PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO DE UMA ALVENARIA DE VEDAÇÃO RACIONALIZADA COM O USO DO BIM E LEAN CONSTRUCTION

Production planning of rationalized sealing masonry using BIM and Lean Construction

Celina Clara Neves Nascimento
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa, PB | celinaneves.eng@gmail.com

Claudino Lins Nóbrega Júnior
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa, PB | claudinolins@hotmail.com

RESUMO

A necessidade de alta qualidade nos projetos é evidente no atual contexto de crescente complexidade das obras. Apesar disso, muitas construtoras desconhecem todo o potencial que os projetos desenvolvidos em BIM podem oferecer. Outro aspecto contemporâneo e importante para os empreendimentos é o planejamento da produção. Atualmente, as ferramentas do *Lean Construction* são aplicáveis à melhoria da produtividade dos serviços e à transparência dos processos, alimentadas por informações fornecidas pelos projetos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver o planejamento da produção da alvenaria de vedação racionalizada de um empreendimento residencial multifamiliar localizado em João Pessoa, utilizando ferramentas BIM e conceitos do *Lean Construction*. A metodologia consistiu em modelar um projeto de alvenaria em 3D, obtendo, por meio da modelagem, os quantitativos do serviço de execução de alvenaria. Além disso, foi dividido por pavimentos no *Software Navisworks*, contemplando a ideia de setorização, juntamente com a inclusão de datas da linha de balanço para simulações construtivas, o que possibilitou o desenvolvimento do planejamento assertivo conforme a necessidade da construtora. Essa colaboração do BIM com o *Lean Construction* trouxe benefícios como confiabilidade dos quantitativos e agilidade na extração de informações conforme a necessidade da obra, resultando no eficaz planejamento da produção.

Palavras-chave: Metodologia BIM; Modelagem de Projetos; Lean Construction; Planejamento da Produção.

ABSTRACT

The need for high quality projects is evident in today's increasingly complex construction context. Despite this, many construction companies are unaware of the full potential that projects developed in BIM can offer. Another contemporary and important aspect for projects is production planning. Currently, Lean Construction tools are applicable to improving the productivity of services and the transparency of processes, fed by information provided by projects. Therefore, the aim of this work is to develop production planning for the rationalized sealing masonry of a multi-family residential development located in João Pessoa, using BIM tools and Lean Construction concepts. The methodology consisted of modeling a masonry project in 3D, obtaining, through the modeling, the quantities of the masonry execution service. In addition, it was divided by floor in Navisworks software, taking into account the idea of sectorization, along with the inclusion of balance line dates for construction simulations, which made it possible to develop assertive planning according to the construction company's needs. This collaboration between BIM and Lean Construction has brought benefits such as the reliability of quantities and agility in extracting information according to the needs of the project, resulting in effective production planning.

Keywords: BIM Methodology; Project Modeling; Lean Construction; Production Planning.

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual da construção civil, o conjunto de projetos (projeto de produto e para execução) vão além das disciplinas e escopo de projeto tradicionalmente desenvolvidos, oferecendo diferenciais como facilidade de leitura, acesso rápido a quantitativos, compatibilização entre disciplinas e alternativas para redução de custos. Nesse contexto, a metodologia do *Building Information Modeling* (BIM) se destaca por possibilitar um processo de projeto mais integrado, resultando em construções de melhor qualidade, com menor custo e prazo, conforme Eastman et al. (2011).

Paralelamente, o Planejamento e Controle da Produção (PCP), adotado pelo *Lean Construction*, permite decisões antecipadas, redução de desperdícios e melhoria contínua do processo construtivo e da gestão, como aponta Koskela (1992).

Este trabalho tem como objetivo elaborar o planejamento da produção da alvenaria de vedação racionalizada de um empreendimento em João Pessoa, por meio de um projeto inicialmente em 2D que foi modelado em BIM, alinhado aos princípios do *Lean Construction*. Buscou-se, ainda neste trabalho, demonstrar como a construtora pode definir requisitos para receber um projeto em BIM que atenda às necessidades da obra, levantar quantitativos setorizados para execução e compras, e comparar os ganhos de um projeto em BIM 3D em relação ao tradicional em 2D.

Dessa forma, o estudo busca evidenciar os benefícios da integração entre BIM e *Lean Construction* no planejamento da alvenaria de vedação racionalizada, contribuindo para maior eficiência no processo construtivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A filosofia *Lean Construction*, derivada do sistema de produção enxuta da indústria automobilística, foi adaptada ao setor da construção nos anos 1990. Koskela (1992) foi pioneiro ao propor sua aplicação na construção civil, evidenciando a necessidade de maior integração e eficiência na gestão dos empreendimentos. Nessa perspectiva, o pensamento enxuto, conforme Womack e Jones (2004), se baseia em cinco princípios fundamentais: valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

Um dos conceitos abordados pelo *Lean* é o "*Just in Time*", que, segundo Santos (2018), consiste em uma técnica da administração da produção segundo a qual nada deve ser comprado, produzido ou transportado antes do momento exato em que for necessário. Essa abordagem contribui diretamente para a elevação da eficiência operacional e o aprimoramento do gerenciamento financeiro, estando, portanto, alinhada aos objetivos estratégicos da construção enxuta.

No contexto da gestão de projetos, a aplicação dos princípios *Lean* demanda um controle rigoroso sobre as fases do empreendimento. Manzione, Melhado e Nóbrega Júnior (2021) ressaltam que um projeto bem gerido exige definição clara de escopo, controle de qualidade, integração com as fases seguintes do empreendimento e atendimento aos objetivos do cliente. Nesse sentido, a norma NBR ISO 19650-1 reforça a importância da definição prévia do nível de informação esperado para cada entrega, aspecto fundamental na implementação de ferramentas da metodologia BIM.

A partir dessa base, o Projeto para Produção das Vedações Verticais (PPVV) se apresenta como uma ferramenta estratégica na antecipação de incompatibilidades de projeto (Lordsleem Júnior; Melhado, 2011), contribuindo para a melhoria da execução e da gestão do canteiro de obras. Quando elaborado com apoio de ferramentas BIM, o PPVV possibilita a extração automática de quantitativos, o que promove precisão no planejamento, controle de custos, eficiência logística e melhoria da tomada de decisões.

Ademais, o PPVV está diretamente associado à técnica de alvenaria racionalizada, cuja proposta é otimizar o processo construtivo por meio da padronização, detalhamento e integração de informações. Segundo Franco (1998), o desenvolvimento do PPVV deve ser abrangente e integrado, promovendo ganhos em produtividade e qualidade.

Inserindo-se contexto do Planejamento e Controle da Produção (PCP), a alvenaria racionalizada requer um projeto bem detalhado, definição precisa dos materiais e fluxos de execução bem estabelecidos. Slack et al. (1997) destacam que o projeto do produto e do sistema de produção é fundamental para alcançar os objetivos estratégicos da construção. Assim, ao utilizar o PPVV alinhado ao BIM, com escopo claro e orientado pelos princípios do *Lean Construction*, é possível estruturar um PCP eficiente, que contribua para o controle e fiscalização dos serviços em obra, redução de perdas, confiabilidade nos quantitativos para compras, e gestão precisa de estoque e produtividade.

3 METODOLOGIA DE ESTUDO

O empreendimento usado para realizar o estudo de caso se trata de um residencial de alto padrão, com 48.057,51m² de área construída, com apartamentos de 99m² a 397m² de área interna, 131 unidades no total e 6 pavimentos. A arquitetura do empreendimento pode ser classificada como inovadora, já que foge da normalidade de prédios “de plantas ortogonais”. Diante do prazo do planejamento da obra (cerca de 3 anos), e considerando a tecnologia construtiva tradicional de estrutura de concreto moldado no local e vedações verticais de alvenaria de tijolos, é um grande desafio iniciar os serviços com todas as informações previamente definidas que são necessárias para organização de compras, distribuição de equipes, definições de fluxo do serviço, dentre outros.

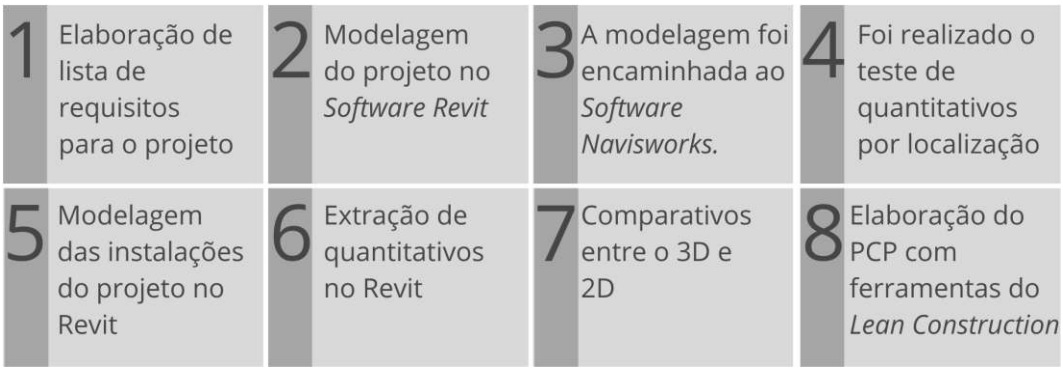
Inicialmente, foi elaborada uma lista com os requisitos que deveriam estar presentes no escopo do projeto de alvenaria de vedação em BIM, considerando as necessidades internas da construtora e em alinhamento com as ferramentas do *Lean Construction*, frequentemente aplicadas nos empreendimentos da empresa.

Na sequência, realizou-se o levantamento dos quantitativos dos materiais utilizados na alvenaria racionalizada, por meio de modelagem desenvolvida no *Software Revit*. Esses quantitativos foram organizados através de setorizações, atendendo às demandas de execução, compras e planejamento, com o apoio das funcionalidades do BIM para garantir precisão e eficiência na gestão dos recursos.

Também foi demonstrada a integração entre o BIM e os princípios do *Lean Construction* com apoio do *Software Navisworks*, evidenciando como essa sinergia contribui para a redução de desperdícios e aumento da eficiência dos processos, agregando valor ao projeto e à execução da obra.

Por fim, foi realizado um comparativo entre o projeto de alvenaria em 3D, desenvolvido em BIM, e a versão original em 2D, elaborada no *AutoCAD*. Na Figura 01 temos a metologia exemplificada, sequenciando como o trabalho foi elaborado. Outrossim, o estudo evidenciou as vantagens do BIM em relação à visualização, detalhamento e precisão, apontando melhorias significativas para a gestão e execução dos serviços de alvenaria.

Figura 1: Sequenciamento do estudo de caso

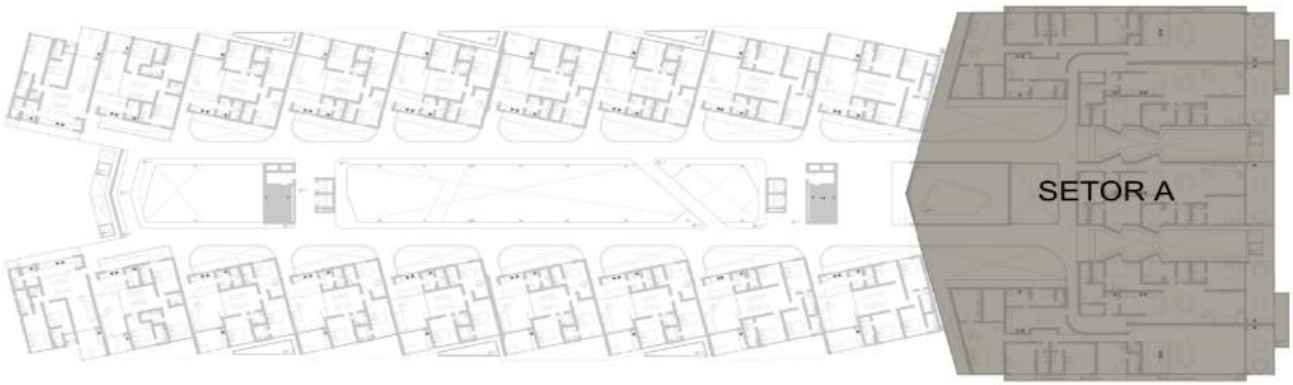


Fonte: Autores (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

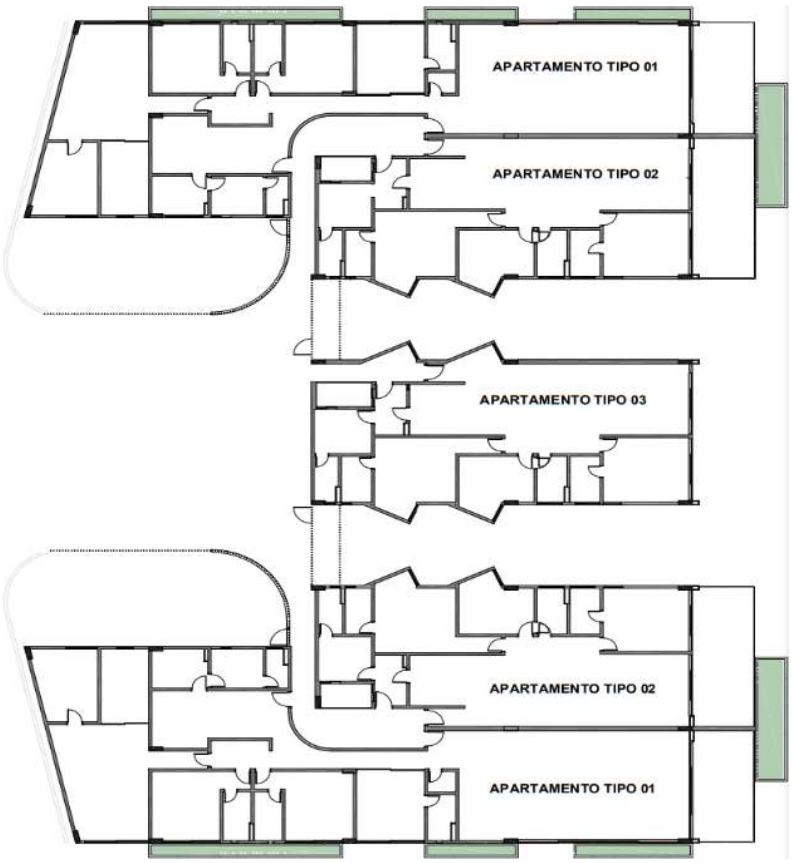
A execução da obra foi dividida em 3 setores por questão de planejamento e logística, pois se trata de um empreendimento de grande comprimento horizontal (aproximadamente 143m). A identificação do Setor A se encontra na Figura 02. Por motivos de praticidade, para o estudo em questão, foi feito o planejamento da produção da alvenaria de vedação do pavimento tipo (planta do 2º ao 4º pavimento) do Setor A que se encontra na Figura 03.

Figura 2: Identificação do Setor A



Fonte: Autores (2024).

Figura 3: Planta baixa do pavimento tipo identificada: Setor A



Fonte: Autores (2024).

4.1 ESTUDO DE CASO

Para o empreendimento em questão, a alvenaria de vedação racionalizada é uma atividade que envolve uma grande variedade de materiais, exigindo, assim, um planejamento detalhado e uma boa logística para que sua execução seja eficiente e produtiva. A seguir, foram listados os principais itens envolvidos em um serviço de alvenaria de vedação racionalizada:

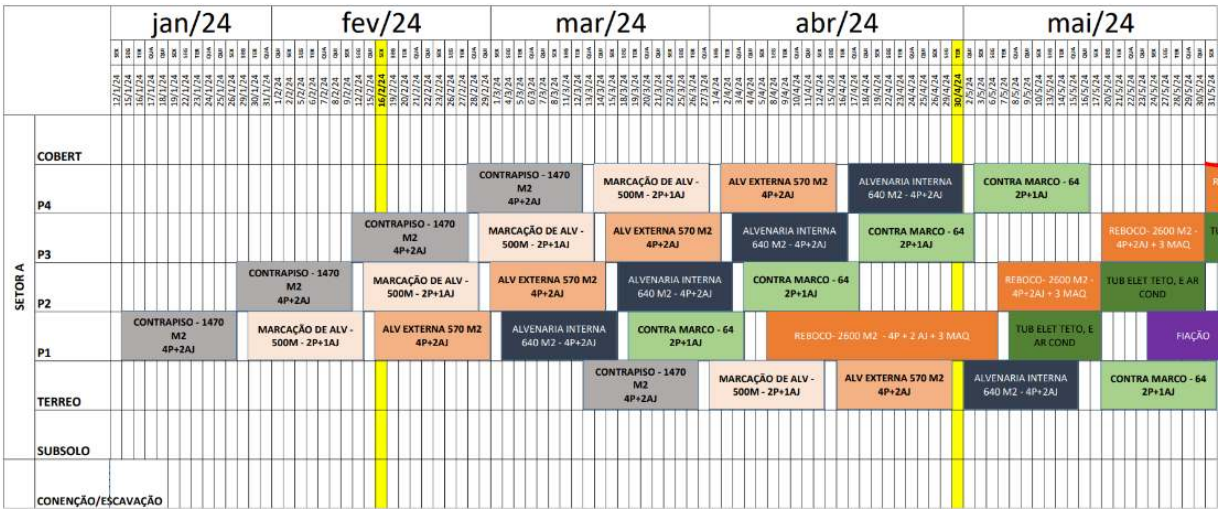
- Famílias de tijolos;
- Vergas pré-moldadas;
- Eletrodutos corrugados de 25mm para passagens elétricas e de telecomunicações;
- Telas metálicas para amarração;
- Pinos para fixação das telas;
- Tubos de PVC de 25mm para drenos de ar-condicionado;
- Barras de aço com bitola de 10mm;
- Graute para canaletas;
- Argamassa para assentamento;
- Ferramentas para pedreiros;
- Projeto de elevação de paredes;
- Fluxo de serviço definido;
- Definição de equipes definida;
- *Kit's* de serviço por apartamento.

Os elementos listados são essenciais para garantir a execução de um serviço de qualidade, evitando, assim, problemas com as equipes de produção. Além disso, é importante destacar que uma alta produtividade das equipes de produção está diretamente ligada à disponibilidade dos materiais no momento exato em que o serviço irá iniciar, validando o conceito de "*Just in Time*".

Outro ponto importante é a separação dos *kit's* de materiais de serviço por apartamento, facilitando o acesso dos profissionais aos insumos que irão utilizar por unidade e minimizando também o tempo ocioso durante a execução das atividades.

Para o PCP do serviço de alvenaria, através da produtividade do serviço fornecida pela empresa, é possível dimensionar a quantidade de equipes para finalizar o serviço no prazo previsto pelo planejamento. Esse tempo para realização de toda atividade está inserido no planejamento de longo prazo da obra (linha de balanço). A seguir, temos um trecho da linha de balanço na Figura 04, ferramenta que foi criada a partir do gráfico de *Gantt*. A linha foi cedida pela construtora, para determinação do tempo de duração total do serviço, a fim de fazer um comparativo ao final do estudo sobre o planejamento. O tempo da elevação da alvenaria de vedação racionalizada está demarcado nas colunas amarelas.

Figura 4: Trecho da Linha de Balanço



Fonte: Autores (2024).

Para definição de escopo de projeto, é necessário conhecer todas as demandas para as quais será destinada tal proposta. Considerando as necessidades da construtora e considerando que o projeto será modelado em BIM, foi criado o Quadro 01 com os itens a serem incluídos e considerados para o escopo do projeto de alvenaria de vedação racionalizada do empreendimento em questão.

Quadro 1: Requisitos a serem incluídos no Escopo do Projeto

LISTA DE REQUISITOS A SEREM INCLUÍDOS NO ESCOPO	
Nº	DESCRIÇÃO
1	Divisão do projeto no *Revit* por: Setor, Pavimentos, Apartamentos, Vedações externas (fachada) e internas. Sendo testado o projeto no *Software Navisworks* para visualizar se atendeu as divisões.
2	O item 01 deve ser colocado na seguinte sequência: Setor - Pavimento do Setor - Apartamentos do Pavimento - Vedações Externas e Internas por apartamento.
3	Todos os apartamentos deverão conter quantitativos separados de: vergas, famílias dos blocos cerâmicos, telas metálicas, barras de aço bitola 8mm, graute, metragem do eletroduto flexível corrugado de 25mm, metragem do tubo de PVC de 25mm, argamassa de assentamento.
4	Envio dos seguintes arquivos na entrega final: Planta de marcação da 1ª fiada, Planta de marcação da 2ª fiada, Elevações das Paredes com detalhes construtivos, Modelagem 3D do projeto arquivo .rvt. Modelagem 3D do projeto arquivo .nwc.
5	Envio dos seguintes arquivos na entrega final: 1. Planta de marcação da 1ª fiada em PDF e .rvt 2. Planta de marcação da 2ª fiada em PDF e .rvt 3. Elevações de todas as paredes(elevações) com detalhes construtivos em PDF e .rvt 4. Modelagem 3D do projeto arquivo .rvt 5. Modelagem 3D do projeto arquivo .nwc 6. Plantas em .rvt separados por tipologia de apartamento para uso em personalizações da obra

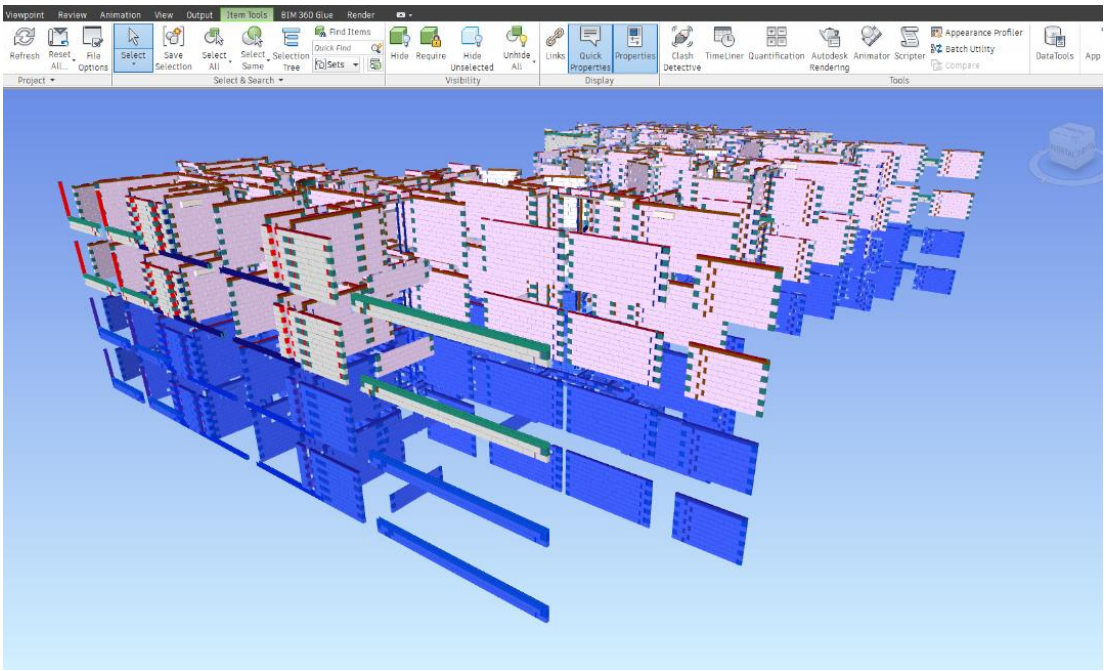
Fonte: Autores (2024).

A partir do projeto de alvenaria racionalizada em 2D, feito através do *Software AutoCad,* foi modelado o projeto, seguindo da maneira mais fidedigna possível as plantas e elevações em 2D, com alguns pequenos ajustes de projeto, quando necessários. Primeiramente, foram inseridas as plantas de marcação no *Revit* através do vínculo da planta do *AutoCad.* Com ajustes no ponto de origem, escala e visualização, a modelagem começou com a marcação de toda a primeira fiada dos apartamentos. Para os blocos, foi utilizado um *template* de uma família de blocos cerâmicos de vedação, porém todos da mesma cor. Para uma melhor visualização dos tijolos nas elevações e marcação, foram destinadas cores aos blocos e feitos ajustes também nos tamanhos dos blocos necessários.

Na fase de modelagem, foram encontradas algumas incompatibilidades de amarração entre as paredes que não eram possíveis de serem visualizadas em um projeto feito em 2D. Após a colocação de todos os tijolos, incluindo os de encunhamento, foram locados os ares-condicionados de acordo com a planta de climatização, para que fossem posicionados os drenos que são executados na fase da elevação pela equipe de produção da alvenaria. Após a colocação dos drenos, foi elaborada uma vista em 3D com todos os 03 tipos de apartamento do Setor A, replicados do 1º ao 4º pavimento. É importante pontuar que no projeto do 1º pavimento do Setor A só tem as unidades tipo 01 e tipo 02, com ausência do apartamento do meio, em relação ao 2º ao 4º pavimento.

Com o objetivo de analisar as modelagens separadas por pavimento, a modelagem foi encaminhada para o *Navisworks* (Figura 05), além de serem testadas outras extrações de quantitativos por localização, considerando os testes de divisórias, citadas no escopo do projeto. Além disso, foram inseridas as datas da linha de balanço por pavimento, para que fosse possível fazer uma simulação construtiva para o acompanhamento da obra.

Figura 5: Seleção dos Pavimentos 1 e 2 no *Navisworks*



Fonte: Autores (2024).

Após isso, foi selecionado o apartamento tipo 03 para fazer a modelagem completa, incluindo os blocos racionalizados, as instalações elétricas e de telecomunicações, as barras de aço das canaletas, o graute das canaletas e as telas metálicas, com o objetivo de coletar todos os quantitativos do apartamento para formar o Kit de serviço que, posteriormente, iria para a obra. É importante ressaltar que o principal foco da modelagem em estudo é a extração de quantitativos de maneira automática, através da metodologia BIM, e, com isso, a elaboração do PCP de acordo com essas quantidades, baseando-se em uma seleção por localização no *Navisworks.* Logo, não foi elaborado um detalhamento de projeto ideal para ir para campo, como já é feito nos projetos contratados pela construtora, como por exemplo a execução das pranchas de elevações de paredes com todas as cotas.

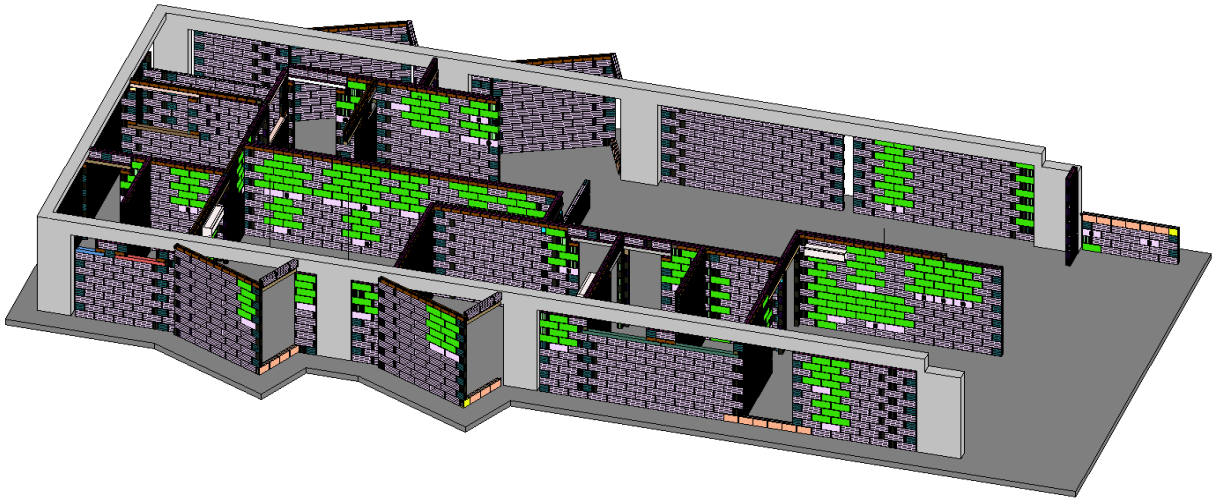
A importância da execução de um projeto como esse, no *Revit,* é a confiabilidade dos quantitativos gerados fielmente ao que foi modelado.

Dessa forma, foram modelados os elementos construtivos, como vergas e contra-vergas, bem como os blocos racionalizados, considerando as caixas de dimensões 4x2 em PVC utilizadas nas instalações. A partir da definição da localização das caixas elétricas, foi possível ajustar os blocos necessários para versões racionalizadas, inclusive aqueles posicionados nas passagens de drenos. Ademais, foi gerado o quantitativo da metragem dos eletrodutos no *Revit*. Logo em seguida, foram inseridas as barras de aço (para canaletas), criadas a partir de um *template* que já faz o cálculo do graute. Assim, foi possível extrair também esse quantitativo de materiais.

Por fim, foi criado outro *template* no próprio *Revit* para inserção das telas metálicas na alvenaria, devido à ausência desse item em famílias de alvenaria pesquisadas durante o processo de modelagem. Finalizadas todas as inserções de materiais na modelagem do apartamento (Figura 06), foram extraídos do projeto os quantitativos gerados pelo *Revit* para comparativo com o projeto em 2D (Tabelas de 01 a 04), posteriormente, foi possível determinar o Kit de serviço do apartamento do tipo 03 (Tabela 05).

Logo após, o projeto foi encaminhado para o *Navisworks* para definir o fluxo de serviço, analisando a logística de distribuição de materiais.

Figura 6: Modelagem executada no *Revit* da alvenaria de vedação do apartamento tipo 03



Fonte: Autores (2024).

Tabela 1: Comparativo do quantitativo de blocos

QUANTITATIVO DE BLOCOS - APTO TIPO 03					
MODELAGEM BIM			PROJETO 2D		
CÓD.	DIMENSÕES	QUANTIDADE	CÓD.	DIMENSÕES	QUANTIDADE
BLO-CER-HOR-9x19x4	L9/H4/C19	773 UNID	BLO-CER-HOR-9x19x4	L9/H4/C19	754 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X9	L9/H9/C19	588 UNID	BLO-CER-HOR-9X19X9	L9/H9/C19	568 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X19	L9/H19/C19	310 UNID	BLO-CER-HOR-9X19X19	L9/H19/C19	315 UNID
BLO-CER-RAC-9x19x19	L9/H19/C19	45 UNID	BLO-CER-RAC-9x19x19	L9/H19/C19	32 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X39	L9/H19/C39	1800 UNID	BLO-CER-HOR-9X19X39	L9/H19/C39	1641 UNID
BLO-CER-RAC-9x19x39	L9/H19/C39	307 UNID	BLO-CER-RAC-9x19x39	L9/H19/C39	355 UNID
CAN-CER-HOR-9x19x29	L9/H19/C29	29 UNID	CAN-CER-HOR-9x19x29	L9/H19/C29	22 UNID

Fonte: Autores (2024).

Tabela 2: Comparativo do quantitativo de vergas

QUANTITATIVO DE VERGAS - APTO TIPO 03					
MODELAGEM BIM			PROJETO 2D		
CÓD.	DIMENSÕES	QUANTIDADE	CÓD.	DIMENSÕES	QUANTIDADE
VER-0,62x0,09x0,09	L9/H9/C62	1	V17	L9/H9/C62	1
VER-0,68x0,09x0,09	L9/H9/C68	2	V18	L9/H9/C68	2
VER-0,95x0,09x0,09	L9/H9/C95	1	V11	L9/H9/C102	3
VER-1,00x0,09x0,09	L9/H9/C100	2	V1	L9/H9/C108	2
VER-1,02x0,09x0,09	L9/H9/C102	1	V1A	L9/H9/C108	2
VER-1,08x0,09x0,09	L9/H9/C108	4	V14	L9/H9/C110	1
VER-1,18x0,09x0,09	L9/H9/C118	2	V3	L9/H9/C118	2
VER-1,28x0,09x0,09	L9/H9/C128	1	V12	L9/H9/C118	2
VER-1,43x0,09x0,09	L9/H9/C143	1	V4	L9/H9/C128	1
VER-1,45x0,09x0,09	L9/H9/C145	2	V16	L9/H9/C143	1
VER-1,49x0,09x0,09	L9/H9/C149	1	V6	L9/H9/C149	1
VER-1,69x0,09x0,09	L9/H9/C169	2	V10	L9/H9/C169	2
VER-2,20x0,09x0,09	L9/H9/C220	1	V15	L9/H9/C220	1

Fonte: Autores (2024).

Tabela 3: Kit de serviço do apartamento tipo 03 a partir da modelagem BIM

KIT DE SERVIÇO EXTRAÍDO DA MODELAGEM – APTO TIPO 03	
DESCRIÇÃO DO ITEM	QUANTIDADE
TELA METÁLICA 7,5cm	164 UNID
PINOS DE AÇO	164 UNID
ELETRODUTO CORRUGADO 25mm	107 M
BARRA DE AÇO 10mm (3/8)	13 M
GRAUTE P/ CANALETAS	0,06 M³
QUANTIDADE ARGAMASSA	16,09 M³
TUBO DE PVC 25MM MARROM	11,3 M
BLO-CER-HOR-9x19x4	773 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X9	588 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X19	310 UNID
BLO-CER-RAC-9x19x19	45 UNID
BLO-CER-HOR-9X19X39	1800 UNID
BLO-CER-RAC-9x19x39	307 UNID
CAN-CER-HOR-9x19x29	29 UNID
VER-0,62x0,09x0,09	1 UNID
VER-0,68x0,09x0,09	2 UNID
VER-0,95x0,09x0,09	1 UNID
VER-1,00x0,09x0,09	2 UNID
VER-1,02x0,09x0,09	1 UNID
VER-1,08x0,09x0,09	4 UNID
VER-1,18x0,09x0,09	2 UNID
VER-1,28x0,09x0,09	1 UNID
VER-1,43x0,09x0,09	1 UNID
VER-1,45x0,09x0,09	2 UNID
VER-1,49x0,09x0,09	1 UNID
VER-1,69x0,09x0,09	2 UNID
VER-2,20x0,09x0,09	1 UNID

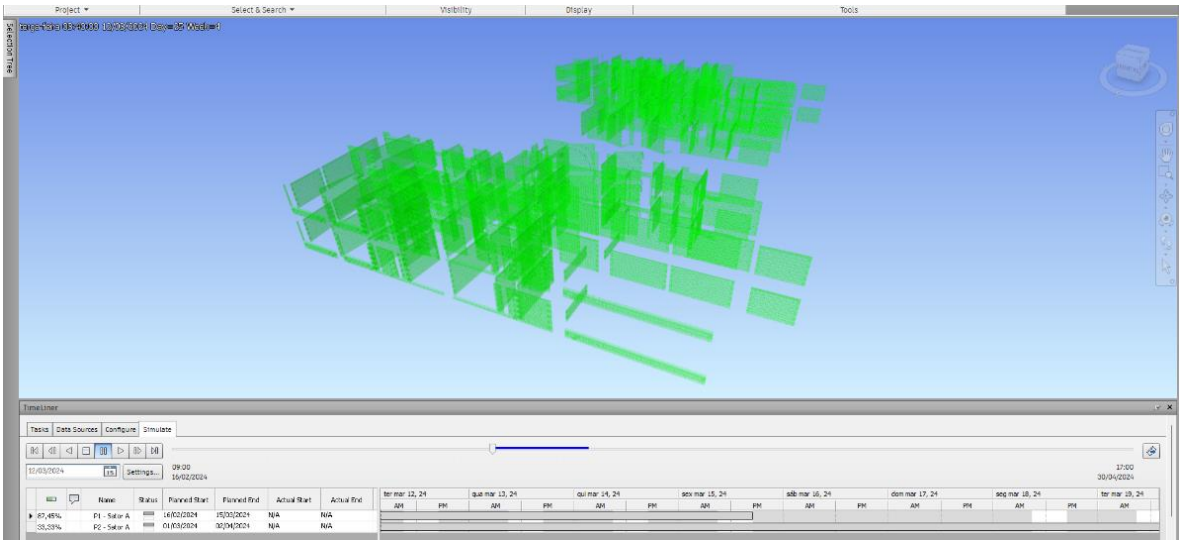
Fonte: Autores (2024).

As ferramentas *Lean* utilizadas diretamente no PCP foram: o Kit de serviço, já mencionado anteriormente, e o fluxo de serviço da alvenaria de vedação. Para definição do fluxo de serviço, foram utilizadas as plantas do 1º e 2º pavimento do Setor A, lembrando que existe uma repetição nas áreas internas dos apartamentos do 2º ao 4º.

A partir da modelagem da alvenaria, foi possível elaborar, por meio do software *Navisworks*, uma simulação da construção em sequência, do 1º ao 4º pavimento, considerando a metragem quadrada e as datas inseridas, as quais foram extraídas da linha de balanço do empreendimento, apresentada na Figura 07.

- Data da captura na simulação: 12/03/2024
- Porcentagem do serviço concluído no 1º Pavimento: 87,45%
- Porcentagem do serviço concluído no 2º Pavimento: 33,33%
- Quantidade de dias desde o início do serviço: 25 dias

Figura 7: Simulação do serviço de Alvenaria de Vedação na data 12/03/2024



Fonte: Autores (2024).

4.2 RESULTADO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Por fim, para a formação do planejamento da produção da alvenaria de vedação racionalizada, foram colocados em apêndices todos os itens que contemplam o PCP, seguem as ferramentas e suas utilizações:

- Kit de serviço do apartamento tipo 03: o Kit será utilizado pelo almoxarife para controle da liberação de materiais para os profissionais em campo.
- Dimensionamento de equipes: o dimensionamento deve atender ao tempo estimado em planejamento e o custo considerado no orçamento da obra, o gestor de obras e a equipe de engenharia deve fiscalizar as produtividades das equipes e manter o que foi planejado.
- Fluxo do serviço do 2º ao 4º pavimento da equipe 01 e 02: os profissionais precisam ser treinados quanto ao conceito de fluxo de serviço e deve ser entregue uma cópia para acompanhar seu fluxo, além da equipe de engenharia mantê-lo exposto em quadros de gestão à vista.

Tabela 4: Kit de serviço do apartamento tipo 03

KIT DE SERVIÇO - APTO TIPO 03 - CONTROLE		
DESCRIÇÃO DO ITEM	QUANTIDADE	QUANTIDADE LIBERADA
TELA METÁLICA 7,5cm	164 UNID	
PINOS DE AÇO	164 UNID	
ELETRODUTO CORRUGADO 25mm	107 M	
BARRA DE AÇO 10mm (3/8)	13 M	
GRAUTE P/ CANALETAS	0,06 M³	
QUANTIDADE ARGAMASSA	16,09 M³	
TUBO DE PVC 25MM MARROM	11,3 M	

BLO-CER-HOR-9x19x4	773 UNID	
BLO-CER-HOR-9X19X9	588 UNID	
BLO-CER-HOR-9X19X19	310 UNID	
BLO-CER-RAC-9x19x19	45 UNID	
BLO-CER-HOR-9X19X39	1800 UNID	
BLO-CER-RAC-9x19x39	307 UNID	
CAN-CER-HOR-9x19x29	29 UNID	
VER-0,62x0,09x0,09	1 UNID	
VER-0,68x0,09x0,09	2 UNID	
VER-0,95x0,09x0,09	1 UNID	
VER-1,00x0,09x0,09	2 UNID	
VER-1,02x0,09x0,09	1 UNID	
VER-1,08x0,09x0,09	4 UNID	
VER-1,18x0,09x0,09	2 UNID	
VER-1,28x0,09x0,09	1 UNID	
VER-1,43x0,09x0,09	1 UNID	
VER-1,45x0,09x0,09	2 UNID	
VER-1,49x0,09x0,09	1 UNID	
VER-1,69x0,09x0,09	2 UNID	
VER-2,20x0,09x0,09	1 UNID	

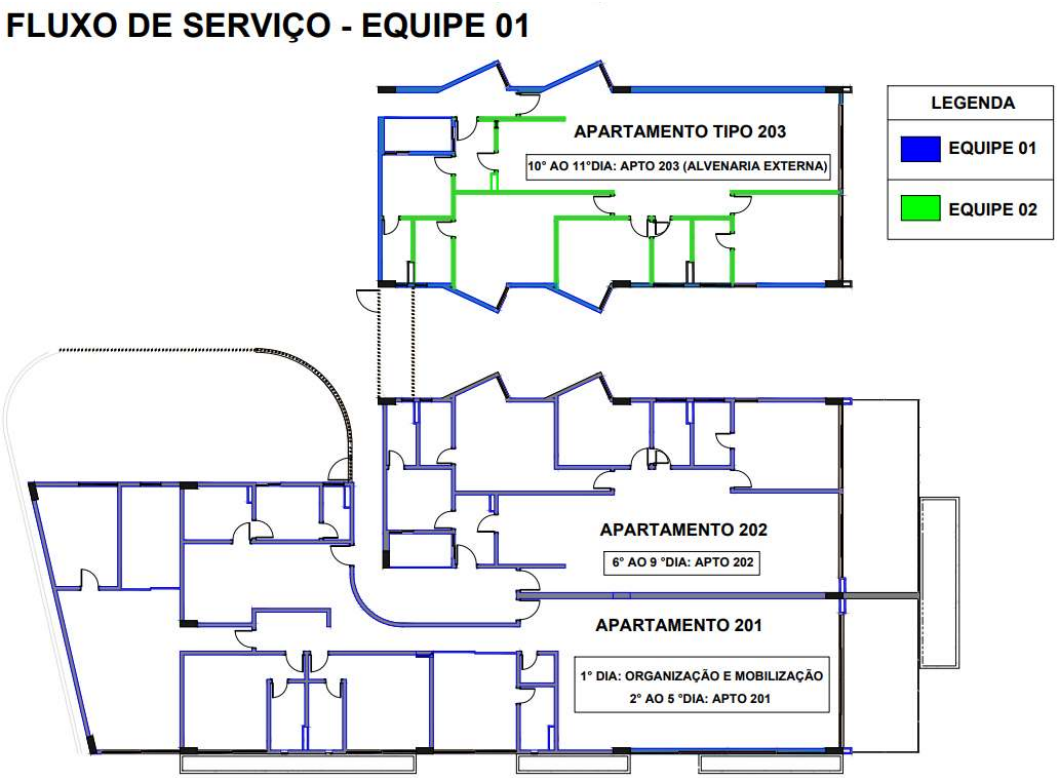
Fonte: Autores (2024).

Figura 8: Dimensionamento de equipes

DIMENSIONAMENTO DE EQUIPES - SETOR A				
METRAGEM DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO SETOR A				
	PAV. 01	PAV. 02	PAV. 03	PAV. 04
APT TIPO 01	266,45 m²	266,45 m²	266,45 m²	266,45 m²
APT TIPO 02	203,79 m²	203,79 m²	203,79 m²	203,79 m²
APT TIPO 03	203,79 m²	199,55 m²	199,55 m²	199,55 m²
APT TIPO 04	266,45 m²	203,79 m²	203,79 m²	203,79 m²
APT TIPO 05		266,45 m²	266,45 m²	266,45 m²
TOTAL	**940,48 m²**	**1140,03 m²**	**1140,03 m²**	**1140,03 m²**
PRODUTIVIDADE DAS EQUIPES DE ALVENARIA				
PRODUTIVIDADE DA EQUIPE FORMADA POR 1 PEDREIRO + 1 AJUDANTE =				15/M²/EQUIPE/DIA
PRODUTIVIDADE DA EQUIPE FORMADA POR 2 PEDREIRO + 1 AJUDANTE =				30/M²/EQUIPE/DIA
PLANEJAMENTO DE TEMPO DE SERVIÇO SEGUNDO LINHA DE BALANÇO				
TEMPO DE EXECUÇÃO EM MÉDIA POR PAVIMENTO				21 DIAS
TEMPO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA DO SETOR A				51 DIAS
DIMENSIONAMENTO DE EQUIPES POR PAVIMENTO				
	PAV. 01	PAV. 02	PAV. 03	PAV. 04
TOTAL ÁREA (M²)	940,48 m²	1140,03 m²	1140,03 m²	1140,03 m²
PRODUTIVIDADE 2P + 1A	30/M²/EQUIPE/DIA	30/M²/EQUIPE/DIA	30/M²/EQUIPE/DIA	30/M²/EQUIPE/DIA
QUANTIDADE DE DIAS PARA FINALIZAR O PAVIMENTO	21	21	21	21
PRODUTIVIDADE NECESSÁRIA (M²/DIA)	44,8	54,3	54,3	54,3
QUANTIDADE DE EQUIPES (2P +1) NECESSÁRIAS PARA PRODUÇÃO	2,0	2,0	2,0	2,0
DIMENSIONAMENTO DE EQUIPES FINAL				
SETOR A	PERÍODO DE 21 DIAS	PERÍODO DE 21 DIAS	PERÍODO DE 21 DIAS	LOCALIZAÇÃO
			4 PAVIMENTO 4P + 2A TEMPO: 21 DIAS	4° PAVIMENTO
		3 PAVIMENTO 4P + 2A TEMPO: 21 DIAS		3° PAVIMENTO
	2 PAVIMENTO 4P + 2A TEMPO: 21 DIAS			2° PAVIMENTO
	1 PAVIMENTO 4P + 2A TEMPO: 21 DIAS	**TOTAL DE DIAS DE SERVIÇO: 51 DIAS**		1° PAVIMENTO
DIMENSIONAMENTO DE EQUIPES - IDENTIFICAÇÃO				
SETOR A	PERÍODO DE 21 DIAS	PERÍODO DE 21 DIAS	PERÍODO DE 21 DIAS	LOCALIZAÇÃO
			EQUIPE 1 / EQUIPE 2	4° PAVIMENTO
		EQUIPE 1 / EQUIPE 2		3° PAVIMENTO
	EQUIPE 1 / EQUIPE 2			2° PAVIMENTO
	EQUIPE 1 / EQUIPE 2			1° PAVIMENTO
RESUMO - DIMENSIONAMENTO ALVENARIA DE VEDAÇÃO SETOR A				
QUANTIDADES DE ESQUIPES NECESSÁRIAS	COMPOSIÇÃO DAS EQUIPES	PRODUTIVIDADE DA EQUIPE	METRAGEM QUADRADA TOTAL - SETOR A	TEMPO TOTAL DO SERVIÇO
2	2P + 1A	30/M²/EQUIPE/DIA	4360,6 m²	51

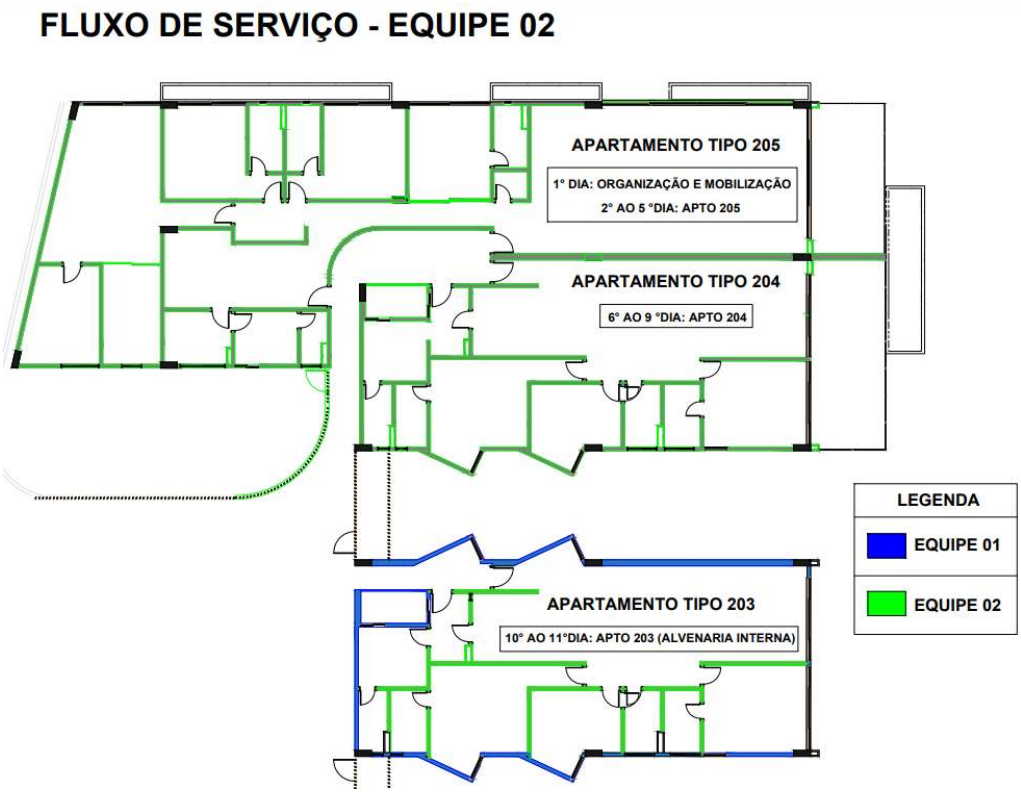
Fonte: Autores (2024).

Figura 9 : Fluxo do serviço do 2º ao 4º pavimento da equipe 01



Fonte: Autores (2024).

Figura 10: Fluxo do serviço do 2º ao 4º pavimento da equipe 02



Fonte: Autores (2024).

5 CONCLUSÃO

Diante do que foi apresentado, pode-se dizer que o resultado do estudo foi muito satisfatório. Os objetivos de modelar o projeto em 3D através de ferramentas BIM, comparar os quantitativos dos projetos e realizar o planejamento da produção foram alcançados.

De maneira pontual, foi visualizado que as ferramentas *Lean*, alinhadas às práticas utilizadas no planejamento da produção, podem potencializar a eficiência do PCP, pois, com a junção dessas duas ferramentas, cria-se ferramentas que podem ser muito produtivas nos canteiros de obras, a exemplo dos Kits de serviço e do Fluxo de serviço.

É importante ressaltar que a extração desses quantitativos de maneira setorizada, tem uma grande relevância para o serviço de alvenaria racionalizada, que possui uma variação considerável de materiais. Isso deve-se ao fato de que as informações colocadas no Kit acabam sendo disseminadas e utilizadas pelos mais variados profissionais dentro do canteiro de obras. Podemos citar como exemplo o gestor da obra para o controle de pedidos e orçamento, o almoxarife que vai separar os materiais, o operador da cremalheira que irá distribuir os tijolos paletizados, a equipe de fabricação das vergas pré-moldadas, a própria equipe de alvenaria que irá realizar o serviço, o armador que irá separar as barras, dentre outros.

Além disso, a grande maioria dos projetos na construção civil depende interdisciplinarmente de outros para sua elaboração. Logo, se todas as disciplinas envolvidas no projeto de alvenaria de vedação racionalizada, como o de climatização e instalações elétricas, estivessem modeladas com ferramentas BIM, aumentaria ainda mais a precisão e assertividade do projeto.

Logo, o planejamento da produção de uma obra ou serviço através da metodologia BIM, alinhada com ferramentas da filosofia *Lean Construction*, pode trazer diversos benefícios. Entre eles, podemos ressaltar a rápida tomada de decisão baseada em quantidades e valores de projetos, o controle do almoxarifado na saída de materiais por meio de quantidade previamente definidas por apartamento, e, por fim, a definição de equipes e seus fluxos de serviços, aumentando a produtividade e facilitando o rastreamento de operários em suas atividades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650-1:2019. Organização e digitalização de informações sobre edificações e engenharia civil, incluindo Building Information Modeling (BIM) — Gestão da informação usando o Building Information Modeling — Parte 1: Conceitos e princípios.** Rio de Janeiro, 2019.

EASTMAN, Charles M.; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011. 648 p.

FRANCO, L.S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. **Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais,** São Paulo: EPUSP/PCC, ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. Anais. São Paulo, 1998.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Stanford: CIFE, Stanford University, 1992.

LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado; MELHADO, Silvio Burrattino. Análise de escopo do projeto para produção da alvenaria de vedação. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 1, maio de 2011. Disponível em: https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51000. Acesso em: 21 nov. de 2024. doi:https://doi.org/10.4237/gtp.v6i1.193

MANZIONE, Leonardo; MELHADO, Sílvio; NÓBREGA JÚNIOR, Claudino Lins. **BIM e inovação em gestão de projetos.** Rio de Janeiro: LTC, 2021.

SANTOS, Virgilio F. M. Dos**. Conheça os 13 pilares do Sistema Toyota de Produção.** 9 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/sistema-toyota-de-producao>. Acesso em: 01 de outubro de 2024.

SLACK, N. et.al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza.** Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Elsevier, 2004. Título original: Lean thinking.