

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Aluno: David de Castro Berti

Orientador: Douglas Barreto

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DE PRODUÇÃO DE KITS DE
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS POR MEIO DE BIM**

SÃO CARLOS SP

2021

David de Castro Berti

Desenvolvimento de procedimento de produção de kits de instalações elétricas residenciais por meio de BIM

Trabalho de conclusão de curso com o objetivo de conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) na área de Sistemas Construtivos.

Orientador: Douglas Barreto

SÃO CARLOS SP

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Aluno: David de Castro Berti

Orientador: Douglas Barreto

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DE PRODUÇÃO DE KITS DE
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS POR MEIO DE BIM**

Trabalho de conclusão de curso com o objetivo de conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) na área de Sistemas Construtivos.

Banca Examinadora

Prof. Douglas Barreto, UFSCar

Prof. Cristiane Bueno, UFSCar

Prof. Rodrigo Eduardo Córdoba, UFSCar

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo relatar o processo de implantação de uma jornada de trabalho para produção de kits de instalações elétricas dentro de uma fábrica. Com foco na etapa de desenvolvimento do produto, o estudo também abrange outras etapas como por exemplo: recebimento de projeto; aplicação em fábrica e planejamento e controle de produção, que têm interação direta com o objeto deste estudo. A implantação da metodologia BIM contribuiu com a integração dos projetos com o sistema de controle da fábrica, diminuiu a quantidade de retrabalhos e possibilitou maior agilidade nos trabalhos do time de engenharia, abrindo frentes para absorver mais projetos.

Palavras-Chave: industrialização; instalações elétricas; desenvolvimento; kits pré fabricados.

ABSTRACT

The current study aimed to report the process of implementing a workflow for the production of kits for electrical installations within a factory. Focusing on the product development stage, the study also covers other stages such as: project start; factory application and production planning and control, which have direct interaction with the object of this study. The implementation of the BIM methodology contributed to the integration of projects with the factory's control system, reduced the amount of rework and allowed for greater flexibility in the engineering team's work, opening up fronts to absorb more projects.

Key words: industrialization; electrical installations; development; prefabricated kits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fluxo do processo de implantação e entregáveis.

Figura 1.2 - Recorte do organograma geral da empresa estudada.

Figura 2 - Fluxograma do Processo de Desenvolvimento (Anexo A).

Figura 3 - Exemplo de projeto de instalações elétricas em formato .pdf.

Figura 4 - Exemplo de Projeto de Instalações Elétricas em formato .dwg.

Figura 5 - Exemplo de Projeto de Apontamento na plataforma de compatibilização de projetos da empresa.

Figura 6 - Exemplo de modelagem de instalações elétricas em um projeto de parede de concreto.

Figura 7 - Exemplo de “Assembly” no programa Revit, representando uma peça de parede de instalação elétrica.

Figura 8 - Exemplo de rotina no ambiente Dynamo.

Figura 9 - Exemplo de modelo federado concluído.

Figura 10 - Exemplo capa do caderno de apoio.

Figura 11 - Exemplo de peças de teto no caderno de apoio.

Figura 12 - Exemplo de peças de parede no caderno de apoio.

Figura 13 - Exemplo de tabela de lista de materiais antes de ser inserida no sistema ERP.

Figura 14 - Imagem de obra mostrando peças de instalações elétricas em uma forma de parede de concreto (problema de comprimento de eletroduto indicado).

Figura 15 - Imagem de obra mostrando problema de armazenamento dos kits no almoxarifado do canteiro do cliente.

Figura 16 - Imagem de obra mostrando boas práticas no armazenamento dos kits.

Figura 17 - Imagem de aplicativo de Realidade Aumentada mostrando modelo digital locado sobre o caso real em obra.

Anexo A: Fluxograma do Processo de Desenvolvimento.

ABREVIATÓES

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

HIS - Habitação de Interesse Social

BIM - Building Information Modeling

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ERP - Enterprise Resource Planning

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PMCMV - Programa Minha Casa, Minha Vida

CAD - Computer Aided Design

OP - Ordem de Produção

GV - Gestão de Validação

SUMÁRIO

1 Introdução	10
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos	12
2 Revisão bibliográfica	12
2.1 Princípios da manufatura enxuta	12
2.2 BIM	14
2.3 Industrialização	15
3 Metodologia	20
4 O Processo de Implantação	22
4.1 Estudo	22
4.2 Prototipagem	24
4.2.1 Etapas do processo de desenvolvimento	24
4.2.1.1 Pré desenvolvimento	26
4.2.1.2 Desenvolvimento	27
4.2.1.2.1 Modelagem	28
4.2.1.2.2 Documentação	31
4.2.1.2.3 Extração de Dados	35
4.2.2 Lançamento do produto	36
5 Aprendizados	37
5.1 Obra teste	37
5.2 Gestão de validação	37
6 Conclusões	41
Referências	44
ANEXO A	46

1 Introdução

A construção civil Brasileira tem uma crescente demanda de obras de infraestrutura e habitações, a este fato, são relacionados muitos problemas ligados ao aumento de custo e prazo. Dentre as várias causas, destacam-se as mais relevantes ao tema: duração do contrato irrealista; falta de compatibilização dos projetos; atrasos em revisões e aprovações; erros nos levantamentos quantitativos; erros nas investigações de solo; serviços não previstos no orçamento e preços muito baixos apresentados na licitação. Este cenário é comum em muitos países emergentes, porém o Brasil é destacado como um grande líder no problema. De 2009 até 2014, foi observado que por volta de 96% das obras públicas no país tiveram aditivos em prazo e 72% tiveram aditivos de valor (SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015).

Segundo Brito (2013) em uma palestra chamada de “Construção sustentável: Premissas básicas e contexto atual” no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), quando os motivos para o aumento de custos e o não cumprimento de prazos são analisados, é encontrado como principal causador o foco na produtividade e o esquecimento da qualidade do produto, fato bem acentuado em Habitação de Interesse Social (HIS). Com os incentivos governamentais surgiram problemas no desempenho de edifícios mesmo em sistemas construtivos tradicionais, em que normas e experiências são vastas.

Buscando eficiência nos canteiros de obra, os gestores cada vez mais buscam por soluções industrializadas, pois trazem diminuição de mão de obra, racionalização de material e lixo produzido, entre outros. Dentre os sistemas mais comuns se destacam a alvenaria estrutural e a parede de concreto (FONSECA, 2017).

Segundo o Roadmap (ESTRATÉGIA BIM BR, 2018) apresentado pelo governo em 2018, até 2021 será exigido a elaboração de modelos em Building Information Modeling (BIM) para as obras de infraestrutura em todo país com indicação de utilização em casas populares como diz André Martins em publicação: “A gente tem uma diretriz no Ministério de implantar o BIM para o Minha Casa, Minha Vida. Acredito que de fato é uma metodologia que vai contribuir para a gente

ganhar escala, qualidade, transparência no nosso programa” (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), 2019).

Programas governamentais como Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), aquecem muito o mercado e criam um ganho em escala de produção significativo. Neste contexto, empresas procuram aumentar a produtividade por meio de melhorias em seus processos internos (RODRIGUES, 2013).

É neste contexto que o produto estudado neste trabalho se insere, os componentes da instalação elétrica são montados em forma de kits em fábrica e enviados para a obra, onde são posicionados, diminuindo a mão de obra especializada de eletricitistas e aumentando a produtividade em canteiro. A empresa Ambar é experiente neste setor e seu produto chamado de “A2” (kits de instalações elétricas) já está presente em vários empreendimentos de sucesso espalhados pelo Brasil.

Apesar da solução já ser bem conhecida no Brasil, há muito espaço para melhorias dos processos internos. Uma dessas melhorias é a utilização do conceito BIM no desenvolvimento destes kits.

Com a metodologia, é possível rastrear as informações, trabalhar colaborativamente e conectar diretamente com os diversos sistemas da produção de kits. Para os kits em especial, a modelagem parametrizada em 3D antes da produção é essencial para o sucesso da produção em massa. A compatibilização de projetos é um processo muito bem estruturado na metodologia BIM, mostrando os erros nos projetos dos clientes recebidos em formato “.dwg”, gerando uma produção para validar em campo e atualizando os modelos com os comentários de obra para só após, liberar a produção em massa.

Esse presente trabalho se contextualiza no projeto de implantação de um procedimento de produção utilizando BIM e integrado com o sistema Enterprise Resource Planning (ERP) da empresa. Todo o processo de estudo, estruturação, validação, prototipagem e controle que foi desenvolvido para a produção de kits de instalações elétricas será apresentado, juntamente com os desafios e aprendizagens durante a experiência.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela necessidade de aprimorar o processo produtivo de kits com a introdução de um procedimento inovador na empresa com base em BIM, onde desde a concepção do kit em modelo BIM, se simularia as condições de fabricação, entrega e montagem em obra, identificando eventuais correções e ajustes, e a partir dos entregáveis do modelo BIM, seria entregue documentação para fabricação nas linhas de montagem e posterior documentação para locação dos kits em obra.

A escolha pelos kits de instalação elétrica como objeto do trabalho, se deu por ser o produto de maior complexidade no catálogo da empresa e ser o maior gargalo na linha de produção. O sucesso na implementação de um novo fluxo de trabalho neste produto, desafoga as entregas da empresa como um todo e abre espaço para investimentos na replicação da rotina nos outros produtos que são de menor complexidade.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal desenvolver um procedimento para a produção de kit de instalação elétrica por meio BIM integrando os projetos com o sistema de controle da fábrica, diminuindo a quantidade de retrabalhos e possibilitando maior agilidade nos trabalhos do time da engenharia. Compatibilizando os projetos dos clientes, validando os kits em campo antes de iniciar a produção em massa e criando uma conexão entre o time de engenharia, a produção e o time de campo.

Como objetivos secundários, caracterizar e identificar as partes do processo de desenvolvimento e produção do kit; integrar o procedimento ao ERP da empresa; e implementar o BIM na empresa.

2 Revisão bibliográfica

2.1 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA

O sistema de produção lean surgiu do setor automobilístico, em especial na Toyota Motor Company. Ele veio da necessidade de desenvolver métodos diferentes de fabricação em relação aos utilizados pelas concorrentes

americanas, como por exemplo o sistema de produção em massa da Ford Company e General Motors. O resultado foi um modelo de produção conhecido como Sistema Toyota de Produção ou Sistema de Produção Lean (Liker, 2006).

“Lean” originalmente vem do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (Womack, Jones, & Roos, *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*, 1990). Que deixa evidente o sucesso do Sistema e mostra suas vantagens: Grandes diferenças em produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos e etc (MOREIRA, 2011).

Como definição, é um sistema de produção que proporciona a eliminação de desperdício na sua linha de produção, em termos de material, mão-de-obra e tempo. São características essenciais: foco no fluxo de produção, sistema integrado, just-in-time, estoques reduzidos, flexibilidade e produção puxada baseada em previsões de demanda (Womack, 1990).

Segundo Koskela (1992) o processo de produção da construção civil deve seguir os seguintes princípios:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor.
2. Aumente o valor do produto por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente.
3. Reduza a variabilidade.
4. Reduza o tempo dos ciclos.
5. Simplifique, minimizando o número de etapas, peças e ligações.
6. Aumente a flexibilidade de produção.
7. Aumente a transparência do processo.
8. Concentre o controle no processo completo.
9. Incorpore a melhoria contínua ao processo.
10. Equilibre a melhoria do fluxo com a melhoria das conversões.
11. Benchmark.

Em geral, estes princípios podem ser aplicados ao processo como um todo ou mais internamente aos subprocessos. Conversões e atividades que não agregam valor, devem ser tratadas e se possível eliminadas, dando importância às atividades que agregam valor.

A competitividade e o ritmo com que a tecnologia evolui, fazem com que as empresas busquem sempre mudanças e inovações, tornando suas produções mais eficientes e em dia com suas concorrentes, sendo esta, a nova formação econômica da sociedade (RIANI, 2006).

2.2 BIM

A principal característica do BIM é o compartilhamento de informações entre todos os envolvidos no projeto, desde a etapa de concepção até a fase de operação. Este fato possibilita ao projetista, considerar outras disciplinas do projeto e assim, ter uma visão mais global do empreendimento.

Podendo ser aplicado em muitos pontos ao longo do desenvolvimento de uma obra (projeto, construção e operação), BIM é definido por:

Simulação inteligente de arquitetura. Permitir alcançar entregas integradas e devem atender a seis características:

- Digital;
- Espacial (3D);
- Mensurável (quantificável, dimensionável e consultável);
- Abrangente (encapsulando e comunicando intenções do projeto, desempenho, construtibilidade e incluem aspectos sequenciais e financeiros dos meios e métodos);
- Acessível (para todos intervenientes por meio de um sistema interoperável e interface intuitiva) e;
- Durável (utilizável em todas as fases da vida de um empreendimento) (BIM handbook, 2011).

Quando implementado corretamente, o BIM facilita a integração entre as diversas disciplinas de um projeto o que resulta em uma construção de mais qualidade, com menos desperdícios e mais barata (John Wiley & Sons, Inc, 2008).

A ineficiência do fluxo de trabalho com utilização de ferramentas de Computer Aided Design (CAD) é bem conhecida e documentada. Grandes equipes, ineficiência e geração de grande número de incompatibilidades são características comuns para este processo. Quando a implantação do BIM é madura o suficiente em uma empresa, é possível desenvolver simultaneamente várias disciplinas, cada uma sendo compatibilizada em tempo real por uma equipe bem reduzida. A

utilização de trabalhos colaborativos em servidores virtuais ou a utilização de modelos federados em que todas as disciplinas são conectadas em um único arquivo, viabilizam o conhecimento imediato do projeto como um todo por todos os participantes e toda a informação é atualizada em tempo real. O que permite a colaboração contínua e concomitante.

Segundo relatório publicado sobre as empresas dos maiores mercados de construção civil no mundo, na maioria dos casos, houve o retorno do investimento na implementação do BIM, há uma tendência de aumentar os investimentos na metodologia e ainda são destacados como benefícios da utilização: redução de erros, colaboração entre empresas e melhoria da imagem da organização (McGraw Hill Construction, 2014).

2.3 INDUSTRIALIZAÇÃO

É fácil entender a origem do modo artesanal de se construir, historicamente os recursos aplicados na construção como por exemplo a argila para blocos cerâmicos, sempre foram abundantes e a mão de obra muito barata. Os processos tradicionais são tão simples quanto posicionar um grande número de elementos de pequenas dimensões, um a um, levando a um grande número de operários para concluir a tarefa em um tempo determinado. Em outros setores como por exemplo o automotivo e o aeroespacial, para o fornecimento de determinado produto, são utilizados, essencialmente, componentes padronizados prontos que exigem uma simples montagem. “Diante da grande demanda por habitações, do crescimento da construção civil e da busca por menor impacto ambiental, os sistemas construtivos industrializados seriam uma opção lógica na escolha dos profissionais e clientes para suas edificações (OLIVEIRA et al., 2012, p. 1761).

O autor salienta que não pode haver descaso no canteiro de obras no momento da fixação do elemento produzido em uma central, pois assim seria perdido todo o ganho de produtividade adquirido com a racionalização em fábrica. Neste momento entra a importância do projeto executivo voltado à produção.

Brizolara (1979, p. 6) apresentou também as linhas técnico-econômicas que deveriam ser trilhadas para que fosse atingida a industrialização da construção:

- A substituição paulatina do trabalho de mão de obra pela máquina, isto é, a mecanização;

- O aperfeiçoamento da organização do trabalho para economizar mão de obra, mesmo mantendo o mesmo grau de mecanização. Isto é, a racionalização.

No canteiro, será necessária apenas a presença de mão de obra menos qualificada para a montagem dos elementos pré-fabricados, mão de obra esta, que será empregada de forma mais produtiva, racional e humana.

Fonyat (2013) acredita que, com a ampliação das alternativas de interação entre computadores e máquinas de produção industrial, se iniciaram as experiências formais e tecnológicas de pré-fabricação do século XXI. Assim, será possível estabelecer novas oportunidades de relacionamento entre tecnologia, projetistas e usuários, contribuindo com o fim da relação assimétrica que existe entre evolução da industrialização e arquitetura. No entanto, é necessário que os próprios arquitetos deem início ao processo, interagindo com a indústria tanto no sentido de utilizar os produtos já oferecidos em catálogos como também, participando da concepção desses produtos.

Eichert e Kazi (2007), explicam que a diferença entre o sistema aberto e o fechado, está no fato de que o primeiro pode ser influenciado por eventos externos aos seus limites reais ou conceituais, enquanto que o sistema fechado não pode ser influenciado por tais eventos. Assim, se deve ter um conhecimento dos limites do sistema. A indústria automobilística, por exemplo, é considerada como sendo um sistema fechado onde seu limite é o carro, um produto muito complexo constituído por uma infinidade de subsistemas bastante diferentes como motor, bancos, rádio, etc. O cliente não tem liberdade para determinar onde vai cada um desses subsistemas. Porém, uma grande vantagem deste sistema, por ser fechado, é que os carros podem ser produzidos com alta eficiência por processos padronizados bem determinados, com qualidade constante, em um ambiente de trabalho seguro, saudável e limpo.

Por outro lado, a construção civil tradicional é considerada um sistema aberto. Edificações são produtos muito complexos, também constituídos por inúmeros subsistemas, porém estes podem ser escolhidos e combinados praticamente sem limitações. O cliente pode determinar onde vai cada um, e até

mesmo com que material serão produzidos. Tais escolhas podem ser solicitadas ou mudadas inclusive durante o processo de construção. No entanto, na construção tradicional atual, onde grande parte do trabalho é realizado de maneira artesanal, o preço pelo sistema ser aberto é muito alto, e resulta em um longo prazo de construção sob condições de trabalho não controladas, concluem os autores.

A industrialização pode ser definida como: uma organização genérica; baseada em qualidade; e oferecendo um produto final individualizado. Um produto final individualizado significa atender diversidade através de customização em massa. Quatro estratégias estão disponíveis e são frequentemente utilizadas por outras indústrias para gerar individualização com produção em massa: Flexibilidade de produto; Flexibilidade de ferramenta; Estrutura multiuso; e Combinabilidade (RICHARD, 2005). A partir daí, resulta a estratégia básica de Industrialização a partir dos três elementos da definição. As tecnologias surgirão. Como mencionado pelo autor, (traduzindo) "um processo capaz de simplificar a produção é chave em comum para qualidade e economia". Isto se dá pois a maioria dos processos contemporâneos são prontamente munidos de alta precisão e por seus custos poderem ser eventualmente reduzidos para uma pequena fração por unidade produzida.

O sistema focado no canteiro de obra "kit-of-parts" envolve alguns componentes simples produzidos em fábrica e projetados para serem montados no canteiro de obra, bem como gerar uma diversidade de formas de montagem. A montagem é entretanto sujeita a uma série de ações de juntas e operações de conexões elaboradas que devem ser executadas em canteiro.

Já um sistema mais focado em fábrica chamado de "f-box", apesar de ter as limitações como: alto capital de investimento inicial, necessidade de fluxo contínuo para amortizar o investimento e custos de transporte relevantes, têm as seguintes vantagens:

- Máxima produção em fábrica: livre de componentes do clima, força de trabalho semi-capacitada, ferramentas sofisticadas e customizadas, controle de precisão e qualidade, racionalização (notável ao longo da linha de produção principal), e compra de componentes a granel;
- Mínimo trabalho no canteiro de obras;

- Agrupamento de variáveis (ex.: agrupamento de peças repetidas por tipologia de ap);

Segundo essas características, o sistema que melhor se enquadra ao caso do estudo em questão é o chamado f-box, em que os componentes e grande parte do trabalho de montagem é realizado em ambiente controlado e somente obra com grande número de repetições se enquadram nos custos da linha de produção.

Hoje, nós temos as ferramentas para industrializar e ainda criar diversidade. Através da chamada customização em massa, usando platform thinking e modularização, nós podemos aumentar qualidade e racionalização drasticamente e ainda manter os valores da arquitetura clássica em residências e as solicitações individuais dos clientes (ENGSTROM, THOMPSON, OOSTRA, 2007).

Portanto, se torna cada vez mais necessário que a indústria da construção civil se prepare para o futuro, a fim de se manter competitiva, tomando medidas que permitam seu aprimoramento em diversas áreas, buscando também, uma atualização constante com os atuais avanços tecnológicos e inovadores, para se manter em ritmo com os demais setores industriais (EICHERT; KAZI, 2007).

Para Cuperus (2007) nunca houve a necessidade de a indústria da construção civil mudar drasticamente sua forma de construir, em busca da qualidade, pelo simples fato de que, sejam sociedades desenvolvidas ou em desenvolvimento, ambas tendem a perpetuar certa escassez de moradias. Assim, a indústria da construção entrega seus produtos em um mercado onde não há alternativas para os consumidores, tendo estes que adquirirem o que estiver disponível.

Para Ceotto (2005, p. 85): “No Brasil, a Construção Civil de edifícios foi um dos setores da economia onde houve muito pouco desenvolvimento nas últimas décadas. Não seria exagero afirmar que, do ponto de vista sistêmico, se constrói hoje de forma muito semelhante do que há 70 anos atrás. A última grande evolução se deu com a introdução do concreto armado no país no fim da década de 20 [...]”.

Desde os anos 30 até a década de 90, a evolução no setor foi baseada apenas na substituição de alguns materiais utilizados na construção de edifícios como, por exemplo, os canos de ferro fundido que foram trocados por PVC e no

estudo das propriedades e uso do concreto armado. Porém, nenhuma dessas ações geraram mudanças realmente significativas no atual processo construtivo.

Outro fator que contribui para o setor da construção estar tecnologicamente atrasado é a instabilidade do mercado habitacional. Esta instabilidade gera insegurança nos empresários que preferem não investir pesado em tecnologia, para em tempos de crise não arcarem com o custo da tecnologia imobilizada. Assim, uma defesa para o setor não enfrentar tais custos, é aplicar o mínimo investimento em capital fixo.

Variações oriundas das próprias características dos terrenos e legislações dos diferentes municípios, também impedem que sejam implementadas padronizações nos produtos e projetos, além daquelas variações necessárias para que haja uma diversificação do produto por questões de mercado.

Oliveira et al (2012). também apresenta hipóteses indicando as razões que explicam o pouco uso dos sistemas industrializados na construção civil brasileira. A primeira hipótese, é a diferença de preço entre os sistemas industrializados e os sistemas tradicionais, dentre os quais o primeiro é mais caro. Porém, ressalta que por se tratar de processos construtivos distintos, esta comparação direta não reproduz a realidade, pois é deixado de lado o fato de o tempo da obra ser menor com o sistema industrializado e, a mão de obra necessária também ser menor, assim como a necessidade quase nula de máquinas no canteiro de obras. Deste modo, o custo superior do sistema industrializado é dissolvido nos benefícios provenientes dele.

Segundo citação do Manual da Construção Industrializada em 2015:

“...É fundamental que o setor inove para deter o domínio de produção, empregando os princípios do processo de industrialização de forma estruturada, com gestão planejada de produção e com planejamento do fluxo de produção. Sabemos também que a industrialização na construção é um processo evolutivo, com incorporação de inovação

tecnológica e de gestão,...”. MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2015).

Inovação, Processos Estruturados e Planejamento de Fluxos são essenciais para sobreviver e evoluir no mercado atual. É com esses conhecimentos adquiridos na revisão bibliográfica em mente, que será iniciado o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso.

3 Metodologia

Foi utilizado o estudo de caso da implantação de um fluxo de trabalho baseado na ferramenta BIM para produção de kits de instalações prediais realizado em uma empresa. O foco é o setor de engenharia de desenvolvimento de kits de peças de sistemas de instalações elétricas.

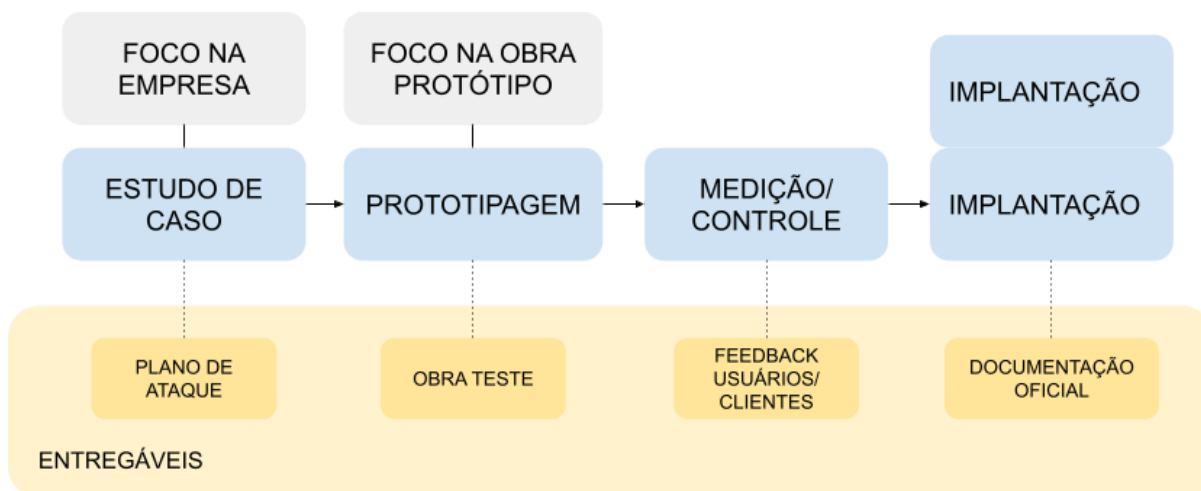
Fluxogramas e projetos que foram utilizados no estudo, descrição da implantação e validação do processo são apresentados, assim como exemplos da documentação gerada. Todas as etapas serão registradas por meio de fotos e exemplos reais.

Após esta primeira parte, são apresentados os impactos observados para a empresa e para os clientes, juntamente com uma análise de quais poderão ser os próximos passos, fechando um ciclo de melhoria contínua.

Desta forma, o corpo do trabalho foi estruturado conforme *Figura 1.1* nos seguintes títulos:

- “O Processo de Implantação” com as etapas: Estudo e Prototipagem;
- “Aprendizados” com a etapa: Medição/Controle; e
- “Conclusões” com a documentação final gerada pelo processo e indicação de próximos passos.

Figura 1.1 - Fluxo do processo de implantação e entregáveis



Fonte: autoria própria.

Como ferramenta para auxiliar o entendimento da interação dos diversos intervenientes mencionados no texto, segue [Figura 1.2](#) ilustrando o recorte do organograma geral da empresa.

Figura 1.2 - Recorte do organograma geral da empresa estudada.



Fonte: autoria própria.

4 O Processo de Implantação

Esta implantação se insere em um contexto de mudanças dentro da empresa em que foi realizada. O corpo que fazia o desenvolvimentos dos kits passou de algumas pessoas para um time completo de gestores, líderes, analistas e estagiários totalizando 30 colaboradores. O local de trabalho também recebeu mudanças, saiu da sala de engenharia da fábrica, que era um espaço dividido entre várias áreas da empresa, para uma sala dedicada ao time em um espaço de coworking fora da fábrica.

4.1 ESTUDO

Como marco do início dos trabalhos na implantação, foi realizado uma reunião em que estavam presentes: Gestor do time de engenharia de desenvolvimento; Consultor de inteligência de software da empresa; Colaborador experiente com o desenvolvimento tradicional de kits e; Colaborador responsável pela Implantação do novo fluxo de trabalho. Nesta reunião, foi analisado o modo de **trabalho atual**, as **tentativas passadas** que não tiveram sucesso e foi definido **diretrizes** base para guiar as decisões seguintes.

Na análise do **trabalho atual**, foi destacado os seguintes pontos:

- Grande número de erros de responsabilidade do time de desenvolvimentos dos kits;
- Falta de delimitação entre as áreas, acontecendo muitas vezes de não ser possível rastrear a origem de certos erros que caíam sobre o time de desenvolvimento. A falta de definição de entregáveis e recebíveis de todos os times que fazem interface com o desenvolvimento também contribui neste item;
- Mudanças de escopo de projeto eram feitas pelo time de vendas durante o desenvolvimento;
- Mudanças consideradas simples causavam grandes retrabalhos e levavam muito tempo até passar por toda a cadeia de comunicação entre o time de desenvolvimento e a linha de produção;

- Mudanças que eram feitas pelo time de desenvolvimento para facilitar os trabalhos do próprio time ou os trabalhos da linha de produção, não eram validadas com o cliente e nem registradas;
- Informações não estavam conectadas, sendo que mudanças de uma certa informação em um documento, muitas vezes não se replicava para os outros onde se consta a mesma informação;
- Falta de identidade de imagem nos documentos produzidos pelas diversas áreas da empresa. Cada responsável entregava um documento com o layout diferente do anterior;
- Equipe que estava responsável pelo desenvolvimento não tinha experiência com obra e não havia comunicação com o time de campo para sanar possíveis dúvidas da instalação do produto;
- Material disponibilizado para a linha de produção eram arcaicos, com representações esquemáticas que não mostravam dimensões reais;
- Erros na contagem manual dos componentes que compõem as peças;
- Estimativa de 50 correções feitas por obra (média de ocorrências por torre da obra referência caracterizada na sequência do texto);
- Desenvolvimento sem um guia padronizado, sendo que cada obra era desenvolvida de maneira única e muitas obras eram finalizadas com itens faltantes.

Tendo como experiência as tentativas de **mudança feitas anteriormente**, notou-se que a falta de manutenção e a complexidade desnecessária e prematura em certos pontos, foram os principais motivos para a falta de sucesso. Com estas informações, foram definidas as **diretrizes** que devem servir como base para todas as decisões tomadas durante a implantação, seguem na lista abaixo:

- Toda jornada de desenvolvimento deve ter seu início simplificado sendo que todo programa, tecnologia e inteligência utilizada no desenvolvimento deve ser de fácil acesso/entendimento/manutenção à todos e não deve ser concentrado em uma pessoa só;
- No início, mudanças devem ser numerosas e realizadas rapidamente para forçar o rápido feedback;

- Deverá sempre existir um responsável pela jornada de trabalho dentro do time de desenvolvimento que irá dar manutenção, fazer treinamentos e desenvolver melhorias.

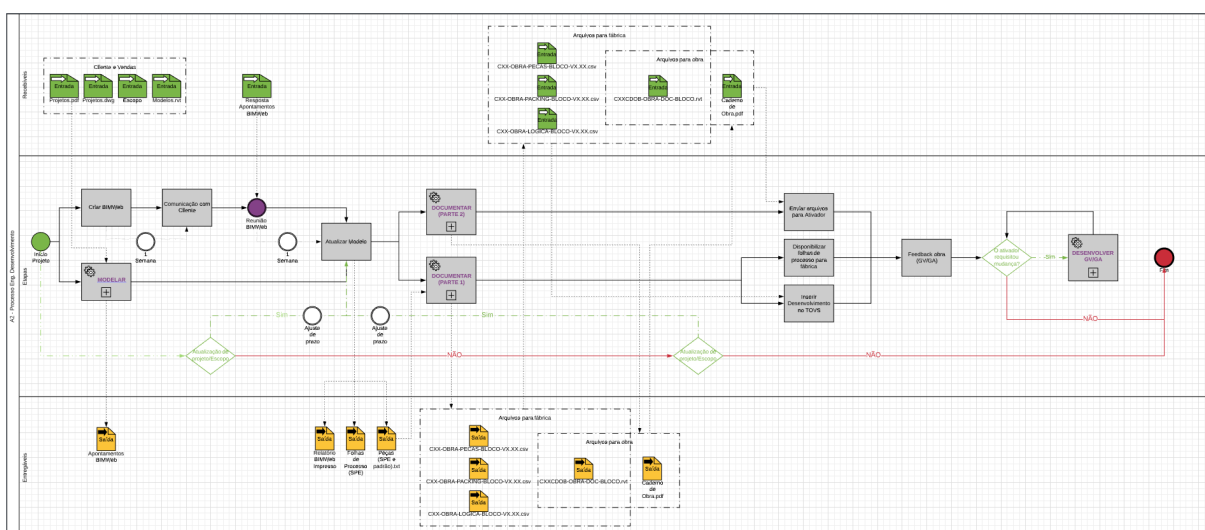
Para ter parâmetro de comparação, foi utilizada uma obra com o sistema construtivo parede de concreto com torres em forma de “H”, térreo mais quatro pavimentos. A obra contava com 15 torres, sendo possível produzir uma torre com o fluxo de trabalho com ferramenta CAD e outra com o fluxo de trabalho em BIM.

4.2 PROTOTIPAGEM

4.2.1 Etapas do processo de desenvolvimento

Com base nas definições da primeira reunião, iniciou-se um Fluxograma base para servir de referências para os testes e servir também como documentação do processo. A seguir, o fluxograma *Figura 2* é explicado em detalhes e a versão final e completa se apresenta no *Anexo A*.

Figura 2 - Fluxograma do Processo de Desenvolvimento (Anexo A)



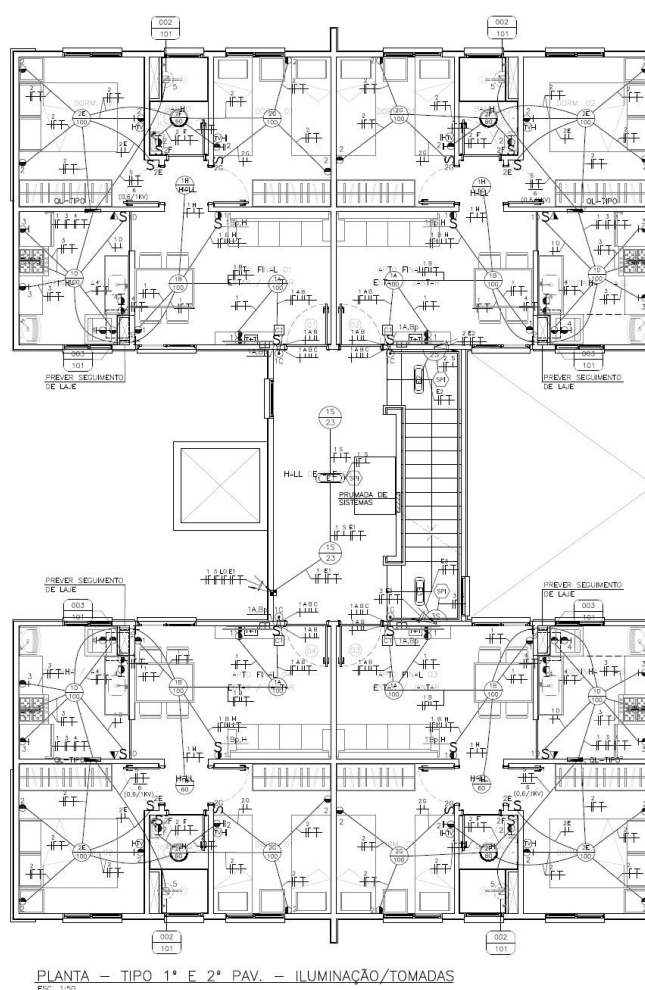
Fonte: autoria própria.

“Início Projeto”: Começando pelos “Recebíveis” do time de Desenvolvimento, listou-se os seguintes arquivos essenciais para o início dos trabalhos:

- Escopo: Definições entre cliente e time de vendas, exemplo: marcas dos componentes, número de blocos/unidades habitacionais, etc;

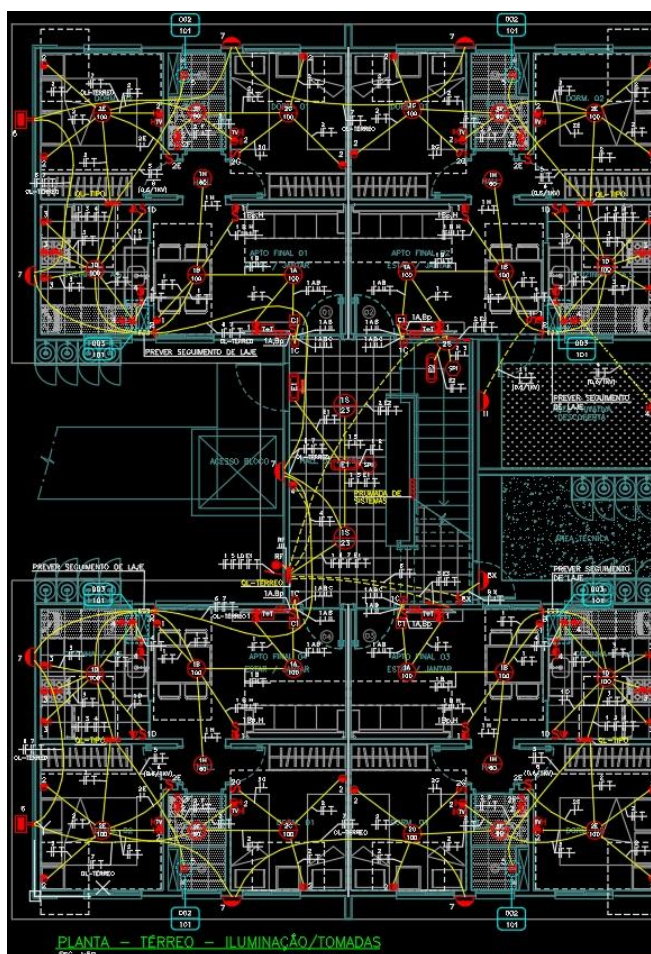
- Projetos.pdf: Projeto de cada disciplina a ser fornecida em formato “.pdf” como exemplo na *Figura 3* para leitura e análises;
- Projetos.dwg: Projeto de cada disciplina a ser fornecida em formato “.dwg” como exemplo na *Figura 4* para início do modelo BIM servindo como base para a modelagem no programa Revit;
- Modelos.rvt: Caso o cliente possua e disponibilize modelos BIM, eles serão analisados e caso compatíveis com o desenvolvimento, utilizados no processo.

Figura 3 - Exemplo de projeto de instalações elétricas em formato .pdf



Fonte: repositório de arquivos da empresa.

Figura 4 - Exemplo de Projeto de Instalações Elétricas em formato .dwg



Fonte: repositório de arquivos da empresa.

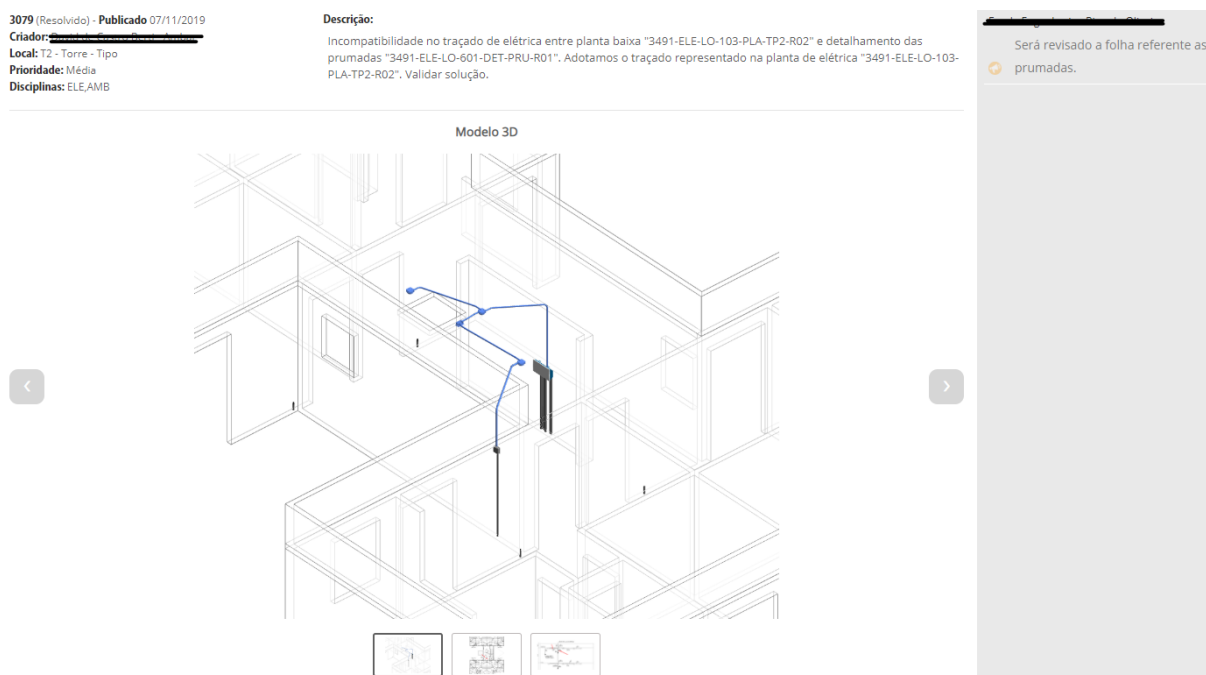
4.2.1.1 Pré desenvolvimento

Na primeira parte do desenvolvimento, chamada de “Pré-Desenvolvimento”, o start do projeto é dado com os arquivos inputs do processo fornecidos pelo cliente, e então é iniciado a modelagem BIM no programa Revit, juntamente com a criação da obra na plataforma de compatibilização de projetos da empresa. Com a experiência de projetos anteriores, definiu-se que com uma semana de modelagem, já é possível fazer um levantamento de incompatibilidades, problemas e sugestões de melhorias no projeto do cliente, todos focados na industrialização (uma compatibilização completa levaria mais recursos e tempo). Todos estes pontos chamados de “Apontamentos” devem ser inseridos na plataforma de compatibilização que contém ferramentas para facilitar a comunicação entre o time de desenvolvimento e o cliente, como por exemplo: comentários nos apontamentos; inserção de texto; imagens; marcações de locais, disciplinas

envolvidas no apontamento e status. Segue imagem exemplo de um apontamento na plataforma com uma incompatibilidade na indicação dos cabos de um trecho de eletroduto na *Figura 5*.

Figura 5 - Exemplo de Projeto de Apontamento na plataforma (desenvolvida internamente) de compatibilização de projetos da empresa.

Fonte: autoria própria.



No apontamento em questão foi anexado um modelo 3D do local e os recortes do projeto.pdf mostrando o problema. Como boa prática, o time de desenvolvimento já indicou uma possível solução para o cliente validar com os projetistas.

Ao final da primeira semana de modelagem e levantamento de apontamentos, é marcado com o cliente uma reunião e é apresentado o relatório da plataforma com todos os apontamentos e então, para que não haja comprometimento do prazo inicial do fornecimento das peças, o cliente tem um prazo de uma semana para aprovar as sugestões de soluções dadas pelo time de desenvolvimento ou dar outras soluções. Após o time receber as respostas na plataforma, o modelo BIM é atualizado e então começa a segunda parte do desenvolvimento.

4.2.1.2 Desenvolvimento

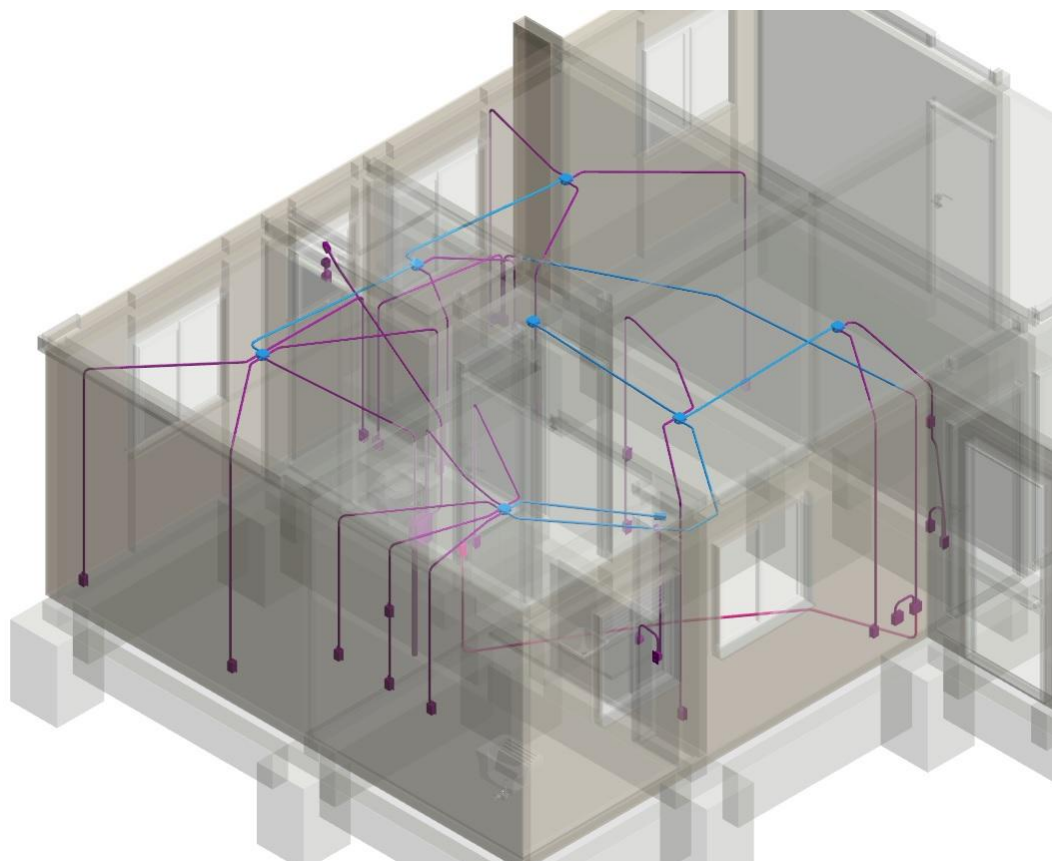
Como parte principal do processo, esta segunda parte é denominada de “Desenvolvimento” e é subdividida em três: Modelagem, Extração de Dados e

Documentação. Cada uma tem seus próprios fluxos de trabalho detalhados e inúmeros passos que não vão ser detalhados neste trabalho, porém a seguir segue uma explicação sobre cada uma.

4.2.1.2.1 Modelagem

Dependendo da disciplina do kit a ser fornecido (Elétrica, Hidro Sanitária, etc), a modelagem segue certas características definidas. Outra variável é o sistema construtivo do projeto em questão, há diferenças na modelagem e separação de peças para Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural, que são os principais sistemas fornecidos pela empresa, exemplo desta modelagem pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 - Exemplo de modelagem de instalações elétricas em um projeto de parede de concreto.



Fonte: autoria própria.

Em geral, a modelagem é feita por “Tipologia de Unidade Habitacional”, cada arquivo “.rvt” corresponde a uma tipologia de apartamento ou casa. Em caso de torres ou casas geminadas, é feito um arquivo chamado de “Federado” em que

todas as tipologias são inseridas, completando o empreendimento em um arquivo só.

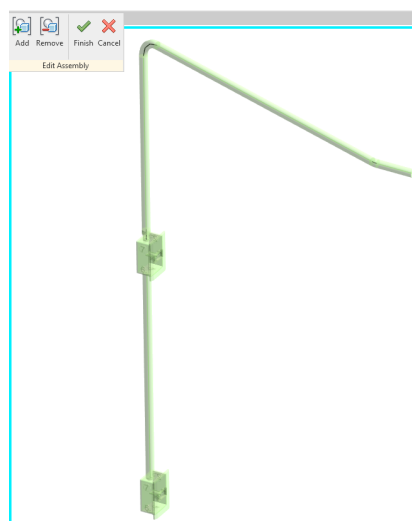
Como início da modelagem de uma tipologia, é inserido no programa os dados básicos do escopo como:

- Códigos da Obra e do Cliente;
- Sistema Construtivo;
- Fases da obra vendidas (Fundação, Estrutura, Fechamento e/ou Acabamento);
- Nome da tipologia a ser modelada (que deve obedecer a nomenclatura do projeto arquitetônico);
- Etapas de concretagem presentes na tipologia em questão (pisos, paredes e/ou tetos) e;
- Ambientes da unidade habitacional em questão (quartos, sala, cozinha, etc que também devem seguir a nomenclatura do projeto).

Caso o cliente não forneça modelos BIM das disciplinas de estrutura e arquitetura, uma modelagem de estrutura básica é feita (em um arquivo separado) para servir como base para locação das instalações da disciplina em questão a ser modelada.

Neste ponto, a modelagem é executada tendo em vista o fluxograma específico de modelagem e de compatibilização. Como checkpoints importantes desses fluxos, se destacam a separação das peças com a utilização da ferramenta “Assembly” (elemento do programa Revit, “Montagem” em português, e possibilita tratar um certo agrupamento de elementos como uma “Montagem” e assim podem ser parametrizados e tratados juntamente como um elemento só). Segue *Figura 7* ilustrando o caso.

Figura 7 - Exemplo de “Assembly” no programa Revit, representando uma peça de parede de instalação elétrica.

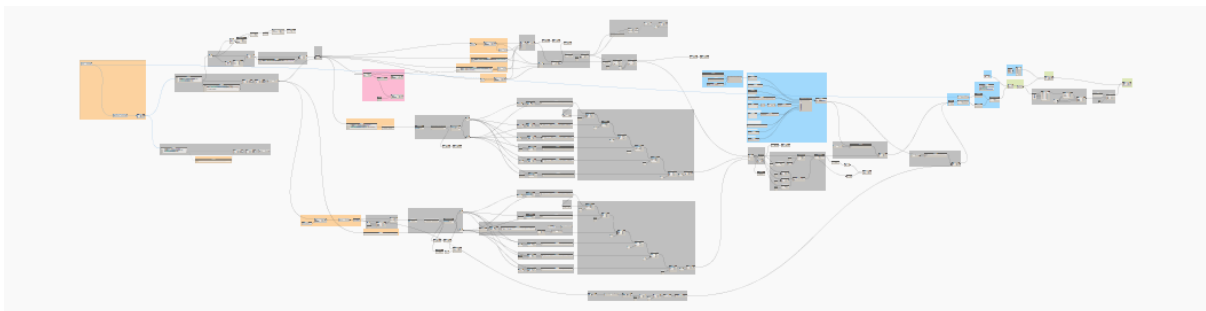


Fonte: autoria própria.

Se destaca também a execução das rotinas computacionais que foram desenvolvidas especificamente para esta jornada de trabalho pelo time de inteligência de software da empresa. Estas rotinas se fazem necessárias em dois tipos de casos: Viabilizar alguma função não resolvida pelo programa revit e; Automatizar tarefas repetitivas. Elas são desenvolvidas no ambiente “dynamo” que é um ambiente de programação visual dentro do programa revit, e apesar de disponibilizar muitas soluções com de problemas com blocos pré-configurados de maneira visual, muitas vezes alguns blocos de códigos na linguagem python tem que ser desenvolvidas pelo time de inteligência. Dentre as seis rotinas que usualmente são utilizadas nos projetos, se destacam: uma rotina de calcular o comprimento completo dos eletrodutos (deficiência de programa revit) e uma rotina que cria vistas, tabelas e folhas para cada tipologia identificada no projeto. Esta por exemplo, é um caso que são criados cerca de 80 elementos (entre plantas baixas, vistas 3D e tabelas) automaticamente, agilizando e facilitando muito o trabalho do time. Para ilustrar, segue na Figura 8 a rotina mencionada aberta no ambiente Dynamo, que é uma ferramenta interna ao próprio Revit que possibilita realizar algumas programações visuais com blocos de códigos já presentes na própria ferramenta ou criar blocos personalizados em linguagem computacional python quando necessário. Estes blocos de códigos tem conexão direta com os elementos

modelados, sendo possível realizar uma infinidade de operações em cada combinação de blocos.

Figura 8 - Exemplo de rotina no ambiente Dynamo.



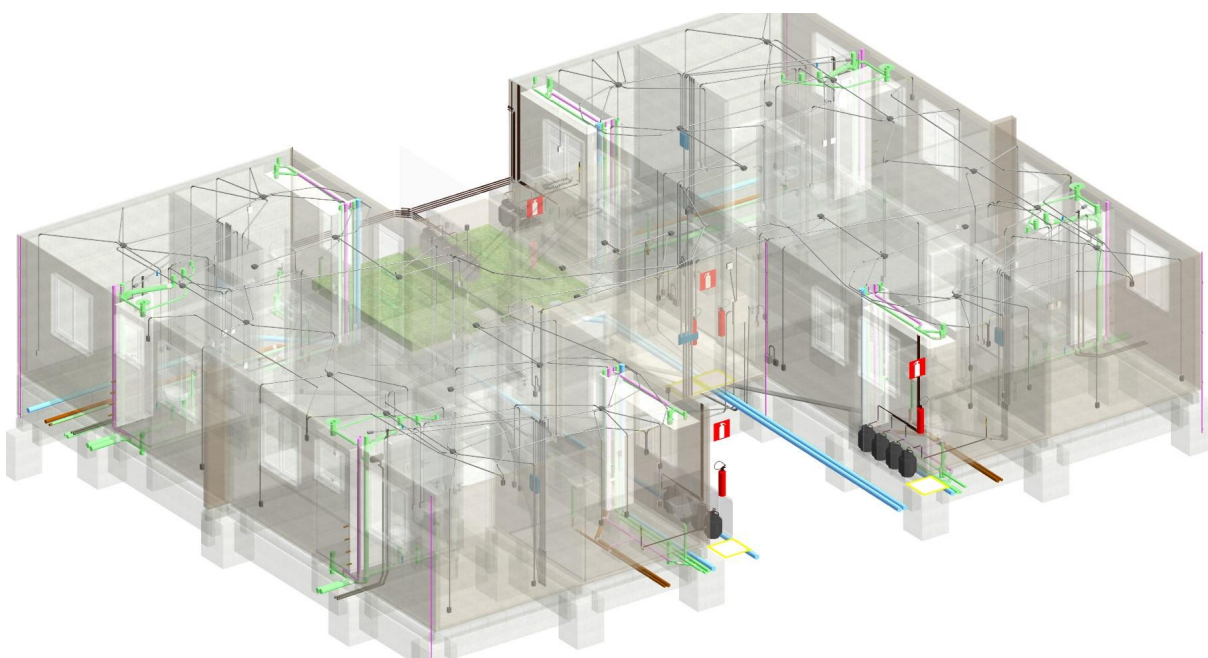
Fonte: autoria própria.

4.2.1.2.2 Documentação

Como “entregáveis” do macrofluxo de desenvolvimento, identificou-se dois principais “clientes internos” que recebem material gerado pelo Time de Desenvolvimento, sendo eles: Linha de Produção e Time de Campo.

O Time de Campo deve receber como material auxiliar para instalar as peças de maneira correta um modelo 3D do arquivo “.rvt” federado ilustrado como 1 pavimento na [Figura 9](#), o relatório de apontamentos e definições feito com o cliente na plataforma de compatibilização e um Caderno de Apoio.

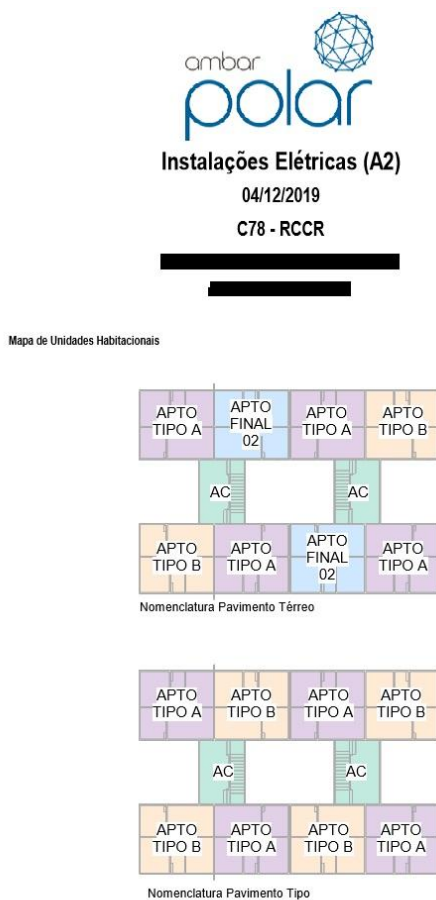
Figura 9 - Exemplo de modelo federado concluído.



Fonte: autoria própria.

O Caderno de Apoio foi desenvolvido segundo relatos do time de campo e definições do time da implantação do fluxo de trabalho. Nele, há primeiramente uma capa (*Figura 10*) que contém: a disciplina dos kits em questão (Instalações Elétricas, Hidráulicas ou Sanitárias); data; códigos do cliente e do projeto em questão; nomes dos mesmos e; um mapeamento das tipologias por pavimento, podendo haver “pavimentos tipo”.

Figura 10 - Exemplo capa do caderno de apoio.

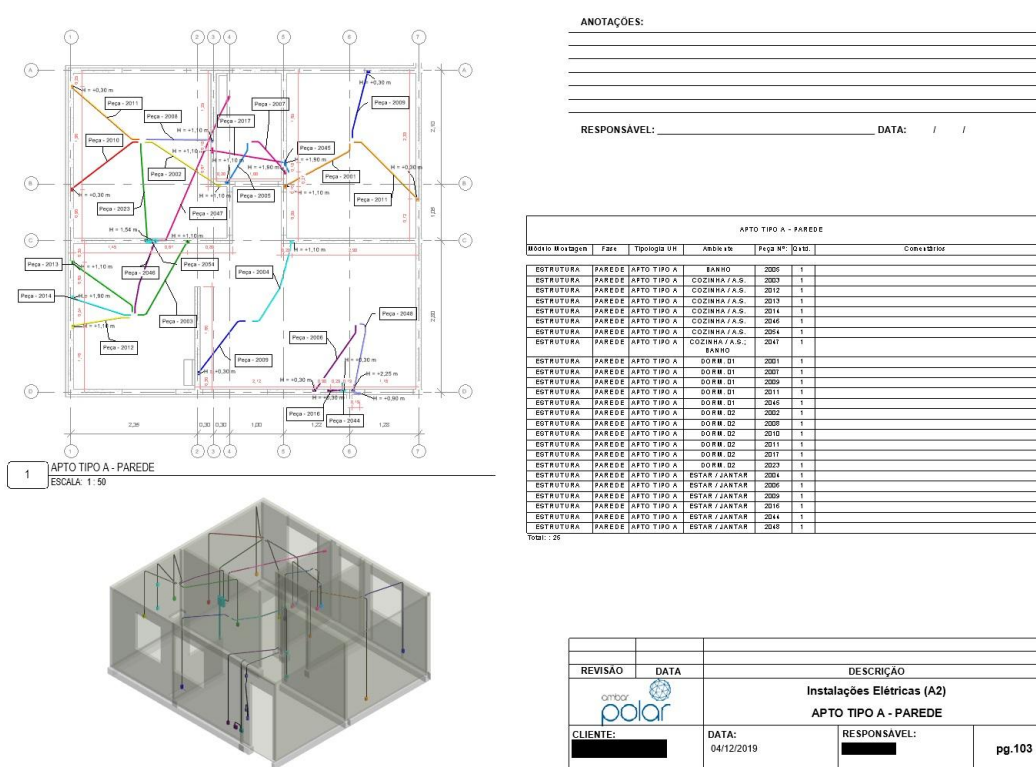


Fonte: repositório de arquivos da empresa.

Dentro do caderno, há uma divisão em “capítulos” em que cada um representa uma tipologia de unidade habitacional e em seu nome há as informações de quais apartamentos ou casas ele se refere, esta nomenclatura é ligada diretamente ao mapeamento que foi apresentado na capa do caderno.

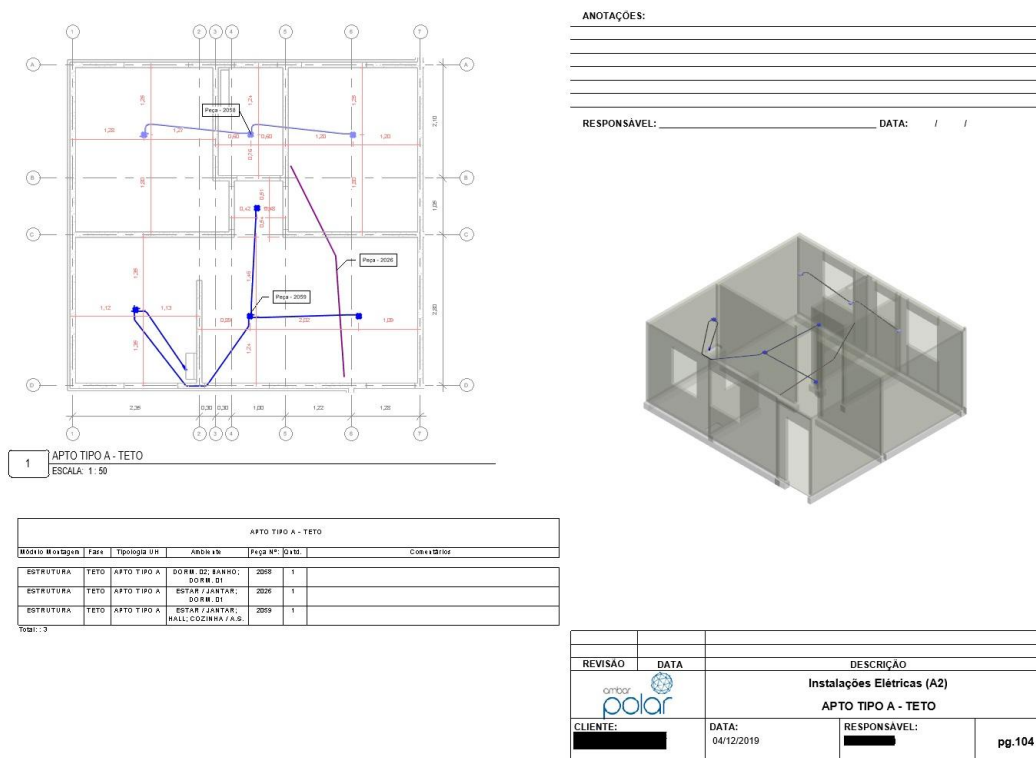
Cada capítulo contém no mínimo três páginas, uma para cada “fase” de execução: Piso, Parede e Teto, podendo haver mais páginas caso haja a necessidade de maior detalhes em uma das fases. Como ilustrado nas *Figuras 11 e 12* cada página contém 4 elementos: Carimbo da folha com informações do projeto e tabela de revisão; Modelo 3D em perspectiva mostrando as peças em questão; Bloco para anotações e aprovação de problemas em obra que deve ser utilizado pelo time de campo; Planta baixa mostrando as peças em questão e suas locações e por último; tabela listando somente as peças listadas nessa folha em específico.

Figura 11 - Exemplo de peças de teto no caderno de apoio.



Fonte: repositório de arquivos da empresa.

Figura 11 - Exemplo de peças de teto no caderno de apoio.



Fonte: repositório de arquivos da empresa.

Já a linha de produção deve receber as chamadas “folhas de processo” que ilustram cada peça a ser produzida e um pacote de 3 arquivos que juntos, definem as instruções para montagem de cada peça e kit, e as ordens de entrega em obra.

4.2.1.2.3 Extração de Dados

Após a modelagem e documentação, é gerado uma série de arquivos, documentos e informações que devem ser entregues aos times na sequência do processo de produção (linha de montagem e time de campo). Em específico nessa empresa, é utilizado um software de gestão de produção ERP que controla desde o estoque até a expedição das ordens de produção. Para inserir um projeto neste ERP é necessário “traduzir” os dados gerados no programa revit para a linguagem que o sistema aceita. Para isso, utilizamos uma ferramenta de importação desenvolvida pela empresa no próprio software e uma tabela de conversão. Esta tabela, que foi desenvolvida pelo time de implantação do processo, recebe os dados gerados pela última rotina em Dynamo que é executada no final da modelagem, configura a maneira com que o projeto deve seguir para a produção. Neste momento é escolhido a marca de cada componente extraído do Revit, é preenchido a quantidade que cada tipologia de unidade habitacional se repete nos pavimentos e quantos pavimentos há no projeto. Com todos esses dados, a planilha (*Figura 13*) consegue acessar a base do sistema ERP e traduzir cada componente e suas quantidades com os códigos cadastrados pela empresa e gerar os 3 arquivos no formato “.txt”.

Figura 13 - Exemplo de tabela de lista de materiais antes de ser inserida no ERP.

4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5SVIL25PD00390	DUTO CORR PADRAO CORTE 390 CM D25MM	1	AB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25PT00420	CABOFLEX PADRAO PRETO CORTE 00420 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25AZ00420	CABOFLEX PADRAO AZUL CORTE 00420 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25VD00420	CABOFLEX PADRAO VERDE CORTE 00420 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5CP4X2F4	CORTE CAIXA 4X2 FURO 4	1	BB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	1FCN221ALA3WA	CONECTOR ALA 3 VIAS LINHA 221 WAGO	3	BB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25PT00013	CABOFLEX PADRAO PRETO CORTE 00013 CM 2.5MM2	2	BB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25AZ00013	CABOFLEX PADRAO AZUL CORTE 00013 CM 2.5MM2	2	BB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	5FVI25VD00013	CABOFLEX PADRAO VERDE CORTE 00013 CM 2.5MM2	2	BB
4RCCR2006	Peca - 2006	PAS	390	0	1FCP1T10WGMD	MODULO TOM 2P+T 10A 250V SEM PLACA MOD WEG	2	BB
END								
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	5SVIL25PD00180	DUTO CORR PADRAO CORTE 00180 CM D25MM	1	AB
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	5FVI25PT00210	CABOFLEX PADRAO PRETO CORTE 00210 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	5FVI25AZ00210	CABOFLEX PADRAO AZUL CORTE 00210 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	5FVI25VD00210	CABOFLEX PADRAO VERDE CORTE 00210 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	5CP4X2F4	CORTE CAIXA 4X2 FURO 4	1	BB
4RCCR2007	Peca - 2007	PAI	180	0	1FCP1T10WGMD	MODULO TOM 2P+T 10A 250V SEM PLACA MOD WEG	1	BB
END								
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	5SVIL25PD00290	DUTO CORR PADRAO CORTE 00290 CM D25MM	1	AB
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	5FVI25PT00320	CABOFLEX PADRAO PRETO CORTE 00320 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	5FVI25AZ00320	CABOFLEX PADRAO AZUL CORTE 00320 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	5FVI25VD00320	CABOFLEX PADRAO VERDE CORTE 00320 CM 2.5MM2	1	AB
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	5CP4X2F4	CORTE CAIXA 4X2 FURO 4	1	BB
4RCCR2008	Peca - 2008	PAI	290	0	1FCP1T10WGMD	MODULO TOM 2P+T 10A 250V SEM PLACA MOD WEG	1	BB
END								

Fonte: repositório de arquivos da empresa.

Ao final do fluxo do desenvolvimento, todas informações geradas são enviadas aos devidos responsáveis, o projeto inserido no sistema e os arquivos ilustrativos em formato “.pdf” são locados nas pastas do servidor para que todos possam ter acesso sempre às versões mais atualizadas e com os arquivos devidamente organizados. Neste momento o projeto está liberado para produção e assim que a fábrica terminar as OPs, os primeiros kits chegam na obra e o time de campo por meio do chamado “Ativador” (responsável da empresa que cuida das obras de um grupo de clientes) acompanha a instalação das peças em todas tipologias de unidades habitacionais do projeto juntamente com os projetos do cliente e o Caderno de Apoio em mãos. Ele é responsável por anotar comentários e reportar problemas nas folhas do caderno e verificar o funcionamento de todas as peças. Caso haja algum problema, ele deve reportar para o time de desenvolvimento via sistema da empresa, abrir um processo chamado “Gestão de Validação” (GV) esclarecer o problema e inserir fotos do local em obra e da página específica no caderno de apoio. Como mostrado no macrofluxo, o time de desenvolvimento volta nos arquivos no projeto em questão, atualiza realizando as devidas correções definidas em conjunto com o Ativador e relança o projeto liberando o resto da produção em massa para a obra inteira. Este primeiro lote de kits feitos para o processo de GV, depende do tamanho da obra, pode variar de por exemplo 4 apartamentos até uma torre inteira em condomínios grandes com várias torres.

4.2.2 Lançamento do produto

Todo o processo foi definido com uma obra teste, que foi desenvolvida em paralelo a um desenvolvimento tradicional da empresa utilizando os processos antigos. Cada ponto do macrofluxo foi executado como uma obra oficial da empresa, inclusive com interações com os outros setores da empresa. Após cada etapa, os problemas e feedbacks eram tratados e iterados até serem considerados resolvidos.

Ao final do processo de implantação, uma obra oficial foi convertida para o novo fluxo e o desenvolvimento foi acompanhado de perto pelo time da implantação, todo processo foi registrado com anotações e fotos que estão presentes neste trabalho e como ponto final, foi feito uma apresentação como estudo de caso para toda empresa.

5 Aprendizados

5.1 OBRA TESTE

Muitos dos aprendizados só apareceram durante a execução do desenvolvimento protótipo com uma obra real. Em comparação com experiências anteriores da empresa, a falta de **protótipos reais** antes da liberação de uma rotina de trabalho se mostrou como principal ponto de aprendizado.

Como exemplo, colocando a mão na massa, identificou-se rotinas no ambiente Dynamo, que caso não fossem desenvolvidas, com certeza, iriam inviabilizar a implementação do fluxo de trabalho. Para executar o caderno de apoio com as definições acordadas com o time de campo, seria necessário criar cerca de 150 (5 Tipologias x 2 Módulos x 3 Fases x 5 Elementos) elementos no programa revit em cada projeto, e nestes elementos (folhas, vistas, tabelas, filtros e etc) ainda seria necessário um tempo de trabalho dedicado para configuração dos mesmos.

No início da execução destes elementos da primeira tipologia (em um total de 5) de maneira “manual”, um sinal vermelho foi acionado e de maneira relativamente simples, juntamente com o time de inteligência, criou-se uma rotina, que variando o nome de cada tipologia, cria, configura e posiciona nos locais pré-definidos estes 150 elementos, ficando somente sob responsabilidade do usuário, conferir a correta execução da rotina computacional e executar esporadicamente folhas personalizadas para projetos que fogem do tradicional em que a empresa está acostumada a trabalhar.

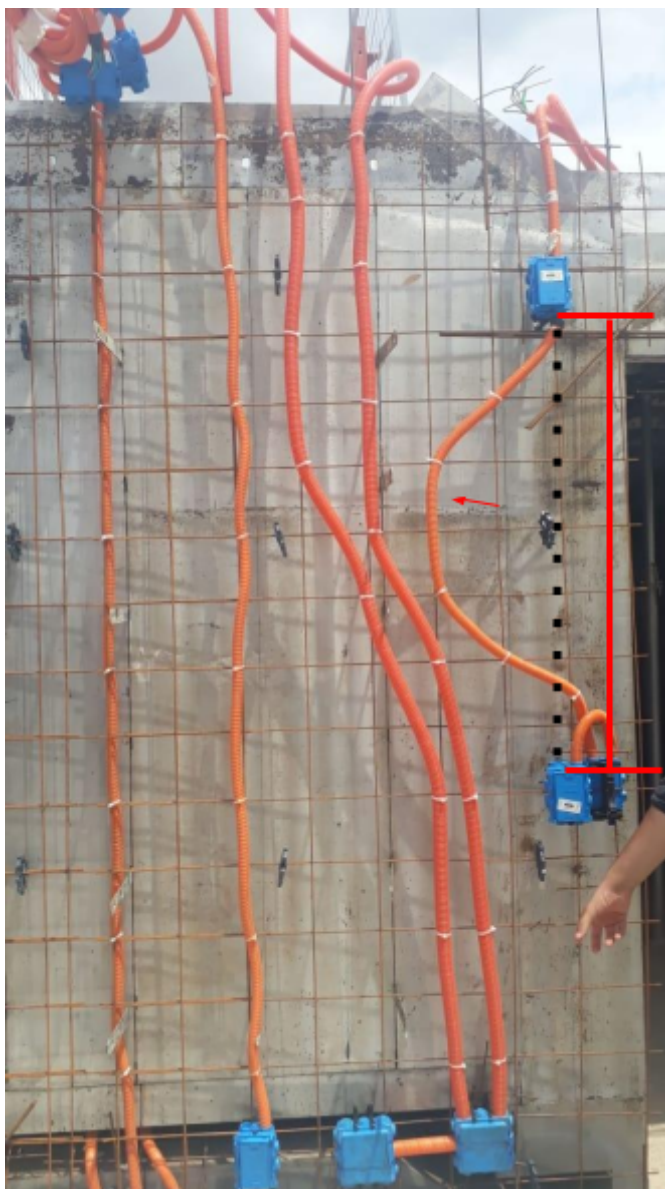
5.2 GESTÃO DE VALIDAÇÃO

Como já era esperado, o feedback sobre o desenvolvimento das primeiras entregas do lote de validação, feito pelo time de campo, é de extrema importância para a **melhoria contínua** do fluxo de trabalho implementado.

Há uma grande preocupação da empresa com o comprimento dos eletrodutos de cada peça de instalações elétricas. Esta preocupação é facilmente compreendida quando se lembra que para cada metro de eletrodutos há um metro de uma composição de cabos de cobre que podem chegar, em alguns casos, em 9 cabos por trecho. Este ponto foi um grande problema no passado, pois tanto trechos

de eletrodutos grandes quanto pequenos, causam problemas na obra. Com o desenvolvimento de cada trecho sendo feito em BIM, é possível ter um controle muito grande sobre essas variáveis.

Figura 14 - Imagem de obra mostrando peças de instalações elétricas em uma forma de parede de concreto (problema de comprimento de eletroduto indicado).



Fonte: autoria própria.

O feedback de obra entra neste ponto para **retroalimentar** os parâmetros e as diretrizes de modelagem, aumentando a acurácia do tamanho ideal para cada trecho em cada obra desenvolvida. Como visto na *Figura 14*, o Ativador tem condições de apontar no sistema um ajuste de comprimento específico para cada trecho de cada peça.

Figura 15 - Imagem de obra mostrando problema de armazenamento dos kits no almoxarifado do canteiro do cliente.



Fonte: autoria própria.

Figura 16 - Imagem de obra mostrando boas práticas no armazenamento dos kits.



Fonte: autoria própria.

Figura 17 - Imagem de aplicativo de Realidade Aumentada mostrando modelo digital locado sobre o caso real em obra.



Fonte: autoria própria.

6 Conclusões

A compatibilização realizada antes da produção em massa, mostrou para o cliente os conflitos que iriam ser encontrados somente em obra e ganhou grande valor. Com a diminuição de problemas com as peças, após a validação de campo, a obra ganhou muita agilidade. Juntamente com este fato, o time de engenharia teve uma redução de carga de trabalho, podendo absorver novos projetos, garantindo a melhoria contínua, registrando e incorporando os feedbacks vindos do time de campo. Na produção realizada, 100% das solicitações do time de campo chegaram como instruções atualizadas para a linha de produção, o que não aconteceu nas outras torres do empreendimento, em que alguns problemas se repetiram em entregas após feedback de obra.

Em adicional ao trabalho realizado no time de desenvolvimento, o time de campo identificou alguns pontos de melhoria que foram implementados paralelamente ao material deste trabalho e têm mais interações com o cliente final. Exemplificando, identificou-se alguns problemas com as embalagens dos kits, problemas com a montagem de alguns componentes e a organização do almoxarifado das obras. Em muitas obras, as embalagens estavam rasgando como na *Figura 15* e os kits se desfazendo, desprendendo muito tempo para achar as peças necessárias para os colaboradores que instalam as peças em obra. Foi identificado que um componente de fixação malha de parede de concreto, que estava sendo enviado pré-montado nas peças, estava rasgando os sacos de plástico com suas pontas “afiadas”. Com esta informação passada de volta para a linha de produção, separou-se este elemento em um saco único por Ordem de Produção (OP) e assim não houve mais relatos de sacos rasgados.

Os trabalhos no time de desenvolvimento apareceram para o cliente em forma diminuição de retrabalhos em peças (4 ocorrências na torre em que foi realizada a implementação do fluxo de trabalho, cerca de 80% da média de ocorrências (50) das outras torres do empreendimento), concentração das informações no time de desenvolvimento, agilidade no processo de GV e identificação de problemas de projetos antes da obra começar.

O sucesso na implementação deste fluxo de trabalho foi muito importante para a empresa. Começando por instalações elétricas, que é o produto mais complexo, a transferência do fluxo para os outros produtos é bem prática e rápida, sendo possível colocar a empresa inteira em uma única plataforma, com qualidade e possibilidades de crescimento e melhoria em pouco tempo.

O BIM propriamente dito, além de abrir muitas possibilidades em tecnologia e processos, é um grande atrativo de marketing. O tema se encontra em alta popularidade nas redes sociais profissionais e atraem muitos parceiros e investimentos, e lembrando da revisão bibliográfica sobre [Estratégia BIM BR], a perspectiva é receber mais projetos já modelados em BIM e surgir mais interações com empresas parceiras dentro da mesma plataforma (projetos, coordenação, compatibilização, acompanhamento de obra, entre outros) é muito grande.

Notou-se que todo incremento de qualidade nos produtos, por exemplo a melhoria nas embalagens rasgadas ilustrada na *Figura 16*, gera um grande retorno na satisfação dos clientes. Atacando as obras que mais sofrem com os problemas gerados pelo fluxo de trabalho anterior, pode-se na maioria das vezes, reverter um estado de perda de cliente ou falta de interesse em novos contratos para um cenário de novas parcerias e fechamento de pacotes de obras inteiros.

Como ilustrado na *Figura 17*, há muitas possibilidades quando se pensa em explorar a tecnologia em questão. Com a modelagem das peças, é possível inserir o projeto em um aplicativo de realidade aumentada e fazer conferências de qualidade na linha de produção e em obra. Sendo possível reportar problemas em poucos clicks em um tablet e enviar diretamente para o time de desenvolvimento, aproximando ainda mais o time da obra.

Estes modelos além de ajudar na montagem e na instalação do produto, podem chegar até o morador, sendo parte do As Built e Manual do Proprietário, possibilitando o usuário a utilizar seu celular e ver as instalações prediais em uma parede antes de fazer alguma fixação ou reforça em sua unidade habitacional.

Outro ramo interessante, é um projeto do segmento digital da empresa que cria uma plataforma ligando todos os intervenientes desde o programa de necessidades de um projeto até o pós-obra e interações com os moradores e

síndicos. Para esta plataforma tão abrangente, o BIM é se faz pré-requisito e base para todas as etapas da construção/utilização, fornecendo material para compatibilização de projetos, quantitativos para orçamentos, acompanhamento de obras, checks de qualidade, pagamento de empreiteiros, interações com o usuário final como já mencionado e *facilities management*.

Além das perspectivas para a tecnologia, o próprio processo de implementação feito é um bem muito valioso. Todo o aprendizado deve ser registrado e formalizado como um fluxo de trabalho padrão de um time específico de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P & D & I), realizando ciclos de estudos como este para produtos correntes da empresa e novos produtos também.

Referências

BRIZOLARA, A. O. A pré-fabricação e a industrialização da construção no Brasil. 1979.

Womack JP, Jones DT, Roos D. The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. Simon and Schuster; 2007.

Richard R. Tecnologia, aprendizado e inovação. As experiências das economias de industrialização recentes. Campinas: Editora da Unicamp. 2005.

CEOTTO, L. H. A industrialização da construção de edifícios: de passado letárgico para um futuro promissor. In: FARIA, C. P. (Org.). Inovação em construção civil: monografias. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005, p. 85-106.

Liker JK, Morgan JM. The Toyota way in services: the case of lean product development. Academy of management perspectives. 2006 May 1;20(2):5-20.

Riani AM. Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Monografia (Graduação)-Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora. 2006.

Koskela L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford: Stanford university; 1992 Aug.

ENGSTRÖM, D.; THOMPSON, S.; OOSTRA, M. Building manufacturing architecture – whatever you thought, think again. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 109-132.

CUPERUS, Y. Open, lean and the quality of the built environment. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements. Espoo: VTT – Technical Research Centre of

Finland, 2007. p. 69-82.

EICHERT, J.; KAZI, A. S. Vision and strategy of ManuBuild – open building manufacturing. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 3-14.

Eastman CM, Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons; 2011 Apr 19.

Moreira, Sónia Patrícia da Silva - Aplicação das ferramentas lean: caso de estudo. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2011. Dissertação de mestrado.

OLIVEIRA, A. B. de F.; BIELER, H. E.; SOUZA, H. A. de. Abordagem de sistemas de construção industrializados estruturados em aço nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo e engenharia civil no Brasil. In.: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. p. 1761-1769.

FONYAT, M. de A. R. A pré-fabricação e o projeto de arquitetura. 2013. 196 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

Construction MH. The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modeling. Smart MarketReport. 2014:1-60.

ANEXO A

