturas temporárias.

É perceptível que as vantagens propostas pelo uso do BIM geram modificações no mercado da construção numa escala global. Com isso, estudos adequados a realidade local devem ser conduzidos para avaliar a aplicação da metodologia nesse contexto.

3 METODOLOGIA

A realização deste estudo foi feita após o início da execução dos serviços de engenharia requisitados na edificação. Por não ter alguns dados relevantes que não foram coletados previamente ao início dos estudos, apresentou-se a necessidade de restringir o estudo a um

serviço da obra que foi acompanhado do início ao fim. Essa restrição foi suficiente para embasar de forma eficiente os resultados deste estudo.

3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A edificação utilizada para a realização do estudo foi o Edifício Solar do Gayppiô, localizado na Rua José Luís da Silveira Barros, número 225, bairro do Espinheiro, Recife, Pernambuco, Brasil. Durante este estudo, o edifício encontrava-se em processo de obras de recuperação e reforma das fachadas, pois foi constatado um mau estado do revestimento cerâmico, causando infiltrações nas paredes de alvenaria e apresentando risco de queda de material da fachada, acarretando em risco de acidente tanto para os moradores do próprio prédio, e de prédios vizinhos, quanto para pedestres que circulam nas mediações da edificação.

A fase da reforma utilizada para o estudo realizou serviços no térreo e em dezesseis pavimentos, com dois apartamentos por andar, localizados nas laterais do recuo da fachada posterior da edificação. E também em toda a face central do recuo, que vai do primeiro pavimento ao décimo oitavo pavimento, contabilizando também a área de platibanda.

A revitalização do edifício foi dividida em diferentes fases, uma para cada fachada do edifício. A fase utilizada neste estudo é a finalização de um trabalho de mais de quatro anos de obra.

Em cada face do recuo foi montado um andaime suspenso, de movimentação manual. Cada andaime suspenso foi operado por no mínimo dois funcionários de cargos específicos, de acordo com a demanda da fase da obra.

A execução da obra foi feita na seguinte ordem: colocação da tela de proteção, montagem dos andaimes suspensos, proteção de janelas e aberturas na fachada, remoção da cerâmica antiga, lavagem com jato de água, recuperação estrutural pontual, regularização com argamassa, aplicação de cerâmica nova, abertura das juntas de dilatação, rejunte, aplicação da junta de dilatação, lavagem da fachada.

Para a realização do comparativo proposto, este estudo é focado na etapa da aplicação da nova cerâmica, pois uma quantidade maior de etapas não alteraria os resultados encontrados. Como a obra não estava finalizada, os serviços após a aplicação da cerâmica ainda estavam em andamento, não permitindo aplicação dessas variáveis neste estudo.

Figura 2– Aplicação de cerâmica com andaimes suspensos no recuo da fachada posterior.



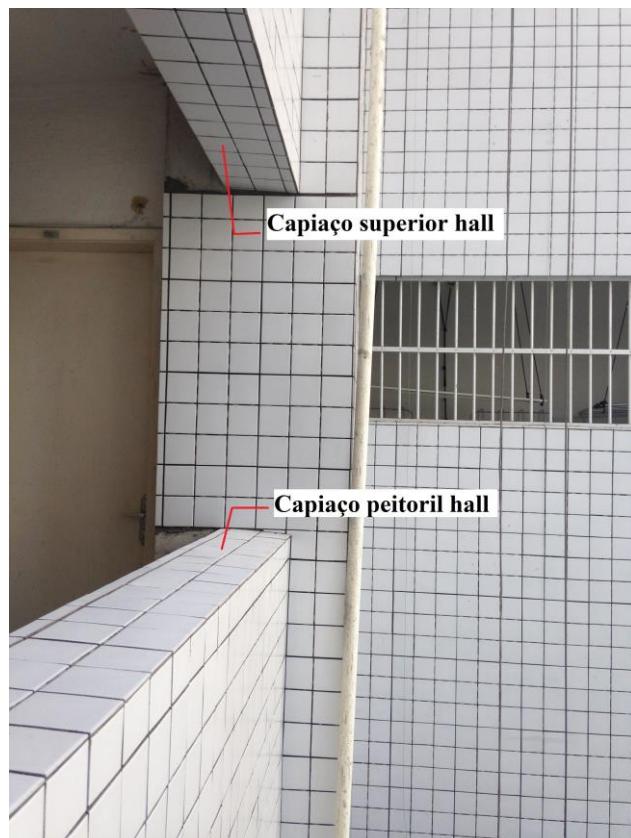
Para a realização dos serviços foram montados andaimes suspensos de seis metros nas faces laterais e um andaime suspenso de dois metros na face central. As faces laterais são idênticas em área de aplicação de cerâmica.

3.2 MÉTODO TRADICIONAL

Para esta avaliação será utilizado o atual método empregado pela empresa de engenharia responsável pela obra. Inicialmente é feita toda a medição da área que será aplicado o novo revestimento cerâmico, utilizando trena e croqui desenhado manualmente no ato da medição.

Foram contabilizadas as áreas das faces externas das paredes e as áreas de capiaço, que é o termo utilizado pela empresa de engenharia para denominar as áreas no contorno das aberturas, localizadas nos planos entre o acabamento interno e externo das paredes. Coletadas as medidas inicia-se o processo de planejamento da obra.

Figura 3 – Capiaço inferior e superior na face central do recuo na fachada posterior.



3.2.1 PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO TRADICIONAL

De posse das medidas foi feito o cálculo da área total a ser reformada. Para determinar quanto de cada material será designado para a execução da obra, foi necessário ter informação prévia da quantidade de materiais utilizada por metro quadrado. A informação prévia do rendimento na utilização de materiais é muito importante para a determinação do tempo de serviço e da quantidade de material utilizado.

O rendimento está associado ao profissional escolhido para a aplicação de cerâmica na face determinada, pois alguns pedreiros são mais rápidos que outros. Também se leva em consideração que alguns pedreiros são mais atenciosos em relação à desperdícios, tanto da

quantidade de argamassa perdida que cai involuntariamente da colher de pedreiro por algum descuido, quanto os desperdícios de peças de cerâmica que são cortadas para aplicação nos peitoris e que algumas vezes as sobras não são reaproveitadas. Recursos humanos são variáveis de difícil contabilização e controle pois dependem da qualidade, do cuidado e da experiência do profissional. E por ser um local de trabalho em altura, não é possível fazer um acompanhamento completo do comportamento do trabalhador, para garantir que a padronização da utilização de materiais está sendo seguida.

Tendo uma média do rendimento, foi estimada a quantidade de sacos de argamassa, caixas de cerâmica, para calcular o custo desse material e programar a compra em lojas especializadas, caso não haja no estoque da empresa material em quantidade suficiente.

Também faz parte do planejamento o tempo de aluguel de equipamentos como serra mármore, e o tempo de utilização de equipamentos usuais de obra, como talhadeiras, marretas, desempeno dentado, espátulas, colher de pedreiro, masseira, pás, baldes, esponjas para limpeza, equipamento de proteção coletiva e individual, pois estes materiais precisam ser repostos quando atingem um certo desgaste devido a utilização.

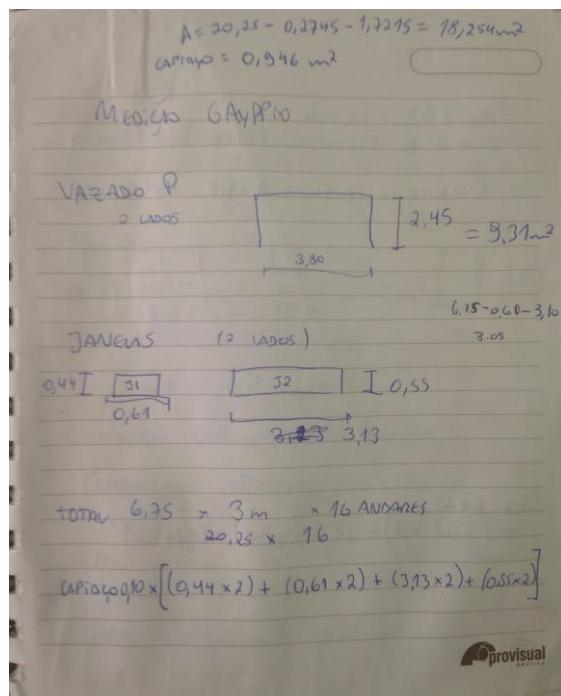
A contabilização de todos esses materiais e equipamentos, tanto do tempo de utilização quanto do custo para compra ou locação, juntamente com a quantidade de funcionários, será contabilizado no valor total da obra. É de essencial importância ter informação prévia do rendimento dos funcionários que irão trabalhar nos andaimes suspensos, para definir um prazo justo para a execução dos serviços.

Com informações de quantidade total de materiais e equipamentos foi realizado o abastecimento do estoque da obra, com os materiais necessários para execução da atual etapa do serviço. Foi feito um controle diário da quantidade de materiais utilizados em cada andaime suspenso, para acompanhamento do rendimento dos funcionários e para conferir se houve conformidade entre a quantidade de material utilizada com a quantidade de material estimada em projeto. Para evitar endurecimento de argamassa e cimento, por conta da umidade, estes materiais são entregues na obra em quantidades suficientes para trabalhar durante uma semana. Antes do término da quantidade de material estocada em obra, é feito um pedido para que a obra seja reabastecida, para que a de produção não seja comprometida por falta de material.

A partir das informações diárias do rendimento dos funcionários e o prazo de execução da obra, é utilizada uma tabela dividida em semanas, para acompanhar o andamento da utilização de materiais estocados na obra.

As figuras a seguir são fotografias retiradas do caderno utilizado para acompanhamento diário da obra, especificamente para uso interno, e mostram como é feito o cálculo manual das áreas a partir das medições.

Figura 4 – Cálculo da área de aplicação de revestimento das faces laterais do recuo na fachada posterior.



A Figura 4, mostra como foi feito o cálculo inicial para obtenção da área das faces laterais. A medição foi feita no primeiro pavimento assumindo que as medidas se repetem para todos os dezesseis pavimentos da realização dos serviços. Foi contabilizado a largura da face, considerando como delimitador de altura a distâncias de 3,00 m entre as juntas de dilatação, retirando a área de aberturas das janelas e somando as áreas de capiaço, multiplicando pela quantidade de pavimentos.

Cálculo da área da face lateral (A_{FL}):

$$\text{Largura (L)} = 6,75 \text{ m}$$

$$\text{Altura (H)} = 3,00 \text{ m}$$

$$A_{FL} = L \times H = 20,25 \text{ m}^2$$

Janelas:

$$J1 = 0,61 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} = 0,2745 \text{ m}^2$$

$$J2 = 3,13 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} = 1,7215 \text{ m}^2$$

Capiaço:

$$CJ1 = 0,10 \times 2 \times (0,61 + 0,44) = 0,210 \text{ m}$$

$$CJ2 = 0,10 \times 2 \times (3,13 + 0,55) = 0,736 \text{ m}$$

Área de um pavimento de para uma das faces laterais (APL):

$$APL = AFL - J1 - J2 + CJ1 + CJ2 = 19,20 \text{ m}^2$$

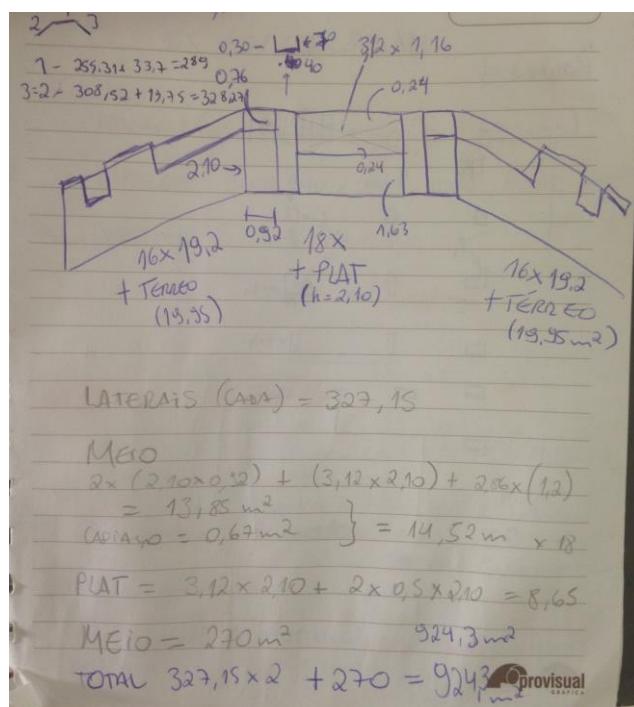
$$\text{Área no térreo (A}_T\text{)} = 19,95 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de pavimentos (n)} = 16$$

$$\text{Área total de cada face lateral} = A_{PL} \times n + A_T = 327,15 \text{ m}^2$$

O cálculo para a área da face central e área total de aplicação de cerâmica foi feito de forma semelhante, somando as áreas de aplicação, retirando as aberturas na fachada e somando as áreas de peitoril. Para a determinação da área total de aplicação de cerâmica a área lateral calculada acima foi multiplicada por dois e somada com a área da face central, de acordo com o demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Cálculo da área de aplicação de revestimento cerâmico da face central do recuo na fachada posterior.



Cálculo da área da face central (A_{FC}):

$$A1 = 2 \times (0,92 \times 2,10) = 3,864 \text{ m}^2$$

$$A2 = 3,12 \times (1,63 + 0,24 + 0,23) = 6,552 \text{ m}^2$$

$$A3 = (2,10 + 0,76) \times (0,20 + 0,40 + 0,60) = 3,43 \text{ m}^2$$

$$\text{Peitoril (P)} = 0,10 \times 2 (0,92 + 0,76) \times 2 = 0,67 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de um pavimento da face central (A}_{FC1}\text{)} = A1 + A2 + A3 + P = 14,52 \text{ m}^2$$

$$\text{Platibanda da face central (PL)} = (3,12 \times 2,10) + 2 \times (0,50 \times 2,10) = 8,65 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de pavimentos (np)} = 18$$

$$A_{FC} = A_{FC1} \times np + PL = 270,01 \text{ m}^2$$

Área total de aplicação de cerâmica no recuo da fachada posterior (A_{total}):

$$\text{Face lateral esquerda (FLe)} = 327,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Face central (FC)} = 270,01 \text{ m}^2$$

$$\text{Face lateral direita (FLd)} = 327,15 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = FLe + FC + FLd = 924,31 \text{ m}^2$$

Cada caixa de cerâmica utilizada na fachada possui 1,80 m². Portanto, de acordo com os cálculos seriam necessárias 514 caixas de cerâmica para a realização do serviço nas três faces. Sendo, 182 caixas para cada face lateral e 150 caixas para a face central.

A quantidade de argamassa para aplicação da cerâmica foi estimada de acordo com a experiência acumulada pela empresa ao longo do tempo. Os dados ao longo do tempo informam que, em média, para cada saco de 20 kg de argamassa é possível realizar a aplicação de 5,00 m² de cerâmica. Portanto, para realização total dos serviços nas três faces seriam necessários 186 sacos de argamassa, sendo 66 sacos para cada lateral e 54 para a face central.

A aplicação de cerâmica foi iniciada no dia 26 de outubro de 2016. Em cada andaime suspenso trabalhou um pedreiro e um servente. Como cada pedreiro possui uma prática pessoal e um ritmo de trabalho diferente do outro, as quantidades de materiais estimadas foram acompanhadas diariamente para verificar se as quantidades estimadas seriam compatíveis com as necessidades demonstradas na obra ao longo do tempo.

O acompanhamento de utilização dos materiais também foi importante para o abastecimento do estoque na obra. Antes da confirmação da quantidade de cerâmica necessária para o serviço, haviam 587 caixas de cerâmica armazenadas no canteiro de obra,

proveniente da aplicação de cerâmica nas fachadas das fases anteriores. Uma quantidade acima da necessária, porém, caso houvesse algum imprevisto ou necessidade apresentada posterior ao cálculo não haveriam problemas devido à dificuldade de encontrar cerâmica na mesma cor e mesma tonalidade da utilizada na fachada.

Diferente das caixas de cerâmica, a argamassa para o serviço não se encontrava armazenada no canteiro de obra. Foi estimada uma quantidade pequena, referente a uma semana de trabalho dos pedreiros, e semanalmente foi programada uma entrega de argamassa de acordo com a necessidade e velocidade de utilização.

Figura 6 – Tabela para acompanhamento diário de utilização de cerâmica.

	Pedreiro 1	Pedreiro 2	Pedreiro 3
21/11 SEGUNDA	AC3 F Cx □	AC3 Cx	AC3 F Cx □
22/11 TERÇA	AC3 F Cx □ □	AC3 Cx	AC3 F Cx □ □
23/11 QUARTA	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □
24/11 QUINTA	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □
25/11 SEXTA	AC3 F Cx	AC3 F Cx □	AC3 Cx
26/11 SEGUNDA	AC3 F Cx F	AC3 F Cx F	AC3 F Cx □
27/11 TERÇA	AC3 □ Cx □ □	AC3 F Cx □	AC3 □ Cx □
28/11 QUARTA	AC3 F Cx	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □
29/11 QUINTA	AC3 □ Cx □	AC3 F Cx □	AC3 □ Cx □
30/11 SEXTA	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □
01/12 QUINTA	AC3 □ Cx □ □	AC3 □ Cx □	AC3 □ Cx □ □
02/12 SEXTA	AC3 F Cx F	AC3 F Cx □	AC3 F Cx □

Na Figura 6 é possível notar o rendimento semanal de cada pedreiro. Foi contabilizada a quantidade de caixas de cerâmica e de sacos de argamassa utilizados por dia. Porém existem algumas complicações na utilização dessa tabela, pois ela é preenchida pelo “apoio” que é o servente que trabalha fora dos andaimes, responsável por subir materiais para reabastecer os andaimes sempre que necessário. Esta tabela está sujeita a erros, pois é possível que o apoio preencha a tabela de forma incorreta, que pode atrapalhar a realização de um acompanhamento preciso da utilização de materiais e o cálculo do rendimento de cada pedreiro. Outra complicaçāo é a ausência de pedreiros em alguns dias, seja por falta ao trabalho ou por alocação de recursos para serviços temporários em outras obras. Na Figura 6 é possível notar que o Pedreiro 1 faltou no dia 28 de novembro. O Pedreiro 2 estava alocado em outra obra nos dias 21 e 22 de novembro. E o Pedreiro 3 foi realocado no dia 28 de novembro no período da tarde para realização de serviço temporário em outra obra.

Os dados das tabelas de acompanhamento foram transcritos para tabela eletrônica para melhor visualização.

Tabela 1 – Dados de utilização diário de cerâmica e argamassa.

Data	Pedreiro 1	Pedreiro 2	Pedreiro 3
26/10/2016	AC3	2 AC3 -	AC3
Quarta	Cx	4 Cx -	Cx
27/10/2016	AC3	2 AC3 -	AC3
Quinta	Cx	3 Cx -	Cx
28/10/2016	AC3	4 AC3 -	AC3
Sexta	Cx	10 Cx -	Cx
31/10/2016	AC3	6 AC3	2 AC3
Segunda	Cx	5 Cx	5 Cx
01/11/2016	AC3	3 AC3	1 AC3
Terça	Cx	8 Cx	4 Cx
03/11/2016	AC3	5 AC3	2 AC3
Quinta	Cx	10 Cx	5 Cx
04/11/2016	AC3	3 AC3 -	AC3 -
Sexta	Cx	5 Cx -	Cx -
07/11/2016	AC3	3 AC3 -	AC3
Segunda	Cx	8 Cx -	Cx
08/11/2016	AC3	2 AC3 -	AC3
Terça	Cx	5 Cx -	Cx
09/11/2016	AC3	4 AC3 -	AC3
Quarta	Cx	9 Cx -	Cx
10/11/2016	AC3	3 AC3	2 AC3 -
Quinta	Cx	8 Cx	3 Cx -
11/11/2016	AC3	2 AC3	2 AC3 -
Sexta	Cx	4 Cx	3 Cx -
16/11/2016	AC3	3 AC3	3 AC3
Quarta	Cx	7 Cx	5 Cx
17/11/2016	AC3	3 AC3 -	AC3
Quinta	Cx	7 Cx -	Cx
18/11/2016	AC3	4 AC3 -	AC3
Sexta	Cx	10 Cx -	Cx
21/11/2016	AC3	2 AC3 -	AC3
Segunda	Cx	4 Cx -	Cx

Data	Pedreiro 1	Pedreiro 2	Pedreiro 3
22/11/2016	AC3	5 AC3 -	AC3
Terça	Cx	10 Cx -	Cx
23/11/2016	AC3	2 AC3	2 AC3
Quarta	Cx	6 Cx	3 Cx
25/11/2016	AC3	2 AC3	2 AC3
Quinta	Cx	7 Cx	5 Cx
25/11/2016	AC3	1 AC3	1 AC3 -
Sexta	Cx	1 Cx	3 Cx -
28/11/2016	AC3 -	AC3	1 AC3
Segunda	Cx -	Cx	2 Cx
29/11/2016	AC3	4 AC3	3 AC3
Terça	Cx	10 Cx	5 Cx
30/11/2016	AC3	2 AC3	2 AC3
Quarta	Cx	5 Cx	5 Cx
01/12/2016	AC3	5 AC3	3 AC3
Quinta	Cx	10 Cx	5 Cx
02/12/2016	AC3	0 AC3	2 AC3
Sexta	Cx	2 Cx	5 Cx
05/12/2016	AC3	5 AC3	2 AC3
Segunda	Cx	8 Cx	3 Cx
06/12/2016	AC3	1 AC3	3 AC3
Terça	Cx	3 Cx	4 Cx
07/12/2016	AC3	6 AC3	3 AC3
Quarta	Cx	11 Cx	4 Cx
09/12/2016	AC3	1 AC3	2 AC3
Sexta	Cx	2 Cx	4 Cx
12/12/2016	AC3	2 AC3	3 AC3
Segunda	Cx	6 Cx	4 Cx
13/12/2016	AC3	4 AC3	2 AC3
Terça	Cx	8 Cx	5 Cx
14/12/2016	AC3	1 AC3	3 AC3
Quarta	Cx	1 Cx	6 Cx
15/12/2016	AC3	1 AC3	2 AC3
Quinta	Cx	4 Cx	3 Cx

Para a primeira semana, no início da aplicação da cerâmica, foi armazenada na obra uma quantidade inicial de 60 sacos de argamassa. A partir dessa quantidade inicial foi possível acompanhar o rendimento semanal dos pedreiros, programar quando seria necessário reabastecer a quantidade de argamassas e quantos sacos seriam entregues para armazenamento no canteiro de obra.

Figura 7 – Formulário de pedido para abastecimento de obra.

Para a execução desse serviço os valores médios utilizados para estimativa inicial não foram suficientes para um resultado preciso, pois até a data contabilizada na Tabela 1 já haviam sido utilizados mais sacos de argamassa do que a quantidade prevista inicialmente e o serviço não estava concluído. Nessa data as faces laterais tinham utilizado aproximadamente 30 sacos de argamassa a mais, enquanto a face central se aproximou do valor esperado. Uma possível explicação para este ocorrido foi a divisão da quantidade de área de aplicação entre os andaimes. Na Figura 8 é possível notar que os pedreiros dos andaimes laterais são responsáveis por aplicar a cerâmica numa parte da face central. O que justifica o acréscimo na quantidade utilizada pelos pedreiros das laterais e uma diminuição na quantidade de material utilizada pelo pedreiro do andaime central, diminuição essa que tornou possível uma aproximação nos valores estimados, mas é importante enfatizar que apesar de ser um valor próximo é incorreto considerar a quantidade estimada da quantidade real de material da face central.

Figura 8 – Disposição dos andaimes suspensos.



3.3 MÉTODO BIM

Para o método BIM, também deve ser feita inicialmente toda a medição da área que será feita a reforma, utilizando trena e croqui desenhado manualmente no ato da medição. Coletadas as medidas inicia-se o processo de modelagem da edificação no Revit para iniciar o planejamento da obra.

Este estudo foi realizado limitando-se apenas a utilizando da concepção denominada BIM 3D, que é a forma mais simples de utilizar os métodos da plataforma. O início do processo se dá com a modelagem do objeto, que representará em detalhes a área onde ocorrerá a obra. Ao fim da modelagem é gerada uma planilha com a quantidade total de materiais utilizados.

3.3.1 MODELAGEM UTILIZANDO REVIT

O Revit é um dos softwares desenvolvidos para operar de acordo com a metodologia do BIM. Produzido pela empresa Autodesk, mesma empresa que produz o Autocad, o software será utilizado para o desenvolvimento do estudo na versão Revit 2015, devidamente cadastrado com licença para uso estudantil.

3.3.1.1 CRIAÇÃO DE GUIAS PARA A MODELAGEM

Inicialmente são determinados os eixos e os pavimentos do objeto, para servir como guia para a criação das formas. Os eixos e os pavimentos são colocados respeitando as distâncias dos objetos e são facilitadores para a modelagem.

A Figura 9 mostra os eixos que servem como guias para a modelagem da edificação do estudo. Na Figura 10 podem ser observados os pavimentos da edificação, com suas medidas de pé direito. Para a modelagem foram utilizados os pavimentos do primeiro ao décimo oitavo andar, térreo e coberta e distância de 2,90 m entre cada pavimento.

Figura 9 – Eixos para a modelagem.

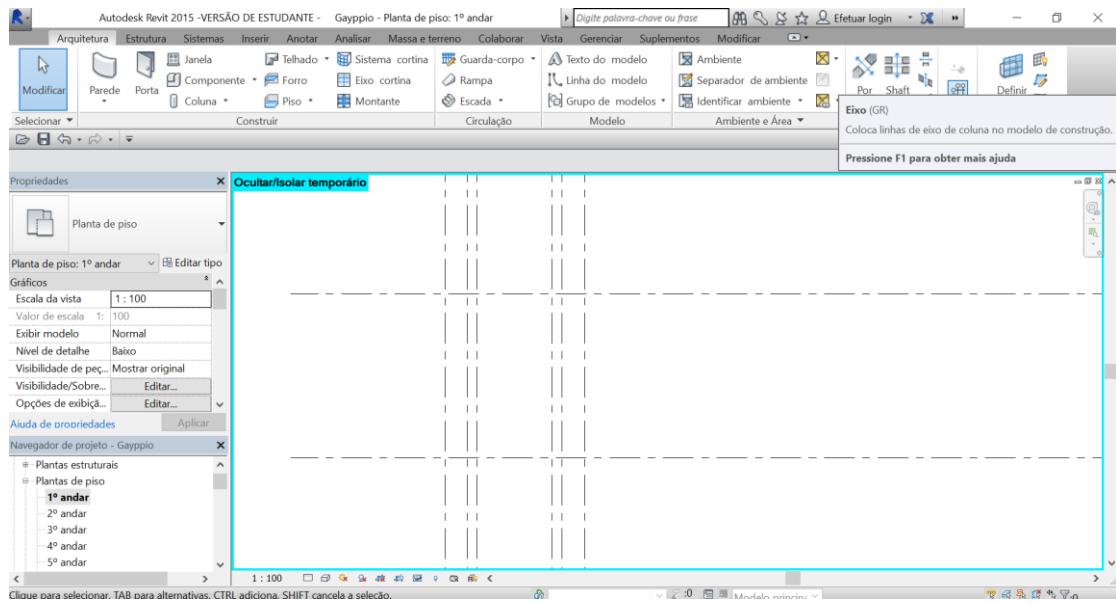
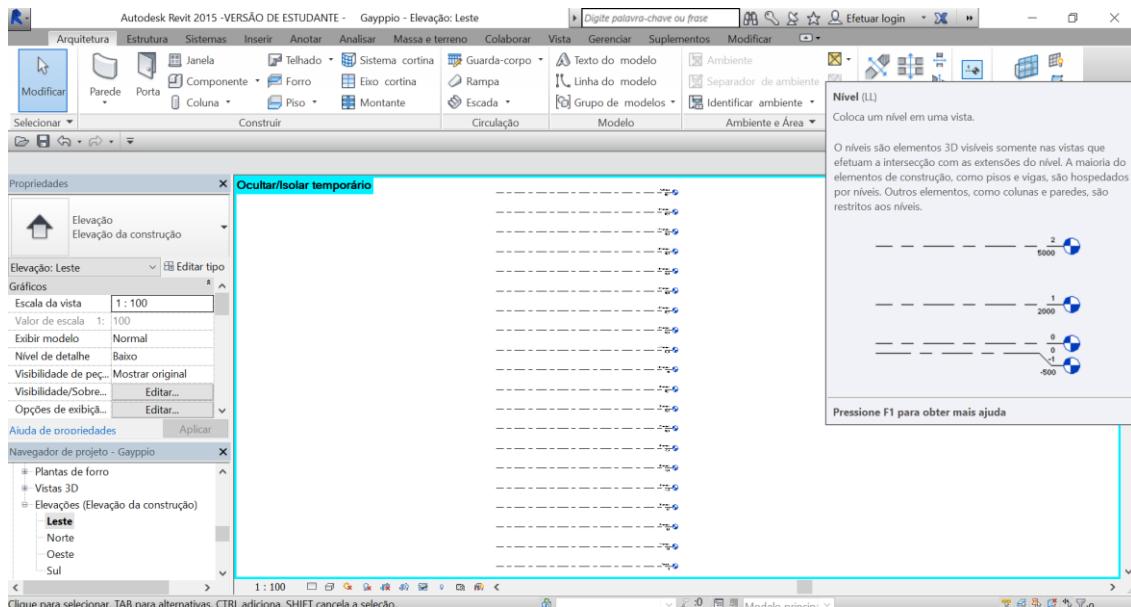


Figura 10 – Pavimentos para modelagem.

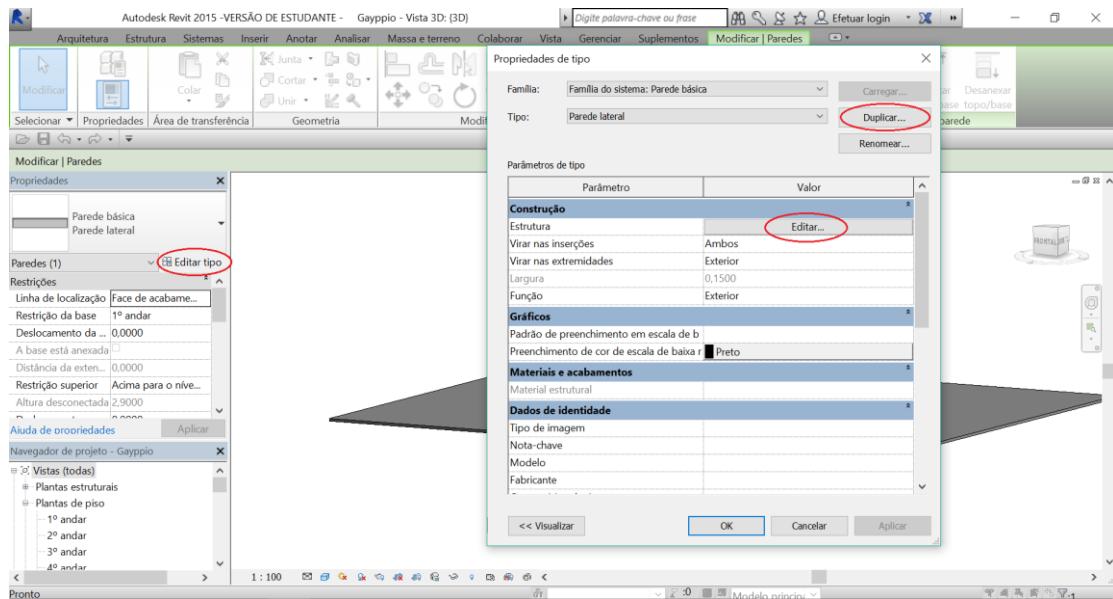


3.3.1.2 CRIAÇÃO DOS COMPONENTES

Tendo os eixos e pavimentos definidos, foram determinados os componentes utilizados na modelagem. Para o modelo ser o mais simples possível, foram utilizados apenas os componentes de Paredes e Pisos pré-existentes, modificando espessura, material, aberturas e a maneira que eles se conectam para criar uma representação fiel do edifício Solar de Gayppió.

A Figura 11 indica os comandos utilizados para fazer a modificação de uma parede pré-existente para adequação à necessidade do projeto.

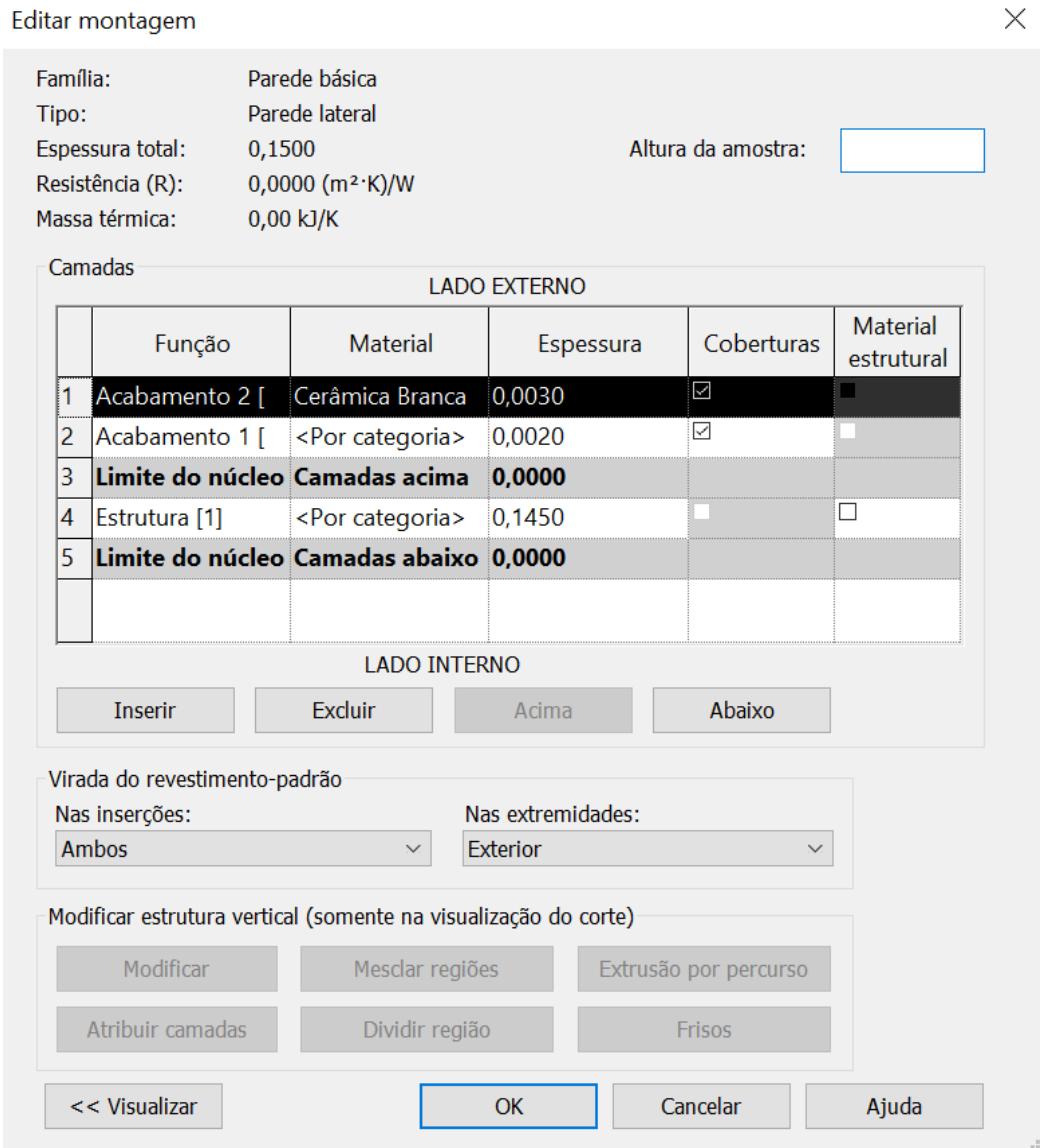
Figura 11 – Criação de paredes para as faces laterais.



Para criar o componente Parede lateral foi selecionado um tipo de parede pré-determinado no programa. Na opção “Editar tipo” e em seguida com o comando “Duplicar”, foi criada uma cópia da parede pré-existente e então renomeada para “Parede lateral”. Em seguida as especificações foram modificadas no comando “Editar...” para atender às necessidades do projeto.

Para a aplicação da cerâmica o que importa é a área em que será aplicado o revestimento. Portanto, essa especificação foi incorporada ao componente Parede lateral, como pode ser visto na Figura 12. O acabamento da face externa determinado como sendo cerâmica branca de dimensões 10 cm por 10 cm, com peitoril representado na virada do revestimento em ambas interseções e extremidades exteriores. Não foi especificado acabamento interno ou qualquer outro tipo de material utilizado pois não são informações relevantes para atingir o objetivo do estudo. Caso fossem informações necessárias, essas informações também seriam incorporadas nas especificações do componente.

Figura 12 – Aplicação de revestimento no componente Parede lateral.



A dimensão da espessura da parede, apesar de não gerar informações importantes, foi considerada para melhorar a visibilidade durante a modelagem. Essa espessura fictícia de 14,5 cm não causa nenhum tipo de interferência nos cálculos realizados para obtenção dos quantitativos. Finalizando a criação da parede lateral é necessário modificar sua geometria em relação ao pé direito e aberturas existentes. A Figura 13 mostra o formato da Parede lateral com suas dimensões e aberturas.

Figura 13 – Formato da Parede lateral.

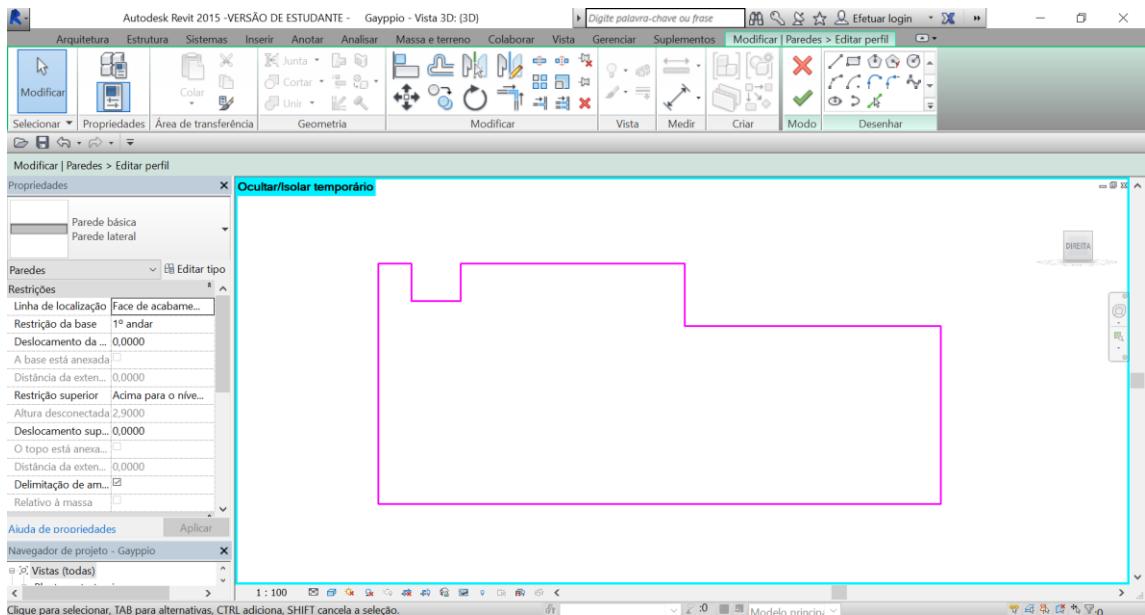
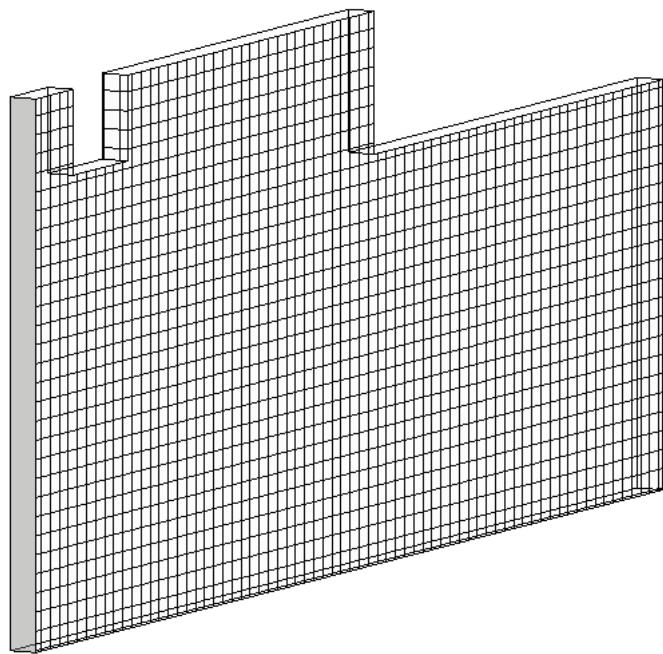


Figura 14 – Perspectiva da Parede lateral.

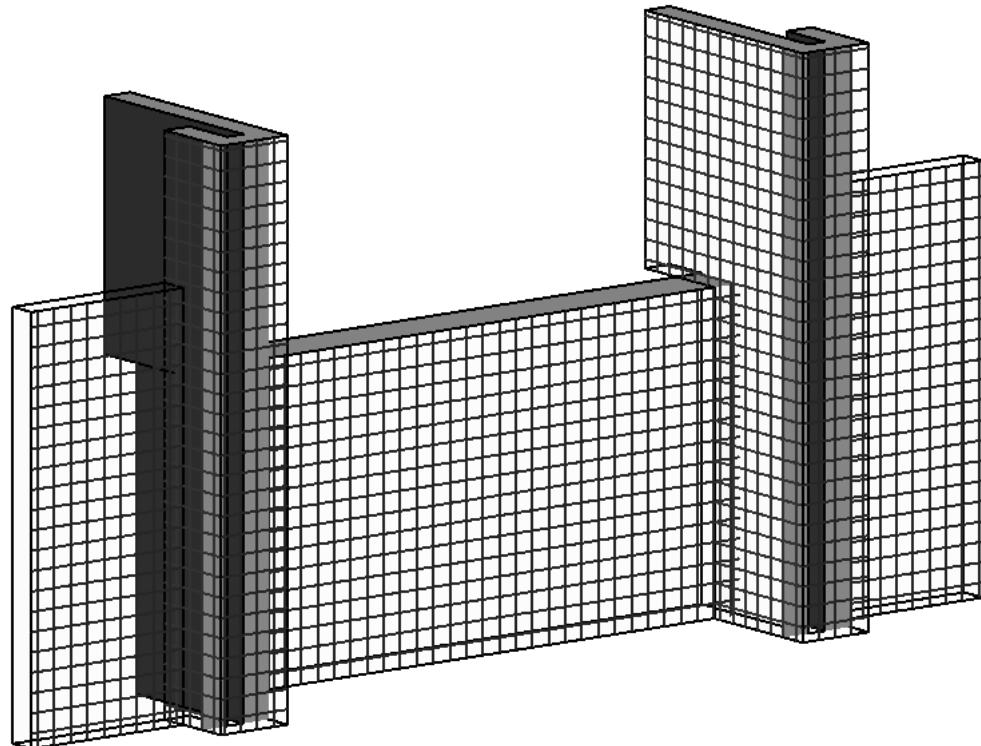


Este formato de parede lateral representa o lado esquerdo, que é simétrico ao lado direito, portanto basta espelhar esse componente durante a modelagem do edifício para obter ambas faces laterais.

A parede central pode utilizar a face lateral como modelo para uso do comando duplicar, pois as mesmas especificações de parede serão utilizadas modificando apenas as

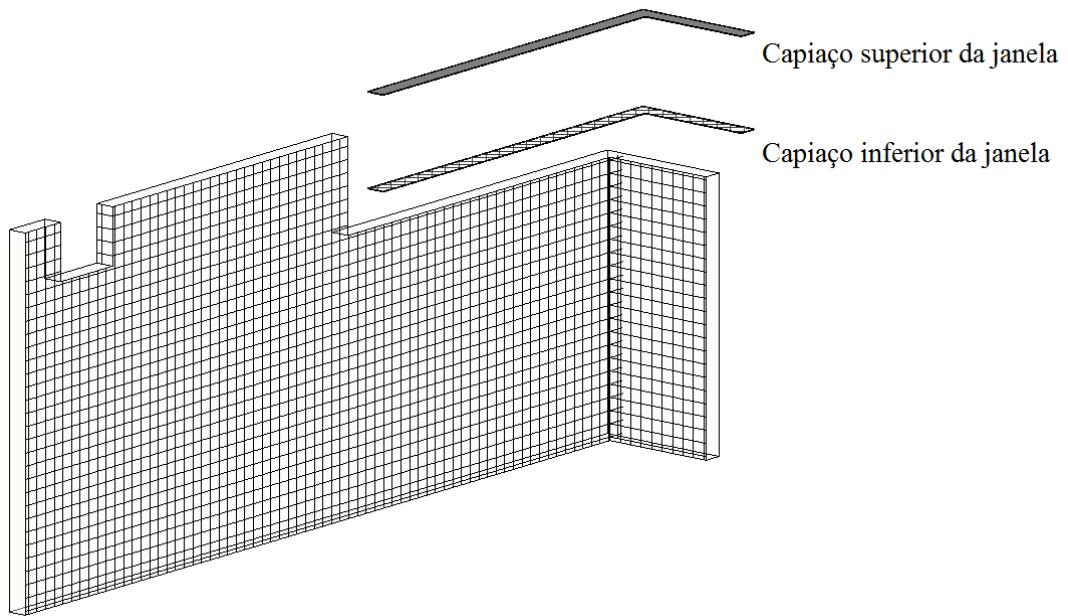
aberturas. Realizando o mesmo processo de edição da Parede lateral, a parede central ficou com o formato visto na Figura 15.

Figura 15 – Parede central.



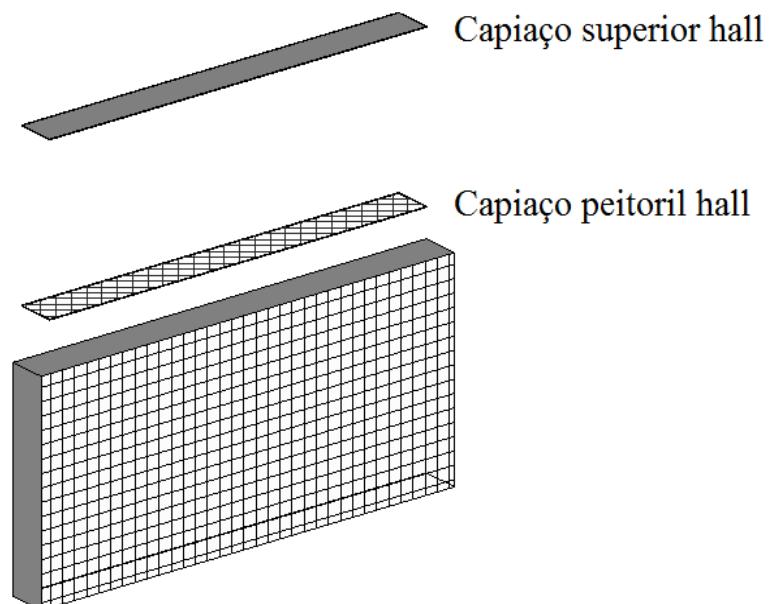
Utilizando os comandos para uma modelagem mais simples, como o uso de parede pré-existentes como sendo uma base para a criação dos componentes de utilização no projeto, algumas peças precisam ser improvisadas para ter a geometria final compatível com as dimensões reais de projeto. Como exemplo, para contabilizar a área de peitoril das aberturas do projeto como parte do item parede, seria necessário utilizar ferramentas avançadas de modelagem no software. A solução encontrada como forma mais simples de resolver o problema da contabilização dos peitoris no cálculo da área, foi a utilização do componente Piso. Utilizando o mesmo processo de duplicação de componentes existentes, foram criados pisos com as dimensões dos peitoris e com uma elevação do nível do pavimento para que se encaixasse perfeitamente no local desejado. A Figura 16 mostra a solução de pisos utilizada para o peitoril da abertura nas fachadas laterais.

Figura 16 – Aplicação de cerâmica na abertura da janela na face lateral.



A solução foi utilizada também na face central, para a aplicação de cerâmica do parapeito do hall de serviço, como mostra a Figura 17.

Figura 17 – Cerâmica no parapeito da face central.



3.3.1.3 CONCEPÇÃO DA VOLUMETRIA

Após configurar os componentes necessários para a volumetria da edificação, em um plano de elevação faz-se a modelagem em planta baixa da superfície de um pavimento utilizando as linhas de eixo, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Planta baixa primeiro pavimento.

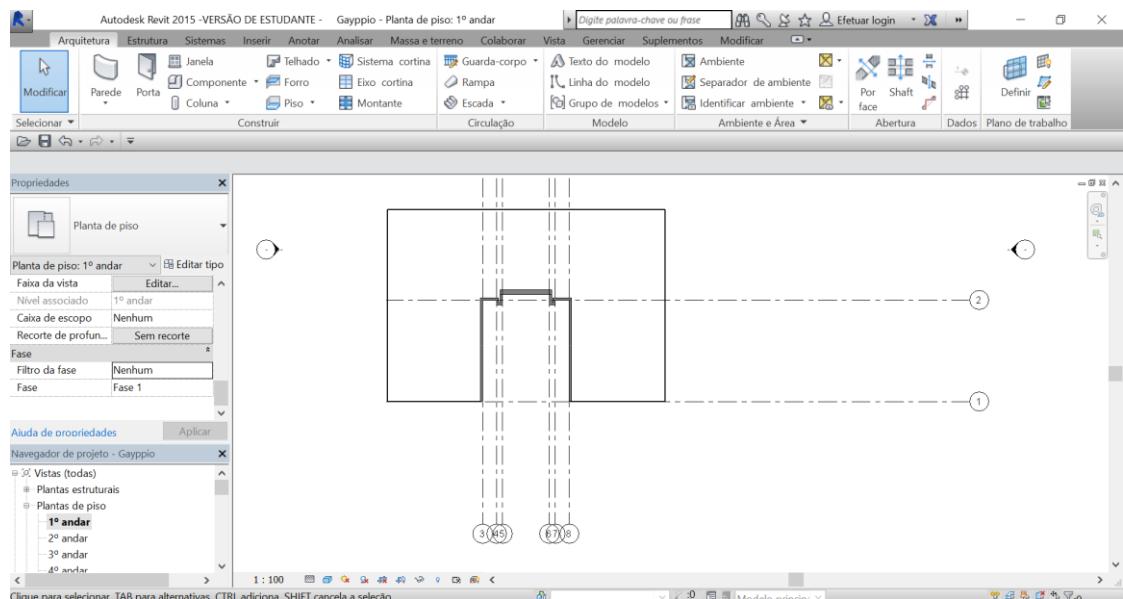
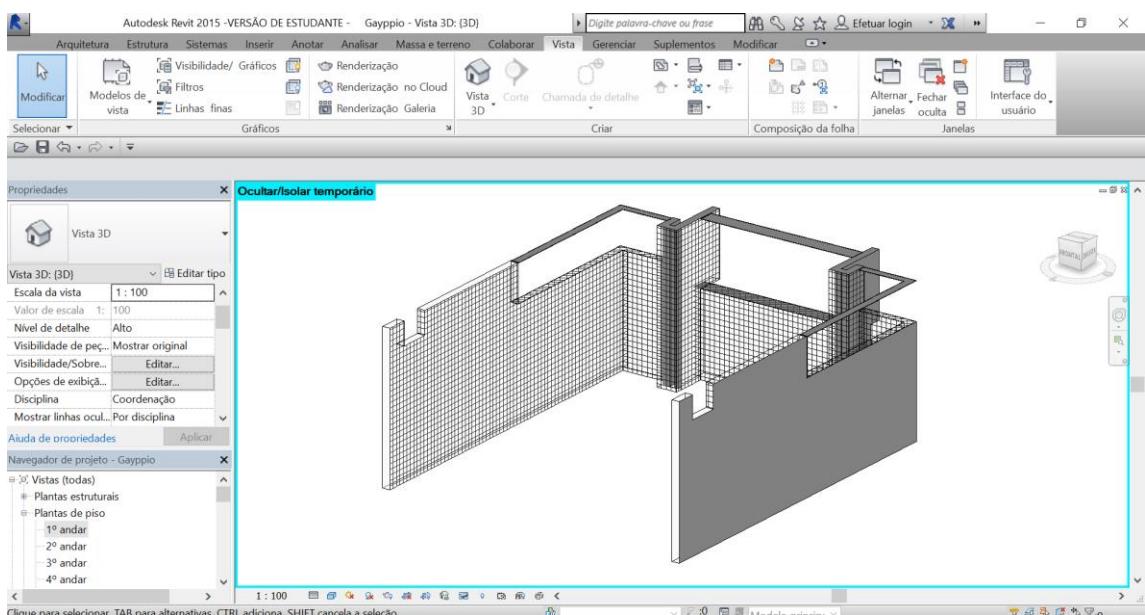


Figura 19 – Modelagem do primeiro pavimento em perspectiva.



A Figura 19 apresenta, em perspectiva, a área de realização da reforma para o primeiro pavimento. Selecionando essa volumetria é possível copiar para os demais pavimentos. O resultado pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 – Área total da edificação a ser reformada.

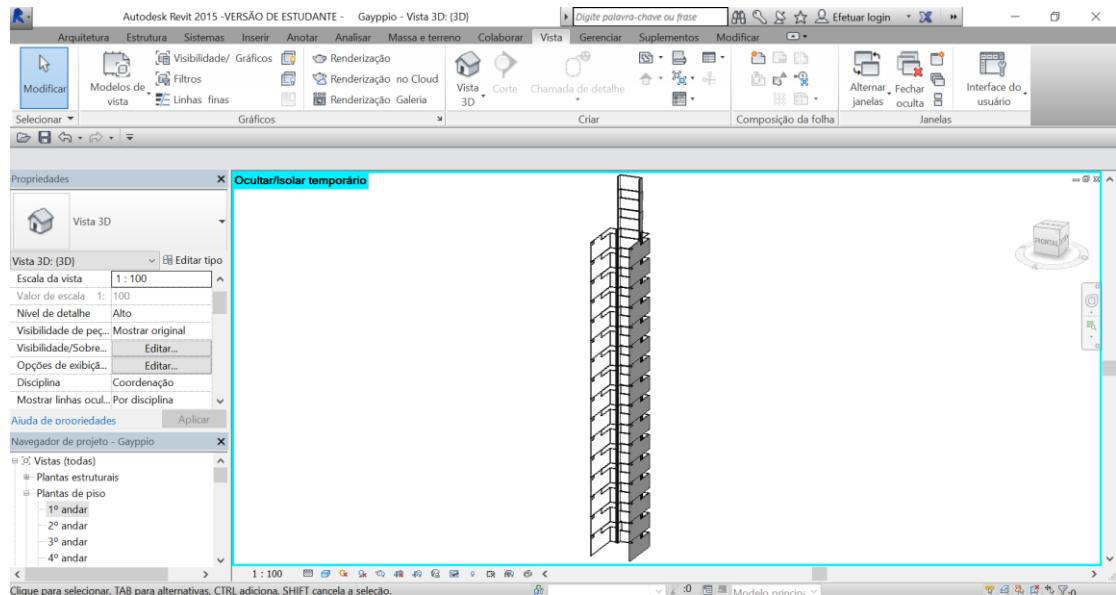
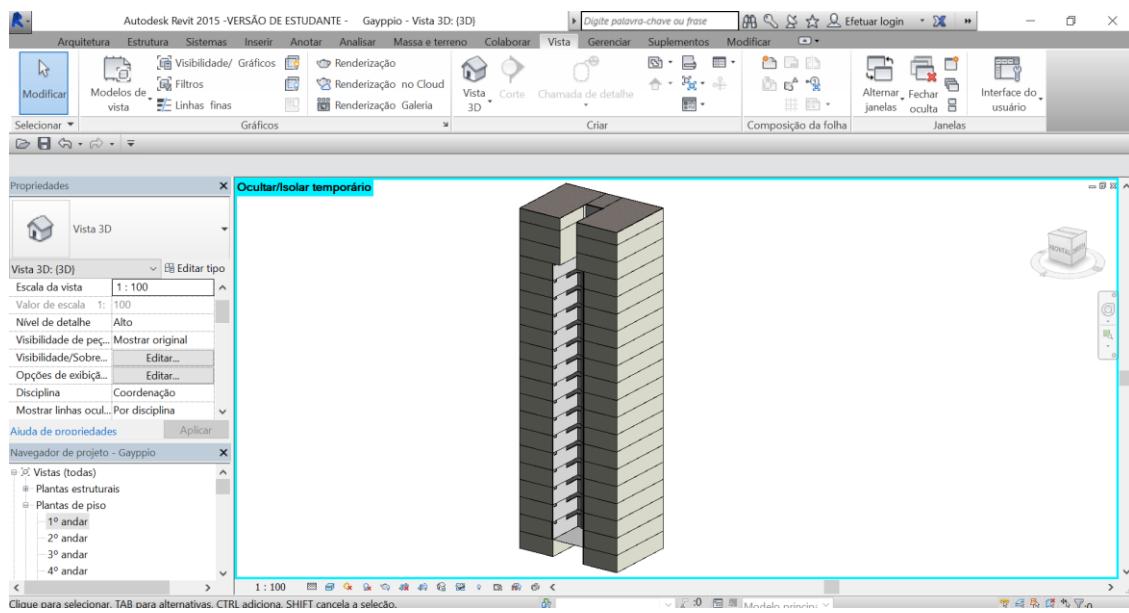


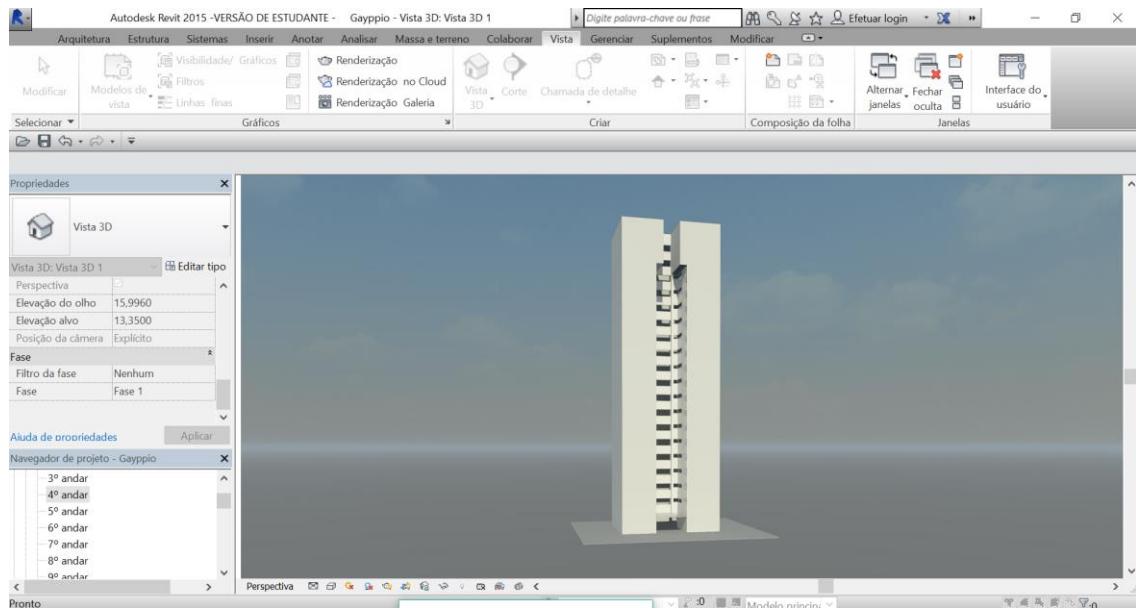
Figura 21 – Volumetria completa de modelagem da edificação.



A obra na edificação ocorreu em dezesseis pavimentos nas laterais e na face central foram dezoito pavimentos, mais a platibanda. Para facilitar a visualização, foi criado o componente Parede pronta com o intuito de completar a volumetria do prédio. Não foi

necessário determinar especificações para este componente, pois as denominadas Paredes prontas não serão contabilizadas nos quantitativos.

Figura 22 – Maquete eletrônica do estudo de caso.



3.3.2 PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO UTILIZANDO BIM

Ao finalizar a modelagem da área onde se realizará a obra, de forma mais detalhada possível, os dados iniciais da realização do planejamento e do acompanhamento são os mesmos da metodologia tradicional, porém, utilizando o Revit como ferramenta para obter valores de área total e para calcular a quantidade de materiais, de forma mais rápida e organizada.

O Revit possui uma função de criação de tabelas que se atualiza automaticamente, à medida que vão sendo adicionados componentes à modelagem. Essas tabelas podem ser configuradas para apresentar as informações desejadas pelo usuário do software.

Para o estudo realizado foram utilizadas duas tabelas pré-definidas do Revit: a tabela de Quantidade de parede e a tabela de Quantidade de piso, modificando-as apenas com a retirada das colunas com informações não necessárias.

Figura 23 – Utilização de tabelas do Revit.

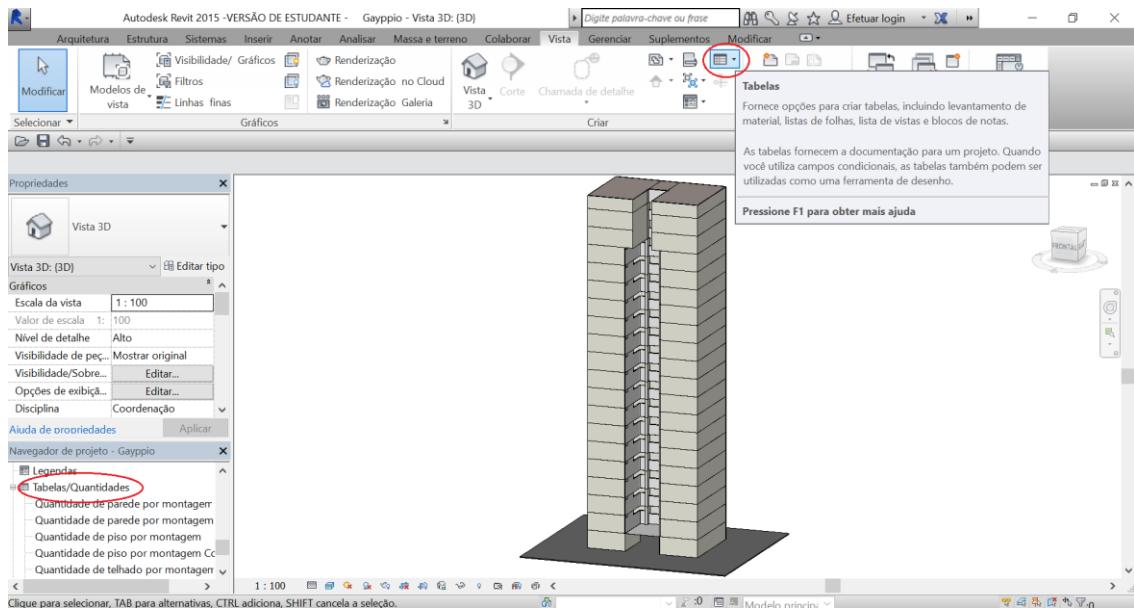
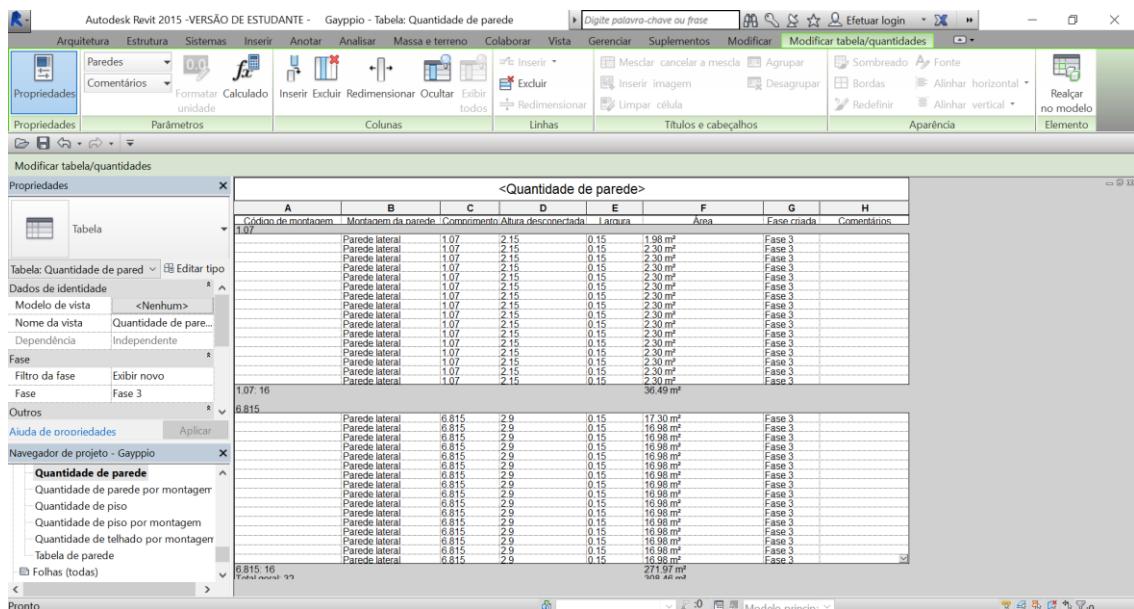


Figura 24 – Exemplo de tabela para Quantidade de parede.



As tabelas mostram ao usuário os valores presentes na modelagem do arquivo, portanto, para fazer manipulação dos dados é preciso exportar os dados gerados nas tabelas do Revit para um software específico de tabela eletrônica, como mostrado na Figura 25 e Figura 26.

Figura 25 – Exportação de dados de tabelas geradas no Revit.

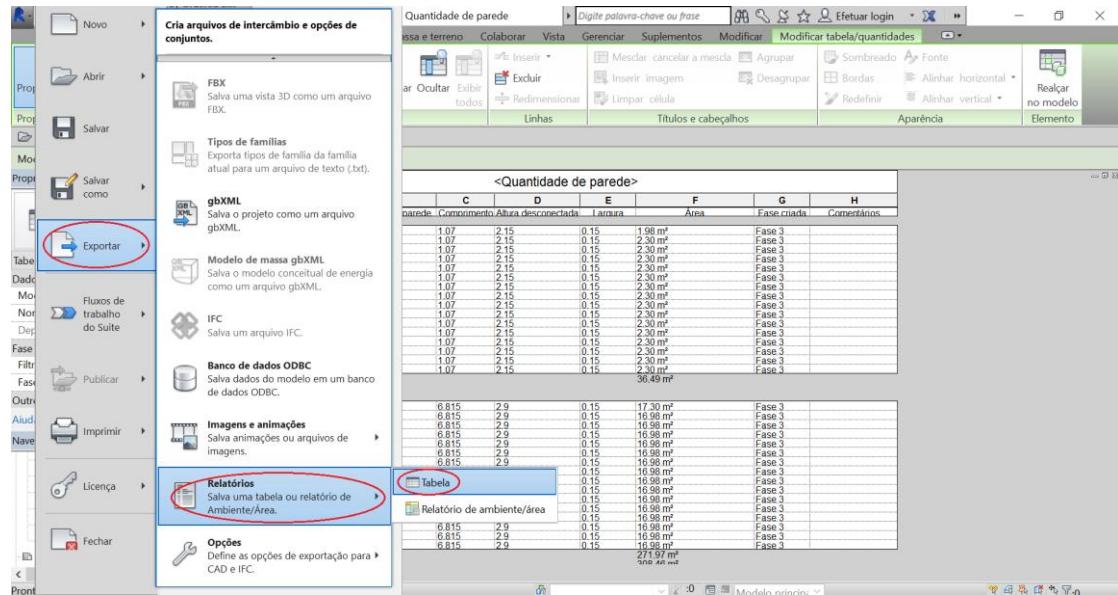


Figura 26 – Planilha eletrônica com dados do Revit.

A exportação para um software de planilhas eletrônicas, além da possibilidade de realizar cálculos na própria planilha com os valores encontrados, também permite editar a formatação para melhorar a visualização dos dados.

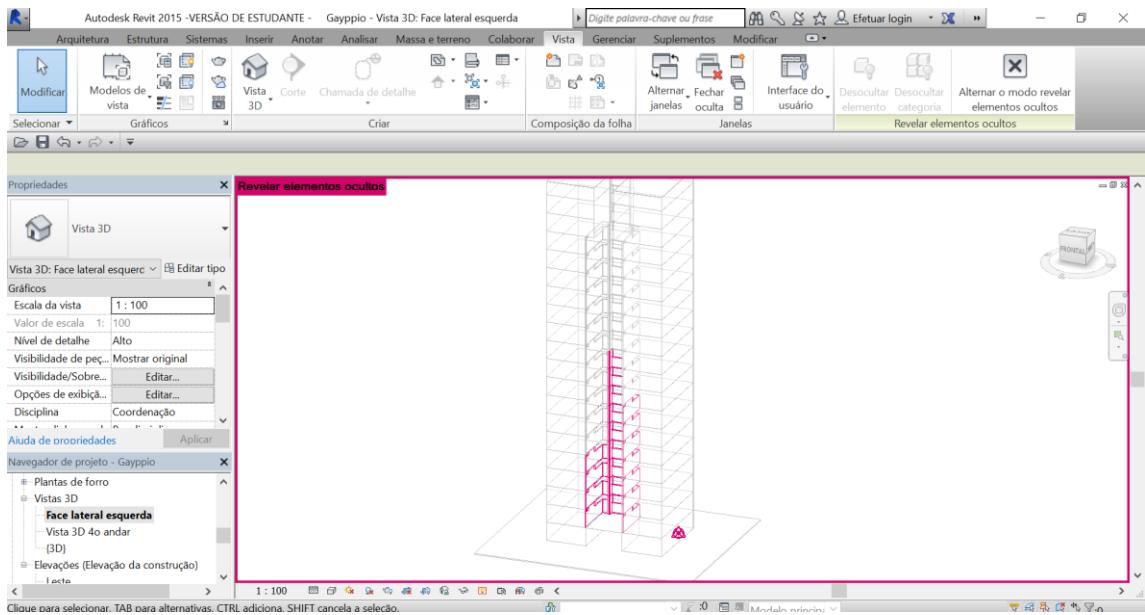
Para a obra do edifício Solar do Gayppió, os componentes utilizados na modelagem foram divididos de acordo com o comando do Revit chamado “fase criada”, que é um comando utilizado para distinguir, de certa forma, as etapas de construção de cada

componente. Para o caso em questão, o piso do térreo, a laje da coberta e as faces da edificação onde não foram realizados serviços, foi selecionada a opção “existente”, pois de fato esses componentes não sofreram modificação na fase da reforma utilizada no estudo. Para as faces onde ocorreram serviços foram selecionadas as seguintes opções: “Fase 1” para a face lateral esquerda, “Fase 2” para a face central e “Fase 3” para a face lateral direita. A diferença do comando “fase criada” foi utilizada apenas para um maior detalhamento das informações geradas pelas tabelas do Revit, pois no canteiro de obras os serviços nas três faces ocorreram simultaneamente.

O detalhamento mencionado como motivo para escolher diferentes opções de “fase criada” para cada face, dá-se pela quantificação de área e de material para cada face, importante no planejamento e estimativa de quanto material será utilizado para realização dos serviços. Nas configurações de tabelas geradas no Revit, pode-se selecionar qual fase de construção será apresentada em cada tabela. Essa separação é necessária planejar e também acompanhar o andamento da produção individual de cada equipe trabalhando nos andaimes suspensos, tanto quanto para acompanhamento da quantidade de material utilizada em cada face da edificação.

Para o acompanhamento no Revit, as informações coletadas no decorrer da execução da obra, deverão ser transmitidas para a maquete eletrônica, a fim de incorporar informações ao modelo, como quantidade de serviços executados até determinado momento e quantidade de materiais já utilizados. Com isto pode-se gerar uma visualização da situação atual, para comparar com uma vista da situação final do edifício após a obra, que é muito útil para tanto para auxiliar de forma mais prática e visual, o acompanhamento da obra por parte da empresa gerando uma biblioteca de informações e possibilitando um acompanhamento à distância, como por exemplo, para permitir que o cliente possa acompanhar a obra sem precisar visitar o canteiro.

Figura 27 – Exemplo de visualização dos pavimentos não concluídos.



A Figura 27 é um exemplo de como seriam indicados os pavimentos que ainda não foram executados. É importante ter esse conhecimento para realização das atividades listadas:

- i. Conferir quanto do material armazenado em obra ainda será utilizado e programar um possível entrega de mais material para dar continuidade aos serviços.
- ii. Conferência do cronograma esperado, pois a partir da quantidade de serviço a ser produzido pode-se estimar uma data provável para conclusão.
- iii. Calcular o rendimento dos trabalhadores de cada face do edifício, ao cruzar informações de pavimentos concluídos, quantidade de material utilizado e tempo de trabalho realizado.

Para auxiliar nas atividades listadas acima, informações podem ser obtidas a partir das tabelas do Revit, que automaticamente vão calcular a quantidade de área presente até o momento e essa informação pode ser comparada com a quantidade total de área a ser construída.

A utilização do Revit para o planejamento e acompanhamento utilizando as tabelas, permite uma fácil obtenção dados atualizados, todos agrupados em um único arquivo de computador, sem acumular informações em papel. Informações guardadas em papel ocupam um espaço físico grande ao longo do tempo, e são informações que podem ser facilmente perdidas entre uma quantidade grande de pastas e arquivos ou accidentalmente danificadas.

Uma ferramenta importante para o acompanhamento é a possibilidade de modificação do modelo 3D para adequar-se à realidade do canteiro, que automaticamente atualiza as tabelas com valores de quanto material será realmente utilizado, permite uma estimativa mais correta de quanto material de fato será utilizado até completar a obra.

Uma vantagem da utilização de tabelas do Revit para acompanhamento de obras, é a velocidade de obtenção de dados organizados em formato agradável para apresentação de maneira mais formal em reunião com clientes, quando for necessário apresentar memória de cálculo para justificar alguma alteração de contrato ou simplesmente por interesse do cliente de acompanhar a obra de forma mais minuciosa.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Ambos os métodos apresentados no estudo são capazes de produzir as informações necessárias para uma boa gestão da obra e realização dos serviços de engenharia. Porém cada um oferece certas vantagens e dificuldades na utilização. Cabe ao gestor responsável pela obra balancear quais vantagens são mais interessantes e quais limitações são menos prejudiciais, para que seja decidido qual método de planejamento e acompanhamento vai produzir resultados mais satisfatórios.

4.1 RESULTADOS DO MÉTODO TRADICIONAL

O método tradicional tem a vantagem da simplicidade, pois não necessita mais que papel, caneta e uma calculadora simples para ser desenvolvido. Em qualquer lugar podem ser produzidas informações para tomadas de decisão. É um método de fácil entendimento e aplicação, já implementado, amplamente conhecido pela empresa de engenharia responsável pela obra. Como limitação, tem-se a produção de muito papel, que precisam de um local seguro para armazenamento, correndo o risco de sofrer acidentes, ser perdido ou danificado, amassado, molhado e até rasgado, causando perda de informação. Há também a limitação por conta do retrabalho, relacionada a mudanças após o planejamento, pois todos os cálculos precisam ser refeitos para o reajuste das informações, o que necessita tempo e provoca um aumento nos custos.

4.2 RESULTADOS DO MÉTODO BIM

Os resultados encontrados para o objeto de estudo utilizando o método BIM 3D mostram que a aplicação da plataforma, utilizando o Revit, possui vantagens interessantes para a sua aplicação em projetos de recuperação e reforma de fachadas em edificações. Contudo, algumas limitações também foram observadas e precisam ser consideradas para avaliação completa do método.

4.2.1 VISUALIZAÇÃO 3D

Uma das principais vantagens do BIM foi a visualização em 3D da obra. A modelagem em 3D permite uma boa visão das etapas da obra para realizar um planejamento estratégico e identificar alguma possível complicação, permitindo antecipar algum tipo de problema numa etapa futura. Possibilita também um acompanhamento do andamento dos serviços sem precisar frequentar a obra pessoalmente.

4.2.2 PLANILHAS AUTOMÁTICAS

A utilização das planilhas geradas pelo software foi um grande facilitador para a obtenção de quantidade de materiais para o planejamento e também para um controle do material utilizado durante o acompanhamento da execução. A atualização automática de todos os valores das tabelas de quantidade, com uma modificação no modelo, é uma grande vantagem para economia de tempo e evita o retrabalho de calcular novamente os valores manualmente.

4.2.3 ARMAZENAMENTO DE DADOS

Mais uma vantagem foi a concentração de todas as informações do projeto em um único arquivo de computador, permitindo acessar todas as informações da obra sem precisar procurar entre vários papéis. Estudo feito por Zhenzhong *et al* (2008) afirma que o BIM é utilizado para evitar a perda das informações de construção, garantindo tal fator com a digitalização das mesmas. Esse arquivo pode ser armazenado em uma rede online, ou nuvem, para compartilhar informações com diferentes pessoas em tempo real, permitindo que todos os usuários da nuvem tenham acesso a qualquer alteração feita no projeto, acesso às vistas em 3D e aos valores das tabelas de quantitativos.

4.2.4 PRODUÇÃO DE DOCUMENTOS

O uso do BIM possibilita uma maior velocidade para obter as informações necessárias para o planejamento e acompanhamento dos serviços. Viabilizando uma economia de tempo com uma rápida produção de relatórios de alta qualidade, permitindo apresentação de vistas 3D, que facilitam o entendimento da obra, e também utilização de tabelas, que podem ser configuradas para apresentar a informação desejada pelo usuário, economizando tempo.

4.2.5 LIMITAÇÕES DO BIM

São muitas as vantagens listadas a favor da metodologia BIM, porém as limitações são muito importantes para a decisão da utilização deste método, principalmente levando em conta que tiraria os profissionais envolvidos da zona de conforto, por ser uma forma de trabalho diferente da utilizada pela empresa, durante o processo de transição entre os métodos.

Para utilização do BIM é necessário ter um bom computador, com componentes modernos de processador, vídeo, memória e ser apto a rodar programas que exigem muito da máquina, porque é preciso ter capacidade para operar com uma alta qualidade de produção imagens. São equipamentos de valor elevado no mercado e não é possível trabalhar com um software, como o Revit, sem ter à disposição uma máquina de alto rendimento.

Outro ponto visto como limitação é o conhecimento necessário para operar o programa, pois caso não haja pessoal suficientemente preparado seria preciso qualifica-los, o que exigiria muito tempo até que fosse alcançado um bom nível de familiaridade com o software.

Tabela 2 – Comparação da metodologia tradicional e BIM.

Qualidades	Métodos	
	Tradicional	BIM
Produz informações em qualquer lugar	x	
Não precisa de qualificação específica	x	
Pouco armazenamento de papel		x
Riscos de perder informação	x	
Facilidade para reajustes durante execução da obra		x
Melhor visualização de dados para planejamento		x
Mais rápido para calcular quantitativos		x
Acompanhamento visual à distância		x
Compartilhamento de informações		x
Baixo custo de implementação	x	
Velocidade para obter informações de projeto		x

5 DISCUSSÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM

A utilização da plataforma BIM, em ocasiões diversas, apresenta uma similaridade nos resultados alcançados. Nos estudos de caso citados previamente, o uso da modelagem 3D para a realização de simulações, tornou possível alcançar as melhorias propostas pela plataforma mesmo em contextos diferentes relacionados a construção. O mesmo aconteceu com a aplicação nos serviços de recuperação e reforma de fachadas realizados no objeto de estudo, que apresentou alguns resultados semelhantes aos estudos de casos citados.

No estudo de caso realizado na China por Zhang *et al.* (2016) a utilização do BIM focou inicialmente na fase de planejamento do projeto, atingiu resultados positivos e então concentrou esforços para aprimorar o controle e gerenciamento das atividades com o BIM, para obter aumento da produtividade e da qualidade dos serviços. Ambos os processos de planejamento e acompanhamento foram realizados para aplicação da plataforma na realização dos serviços de engenharia do edifício Solar do Gayppió, e os resultados foram positivos.

Com a utilização da metodologia BIM o tempo para planejamento do projeto é resumido ao tempo de modelagem da obra em 3D, que pode variar a depender do nível de detalhamento utilizado. No objeto de estudo, foi apresentada a forma mais simples de utilizar as ferramentas do Revit, a metodologia BIM 3D, restringindo a área de utilização a três faces da edificação. O tempo utilizado inicialmente para o planejamento com o BIM foi maior que o tempo utilizado para o planejamento tradicional, porém, o acompanhamento da obra foi mais eficiente com o novo método.

Para o acompanhamento, foi percebido uma certa redundância, pois, para atualizar o arquivo do Revit com a evolução diária da obra era preciso ter as anotações em papel, que já são suficientes para o método tradicional. A diferença é que ao incorporar as anotações da obra no Revit, essas informações estão prontas para apresentação em relatório e a visualização da maquete eletrônica, que permite que outras pessoas que não visitaram a obra possam ver exatamente em que fase ela se encontra. Diferente de uma fotografia, com a modelagem no Revit o usuário tem a possibilidade de aproximar e distanciar com zoom, e também propicia a rotação do objeto 3D, viabilizando uma visualização dinâmica.

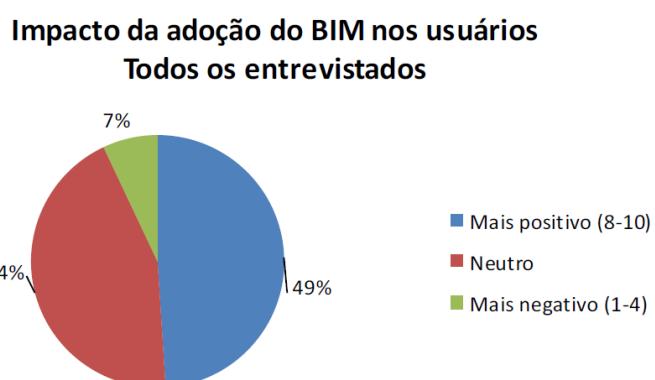
A utilização da metodologia BIM, confirmou as expectativas por resultados positivos. Como Becerik-Gerber e Rice (2010) destacaram, o uso da plataforma BIM é uma possível forma de ajudar a indústria da construção a melhorar sua produtividade. As ferramentas do Revit usadas para planejamento e controle da obra, possibilitam uma precisão muito boa em relação ao uso de materiais, por conta da facilidade para modificar os valores, constantemente

realizando cálculos que, ao longo do tempo, reduziram as diferenças entre valores estimados e os valores reais da obra. Essa ferramenta ajuda a reparar uma limitação do método tradicional e proporciona uma otimização do serviço de acompanhamento, equivalente a encontrada por Ciribini *et al.* (2016) em seu estudo na Itália para testar as vantagens do BIM.

A comunicação com a utilização do BIM foi inegavelmente melhorada. Young Jr. *et al* (2009) afirmam que, devido à visualização 3D, há uma melhor comunicação entre as partes e com isso, uma melhoria na qualidade do controle da obra. No método tradicional sempre que era preciso apresentar um relatório os dados precisavam ser trabalhados para melhor entendimento, enquanto no Revit não havia necessidade de tratamento dos dados. A facilidade de fazer comparações da evolução da obra também foi um fator muito positivo, pois todos os dados, desde o primeiro momento do planejamento, estavam facilmente acessíveis com o Revit, permitindo analisar quais pontos foram modificados no decorrer da obra, para que no futuro, outras obras sejam planejadas com uma precisão maior em relação aos valores estimados no projeto. Possibilitando um aumento da qualidade dos serviços, como observou Chen *et al.* (2014) em seu estudo de caso.

Todavia, em uma conversa informal com profissionais de empresa responsável pela obra do estudo, a maioria não conhecia os conceitos do BIM, mas a aceitação do método foi boa, visto às vantagens proporcionadas pela utilização, principalmente em relação a produção automática de tabelas quantitativas e a visualização da obra em 3D. Em estudo feito por Young Jr. *et al.* (2009), em abordagem com diferentes empresas de construção e seus gerenciadores, aproximadamente 50% dos entrevistados consideraram positiva a adoção do BIM em suas empresas, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Satisfação de empreendedores com a implementação da plataforma BIM.



Fonte: Young Jr. *et al.* (2009).

Porém, a ideia de implementar um novo sistema causou um certo desconforto, que era esperado, pois modificaria uma forma de trabalhar que vem sendo feita há anos. A adoção do BIM exige uma reestruturação organizacional e a transição deve ser cuidadosamente planejada juntamente com o desenvolvimento das competências dos usuários da ferramenta (LIU *et al.*, 2016).

De acordo com os estudos de Liu *et al.* (2016), há uma relutância para projetistas e empreiteiros em relação aos benefícios econômicos, pois há sempre uma procura por um retorno instantâneo sobre investimento. Mas para o uso do BIM deve ser realizado um trabalho crescente, visando um planejamento de melhorias à longo prazo, para obter os benefícios econômicos esperados.

Uma possível solução seria a união dos dois métodos para aprimorar e aperfeiçoar o método tradicional com as vantagens do BIM. E com a adaptação do método ao longo do tempo, buscando um aperfeiçoamento contínuo, torne-se possível um aumento no nível de detalhamento de informações produzidas e introduzir aos poucos os conceitos do BIM 4D, acrescentando o componente temporal ao projeto, que já existe de forma paralela, mas não incorporada aos conceitos do BIM. E com a evolução da prática, é possível a criação de um planejamento estratégico, para aumentar cada vez mais o nível de maturidade do BIM, podendo aprimorar a produção de informações e a forma de trabalho tendo os custos incorporados no processo, configurando o BIM 5D, e até avançando mais níveis, buscando um aperfeiçoamento contínuo no exercício do planejamento e acompanhamento das obras de recuperação e reforma de fachadas em edificações.

6 CONCLUSÕES

A alteração na forma de trabalhar, por mais que seja positiva, não é concebida de forma imediata. Requer dedicação, tempo e esforço para se acostumar com as mudanças e permitir que o novo passe a ser uma realidade comum.

Com a aceleração da tecnologia, as ferramentas de trabalho, mesmo no mercado da construção civil, que é rústico em sua maioria, são constantemente atualizadas e modernizadas. Principalmente programas computacionais, como ferramenta de planejamento e gerenciamento que buscam o aumento da qualidade dos serviços. E num mercado que para ser bem-sucedido é preciso encontrar um equilíbrio entre uma alta qualidade de serviços com o custo mais baixo possível, um planejamento concreto, atrelado a um bom controle de recursos, é essencial para não fugir daquilo que foi programado em projeto, e cumprir com a obrigação da excelência, competência e precisão requeridos pela boa prática dos serviços de engenharia.

A plataforma BIM já está presente na indústria mundial da construção civil como uma ferramenta poderosa de gerenciamento. E mesmo sendo uma realidade comum a muitos profissionais, existem pesquisadores e estudiosos desenvolvendo aditivos à plataforma que tem um potencial de evoluir bastante e trazer ainda mais vantagens e melhorias.

Como resultado deste estudo da comparação do método tradicional, utilizando papel e caneta e o método computacional utilizando conceitos da plataforma BIM, para planejamento e acompanhamento de obras de recuperação e reforma de fachadas em edifícios, pode-se concluir que a implementação do BIM é capaz de trazer melhorias significativas ao trabalho, mas requer um alto investimento monetário e temporal. Cabe às empresas que não utilizam a plataforma decidir se é possível fazer uso dessa tecnologia e se realmente há interesse nas melhorias que podem ser adquiridas.

Para o caso da empresa responsável pela obra do objeto de estudo, uma opção seria realizar um período de testes utilizando o método BIM para avaliar se a experiência é realmente positiva, e decidir se é desejável que o método seja implementado à forma de trabalho da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECERIK-GERBER, BURCIN; RICE, SAMARA. **The Perceived Value of Building Information Modelling in the U.S. Building Industry**. Itcon: Journal of Information Technology in Construction. California, p. 185-201. fev. 2010.

BIRX, G. W. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 21.11.2016.

CABLE, V.; FALLON, M.; HIGGINS, D. Construction 2025; HM Government: Londres, Reino Unido, 2013.

CHEN, L.; LUO, H. **A BIM-based construction quality management model and its applications**. China, 2014.

CIBRINI, A. L. C.; MASTROLEMBO VENTURA, S.; PANERONI, M. **Implementation of an interoperable process to optimize design and construction phases of a residencial building: A BIM Pilot**. Brescia, Itália, 2016.

CONOVER, D. *et al.* **Building Information Modeling (BIM)** A guide for ASHRAE members, Atlanta, Georgia, Estados Unidos, 2009.

DING, L. Y.; ZHONG, B. T.; WU, S.; LUO, H. B. **Construction risk knowledge in BIM using ontology and semantic web technology**. China e Reino Unido, 2016.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman Editora LTDA, Porto Alegre, RS, 2014.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologia BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamento**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Univerisade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

GASPAR, J.; LORENZO, N. T. **Revit passo a passo**, v. 1, AEC, 2015.

JUSTI, A. **Revit Architecture 2010**. Editora Ciência Moderna, 2010.

KAMARDEEN, I. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design na Egbu, C.(Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference, 6-8 September 2010, Leeds, Reino Unido, 2010.

LIU, Y. *et al.* **Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China**. Holanda, 2016.

SCHEER, S.; ITO A.L.Y.; FILHO C. A.; AZUMA F.; BEBER M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura.** Paraná, 2007.

SOUST-VERDAGUER, B. *et al.*, **Critical review of bim-based LCA method to buildings.** Sevilha, Espanha, 2016.

TAKIM, R.; HARRIS, M.; NAWAWI, A. H. Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry na AMER International Conference on Quality of Life, 6-8 April 2013, Lagkawi, Malaysia, 2013.

ZHANG, J.; LONG, Y.; LV, S.; XIANG, Y. **BIM-enabled Modular and Industrialized Construction in China.** China, 2016.

ZHENZHONG, H.; JIAPING, Z.; ZIYIN, D. Construction Process Simulation and Safety Analysis Based on Building Information Model and 4D Technology. Tsinghua Science And Technology. Beijing, p. 266-272. Outubro. 2008.

YOUNG JUNIOR, N. W.; JONES, S. A.; BERNSTEIN, H. M. **Building Information Modelling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. Smart Market Report: Design and Construction Intelligence,** Nova York, v.1, n. 1, p.2-7, 2009.