

Tarcísio Ruthes

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO EM ALVENARIA
ESTRUTURAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Luiz Roberto Prudêncio Júnior.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ruthes, Tarcísio

Impactos do desenvolvimento de um processo construtivo industrializado em alvenaria estrutural / Tarcísio Ruthes ; orientador, Luiz Roberto Prudêncio Júnior - Florianópolis, SC, 2016.
195 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Desenvolvimento de processos construtivos. 3. Desenvolvimento de produto na construção civil. 4. Industrialização da construção. 5. Inovação na construção civil. I. Prudêncio Júnior, Luiz Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

ficha de avaliação

vazio ficha de avaliação

Dedico este trabalho aos meus pais
Francisco e Anita

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter permitido que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Francisco e Anita, por me darem força e incentivo. Peço desculpas pelo tempo que fiquei ausente.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Júnior, por ter aceitado me acompanhar nesta jornada e por ter me apresentado uma nova forma de encarar a vida acadêmica.

Ao sr. Carlos Rebollo, por ter apoiado a realização deste mestrado.

Ao Francisco Hackbarth por ter acreditado em mim no primeiro momento e ter me concedido a primeira oportunidade.

Ao Carlos Gerson Castanho, por ser um exemplo de pessoa e profissional, que me motiva a cada dia.

Ao Erich Muschellack por ter me proporcionado uma nova forma de enxergar a construção civil.

A minha amiga Mayara Amin de Lima. Você foi meus olhos e meus braços quando eu não pude estar presente. Eu também não teria conseguido sem você.

A Thaise Helena Simões, por me trazer uma amizade leve e verdadeira e por ter deixado todo esse período mais divertido.

A todos os colegas de trabalho que de alguma forma contribuíram para que esta pesquisa acontecesse.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU) pela oportunidade de realização do mestrado.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso, aplicado em uma construtora situada no norte do estado de Santa Catarina, para desenvolvimento de um processo construtivo com o uso de elementos industrializados. O principal objetivo foi avaliar os impactos e a metodologia utilizada pela organização para inserir tais elementos em seu processo. O método deste estudo foi segmentado em três etapas. A primeira delas, intitulada de Etapa Preparatória, consiste no diagnóstico do produto, do processo de projeto e do processo de desenvolvimento de produto na empresa. Para tal, foram utilizadas como ferramentas documentos organizacionais, registros em arquivo, entrevistas, observação direta e observação participante, além da coleta de informações em seis obras da organização. A etapa subsequente, intitulada de Etapa de Desenvolvimento, abrangeu a síntese de todas as atividades necessárias para se obter um produto com elementos industrializados. Nesta etapa, foram observadas as etapas adicionadas ao processo de projeto, além de desenvolvidos projetos, planos de execução, procedimentos operacionais e de uso de equipamentos para construção. Esta etapa se enquadra no método da pesquisa-ação. Por fim, na etapa intitulada de Etapa de Aplicação, foram coletados dados referentes à implantação da tecnologia em obra através de planilhas de controle, observação direta, observação participante e de imagens gravadas por câmeras de monitoramento instaladas em campo. Como resultado são apresentados: a pertinência da metodologia utilizada pela empresa; os benefícios alcançados com a utilização de elementos industrializados e as dificuldades enfrentadas inerentes à industrialização de elementos da construção.

Palavras-chave: Desenvolvimento de processos construtivos. Desenvolvimento de produto na construção civil. Industrialização da construção. Inovação na construção civil.

ABSTRACT

The research presents a case study applied in a construction company located in the north of the state of Santa Catarina, to develop a construction process with the use of industrialized elements. The main objective was to evaluate the impacts and the methodology used by the organization to insert these elements in the process. The method of this study was divided in three stages. The first one, called Preparatory Stage, is the diagnostic of product, design process and product development process in the company. The used tools were organizational documents, registered files, interviews, direct observation, participant observation and collection of information in six buildings of the company. The next step, called Development Stage, is the synthesis of all the necessary activities to obtain a product with industrialized elements. At this time it was observed the added steps to the design process. Projects, construction plans and equipments instructions were developed. This step fits the action-research method. Finally, in the step called Application Stage, it was collected data related to the tecnology implementation in construction field. The data was collected through control spreadsheets, direct observation, participant observation and images recorded by monitoring cameras installed in the field. The results of the research were: the relevance of the company methodology; benefits achieved using industrialized components and the difficulties related to use industrialized elements in construction.

Keywords: Development of constructive processes. Product development in construction. Industrialization of construction. Innovation in construction.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases..... | 27 |
| Figura 2 - Contexto de classificação das ações de implementação da construtibilidade..... | 35 |
| Figura 3 - Representação do ciclo PDCA..... | 40 |
| Figura 4 - Níveis de inovação. | 47 |
| Figura 5 - Trajetórias de inovações incrementais e radicais..... | 48 |
| Figura 6 - Ciclo de vida da tecnologia. | 50 |
| Figura 7 - Fases da inovação de produtos e processos. | 51 |
| Figura 8 - Distinção entre as dimensões de projeto, processo de projeto e processo de desenvolvimento de produto..... | 56 |
| Figura 9 - O processo de projeto e suas interfaces. | 58 |
| Figura 10 - Modelo de organização de equipe multidisciplinar de desenvolvimento de produtos..... | 59 |
| Figura 11 - Esquema sequencial de um processo de desenvolvimento do projeto de edifícios..... | 60 |
| Figura 12 - Fluxo de atividades na coordenação de projetos. | 64 |
| Figura 13 - Metodologia para o desenvolvimento de MPSConstr. | 67 |
| Figura 14 - Representação das etapas do processo construtivo industrializado..... | 68 |
| Figura 15 - Síntese da metodologia..... | 71 |
| Figura 16 - Fluxo circular de produção dos elementos pré-fabricados. | 76 |
| Figura 17 - Macrofluxo de um empreendimento..... | 77 |
| Figura 18 - Organograma do departamento de Engenharia..... | 78 |
| Figura 19 - Relação dos engenheiros com fornecedores externos..... | 78 |
| Figura 20 - Síntese do Processo de Projeto na empresa. | 80 |
| Figura 21 - Desvio de custos por setor no ano de 2014..... | 81 |
| Figura 22 - Incidência dos problemas por disciplina de projeto..... | 82 |
| Figura 23 - Causas dos problemas de obra relacionados aos projetos... .. | 83 |
| Figura 24 - Acabamento da laje nos pavimentos inferiores (a) e acabamento das lajes nos pavimentos superiores (b). | 84 |
| Figura 25 - Escoramento da laje moldada no local (a) e formas de madeira posicionadas para concretagem (b)..... | 84 |
| Figura 26 - Instalações elétricas executadas no pavimento antes da concretagem. | 85 |
| Figura 27 - Posicionamento das passagens hidrossanitárias (a) e sarrafos posicionados para formar o caminhamento das instalações de GLP (b). | 86 |

| | |
|--|-----|
| Figura 28 - Momento da concretagem de escada moldada no local. | 86 |
| Figura 29 - Alvenaria estrutural em execução com o uso de escantilhões. | 87 |
| Figura 30 - Aplicação de argamassa com bisnaga (a) e transferência de prumo com laser (b). | 88 |
| Figura 31 - Diferença visual no consumo de argamassa na aplicação com colher (a) e na aplicação com bisnaga (b). | 88 |
| Figura 32 - Instalações hidrossanitárias externas à alvenaria (a) e instalações elétricas executadas com uso de perfuratriz (b). | 89 |
| Figura 33 - Quebra da alvenaria para fixação das pingadeiras (a) e quebra da alvenaria para fixação do quadro de disjuntores do apartamento (b). | 90 |
| Figura 34 - Qualidade da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos (a) e quebra dos bloco para passagem de instalações elétricas (b). | 91 |
| Figura 35 - Estratégia 1 – Início da execução nos apartamentos das extremidades e deslocamento de um dos assentadores de blocos para apartamentos centrais ao atingir a 6º fiada. | 93 |
| Figura 36 - Estratégia 2 – Um assentador de blocos por apartamento priorizando as alvenarias da periferia. | 93 |
| Figura 37 - Estratégia 3 – Um assentador de blocos por apartamento executando a alvenaria em sua totalidade. | 94 |
| Figura 38 - Escoramento necessário para grauteamento da verga de janela (a) e corte da aba do bloco para posicionamento da pingadeira (b). | 95 |
| Figura 39 - Fixação do guarda-corpo de periferia na 6ª fiada. | 96 |
| Figura 40 - Sequência executiva alternada entre torres. | 97 |
| Figura 41 - Elementos estruturais pré-fabricados no produto. | 99 |
| Figura 42 - Reestruturação dos departamentos e setores da organização. | 100 |
| Figura 43 - Organograma do setor após segmentação da equipe de desenvolvimento. | 101 |
| Figura 44 - Tipologia 1 de produto em comercializado pela construtora. | 103 |
| Figura 45 - Tipologia 2 de produto comercializado pela construtora. | 103 |
| Figura 46 - Projeto arquitetônico inicial. | 104 |
| Figura 47 - Linearização das alvenarias destacadas. | 105 |
| Figura 48 - Projeto arquitetônico final com adequação da escada e simetria nos eixos da torre. | 106 |
| Figura 49 - Alça de ligação entre lajes (a) e sistema de ligação em execução no canteiro (b). | 107 |

| | |
|---|-----|
| Figura 50 - Elevação da alvenaria contendo informações dos elementos pré-fabricados e interferências entre subsistemas. | 108 |
| Figura 51 - Projeto para produção dos kits hidrossanitários. | 109 |
| Figura 52 - Projeto para instalação dos kits hidrossanitários em obra. | 109 |
| Figura 53 - Detalhamento dos circuitos elétricos para produção dos kits. | 110 |
| Figura 54 - Projeto para instalação dos kits elétricos em obra. | 110 |
| Figura 55 - Projeto de formas metálicas. | 111 |
| Figura 56 - Protótipo para teste. | 112 |
| Figura 57 - Equipamento utilizado (a) e novo equipamento proposto (b). | 114 |
| Figura 58 - Dimensionamento do tempo unitário de içamento para lajes pré-fabricadas. | 116 |
| Figura 59 - Segmentação da torre em dois segmentos de execução. | 117 |
| Figura 60 - Equipe de alvenaria dimensionada. | 118 |
| Figura 61 - Segmentação da torre em quadrantes para ataque da alvenaria. | 119 |
| Figura 62 - Primeiro dia (a) e segundo dia do ciclo (b). | 120 |
| Figura 63 - Terceiro (a) e quarto dia do ciclo (b). | 120 |
| Figura 64 - Quinto (a) e sexto dia do ciclo (b). | 121 |
| Figura 65 - Carregamento de peças pré-fabricadas na central (a) e gaiola para içamento de pré-fabricados menores (b). | 121 |
| Figura 66 - Estudo de área de estocagem. | 122 |
| Figura 67 - Projeto para produção de sequência de alvenaria e logística de materiais no pavimento. | 123 |
| Figura 68 - Imagem do pavimento com execução de vigas pré-fabricadas no quadrante Q1 e alvenaria em andamento no quadrante Q2. | 125 |
| Figura 69 - Localização da 1º fiada de alvenaria no Lado A e execução da alvenaria do quadrante Q4 no Lado B. | 125 |
| Figura 70 - Vigas do quadrante Q1 e Q2 posicionadas. | 126 |
| Figura 71 - Início do posicionamento de lajes no Lado A. | 126 |
| Figura 72 - Posicionamento de laje pré-fabricada. | 129 |
| Figura 73 - Acabamento da escada pré-fabricada. | 130 |
| Figura 74 - Contraverga pré-fabricada com rebaixo para instalação da pingadeira. | 131 |
| Figura 75 - Canaletas posicionadas na vertical (a) e corte das canaletas para instalação do quadro de disjuntores (b). | 131 |
| Figura 76 - Consoles pré-fabricados (a) e blocos especiais para passagem das instalações de GLP (b). | 132 |

| | |
|---|-----|
| Figura 77 - Abertura para ventilação permanente do apartamento (a) e abertura deixada para posterior instalação de sistemas de climatização pelo cliente (b). | 132 |
| Figura 78 - Melhoria da qualidade da alvenaria de vedação..... | 133 |
| Figura 79 - Kit hidrossanitário instalado..... | 133 |
| Figura 80 - Kit elétrico instalado e identificado por circuito. | 134 |
| Figura 81 - Churrasqueira pré-fabricada (a), shaft pré-fabricado (b) e abrigo dos medidores de GLP pré-fabricado (c). | 135 |
| Figura 82 - Dificuldade de passagem dos eletrodutos pela furação (a) e adequação da furação para facilitar a operação (b). | 136 |
| Figura 83 - Eletrodutos fora da projeção da peça (a) e eletrodutos menores que a projeção da peça e retirada do cobrimento superior (b). | 137 |
| Figura 84 - Evolução do ciclo executivo no Empreendimento 1. | 138 |
| Figura 85 - Causas do não atendimento ao ciclo proposto..... | 139 |
| Figura 86 - Profissionais posicionados de acordo com projeto de sequência de alvenaria e identificados pelas cores de seus capacetes. | 142 |
| Figura 87 - Placa de orientação disponibilizada nos pavimentos..... | 143 |
| Figura 88 - Plataforma para execução da escada em madeira (a) e protótipo de plataforma metálica (b)..... | 144 |
| Figura 89 - Plataforma em madeira para fosso do elevador no fosso esquerdo e plataforma metálica em teste no fosso direito..... | 144 |
| Figura 90 - Forma metálica desenvolvida para grauteamento das ligações entre lajes. | 145 |
| Figura 91 - Escantilhão utilizado (a) e escantilhão prototipado (b). ... | 146 |
| Figura 92 - Eliminação dos escoramento nos vãos de esquadrias (a) e redução do escoramento das lajes (b)..... | 147 |
| Figura 93 - Fixação do guarda-corpo de periferia na 11ª fiada de alvenaria..... | 147 |
| Figura 94 - Posicionamento dos paletes de acordo com projeto. | 148 |
| Figura 95 - Evolução do ciclo executivo no Empreendimento 2. | 149 |
| Figura 96 - Etapas do desenvolvimento do produto identificadas no processo utilizado pela empresa..... | 150 |
| Figura 97 - Alocação dos recursos de acordo com atividades. | 154 |
| Figura 98 - Exemplo de dados consultados no sistema de planejamento da organização. | 193 |
| Figura 99 - Exemplo de material utilizado para verificar o absentismo da mão de obra. | 195 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Categorias e exemplos de melhoria da construtibilidade. ... | 37 |
| Quadro 2 - Diferenciação entre inovação incremental e radical..... | 49 |
| Quadro 3 - Principais etapas do desenvolvimento do produto. | 53 |
| Quadro 4 - Atividades de coordenação em cada fase..... | 63 |
| Quadro 5 - Dimensionamento de equipamentos para a equipe de alvenaria. | 114 |
| Quadro 6 - Médias dos resultados obtidos pela avaliação do departamento de gestão da qualidade da empresa. | 135 |
| Quadro 7 - Número de revisões de projeto por disciplina..... | 153 |
| Quadro 8 - Roteiro para realização de entrevistas..... | 177 |
| Quadro 9 - Planilha preenchida diariamente com informações da aderência da execução ao ciclo planejado..... | 178 |
| Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento..... | 179 |
| Quadro 11 - Mapeamento dos níveis das lajes moldada no local..... | 187 |
| Quadro 12 - Critérios de avaliação da execução de alvenaria estrutural. | 188 |
| Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.. | 189 |
| Quadro 14 - Notas obtidas após compilação de dados da avaliação do treinamento..... | 194 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 PROBLEMÁTICA | 21 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 24 |
| 1.3 OBJETIVOS | 28 |
| 1.3.1 Objetivo geral | 28 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 28 |
| 1.4 QUESTÃO DA PESQUISA | 29 |
| 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA | 29 |
| 1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA..... | 30 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 33 |
| 2.1 CONCEITOS INICIAIS | 33 |
| 2.1.1 Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo | 33 |
| 2.1.2 Construtibilidade | 34 |
| 2.1.3 Qualidade | 38 |
| 2.1.4 Racionalização | 40 |
| 2.1.5 Industrialização da construção | 42 |
| 2.2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA | 44 |
| 2.2.1 O conceito de inovação | 44 |
| 2.2.2 Tipos de inovação | 45 |
| 2.2.3 Dinâmica da inovação | 47 |
| 2.3 O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO | 52 |
| 2.3.1 O Conceito de desenvolvimento de produto | 52 |
| 2.3.2 O desenvolvimento de produto na construção civil | 54 |
| 2.3.2.1 <i>O processo de projeto na construção civil</i> | 56 |
| 2.3.2.2 <i>O fluxo do processo de projeto</i> | 61 |
| 2.3.2.2.1 <i>O fluxo de projetos segundo a NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações (1995a)</i> | 61 |
| 2.3.2.2.2 <i>Conceito proposto por Melhado et al. (2005)</i> | 62 |
| 2.3.2.2.3 <i>O fluxo de projetos segundo a Associação Brasileira de Gestores e Coordenadores de Projeto - AGESC (2012)</i> | 64 |
| 2.3.2.3 <i>O fluxo de desenvolvimento de produto com processos construtivos inovadores</i> | 65 |
| 2.3.2.3.1 <i>Metodologia para desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - MPSConstr. (SABBATINI, 1989)</i> | 66 |
| 2.3.2.3.2 <i>O fluxo de desenvolvimento segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2015)</i> | 68 |
| 3. METODOLOGIA DA PESQUISA | 71 |
| 3.1 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA..... | 71 |
| 3.2 ETAPA PREPARATÓRIA | 74 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.1 O processo de desenvolvimento de produtos da empresa..... | 76 |
| 3.2.2 Levantamento de falhas no processo de desenvolvimento de produto da empresa | 80 |
| 3.2.3 Avaliação do processo construtivo em alvenaria estrutural e lajes moldadas no local..... | 83 |
| 3.3 ETAPA DE DESENVOLVIMENTO | 98 |
| 3.3.1 Estudos iniciais | 98 |
| 3.3.2 Reestruturação do setor de P&D..... | 99 |
| 3.3.3 Concepção e projetos | 101 |
| 3.3.4 Prototipagem | 112 |
| 3.3.5 Desenvolvimento de equipamentos de apoio..... | 113 |
| 3.3.6 Planejamento da execução..... | 114 |
| 3.3.7 Projetos para produção e procedimentos operacionais | 123 |
| 3.3.8 Treinamento das equipes de produção..... | 124 |
| 3.4 ETAPA DE APLICAÇÃO..... | 124 |
| 4. ANÁLISE DE RESULTADOS | 129 |
| 4.1 ANÁLISE DO PRODUTO..... | 129 |
| 4.2 ANÁLISE DAS INOVAÇÕES DE PROCESSO | 137 |
| 4.3 ANÁLISE DA METODOLOGIA ORGANIZACIONAL | 149 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 159 |
| 5.1 CONCLUSÕES REFERENTES AOS RESULTADOS..... | 159 |
| 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS | 165 |
| REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO..... | 167 |
| APÊNDICE A – Roteiro das entrevistas sobre a execução da alvenaria estrutural | 177 |
| APÊNDICE B – Trecho do mapeamento de aderência ao ciclo planejado..... | 178 |
| APÊNDICE C – Trecho do estudo de aderência do projeto e do ciclo planejado através de imagens de monitoramento | 179 |
| ANEXO A – Mapeamento de níveis de laje moldada no local | 187 |
| ANEXO B – Itens avaliados pelo departamento de Gestão da Qualidade relacionados à atividade de execução de alvenaria estrutural | 188 |
| ANEXO C - Trecho dos relatórios consultados para obtenção das avaliações de conformidade com os itens avaliados pelo sistema de gestão da qualidade..... | 189 |
| ANEXO D – Dados consultados no sistema de planejamento da empresa | 193 |
| ANEXO E – Relatório de efetividade de treinamento | 194 |
| ANEXO F – Trecho da análise de perda de horas de trabalho..... | 195 |

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será apresentado um panorama geral da construção civil brasileira com a finalidade de retratar o cenário em que se passa a pesquisa, visto que o processo de desenvolvimento de produto é influenciado diretamente por agentes externos e pela dinâmica econômica do país. Foram utilizados, como principal fonte de informação, periódicos setoriais publicados entre 2011 e 2016 e pesquisas realizadas por instituições atuantes no segmento da construção civil. Em seguida, tem-se a justificativa, em que se apresenta a relevância da pesquisa em questão, a formulação dos objetivos e a delimitação da pesquisa. Por fim, apresenta-se a estrutura deste documento.

1.1 PROBLEMÁTICA

A indústria como um todo, incluindo o setor da construção civil, passou por uma fase de intenso dinamismo com o momento econômico da última década. Dados obtidos pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2011) mostram que resultados expressivos na construção civil começaram a ser observados a partir de 2004. Entre 2004 e 2010, a construção nacional cresceu 42,41%, obtendo uma taxa média de 5,18% ao ano. Em 2010, após a superação do pior momento da crise financeira internacional, a economia brasileira cresceu 7,5% superando a expectativa do mercado, com a construção civil atingindo desempenho recorde com um PIB correspondente a 5,3% do PIB total do Brasil, tornando-se um marco de recuperação da força do segmento.

Após o ano de 2010, no triênio 2011 a 2013, a economia cresceu apenas 2,0%, 3,2% e 2,2%, respectivamente. Parte da desaceleração recente pode ser explicada por fatores conjunturais como os aspectos cíclicos do segmento de edificações. Parte desta desaceleração também pode ser justificada por atrasos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) no período, o aumento do endividamento das famílias, o desequilíbrio das contas públicas e o não controle da inflação (CAMPELO JUNIOR; TOBLER, 2014).

A discussão sobre o potencial de crescimento para os próximos anos traz visões muito díspares sobre o rumo da economia. Entretanto, a grande maioria das análises apontam para um crescimento efetivamente menor do que se esperava anos atrás, embasadas na atual precariedade da conjuntura política. Mesmo com as perspectivas da construção a médio e longo prazo sendo alteradas para uma situação mais

conservadora, de acordo com informações da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP (2015), o volume de recursos investidos hoje é muitas vezes maior do que o de alguns anos atrás. Em comparação com o ano de 2007, em que foram investidos R\$ 205 bilhões, houve um investimento de R\$ 460 bilhões em 2014. Este volume de investimentos foi responsável por uma contribuição significativa para a redução do déficit habitacional no país que, entretanto, continua apresentando números expressivos.

A velocidade do crescimento demográfico e a trajetória econômica do país projetam uma média de formação de 1,144 milhão de novas famílias anualmente entre 2015 e 2022. Além disso, para eliminar as moradias precárias, estimadas em 3,949 milhões em 2010, seria necessário construir 197 mil moradias por ano ao longo de duas décadas. Acrescentando a este montante a necessidade de construção de mais 106 mil moradias por ano para eliminar a coabitação, a soma destes números gera a necessidade de produção de cerca de 1,448 milhão de moradias por ano no período (FIESP, 2015).

Com a retomada tímida da terceira fase do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) do governo federal, torna-se fundamental debater os aprimoramentos que permitirão manter as empresas competitivas no setor e suprir a demanda por habitação existente. Este anúncio foi fundamental para evitar que as empresas não desmobilizem seus esforços de qualificação e melhoria nos processos construtivos.

Inicialmente, o Programa MCMV fazia parte de uma economia em que havia maior disponibilidade principalmente de mão de obra e terrenos. Com o aumento da contratação e das obras em execução, especialmente nas grandes cidades, os terrenos disponíveis para a habitação de interesse social entraram em escassez. A economia aquecida resultou em dificuldade na contratação de mão de obra, contribuindo para o aumento dos custos de produção e levando ao desequilíbrio a equação preço/subsídio (MENDES, 2014).

Além disso, aprimoramentos nas especificações das unidades habitacionais exigidos pelos órgãos financiadores, tanto para o produto quanto para seu entorno, e a necessidade de atendimento aos requisitos da NBR 15.575 - Edificações Habitacionais - Desempenho, também trouxeram impacto considerável nos custos dos empreendimentos. Todas estas condicionantes são ainda intensificadas pela atual equação de mercado em que o lucro é o resultado do preço pré-definido pelas condicionantes impostas pelo Programa MCMV, subtraídos os custos de produção (MENDES, 2014).

Souza (2015) afirma que o volume muito grande de obras nos últimos anos prejudicou o processo de valorização da eficiência na produtividade que estava ocorrendo, uma vez que tirou o foco das empresas em melhorar seus processos para atender a grande demanda de obras.

Este cenário impõe que as empresas de construção nacionais do setor de edificações, tradicionalmente resistentes à modernização, sejam hoje pressionadas a investir na melhoria contínua de seus produtos e na evolução de seus processos. De acordo com a pesquisa elaborada pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (2014), 83% das empresas do setor têm realizado mudanças em seus processos produtivos. Deste montante, 46,3% passaram a investir em racionalização de processos já utilizados, 40,7% adotaram novos processos produtivos e 31,5% passaram a investir na industrialização dos processos. Esta mesma pesquisa ainda apresenta que 67% das empresas têm dificuldades em realizar investimentos em novos sistemas, sendo o custo de novos equipamentos e processos apresentado como a maior ocorrência (DIAS; CASTELO, 2014).

A disparidade tributária enfrentada pelas empresas que utilizam elementos industrializados compromete a competitividade dos sistemas construtivos em desenvolvimento e inibe investimentos em métodos e processos com estas características. Além disso, a forma de contratação de obras pelos órgãos públicos, em que não se avalia a redução dos impactos ambientais, o maior desempenho da edificação, a redução do período construtivo e a redução dos passivos trabalhistas, também atua de maneira a limitar o desenvolvimento tecnológico do segmento. Estas constatações enfatizam que os desafios para industrialização no país vão além do cunho tecnológico e envolvem uma reestruturação na base das políticas públicas (DONIAK, 2015).

De acordo com Pessanha, Cintra e Amorim (2002), a construção civil tem seus ganhos de produtividade geralmente atrelados à intensidade de trabalho, de maneira que existe um maior foco das empresas em aspectos organizacionais e de gestão, o que justifica o baixo empenho em desenvolvimento de produtos e tecnologia, restringindo as inovações tecnológicas à substituição pontual de equipamentos e materiais. Características como a dispersão espacial dos empreendimentos, incorporação de mão de obra pouco qualificada e o longo período de construção de um único produto, atuam como um conjunto de fatores condutores para um relativo imobilismo no setor quanto à introdução de inovações e componentes industrializados aos produtos (MARTUCCI, FABRICIO, 1998).

Para Tzortzopoulos (1999) e Fabricio (2009), o processo de desenvolvimento de produto na construção civil tem grande influência sobre os demais processos da empresa e sobre a qualidade do produto final. Entretanto, este apresenta uma série de deficiências que repercutem negativamente na qualidade dos produtos gerados e na eficiência e eficácia da construção. Barros e Araújo (2014) afirmam que, durante as últimas duas décadas, gastou-se muita energia na busca de se implantar a cultura de racionalização construtiva mas, mesmo assim, o sistema de produção do setor continua a apresentar vícios, desperdícios, baixa qualidade e ineficiência construtiva.

Picchi (1993) afirma que o baixo custo dos projetos em relação ao restante do empreendimento acaba por deixar em segundo plano o desenvolvimento e a estruturação de processos para esta etapa. Barros (1996) reassalta que os problemas para industrialização da construção tem início na concepção do projeto que dificilmente incorporam as inovações tecnológicas e informações adequadas para produção. As empresas construtoras têm dificuldade em integrar todos os agentes (empreendedores, projetistas, fornecedores e subcontratados) que são influenciadores de um desenvolvimento de produto para construção (BARROS, 1996).

Além dos fatores já apresentados, as dificuldades no desenvolvimento de soluções para construção civil são agravadas pela baixa aproximação entre empresas e universidades como possibilidade de fonte desenvolvedora. Franco (1992) já declarava a importância na formação de parcerias entre a Universidade e a empresa construtora para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa aplicada, de maneira que a sociedade possa se desenvolver e sentir a contribuição proporcionada pela Universidade. Formoso (2002) corrobora com a proposição de Franco, uma vez que afirma que o sucesso das inovações tecnológicas depende fortemente de uma atuação conjunta entre organizações privadas e instituições de ensino e pesquisa.

Para Yin (2001) é fundamental, no método científico, a definição do problema da pesquisa, já que este é o direcionador do pesquisador na busca por uma solução. Nesta dissertação, o problema está centrado nas dificuldades enfrentadas pelas organizações brasileiras da construção habitacional em industrializar seus métodos e processos construtivos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O contexto apresentado no item anterior, caracterizado pela mudança acelerada, o crescimento da concorrência, o aumento das

exigências técnicas das regulações e um consumidor que apresenta a cada dia um nível superior de instrução e exigência, são justificativas para a busca das organizações por melhorias em seus processos. As empresas engajam-se em inovações em busca de objetivos diversos, que podem abranger produtos, mercados, eficiência, qualidade ou redução de custos, a fim de manter sua competitividade no mercado (MARTINS; BARROS, 1995).

Formoso (2002) afirma que, as inovações relacionadas a tecnologias de produtos, processos e sistemas construtivos têm a importante função de colaborar para melhorar o desempenho da construção civil, podendo gerar mudanças substanciais nos processos de produção, reduzindo custos e prazos e proporcionando o aumento da confiabilidade no cumprimento dos mesmos.

De acordo com a FIESP (2015), processos construtivos industrializados podem oferecer melhores condições de controle do desempenho ambiental com a redução da geração de resíduos, consumo de água e emissão de CO₂, de maneira a agregar valor ao produto, aliando questões do âmbito técnico-econômico à sustentabilidade.

Sabbatini (1989), em sua tese, afirma que incrementar a produtividade e evoluir tecnologicamente no segmento de construção de edifícios são ações dependentes do desenvolvimento dos meios de produção através da criação de novos métodos, processos e sistemas construtivos e do aperfeiçoamento dos já existentes.

Barros (1996) concorda com o exposto por Sabbatini mas ressalta que a necessidade da existência e a disponibilidade de uma tecnologia construtiva por si só, racionalizada ou inovadora, não assegura a melhoria do processo de produção ou o incremento da qualidade de um produto. Em busca de minimizar as dificuldades na implantação de soluções tecnológicas no processo de produção, deve-se conciliar esforços na introdução de mudanças no processo construtivo tradicional com a organização e os processos de gestão existentes nas empresas, possibilitando que essa evolução possa ser inserida de maneira adequada e contínua (BARROS; SABBATINI; 2003).

Para Saffaro, Santos e Heineck (2004), as próprias características do segmento exigem uma série de ações para fomentar o processo de inovação tecnológica como: alterações radicais na gestão e no processo de produção; trabalho de longo prazo de disseminação da tecnologia dentro da organização; participação ativa da alta direção para influenciar o processo de gestão; integração de atividades internas e externas a empresa e uma mudança cultural a fim de manter as alterações introduzidas. Para que as inovações tecnológicas sejam inseridas com

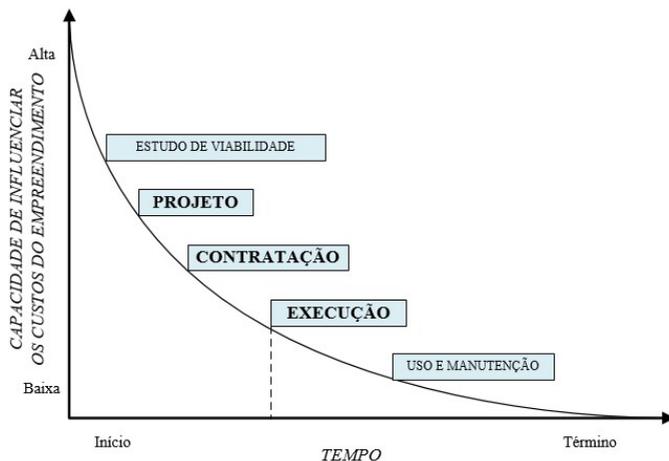
sucesso dentro de uma organização, é necessário que exista sintonia entre o planejamento estratégico, tático e operacional, além do envolvimento dos diversos agentes inseridos no contexto empresarial (FRANCO, 1992; SCARDOELLI, 1995; BARROS 1996).

A inovação nas indústrias de baixa e média tecnologia recebe com frequência menor atenção se comparadas a indústrias de alta tecnologia (OCDE, 2004). As particularidades do segmento da construção habitacional deixam este processo ainda mais complexo. Baxter (2003) afirma que a taxa de sucesso em um novo produto é muito baixa, marcada por altos riscos e graus de incerteza, justificando a importância de se estudar o desenvolvimento de produtos, uma vez que este sucesso decorre, em grande parte, deste processo bem estruturado.

Jugend (2006) afirma que, através de uma gestão bem estruturada do processo de desenvolvimento de novos produtos, pode-se atingir maior capacidade de diversificação dos produtos, maior potencial para a transformação de novas tecnologias em novos produtos, melhores parcerias, menores custos e menor tempo para o desenvolvimento de novos produtos, de forma a promover uma significativa vantagem competitiva nas organizações que possuem uma gestão eficaz deste processo.

As fases iniciais do processo de projeto (estudos preliminares, anteprojeto e projeto) exercem grande influência na qualidade e construtibilidade do produto e do processo construtivo. Nesta fase inicial do processo, são definidos os itens que impactam de maneira mais significativa nos custos (Figura 1), na velocidade de execução do empreendimento e na qualidade do produto, além de ser a fase em que existe maior potencial para implantação de inovações (FRANCO, 1992; MELHADO, 1994).

Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.



Fonte: CII apud Melhado (1994).

Considerando que os conceitos da construção industrializada possuem arranjos diferenciados em relação à construção convencional, é necessário que sejam revistos os aspectos relacionados à integração das decisões e à antecipação das mesmas, uma vez que a definição de uma nova tecnologia antecede a etapa de projetos técnicos e dá uma maior ênfase em questões como planejamento, monitoramento e contratação de serviços em relação a processos construtivos convencionais (ROSSO 1990; FIESP, 2015).

Incorporar inovações tecnológicas aos produtos da construção traz impactos na maneira de se projetar, produzir e gerenciar um empreendimento. O desenvolvimento de produto da construção civil é um processo que conta com a participação de diversos agentes internos e externos ao processo. Estes precisam estar em sinergia e envolvidos aos processos de execução e gerenciamento para que exista uma melhoria contínua nos produtos do segmento. Desvincular estes agentes do processo como um todo é um erro cometido por diversas empresas que torna a implantação de inovações muito mais complexa.

A restrição de referenciais bibliográficos com aplicações práticas, em que seja apresentada a sequência de atividades necessárias para o desenvolvimento de processos construtivos industrializados, pode ser justificada pelo longo período necessário para acompanhar um processo completo de desenvolvimento de produto na construção civil, que inclui

as fases de concepção, produção e operação, limitando muitos autores a desenvolver pesquisas aplicadas. A multidisciplinaridade em que o autor precisa estar envolvido, oscilando entre os ambientes corporativos e de produção e a constante interação com os diversos setores existentes na organização também são fatores que incrementam esta complexidade.

Em momentos em que a economia está aquecida, o foco das empresas acaba por não ser o desenvolvimento de produto e, no cenário oposto, a falta de recursos econômicos torna-se uma barreira para o desenvolvimento do segmento. O baixo número de estudos com casos de sucesso e insucesso na implantação, bem como a falta de uso de metodologias específicas aplicadas na construção civil, condicionam a uma falta de embasamento teórico e técnico para as empresas da construção no momento de inovar. Estudos com esta finalidade podem servir como exemplos reais para que as corporações organizem seu planejamento estratégico e entendam o momento em que se deve investir em esforços para o desenvolvimento de processos e sistemas construtivos.

Com base nos itens apresentados e apoiado pela literatura específica sobre o assunto, esta pesquisa pretende elucidar os pontos em que existem barreiras ou limitações para implantação de novas tecnologias, utilizando dados coletados ao longo de dois anos de desenvolvimento. Assim, espera-se que a pesquisa seja de valia para a sociedade como forma de identificar quais os esforços necessários na busca por incorporar tecnologias e processos mais eficientes e eficazes na construção civil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar os impactos gerados no desenvolvimento de um processo construtivo industrializado em alvenaria estrutural.

1.3.2 Objetivos específicos

Para que seja possível atingir o objetivo geral, é necessário que se atinjam os seguintes objetivos específicos:

- a) Diagnosticar a situação atual do processo construtivo em alvenaria estrutural e os pontos em que existe potencial de ganho no produto;

- b) mapear o processo de desenvolvimento de produtos e o processo de projeto na empresa em estudo;
- c) identificar as etapas adicionadas aos processos para utilização de elementos industrializados;
- d) mensurar os benefícios da inserção das inovações e dos elementos industrializados através de comparação com outros produtos da empresa que não passaram pelo mesmo processo;
- e) acompanhar a produção e verificar a aceitação e funcionalidade das soluções propostas com a finalidade de retroalimentar a documentação técnica;
- f) avaliar a metodologia para desenvolvimento de produtos utilizada pela empresa.

1.4 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão desta pesquisa é: quais são os impactos para se desenvolver um processos construtivo industrializado em alvenaria estrutural?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo é composto por uma revisão bibliográfica e um estudo de caso realizado em uma construtora localizada no estado de Santa Catarina entre março de 2014 e agosto de 2016. Os termos relacionados à industrialização e racionalização construtiva estão presentes no decorrer de todo o documento. De qualquer forma, não será escopo desta pesquisa abordar detalhadamente os termos citados no referencial teórico, uma vez que as definições elencadas serão apresentadas como base para o perfeito entendimento da fase de aplicação da pesquisa, sendo esta considerada a de maior relevância no estudo em questão.

Um dos objetivos desta pesquisa é realizar uma análise do processo de desenvolvimento de produto utilizado na empresa. O autor deste documento participou ativamente de todo o processo de desenvolvimento de produto, entretanto, não houve interferência no fluxo de informações. Portanto, a análise restringe-se à identificação das mudanças ocorridas em relação ao processo tradicional e as dificuldades enfrentadas nesta nova estruturação, uma vez que não se teve oportunidade de interferir no fluxo de informações durante a realização do processo.

O uso da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) proporciona modificações significativas nos fluxos de desenvolvimento de produto e no processo de projeto. Tal metodologia não foi considerada, uma vez que, durante o desenvolvimento desta pesquisa, estava em fase de implantação na organização e não foi utilizada no produto em estudo. De qualquer forma, é de valia estudar o uso da metodologia atual, de maneira a identificar as dificuldades inerentes ao processo convencional para que seja possível solucionar tais adversidades no processo.

As pesquisas sobre inovação podem oferecer resultados quantitativos e qualitativos. Entretanto, a coleta de dados quantitativos para análise da viabilidade de um sistema ou processo construtivo inovador apresenta uma série de particularidades, de forma que se faz necessária uma combinação entre fatores técnicos, temporais, organizacionais e econômicos do processo. Os dados relacionados aos custos para implantação desta tecnologia não puderam ser acessados. Desta forma, a viabilidade econômica não fará parte do escopo de análise desta pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA

A presente pesquisa foi segmentada em cinco capítulos, sendo este capítulo introdutório o primeiro deles. No capítulo 2, tem-se o desenvolvimento da revisão bibliográfica, em que são apresentadas as definições dos conceitos que serão abordados neste estudo, embasados em documentos de referência publicados por notáveis pesquisadores do tema, caracterizando uma fase exploratória. Além de publicações físicas, foram consultados arquivos digitais publicados pelos portais Science Direct, CAPES, Scielo e Infohab. Teses e dissertações arquivadas nos repositórios de diversas universidades relevantes também foram fonte da pesquisa.

Na sequência, são apresentados os conceitos relacionados à inovação tecnológica e à dinâmica temporal destes processos. Por fim, discorre-se sobre o processo de desenvolvimento de produto e o processo de projeto na construção civil, em que são apresentados conceitos, agentes e fluxos de trabalho. O estudo e definição destes conceitos, bem como a apresentação dos fluxos de trabalho, tem como finalidade permitir o perfeito entendimento da fase de aplicação e auxiliar no desenvolvimento de questões e objetivos da pesquisa.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada na pesquisa, em que estão descritas detalhadamente todas as etapas realizadas ao longo

do desenvolvimento. Esta etapa foi segmentada em três fases de desenvolvimento. A primeira delas, intitulada de Etapa Preparatória, consiste no diagnóstico do produto em que serão realizadas as intervenções, bem como a apresentação e caracterização do processo de desenvolvimento de produto na empresa em estudo.

Na sequência, a Etapa de Desenvolvimento abrange a síntese de todas as atividades necessárias para se obter um produto com elementos industrializados. Nesta etapa, são apresentadas as ações necessárias para criação deste produto. Isto envolve o desenvolvimento de projetos, planos de execução, procedimentos operacionais e planos de uso de equipamentos de construção.

Por fim, na etapa intitulada de Etapa de Aplicação, ocorre o acompanhamento participativo do autor na execução do produto. Nesta etapa, foram coletados dados referentes à implantação da tecnologia em obra através de documentos de apoio criados para controle da produção, em que foram utilizadas planilhas de controle de serviço, além de imagens gravadas por câmeras de monitoramento instaladas em campo, que permitiram acompanhar a evolução do ciclo construtivo diariamente.

No capítulo 4, são apresentadas análises a partir dos dados coletados na etapa anterior, em que são avaliados os impactos inerentes à implantação do processo construtivo relacionado-os com o produto, processo e a metodologia da organização. Também foram realizadas análises parciais no decorrer da implantação do processo de construção que permitiram identificar inconsistências no processo e retroalimentar o produto ainda nesta fase. Esta condição permitiu que o processo construtivo fosse adequado no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, servindo como um legado deste estudo para a organização.

No capítulo 5 são apresentadas a conclusão da pesquisa com base nas análises realizadas e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está dividida em duas partes. Na primeira delas, são apresentadas as definições de industrialização da construção, racionalização construtiva, construtibilidade e qualidade, conceitos estes que serão frequentemente utilizados na fase de aplicação desta pesquisa. Na segunda parte do capítulo, discorre-se sobre o desenvolvimento de produto e o processo de projeto na construção civil, bem como são apresentados os fluxos, agentes e influenciadores destes processos propostos por pesquisadores e associações da área.

2.1 CONCEITOS INICIAIS

No decorrer desta pesquisa, serão constantemente utilizados termos como técnica, método, processo e sistema construtivo, que servem como base para o entendimento das aplicações realizadas no desenvolvimento deste trabalho. Assim, inicia-se a revisão bibliográfica com a designação destes termos, visto que o entendimento destes conceitos não são consenso no meio técnico. Sabbatini (1989), em sua tese, faz uso de tais termos e apresenta definições que se adequam com o propósito desta pesquisa, de forma que o autor será utilizado como referência principal nesta etapa de conceituação.

2.1.1 Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo

Para Sabbatini (1989), o conceito de técnica construtiva corresponde ao conjunto de procedimentos utilizados para a produção de uma parte da edificação. Tal conceito não deixa implícito nenhuma noção de sequência, organização ou precedência. Assim, pode-se exemplificar este termo associando-o a aplicação de argamassa para elevar uma parede de alvenaria.

Ainda, para Sabbatini (1989), o termo método construtivo está associado ao conjunto de técnicas construtivas específicas, interdependentes e ordenadas e que se inter-relacionam, empregadas na construção de um subsistema ou elemento da edificação. Para esclarecer este conceito, pode-se associá-lo na alvenaria estrutural ao agrupamento de ações organizadas que passam pela aplicação de argamassa, assentamento do bloco, posicionamento de armações e grauteamento.

O termo processo construtivo pode ser definido como:

"um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo

construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício (SABBATINI, 1989, p. 26).

Franco (1992), ao utilizar das definições de Sabbatini (1989) em sua tese, relaciona os termos métodos e processos construtivos como conceitos que possuem a ideia de organização e sequência operacional, de maneira que, a diferenciação entre os termos está no objetivo da aplicação, uma vez que um refere-se a um subsistema e outro ao edifício como um todo.

Por fim, Sabbatini (1989) designa o conceito de sistema construtivo, como sendo um processo construtivo de superior complexidade, bem definido e com níveis de industrialização elevados. Um sistema deve ser entendido como um conjunto de partes coordenadas que estão inter-relacionadas e integradas pelo processo construtivo.

Por meio destas definições é perceptível que os conceitos apresentados estão relacionados entre si e aumentam gradativamente em nível de complexidade.

2.1.2 Construtibilidade

De acordo com Oliveira (1994), o conceito de construtibilidade surgiu no Reino Unido (*buildability*) e nos Estados Unidos (*constructability*) na década de 80, em que era entendido como a habilidade ou facilidade de um edifício em ser construído. Tal conceito surge em detrimento à complexidade dos projetos de construção e à desvinculação entre as empresas nas atividades de concepção, projeto e construção, gerando uma necessidade de reprojetar antes da execução ou de forma a acarretar em falhas executivas e baixo desempenho econômico (NIELSEN; HANSEN; AAGAARD, 2009).

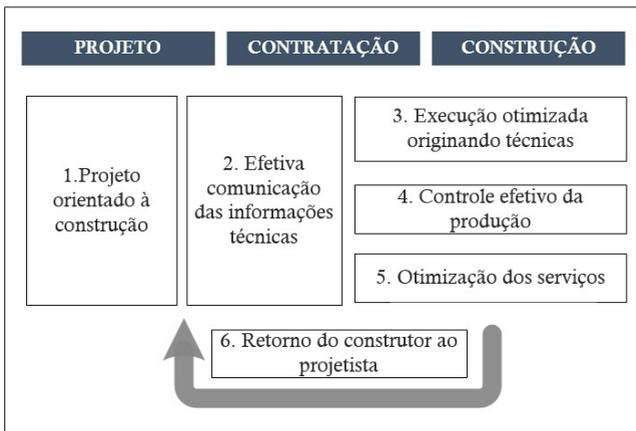
Para o *Construction Industry Institute* (CII, 1987 apud Franco e Agopyan 1993), entidade norte americana que associa diversas empresas da construção civil, a definição de construtibilidade tem uma amplitude maior, podendo ser caracterizada como uma forma otimizada de utilizar o conhecimento relacionando as técnicas construtivas e as áreas de planejamento, projeto, contratação e operação em busca dos objetivos globais do empreendimento.

Glavinich (1995) define a construtibilidade como um conceito qualitativo que se refere à facilidade com que as entradas do processo de construção (mão de obra, equipamentos de produção, ferramentas e

materiais) podem ser agrupadas por um construtor para concluir um projeto de maneira econômica. Ainda, para o mesmo autor, tal conceito é subjetivo e difícil de se medir. Entretanto, pode-se associá-lo diretamente à eficiência e à competitividade de uma corporação.

Franco (1992), tendo como base pesquisas realizadas por O'Connor e Tucker (1986), compactua de que o conceito de construtibilidade apresentado pelo CII (1987) pode ser melhor assimilado com base em ações classificadas em seis categorias distintas, sendo elas: orientação do projeto à produção; comunicação efetiva das informações técnicas; otimização da construção; recursos efetivos de gerenciamento e normalização; melhoria dos serviços de subempreiteiros e retorno do construtor ao projetista. A relação entre estas ações pode ser melhor entendida ao analisar a Figura 2.

Figura 2 - Contexto de classificação das ações de implementação da construtibilidade.



Fonte: O'Connor e Tucker (1986) apud Franco (1992).

Sabattini (1989) concorda com o apresentado na Figura 2, uma vez que afirma que a construtibilidade pode ser utilizada como alavanca para atingimento de um grau superior em racionalização construtiva através da preconização da total integração entre projeto e construção, formando um canal de retroalimentação entre essas duas fases, de maneira que se priorize as necessidades construtivas e se racionalize as decisões de projeto. Ainda, para o mesmo autor, um segundo aspecto que colabora com tal situação é a adoção de uma visão global do processo de construção, promovendo a soma de esforços entre

planejadores, projetistas, construtores, gerenciadores e proprietários em torno de um objetivo comum.

Saffaro, Santos e Heineck (2004), também com base na obra de O'Connor e Tucker (1986), detalham as ações inseridas em cada uma das seis categorias apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Categorias e exemplos de melhoria da construtibilidade.

| Denominação da Categoria | Descrição/Exemplo da Categoria |
|--|--|
| 1. Projeto voltado para a construção | |
| Técnica de construção originada do projeto | Pré-fabricação apoiada pelo projeto, conexões aparafusadas versus soldadas. |
| Simplificação da configuração/combinção de elementos | Identificação de detalhes complexos. |
| Padronização/repetição de elementos | Padronização de dimensões, tipos de materiais, detalhes construtivos. |
| Flexibilidade/adaptabilidade dos elementos | Identificação de necessidades de tolerância dimensionais ou capacidade para ajuste em canteiro. |
| Acessibilidade proporcionada pelo projeto | Identificação de espaços confortáveis, permitindo acesso de trabalhadores, equipamentos, materiais. |
| 2. Comunicação efetiva de informações relativas à construção | |
| Disponibilidade de informações | Melhorias nas informações relativas a tempo, conteúdo e precisão. |
| Compreensão das informações | Melhorias na clareza, forma e método de apresentação da informação; uso de modelos. |
| 3. Otimização das técnicas de construção | |
| Melhorias das técnicas e sequência de execução | Modificações de tempo para execução, sequências. |
| Melhorias no uso de materiais | Utilização de materiais reciclados, substituição para materiais de menor custo e melhor desempenho. |
| Melhorias no uso de equipamentos | Desenvolvimento de novos equipamentos, tecnologia avançada em equipamentos e ferramentas. |
| 4. Gerenciamento efetivo de recursos | |
| Mão de obra | Melhorias nas atribuições dos trabalhadores e definição do trabalho, detecção de necessidade de treinamento. |
| Materiais de construção | Melhorias na armazenagem e distribuição dos materiais. |
| Equipamento | Melhorias na armazenagem, manuseio e gerenciamento dos equipamentos. |
| Custo/Programação/Qualidade | Melhorias na produção e comunicação de informações gerenciais no canteiro. |
| 5. Melhorias dos serviços prestados por fornecedores e subcontratados | |
| Identificação de materiais e transporte (contrato) | Melhorias na identificação e acondicionamento de materiais. |
| Melhorias na atribuição de responsabilidades | Modificações significativas na definição do trabalho. |
| 6. Feedback do canteiro para o projeto | |
| | Comunicação entre pessoal de canteiro e projetistas. |

Fonte: O'Connor e Tucker (1986) apud Saffaro, Santos e Heineck (2004).

Já como referência nacional, pode-se citar Oliveira (1994) que apresenta cinco categorias de fatores que afetam a construtibilidade, sendo eles: a simplificação do projeto; a padronização; a sequência executiva e interdependência entre atividades; a acessibilidade e espaços adequados para o trabalho e a comunicação projetos/obra.

Com base nestes diferentes referenciais, é perceptível que o conceito de construtibilidade é amplo e as formas de conduzir estas medidas dentro do processo para desenvolvimento de um produto são inúmeras. Desta forma, nesta pesquisa, far-se-á uso deste conceito para identificar os pontos no processo de desenvolvimento de produto em que houve ganhos relacionados ao aumento da construtibilidade.

2.1.3 *Qualidade*

Desde a década de 30, em que a discussão dos conceitos básicos da qualidade se deu início por Walter Shewhart com sua publicação *Economic Control of Quality of Manufactured Products* (1931), o termo vem sendo estudado por diversos pesquisadores. Nesta lista, estão grandes nomes como Juran (1951), Ishikawa (1976), Tagushi (1986), e Garvin (1988). Mesmo com o conceito de qualidade sendo muito abordado ao longo dos anos, não existe uma definição única para tal termo. Picchi (1993) afirma que o conceito de qualidade é dinâmico e variável, o que pode ser confirmado ao se estudar a evolução do conceito com o decorrer dos anos. Deming (1990) afirma que o conceito de qualidade pode ser definido como tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente, sendo este o único capaz de precisar a qualidade de um produto. O significado de qualidade é dinâmico e evolui na mesma proporção que as necessidades dos clientes.

Para Juran (1998), dos diversos conceitos existentes para o termo qualidade, duas vertentes são de importância fundamental. A primeira delas tem enfoque na satisfação do cliente. Neste sentido, o significado de qualidade é orientado para resultados e está associado a um acréscimo de custos no produto. A segunda delas está vinculada à ausência de deficiências, conseqüentemente à ausência erros e à inexistência de retrabalho. Neste caso, o significado de qualidade está associado a uma redução de custos.

De acordo com Garvin (2002), é possível identificar cinco abordagens diferentes para qualidade:

- a) transcendental: a qualidade é sinônimo de excelência inata e é absoluta e universalmente reconhecível;

- b) baseada no produto: a qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos atributos do produto;
- c) baseada no usuário: a qualidade é uma variável subjetiva. Produtos de melhor qualidade atendem melhor os desejos dos consumidores;
- d) baseada na produção: qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado;
- e) baseada no valor: abordagem de difícil aplicação, pois abrange conceitos distintos como excelência e valor.

Cada categoria é estanque e distinta, entretanto, pode existir uma inter-relação entre conceitos. Garvin (2002) ainda identifica oito dimensões ou categorias de qualidade:

- a) desempenho: refere-se às características básicas de um produto. Está implícito nesta dimensão a capacidade de um produto ser efetivo;
- b) características: são as especificações do produto. Existem também as características secundárias, que suplementam o funcionamento do produto;
- c) confiabilidade: reflete a probabilidade de funcionamento não conforme do produto;
- d) conformidade: reflete o grau em que um projeto e as características de um produto estão de acordo com padrões pré-estabelecidos.
- e) durabilidade: tempo pelo qual o produto mantém suas características em condições de utilização;
- f) atendimento: rapidez no atendimento, competência, cortesia e facilidade de ter um problema solucionado;
- g) estética: é a aparência de um produto e a sensação gerada por ele;
- h) qualidade percebida: reflexo da imagem construída de um produto a partir do atendimento as demais dimensões.

A partir de 1994, quando foi publicada a norma NBR ISO 8402:1994 - Gestão da qualidade e garantia da qualidade - terminologia, a gestão da qualidade passou a ser abordada com maior frequência em território nacional. No setor da construção civil, a criação do Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade do Habitat (PBQP-H) no ano de 1998 criou um estímulo para o envolvimento do setor na aplicação da normativa.

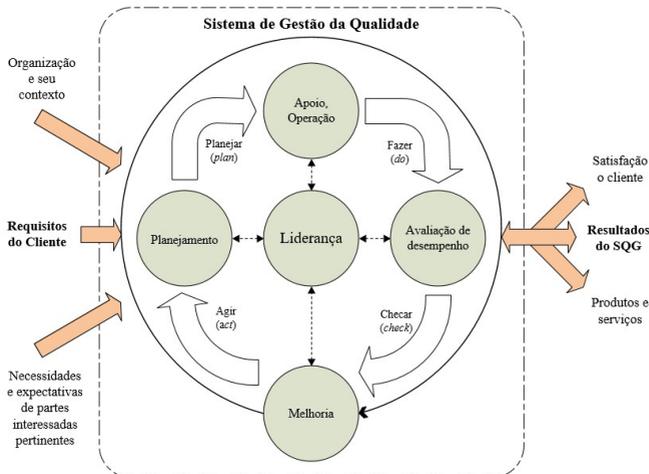
A versão atual do conjunto de normativas referentes aos conceitos e gestão da qualidade, publica uma abordagem que tem como finalidade incentivar as organizações a analisar os requisitos dos

produtos, definir atividades e processos que contribuam para obtenção de um produto com função e desempenho aceitável e que seja possível manter tais processos sob controle, de maneira a satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes e atender aos requisitos estipulados pela organização (ISO 9000, 2015; ISO 9001, 2015).

A adoção de um sistema de gestão de qualidade é uma decisão estratégica para uma corporação aumentar seu desempenho e para a formação de uma estrutura para melhoria contínua, através de atividades de auditoria, análise de dados, gestão e análises críticas que conduzem a ações de correção ou prevenção (ISO 9000, 2015).

Um dos métodos para melhoria contínua mais utilizados em todo o mundo é a utilização do Ciclo PDCA (Figura 3), do inglês *Plan, Do, Check, Act*, também conhecido como Ciclo de Deming. Tal método foi desenvolvido na década de 30 pelo americano Shewhart, tornando-se mundial após a aplicação de Deming dos conceitos de qualidade no Japão na década de 50.

Figura 3 - Representação do ciclo PDCA.



Fonte: NBR ISO 9001 (2015).

2.1.4 Racionalização

As definições apresentadas para racionalização acabam convergindo para um mesmo objetivo que está associado com o léxico do termo, em que a diminuição de desperdícios e aproveitamento

máximo dos recursos disponíveis acabam por aparecer nas conceituações de diversos autores. Mesmo com esta convergência de pensamentos, Franco (1992) afirma que divergências nas interpretações relacionadas à abrangência do conceito são comuns, em que muitas vezes o conceito é limitado à fase de construção de um empreendimento. Em um contexto amplificado, a racionalização abrangeria uma mudança em todo o setor da construção civil, dependendo de ações institucionais para normalização e padronização de todo o setor.

Para Rosso (1980), o conceito de racionalização está associado à ação contra desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos por intermédio da aplicação de um raciocínio sistemático, lógico e resolutivo e através de um conjunto de ações que visam substituir práticas convencionais por recursos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade das decisões.

Barros (1996, p. 30), ao abordar o conceito de racionalização, destaca que “pode-se entender a racionalização como o esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, o esforço para se buscar a solução ótima para os problemas da construção”.

Estas divergências em relação à amplitude do termo racionalização já haviam estimulado Sabbatini (1989) a segmentar o conceito em racionalização da construção e racionalização construtiva. Desta forma, racionalização da construção (referida ao setor da construção como um todo) pode ser definida como:

“o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso de recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade socioeconômica própria” (SABBATINI, 1989, p.53).

Esta abrangência no contexto da racionalização da construção é que torna o processo extremamente complexo, uma vez que se tem atuação em diversos campos do setor como na formação de recursos humanos, nas indústrias de materiais de construção e de equipamentos, nas legislações e normativas e nos processos e sistemas construtivos (SABBATINI, 1989).

Para Costa e Franco (1996), os princípios de racionalização construtiva devem ser aplicados às técnicas e métodos construtivos em busca de um resultado superior no desenvolvimento de um produto. Para tal, a racionalização deve ser aplicada no momento de desenvolvimento

dos projetos, incorporando princípios de construtibilidade que permitam soluções adequadas à execução.

O conceito que se aplicará nesta pesquisa terá sua aplicação relacionada ao processo de desenvolvimento de produto e conseqüentemente às técnicas, métodos, processos e sistemas construtivos. Portanto, será utilizada a abordagem mais restritiva proposta por Sabbatini (1989), que define a racionalização construtiva como uma ferramenta da industrialização sendo:

" um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases" (SABBATINI, 1989, p.54).

Franco (1992) afirma que a racionalização construtiva não pode ser encarada como uma melhoria pontual em um processo ou procedimento construtivo e sim de uma forma que haja abrangência em todas as fases de concepção de um produto, sendo uma mudança de postura na forma de trabalho.

Franco (1992) e Barros (1996) concordam com a afirmativa de Rosso (1980), quando este expõe que as ações de racionalização devem ser integradas ao processo de concepção de um empreendimento e que ações pontuais aplicadas de maneira isolada são "fadadas ao insucesso".

2.1.5 Industrialização da construção

O conceito de industrialização da construção abrange diversos aspectos. Bruna (1976) e Girmscheid (2005) associam a industrialização da construção com a eliminação do seu caráter artesanal, reduzindo a dependência da mão de obra por meio de mecanização ou automação das atividades de produção. Uma segunda vertente está na utilização de elementos pré-fabricados, transferindo as atividades mais complexas do canteiro para o ambiente fabril e compondo a produção de edifícios em duas etapas: fabricação e montagem (GIRMSCHIED, 2005; BARROS e ARAÚJO, 2014).

A industrialização da construção vai se tornar cada vez mais direcionada às necessidades do cliente. Sistemas para tecnologias adaptáveis irão mesclar os melhores aspectos de industrialização e automação com aspectos da fabricação tradicional. É necessário, no entanto, que qualquer abordagem que visa criar estruturas industriais na construção se estenda muito além de modificações em tecnologias

construtivas e conduza à reengenharia de processos, abrangendo aspectos organizacionais e de racionalização da construção (BRUNA 1976; SABBATINI, 1989; GIRMSCHEID 2005).

Na mesma vertente de flexibilização da industrialização, dando ênfase ao desenvolvimento conjunto de processos e operações, cita-se o conceito de industrialização definido por Alistair Gibb da Universidade de Loughborough e assumido pelo o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction - CIB* (2010), através do TG 57 (Task Group 57), como:

"uma mudança de pensamento e prática para melhorar a produção da construção para produzir uma alta qualidade, personalizar o ambiente construído através de um processo integrado, otimizando a padronização, organização, custo e valor associada a mecanização e automação" (GIBB apud GIRMSCHEID; SCHEUBLIN 2010, p. 8).

A definição apresentada por Sabbatini (1989) se enquadra nos moldes do que será apresentado nesta pesquisa:

"um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e de implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva" (SABBATINI, 1989, p.52).

A industrialização da construção proporciona a integração dos processos de produção, cooperação no desenvolvimento do projeto do produto, projetos orientados à produção, racionalização, sistematização e padronização dos trabalhos e equipamentos, utilização de elementos pré-fabricados, maior mecanização e automação de processos remanescentes nos canteiros, proteção climática da produção, uso de equipamentos e ferramentas especializados, maior controle de qualidade, melhora na negociação de matéria prima devido ao planejamento e aquisição de grandes volumes, menor desperdício de materiais e redução de problemas patológicos (FRANCO, 1992; GIRMSCHEID, 2010).

Os conceito de racionalização e industrialização são correlatos, tanto com relação aos objetivos quanto na forma de implementação, de forma que as ações de organização utilizadas na industrialização podem ser consideradas como "medidas de racionalização". A diferenciação entre os dois termos pode ser elucidada através de uma análise na forma

de produção. A racionalização pode ser encarada como uma otimização de um processo existente, enquanto a industrialização é marcada pela alteração na forma de produção de maneira mais impactante (FRANCO, 1992).

2.2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O conceito de inovação tecnológica evoluiu com o passar dos anos. Assim, no decorrer dos próximos itens, será apresentada a evolução deste conceito e como ele se aplica à construção civil. Serão apresentados também os níveis que uma inovação pode abranger e a dinâmica temporal do processo de inovar.

2.2.1 O conceito de inovação

O estudo da inovação tecnológica é tratado na indústria seriada desde o início do século XX, em que se destaca o trabalho de Joseph Schumpeter. Para Schumpeter (1961), a inovação é a responsável por manter o capitalismo em movimento, uma vez que desestabiliza o equilíbrio do mercado, um processo por ele denominado "destruição criadora".

É importante delinear-se o conceito de inovação visto as divergências que ocorrem em relação ao entendimento do termo. Existe uma distinção clara entre os termos inovação e invenção. O conceito de inovação remete ao conceito de melhoria contínua, uma vez que incorpora novas ideias em processos e produtos e se transforma em um resultado econômico. Já o conceito de invenção está associado à descoberta de novas tecnologias, patentes e fórmulas, que podem levar a avanços maiores, entretanto, não tem influência econômica imediata (ROBERT, 1995).

Para Merdith e Shafer (2002), uma inovação pode ser um produto ou processo patentado, um rearranjo dos elementos existentes, que cria um produto ou processo diferente ou algum serviço que não estava disponível anteriormente.

A referência conceitual e metodológica mais utilizada para analisar o processo de inovação é o Manual de Oslo (OCDE, 2004). Devido à sua importância no contexto mundial socioeconômico e político, a definição contida no documento é utilizada como referência para inovação tecnológica nesta pesquisa:

“Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente

melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.” (OCDE, 2004, p.45).

O Manual de Oslo - OCDE (2004, p.23) apresenta como atividades de inovação "as etapas científicas, tecnológicas, financeiras e comerciais que conduzem ou visam conduzir à implementação de inovações", sendo que o requisito mínimo para definir uma inovação é que o produto, processo, método de marketing ou organizacional sejam novos para a empresa, não necessariamente sendo necessário ser pioneiro no desenvolvimento. Todas estas atividades tem como objetivo principal incrementar o desempenho da organização.

Processos de inovação variam muito de setor para setor sendo influenciados pelas características intrínsecas do segmento, com diferentes taxas de mudança, acesso à informação e estruturas organizacionais. Diversos autores compactuam da opinião de que as particularidades do segmento da construção condicionam a necessidade de uma análise particular sobre o termo. Desta forma, nesta pesquisa far-se-á uso da definição proposta por Sabbatini (1989), que caracteriza inovação tecnológica no processo de produção de edifícios como:

“Um novo produto, método, processo ou sistema construtivo introduzido no mercado, constitui-se em uma INOVAÇÃO TECNOLÓGICA na construção de edifícios quando incorporar uma nova ideia e representar um sensível avanço na tecnologia existente em termos de: desempenho, qualidade ou custo do edifício, ou de uma de suas partes.”(SABBATINI, 1989, p.45).

Amorim (1995) afirma que, para o mercado, algo novo é o que incorpora ao usuário uma qualidade ou uso diferenciado dos modelos preexistentes. Este tipo de percepção geralmente está associada a inovações implementadas no produto. Entretanto, não se descarta a possibilidade desta inovação estar associada a uma mudança no processo produtivo ou uma substituição nos insumos de produção.

2.2.2 Tipos de inovação

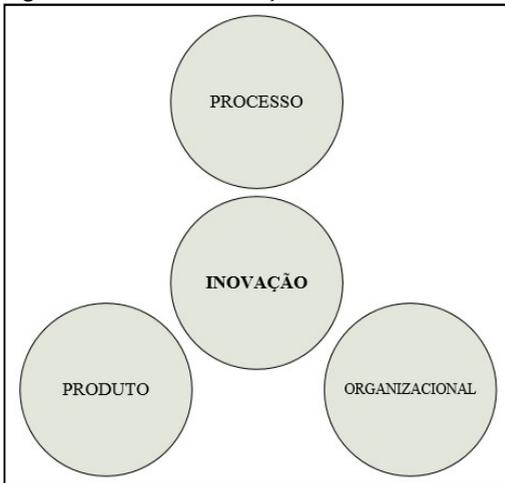
Na terceira edição do Manual de Oslo - OCDE (2004), foram adicionadas questões relacionadas às inovações não tecnológicas. O escopo do que é uma inovação foi agora ampliado para incluir dois novos tipos: inovação de marketing e inovação organizacional. Desta

forma, a classificação tornou-se mais abrangente sendo segmentada em quatro níveis de inovações possíveis:

- a) inovação tecnológica de produto: é o desenvolvimento de um produto com características de desempenho aprimoradas de modo a fornecer ao consumidor funcionalidades novas ou aprimoradas;
- b) inovação de processo: é a implantação de métodos ou processos de produção novos ou significativamente incrementados. Neste item, estão inclusos melhorias em técnicas, recursos humanos, equipamentos, softwares ou uma combinação destes;
- c) inovação organizacional: é a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização de seu local de trabalho ou em relações externas;
- d) inovação de marketing: é a implementação de um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto ou na fixação de preços.

De acordo com Amorim (1995), na construção civil, podem ser identificados três níveis de inovação que estão segmentados a nível de produto, processos de produção e organização da estrutura de produção (Figura 4). Embora o terceiro nível esteja inter-relacionado ao segundo, ele tem características exclusivas que o diferenciam quanto aos meios e insumos da produção. Tal distinção pode ser exemplificada ao se atrelar ao nível dois a utilização de um novo revestimento ou equipamento para transporte, e ao nível três uma nova forma de gerenciar a produção ou projeto.

Figura 4 - Níveis de inovação.



Fonte: do autor.

Para Amorim (1995) qualquer processo de inovação significativo ultrapassará mais de um nível e trará alterações para os demais seja de maneira mais ou menos intensa. Como exemplo, pode-se citar uma substituição de insumos para produção de um edifício. Tal medida pode provocar uma adequação no processo de produção e alterar o preço final do produto, interferindo em mais de um nível de inovação.

2.2.3 Dinâmica da inovação

Desde o início de seus estudos, Schumpeter (1961) influenciou as teorias de inovação. O autor diferencia dois tipos de inovação: as radicais, que implicam em rupturas mais intensas, e as incrementais, que dão continuidade ao processo de desenvolvimento e melhoria.

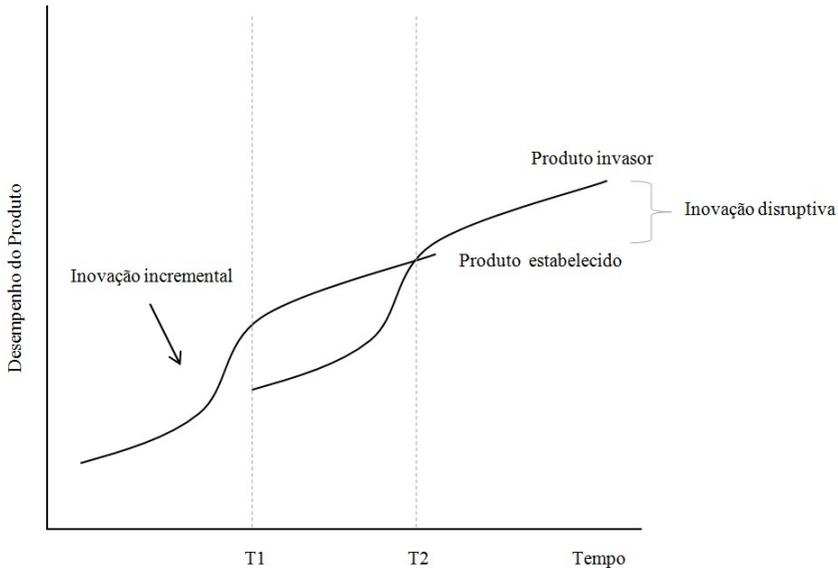
Utterback (1996) apresenta em sua obra a inovação incremental ocorrendo em momentos de continuidade, proporcionando melhorias evolutivas no que já existe, relacionada com o conceito de melhoria contínua. Já em períodos de descontinuidade é onde surgem as inovações radicais que causam um impacto significativo no mercado e são criadoras de novos negócios.

Para Tigre (2006), as inovações incrementais incorporam melhorias feitas no design ou na qualidade dos produtos, aperfeiçoamento em layout e processos, novos arranjos logísticos e

organizacionais e novas práticas de suprimentos e vendas. O autor desassocia a necessidade de uma inovação incremental surgir de um processo de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D, sendo estas melhorias, na maioria das vezes, resultado de um processo evolutivo da tecnologia dentro da corporação.

As inovações radicais estão atreladas a produtos ou a processos completamente novos, capazes de alterar, criar ou destruir segmentos de mercado ou gerar novas ciências. A marca das inovações radicais é que o domínio da nova tecnologia altera fundamentalmente o conjunto de competências relevantes dentro de uma classe de produto (TUSHMAN e ANDERSON, 1986). Pode-se observar, na Figura 5, a representação gráfica destes dois tipos de inovação.

Figura 5 - Trajetórias de inovações incrementais e radicais.



Fonte: adaptado de Utterback (1996).

A diferenciação entre estes dois tipos de inovação apresenta impactos que influenciam itens além do produto em si. Uma comparação destes dois tipos de inovação e suas influências em processos e agentes pode ser observada no Quadro 2.

Quadro 2 - Diferenciação entre inovação incremental e radical.

| | Incremental | Radical |
|--|--|---|
| Tempo dos projetos | Períodos curtos - seis meses a dois anos | Períodos mais longos - superior a dois anos |
| Trajatória | Caminho linear e contínuo | Caminho marcado pela complexidade e pelas descobertas - quebra de paradigma |
| Geração de ideias e oportunidades | Geração de ideias e identificação de novas oportunidades como atividade permanente | Geração de ideias e identificação de oportunidades como resposta ao esgotamento de um ciclo |
| Processos | Processo formal e planejado de desenvolvimento de produto | Processo baseado na aplicação de metodologias para inovação |
| Participantes | Equipe multidisciplinar com atividades predefinidas para cada membro especialista | Equipe multidisciplinar reunida em torno de um projeto de inovação radical comum |
| Estruturas organizacionais | Grupo com membros de áreas diversas trabalhando dentro de uma unidade de negócios | Projeto inicia-se com atividades de P&D e consolida-se como um processo de incubação na organização, convertendo-se em um projeto central |

Fonte: adaptado de Fontanini e Carvalho (2005) e Leifer et al. (2000) apud Campos (2016).

Tushman e Anderson (1986) propõem uma sequência cíclica para a tecnologia constituída das seguintes etapas: uma descontinuidade tecnológica, seguido de uma era de "fermentação" tecnológica, em que inicia-se a busca por uma nova tecnologia entre novos projetos. A próxima fase do ciclo é atingida quando define-se um projeto dominante, que é seguido por uma fase de mudança incremental, terminando em uma nova descontinuidade (Figura 6).

Figura 6 - Ciclo de vida da tecnologia.

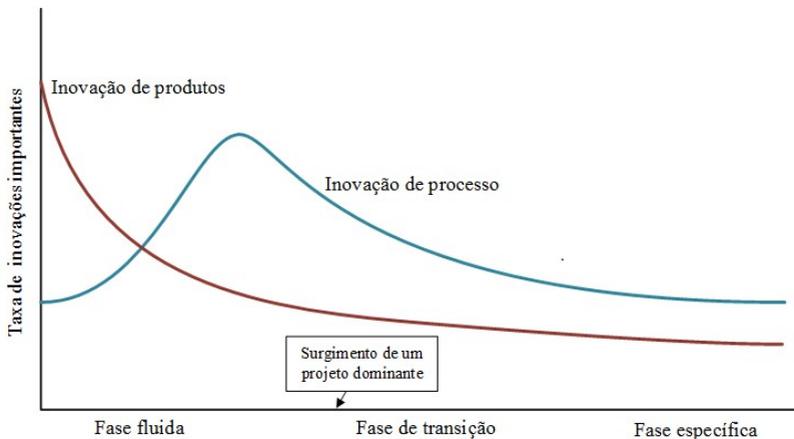


Fonte: Tushman e Anderson (1986).

O projeto dominante adquire forma de um novo produto a partir da inserção de inovações tecnológicas geralmente aplicadas a versões anteriores do produto, incorporando requisitos que satisfaçam os usuários, integrando as possibilidades técnicas com as opções de mercado que carregam consigo diversas características de desempenho implícitas em seu projeto. Entre os fatores que influenciam o surgimento de um projeto dominante estão os regulamentos setoriais, intervenção governamental, estratégias corporativas e comunicação entre produtor e usuário (UTTERBACK, 1996).

Utterback (1996) apresenta o ciclo de vida de uma inovação dividido em três fases: fluida, transitória e específica (Figura 7). Na fase fluida, tem-se uma taxa de mudanças previsivelmente alta. A tecnologia nesta etapa é frequentemente rudimentar, cara e inconfiável. Já a fase transitória é marcada pela aceitação do mercado e o surgimento de um projeto dominante. É nesta fase que as inovações de processo e produto começam a ficar mais estreitas. Na fase específica, os produtos são extremamente bem definidos e os vínculos entre produto e processo muito estreitos. Qualquer pequena mudança no produto ou processo provavelmente será complexa.

Figura 7 - Fases da inovação de produtos e processos.



Fonte: Utterback (1996).

Durante o processo de formação de uma nova tecnologia, os processos utilizados para produzi-la geralmente são pouco desenvolvidos e ineficientes, longe do desempenho ideal. As inovações de produto e processo são interdependentes. À medida que a inovação do produto diminui, a inovação no processo, que geralmente assume papel secundário em relação à inovação do produto, passa a aumentar, saindo de um estágio de inovação radical e entrando em uma fase de inovação incremental (UTTERBACK, 1996).

A simples introdução de uma tecnologia, desacompanhada de uma mudança organizacional, não é suficiente para conferir competitividade. As mudanças organizacionais têm a tendência de serem mais complexas de implementar do que mudanças tecnológicas, uma vez que requerem esforços relacionados ao processo de negócios, cadeias hierárquicas de comando e controle, novas formas de acesso à informação e à reformulação de rotinas e estruturas de poder, sendo um desafio para empresas com estruturas mais tradicionais e rígidas (TIGRE, 2006).

Barros (1996) deixa explícito que não basta a adoção de um novo produto para se caracterizar uma inovação, uma vez que só é vantajosa se estiver em sintonia com o processo de produção do edifício. A inovação implica em mudanças em processo e nas estruturas organizacionais e, portanto, precisa ser corretamente aplicada para que a mesma seja incorporada a sua cultura técnica.

2.3 O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

A seguir, serão abordados conceitos relacionados ao desenvolvimento de produtos e como este se aplica à construção civil. Também será parte do conteúdo a apresentação do processo de projeto na construção civil, visto que este é altamente influenciado pelo desenvolvimento de uma nova tecnologia, e apresentadas metodologias para desenvolvimento e uso de elementos industrializados no segmento da construção.

2.3.1 O Conceito de desenvolvimento de produto

O desenvolvimento de produtos consiste em um conjunto de atividades, estimuladas por uma necessidade de mercado, que leva em consideração a estratégia de negócios da empresa e tem como base as restrições tecnológicas e normativas reguladoras, que proporcionam a obtenção de especificações de projeto e de seu processo de produção, de forma que seja possível de ser produzido pela manufatura (ROZENFELD et al., 2006). Neste contexto, para Rozenfeld et al. (2006), os objetivos do desenvolvimento de produto consistem em:

- a) identificação das necessidades de mercado e dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto;
- b) identificação da disponibilidade de tecnologia;
- c) desenvolvimento de um produto que atenda as necessidade do mercado;
- d) desenvolvimento do produto em prazo inferior ao dos concorrentes.

Uma das definições clássicas para desenvolvimento de produto trata-se do exposto por Clark e Fujimoto (1991), em que é definido como o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para fabricação de um produto comercial. Ulrich e Eppinger (2012) afirmam que o processo de desenvolvimento de produtos é interdisciplinar e exige a participação multissetorial de elementos de uma corporação, sendo três áreas essenciais para o Processo de Desenvolvimento de Produto:

- a) marketing: função que intermedia as relações entre a organização e o cliente, envolvendo a identificação de oportunidades de produto, a definição dos segmentos de mercado e a necessidade dos clientes;

- b) projeto: função centrada em definir a forma física e características técnicas que atenderão as necessidades dos clientes. Neste contexto, estão inclusos projetos de engenharia (mecânica, elétrica, fundações...) e o projeto industrial (ergonomia, interfaces com o usuário...);
- c) produção: é a função que desempenha o papel de executar o projeto do produto.

Kaminski (2000) vai ao encontro do exposto por Ulrich e Eppinger (2012), afirmando que o processo de desenvolvimento de produtos pode ser definido como o conjunto de atividades que envolvem os departamentos da empresa quase que em sua totalidade e tem como finalidade a transformação das demandas de mercado em produtos e serviços.

No Quadro 3, são apresentadas as principais etapas do desenvolvimento do produto propostas em quatro publicações: Clark e Wheelwright, 1993; Yazdani e Holmes, 1999; Ulrich e Eppinger, 2000; Bruce e Cooper, 2000 (apud MIRON, 2002). O objetivo é realizar um comparativo da evolução desse conceito e da visão de cada autor.

Quadro 3 - Principais etapas do desenvolvimento do produto.

| PRINCIPAIS ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| ➔ | | | | | | | |
| Clark e Wheelwright (1993) | Desenvolvimento do conceito | | Planejamento do produto | | Engenharia do processo e do produto | | Produção piloto |
| Yazdani e Holmes (1999) | <i>Marketing</i> | Projeto do conceito | Projeto do detalhe | Prototipagem | | Projeto do processo | Preparação para o processo de produção |
| Ulrich e Eppinger (2000) | Planejamento | | Desenvolvimento do conceito | | Projeto | Projeto do detalhe | Refinamento e teste |
| Bruce e Cooper (2000) | Geração da ideia | Teste do conceito | Estudo de viabilidade | Desenvolvimento de projeto | Testes e tentativas de campo | Lançamento do produto | Revisão do desempenho |
| | | | | | | | Retirada do produto |

Fonte: Miron (2002).

Kaminski (2000) comenta que devem ser analisados seis aspectos a partir de qualquer possibilidade de desenvolvimento de novo produto, sendo eles:

- a) econômicos: avaliar a quantidade demandada, preço de venda, canais de distribuição e formas de estoque;
- b) técnicos: seleção de materiais, processo de produção, processo de montagem, forma de distribuição;
- c) forma de composição de capital: financiamentos, capital de giro, subsídios, incentivos governamentais;

- d) estrutura organizacional: treinamentos, seleção de pessoas;
- e) jurídico-legais: contratos de fornecimento de matéria prima, fornecimento de tecnologia, patentes;
- f) meio ambiente: impactos gerados pela produção, distribuição, utilização e abandono ou recuperação.

2.3.2 O desenvolvimento de produto na construção civil

A concepção de novos empreendimentos na construção civil está associada a projetos de arquitetura e engenharia em que estão inseridos os desenvolvimentos conceituais, espaciais e tecnológicos do edifício. Entretanto, o desenvolvimento de produto vai além do processo de desenvolvimento de projetos. Diversas atividades realizadas por um grupo multidisciplinar de agentes desenvolvedores alimentam o produto final (montagem do negócio, incorporação do terreno, montagem de um programa de necessidades) ocorrendo em diversas fases do empreendimento sem uma maior integração com o processo de projeto do produto (FABRICIO, 2009).

Durante a busca por referências bibliográficas e por uma definição clara para desenvolvimento de produto na construção civil, foi constatada uma divergência entre autores na abrangência do termo. Na indústria seriada, o desenvolvimento de um novo produto conta com diversas etapas não consideradas na construção civil como: pesquisas de mercado, identificação de oportunidades de negócio, prototipagem, simulação de desempenho do produto, processo e caracterização da produção (FABRICIO, 2002).

Bellan e Fabricio (2010) afirmam que existe uma diferenciação entre os termos Processo de Projeto e Processo de Desenvolvimento de Produto e que a disparidade entre eles está embasada na abrangência envolvida. As atividades do Processo de Projeto geralmente estão associadas a especialistas (arquitetura, estrutura, instalações) e as definições necessárias para que se obtenha a caracterização técnica do produto. Já o Processo de Desenvolvimento de Produto envolve o planejamento, projeto, processo de produção, manutenção, ou seja, todo o ciclo de vida do empreendimento.

De acordo com Barros Neto e Nobre (2009), o processo de projeto na construção civil ocupa incorretamente o papel representado pelo processo de desenvolvimento de produto na indústria em geral, pois é responsável pela transformação do conceito do empreendimento em projeto e em um produto. Avaliando esta abordagem de maneira mais ampla, este processo de projeto deve estar inserido dentro do processo

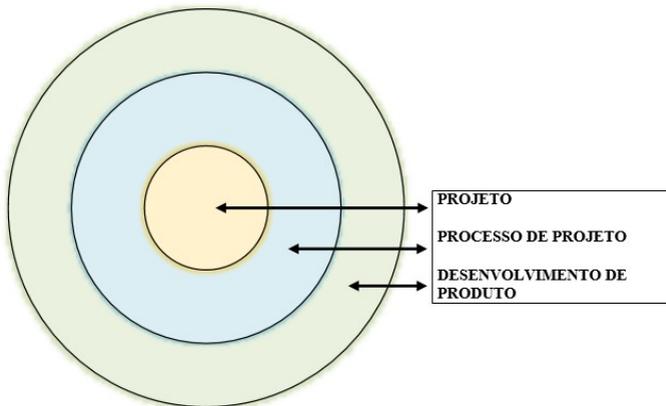
de desenvolvimento de produto, uma vez que desenvolver um produto deve ter uma interface que envolva os processos de planejamento, orçamento, suprimentos, vendas e demais atividades até que se chegue ao consumidor final.

Para Fabricio (2009), o processo de desenvolvimento de produto envolve as ações relacionadas às atividades de projeto do produto e de seu processo de produção, englobando neste processo a formulação de um programa de necessidades, a concepção e desenvolvimento das características técnicas do produto, projeto e planejamento dos meios de produção e acompanhamento do produto em produção e em uso para retroalimentação do processo.

Miron (2002) afirma que, apesar de existir uma distinção entre os termos processo de projeto e processo de desenvolvimento de produto, principalmente quando estes estão vinculados à indústria seriada, a associação do desenvolvimento de produto com o processo de projeto é justificável na construção civil pela elevada parcela de atividades de projeto que ocorrem no processo de desenvolvimento de produto, uma vez que no processo de projeto são consideradas informações do mercado, dos projetistas, das equipes de produção e testes e análises de uso do produto como fonte para definição de requisitos, detalhamentos e aperfeiçoamentos do projeto desse produto.

Com base nas informações apresentadas, será considerado nesta pesquisa o processo de projeto como parte do processo de desenvolvimento de produto (Figura 8), uma vez que acredita-se que trabalhar com um processo de desenvolvimento de produto mais próximo ao praticado pela indústria seriada pode trazer benefícios significativos para a evolução dos produtos na construção civil.

Figura 8 - Distinção entre as dimensões de projeto, processo de projeto e processo de desenvolvimento de produto.



Fonte: do autor.

Mesmo com esta definição, a representatividade do processo de projeto no processo de desenvolvimento de produto na construção civil, faz necessária a apresentação do conceito do termo Projeto, o fluxo deste processo e a relação entre seus agentes, de maneira a proporcionar o correto entendimento da aplicação desta pesquisa.

2.3.2.1 O processo de projeto na construção civil

Para proporcionar o entendimento do processo como um todo, é importante, inicialmente, abordar o conceito de projeto. Conforme a NBR 5670 - Seleção e Contratação de Serviços e Obras de Engenharia e Arquitetura de Natureza Privada (ABNT, 1977), a palavra projeto significa:

"definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções, e disposições especiais" (ABNT, 1977, p.7)

Já a NBR 13531 - Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades Técnicas (ABNT, 1995 a), conceitua a elaboração de um projeto de edificação como uma determinação prévia de características

funcionais, formais e técnicas dos elementos da edificação, abrangendo seu interior e exterior e as instalações prediais.

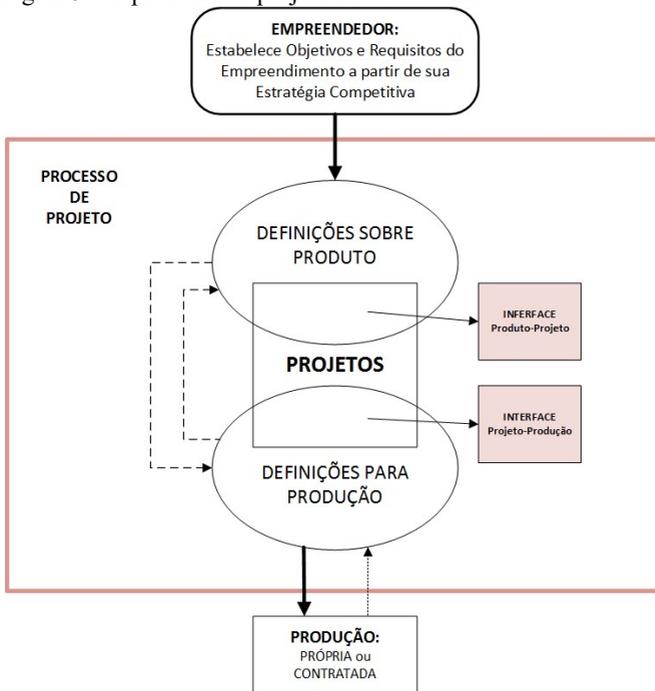
Após avaliar diversas fontes, adotar-se-á nesta dissertação a definição de projeto atribuída por Melhado em sua tese:

"atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução" (MELHADO, 1994, p. 195).

Melhado (1994) visualiza o processo de projeto em duas dimensões. A primeira delas como processo estratégico em que se busca atender as necessidades mercadológicas e exigências do empreendedor. A segunda como processo operacional, que visa a eficiência e confiabilidade dos processos construtivos que dão origem aos produtos.

Fontenelle (2002), com base na obra de Melhado (1994), apresenta esta interface graficamente (Figura 9) e destaca a inter-relação entre estas dimensões. Estas interfaces são fortemente influenciadas pela tecnologia escolhida ou inovação inserida no produto. A escolha ou especialização da empresa em determinado processo construtivo poderá implicar em restrições na interface produto-projeto ou projeto-produto. Para exemplificar, pode-se citar como exemplo o uso de alvenaria estrutural, que limitará o desenvolvimento arquitetônico. Já de maneira contrária, um projeto para produção de revestimento de fachadas é completamente dependente das definições arquitetônicas sobre o produto que foram influenciadas pelo empreendedor.

Figura 9 - O processo de projeto e suas interfaces.

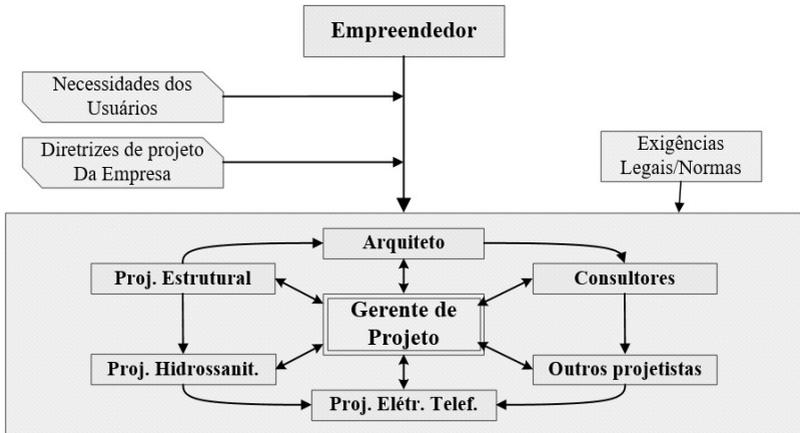


Fonte: Fontenelle (2002).

Estas relações devem ser todas intermediadas pelo gerente de projeto. De acordo com o Project Management Institute - PMI (2013), existem cinco áreas de especialização que uma equipe de projetos deve fazer uso, sendo estas: técnicas em gestão de projeto; conhecimento dos regulamentos da área; entendimento do ambiente em que o projeto se aplica (cultural, político, físico); conhecimento em gerenciamento geral e habilidades interpessoais, em que estão inseridas características como comunicação adequada, liderança, negociação, gerenciamento de conflitos e motivação de equipe.

Melhado (1994) propõe um modelo de organização de equipe multidisciplinar (Figura 10) que busca facilitar a comunicação através de um gerente de projetos e incentivar o aumento da troca de informações entre projetistas, em que existe um gerente de projetos em posição central intermediando todo o fluxo de informações.

Figura 10 - Modelo de organização de equipe multidisciplinar de desenvolvimento de produtos.



Fonte: Melhado (1994).

Franco e Agopyan (1994) afirmam que a coordenação de projetos tem como objetivo solucionar as interferências geradas pelas diversas especialidade de projetos, conduzir as necessidade de tomada de decisão ao longo do desenvolvimento, controlar a qualidade dos projetos de forma que estes estejam de acordo com as especificações e requisitos estabelecidos (custos, prazos e especificações técnicas).

Segundo Melhado et al. a coordenação de projetos pode ser definida como:

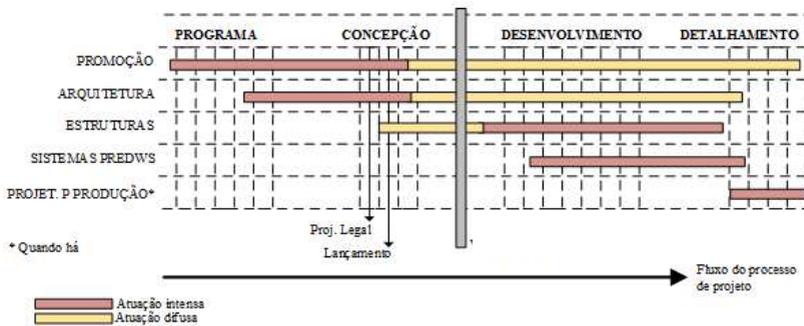
"[...] uma atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de projeto voltada à integração dos requisitos e das decisões de projeto. A coordenação deve ser exercida durante todo o processo de projeto e tem como objetivo fomentar a interatividade na equipe de projeto e melhorar a qualidade dos projetos assim desenvolvidos" (MELHADO et al. 2005, p.71).

Para desenvolver estes projetos, equipes multidisciplinares são formadas e geralmente são vinculadas a empresas terceiras selecionadas de acordo com as especialidades necessárias (FABRICIO, 2009). Tzoutzorpoulos (2002) afirma que, devido às diferentes especialidades envolvidas para o desenvolvimento de um empreendimento, a linguagem utilizada por cada projetista é influenciada de acordo com as necessidades técnicas de seu projeto. O envolvimento de diversas

organizações, que geralmente trabalham separadamente, agrava o cenário de existência de incompatibilidades no período de execução.

De acordo com Fabricio (2002) e Romano (2003) um segundo agravante na dificuldade de comunicação existente dentro do processo de projetos é o caráter sequencial que muitas empresas do segmento adotam para coordenar estes processos (Figura 11). O planejamento dos projetos feito com termos independentes aumenta a taxa de incoerências entre documentos. Esta condição dificulta a implantação de processos construtivos mais eficientes, uma vez que modificações significativas na forma de se construir influenciam todas as especialidades de projetos.

Figura 11 - Esquema sequencial de um processo de desenvolvimento do projeto de edifícios.



Fonte: Fabricio (2002).

Quando se trata de construção industrializada, as especificações contidas nos projetos devem ter um grau de detalhamento superior, contendo interfaces entre subsistemas construtivos, forma de produção e a interação entre os diversos subsistemas envolvidos. O sucesso deste processo para este tipo de construção está diretamente ligado ao grau de interação entre as informações geradas e em tirar proveito das diversas relações existentes entre os elementos de construção. Uma forma de se obter benefício nesta etapa é a redução da variabilidade dimensional dos componentes e a coordenação modular entre os diversos subsistemas da construção. Desta forma, obtém-se vantagem na compatibilização de projetos e se facilita a combinação entre elementos construtivos e a montagem mecanizada no canteiro de obras (FIESP, 2015).

2.3.2.2 O fluxo do processo de projeto

Durante a revisão bibliográfica, verificou-se que não existe uma convergência para definição das etapas de projeto no meio técnico, bem como poucos fluxos de desenvolvimento de produto para a construção civil. Desta forma, serão apresentados alguns fluxos propostos pelas normativas e regulações, além de propostas formuladas por estudiosos da área a título de esclarecer o direcionamento de informações e a diferenciação entre as atividades. Estes fluxos também foram adicionados à dissertação, devido ao impacto que o desenvolvimento de um novo produto tem no processo de projeto e a dificuldade do meio técnico em diferenciar o escopo destas duas atividades na construção civil.

2.3.2.2.1 O fluxo de projetos segundo a NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações (1995a)

A NBR 13531- Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas (ABNT, 1995a), segmenta as atividades de projeto em oito etapas sequenciais e traz em seu conteúdo as atividades técnicas aplicáveis às atividades de projeto que abrangem todos os subsistemas da edificação.

- a) levantamento: etapa destinada à coleta de informações de referência que indiquem as condições preexistentes, de maneira que seja possível conduzir a elaboração do projeto (dados físicos, técnicos, legais e jurídicos, entre outros);
- b) programa de necessidades: determinação das exigências prescritivas e de desempenho da edificação que caracterizam as expectativas dos usuários;
- c) estudo de viabilidade: destinada à elaboração de análises e avaliações para seleção de alternativas de concepção da edificação e seus sistemas, elementos, instalações e componentes;
- d) estudo preliminar: consiste na concepção do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessárias à compreensão da configuração do conjunto;
- e) anteprojeto e/ou pré-execução: destina-se à concepção e representação das informações técnicas temporárias de detalhamento da edificação e de seus elementos, necessárias ao relacionamento das atividades técnicas e agentes de projeto e adequadas à elaboração de estimativas de custos e prazos;

- f) projeto legal: é a representação das informações técnicas para análise e aprovação do empreendimento nos organismos competentes;
- g) projeto básico: etapa opcional que compreende a representação das informações técnicas do projeto refinadas, mas ainda não definitivas, suficientes para contratação dos serviços de obra, licitações e refinamento de custos e prazos;
- h) projeto para execução: consiste na concepção e representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, que permitem a perfeita execução dos serviços em campo.

2.3.2.2.2 Conceito proposto por Melhado et al. (2005)

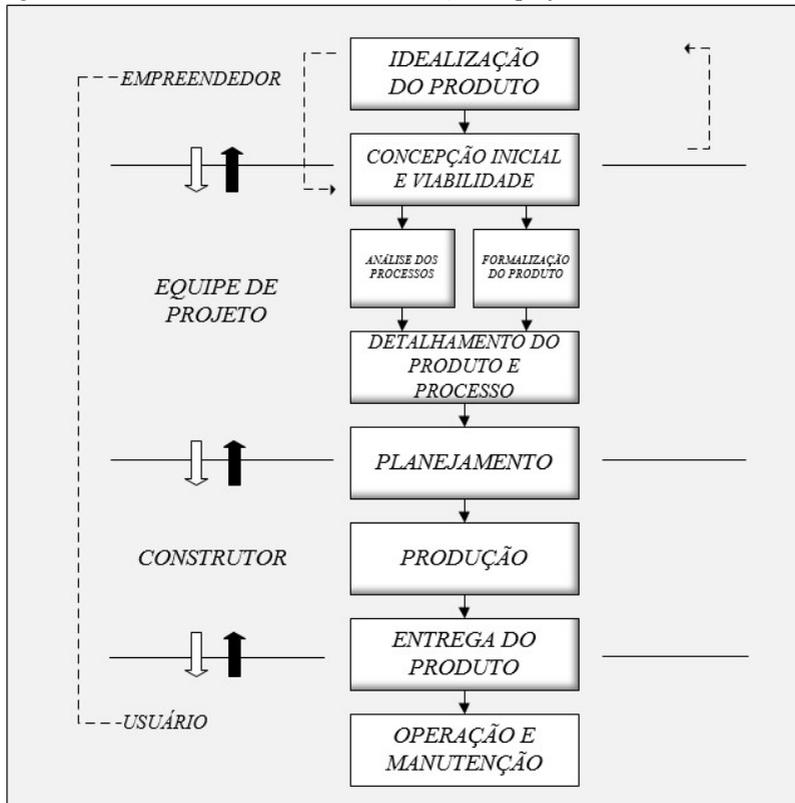
Melhado et al. (2005) propõem uma metodologia de desenvolvimento de coordenação de projetos com uma visão mais abrangente, encarando o projeto com o enfoque no processo de construção e englobando seus quatro participantes: o empreendedor, a equipe de projeto, o construtor e o usuário. O processo desta metodologia passa pelas seguintes etapas sequenciais de acordo com o Quadro 4. Na Figura 12, Melhado (1994) apresenta o fluxo de atividades na coordenação de projetos e as inter-relações entre seus agentes.

Quadro 4 - Atividades de coordenação em cada fase.

| FASES DE PROJETO | ATIVIDADES DE COORDENAÇÃO |
|---|---|
| Idealização do Produto | <ol style="list-style-type: none"> 1. Formulação conjunta com o empreendedor do programa de Necessidades 2. Análise das restrições legais de uso e ocupação para terreno em estudo 3. Identificação das especialidades de projeto, qualificações dos projetistas e escopos de projeto a contratar 4. Estimativa dos recursos necessários ao desenvolvimento do projeto 5. Organização, realização e registro de reuniões de coordenação de projetos 6. Análise das propostas de prestação de serviços e assessoria para contratação dos projetistas (*) 7. Obtenção de Boletins de Dados Técnicos (BDT) nas esferas competentes (*) 8. Criação de parâmetros e análise de custos do empreendimento e da sua viabilidade financeira (*) 9. Assessoria quanto à análise e definição da tecnologia construtiva (*) 10. Levantamento de demanda ou pesquisa de mercado para o produto (*) 11. Assessoria ao empreendedor para aquisição de terrenos ou imóveis (*) |
| Desenvolvimento do Produto | <ol style="list-style-type: none"> 12. Identificação e planejamento das fases de desenvolvimento do projeto 13. Coordenação do fluxo de informações entre os agentes envolvidos 14. Identificação e análise crítica das interfaces de projeto a serem solucionadas 15. Validação de produtos de projeto e liberação para início das fases subsequentes 16. Aprovação de memoriais descritivos do produto, maquetes, apartamento modelo, plantas e estande de vendas 5. Organização, realização e registro de reuniões de coordenação de projetos 17. Controle do processo quanto ao tempo e demais recursos 18. Consulta a órgãos técnicos públicos e roteirização de aprovações legais do projeto (*) 19. Definição de subsistemas e métodos construtivos e análise de alternativas tecnológicas (*) 20. Estabelecimento de diretrizes tecnológicas para execução (*) |
| Formalização do Produto | <ol style="list-style-type: none"> 13. Coordenação do fluxo de informações entre os agentes para desenvolvimento das partes do projeto 21. Análise crítica e tomada de decisões sobre as necessidades de integração das soluções 22. Análise das soluções técnicas e do seu grau de satisfação frente ao Programa de Necessidades 5. Organização, realização e registro de reuniões de coordenação de projetos 15. Validação de produtos de projeto e liberação para início das fases subsequentes 17. Controle do processo quanto ao tempo e demais recursos 23. Avaliação de indicadores de projeto (*) |
| Detalhamento | <ol style="list-style-type: none"> 13. Coordenação do fluxo de informações entre os agentes intervenientes para desenvolvimento das partes do projeto 24. Análise crítica do detalhamento dos projetos 5. Organização, realização e registro de reuniões de coordenação de projetos 15. Validação de produtos de projeto e liberação para início das fases subsequentes 17. Controle do processo quanto ao tempo e demais recursos 25. Avaliação do desempenho dos projetistas contratados 26. Assessoria ao empreendedor para contratação da construtora (*) |
| Planejamento e Execução da Obra | <ol style="list-style-type: none"> 27. Acompanhamento e avaliação do uso dos projetos no canteiro de obras e seus eventuais ajustes 28. Organização, realização e registro de reuniões de preparação da execução da obra' |
| Pós-entrega do Empreendimento | <ol style="list-style-type: none"> 29. Avaliação pós-ocupação e adequação do edifício a parâmetros de desempenho e manutenção 30. Organização, realização e registro de reuniões de avaliação e retroalimentação (*) |
| (*) representa as atividades que podem ser necessárias ou não, dependendo do empreendimento, das exigências do cliente ou da divisão de responsabilidades entre agentes | |

Fonte: adaptado de Melhado et al. (2005) apud Fabricio e Bellan (2010).

Figura 12 - Fluxo de atividades na coordenação de projetos.



Fonte: adaptado de Melhado (1994).

2.3.2.2.3 O fluxo de projetos segundo a Associação Brasileira de Gestores e Coordenadores de Projeto - AGESC (2012)

De acordo com o Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos produzido pela AGESC (2012), o fluxo proposto para o processo de projetos e suas respectivas atividades é segmentado nas seguintes etapas:

- concepção do produto: estão compreendidas as atividades de levantamento de dados, formulação de um programa de necessidade e do estudo de viabilidade. São desenvolvidas atividades que caracterizam o produto imobiliário de acordo com o conjunto de informações balizadoras (jurídicas, legais,

- programáticas e técnicas), bem como definidos os critérios de desempenho e de sustentabilidade;
- b) definição do produto: compreende as subetapas de Estudo Preliminar, Anteprojeto e Projeto Legal. Nesta etapa, é desenvolvida a arquitetura e os demais elementos do produto, de maneira que seja possível verificar a viabilidade técnica, física, econômica e legal, bem como os projetos para protocolo nos órgão reguladores;
 - c) identificação e solução de interfaces de projeto: esta etapa compreende o projeto pré-executivo, em que são consolidados claramente todos os elementos do empreendimento, de maneira que se possa articular informações entre todos os envolvidos. Este conjunto de documentos possibilita que as interferências entre subsistemas sejam compatibilizadas e que se tenha uma análise de métodos, custos e prazos mais precisa;
 - d) projeto e detalhamento das especialidades: compreende o projeto executivo e os detalhamentos auxiliares. Nesta etapa, todos os elementos do empreendimento são detalhados objetivamente, de maneira a gerar um conjunto de informações suficientemente claras para a execução;
 - e) pós-entrega de projetos: garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto e a sua correta aplicação nos processos em campo; avaliar o desempenho do projeto em execução;
 - f) pós-entrega da obra: analisar e avaliar o desempenho do empreendimento entregue e coordenar o processo retroalimentação do processo de projeto, reafirmando se as especificações inicialmente entregues foram adequadas às necessidades de execução e se estão de acordo com as expectativas do cliente e usuário.

2.3.2.3 O fluxo de desenvolvimento de produto com processos construtivos inovadores

Da mesma forma que no item anterior, serão apresentados exemplos de metodologias e atividades para desenvolvimento de sistemas e processos construtivos e para o uso de elementos industrializados, com a finalidade de relacioná-los.

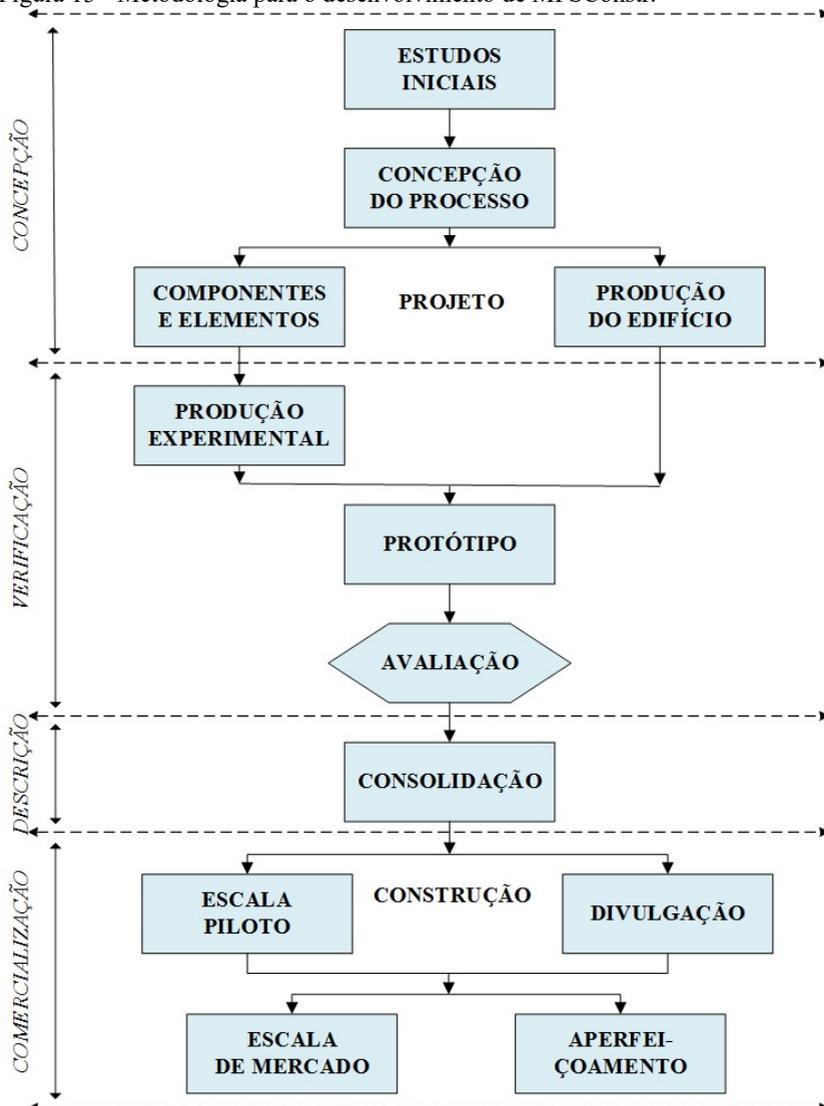
2.3.2.3.1 Metodologia para desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - MPSConstr. (SABBATINI, 1989)

Sabbatini (1989) propõe uma metodologia para o desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – MPSConstr, segmentada em doze etapas, sendo elas: estudos iniciais (1), concepção do MPSConstr. (2), projeto de componentes e elementos (3), projeto de produção do edifício ou de suas partes (4), produção experimental de componentes e elementos (5), projeto e construção de protótipos (6), avaliação dos protótipos e do MPSConstr. (7), consolidação da tecnologia (8), divulgação (9), construção em escala piloto (10), aperfeiçoamento da tecnologia (11) e construção em escala de mercado (12).

As etapas propostas por Sabbatini (1989) podem ser agrupadas em quatro diferentes fases, segmentadas de acordo com as particularidades organizacionais e operacionais a que se destinam, conforme apresentado na Figura 13.

- a) concepção: compreende as fases entre 1 e 4. Caracteriza-se por um estágio de desenvolvimento inicial voltado para a atividade criativa, em que são realizadas a coleta e seleção de informações. As ideias são representadas sob a forma de modelos gráficos, matemáticos e diagramáticos. Estes modelos são estudados e refinados até que se obtenha um padrão considerado adequado, para se dar início a experimentações com produtos e processos reais;
- b) verificação: compreende as fases 5, 6 e 7. Está centrada na avaliação dos modelos experimentais, a fim de verificar a conformidade com o modelo projetado e retroalimentá-lo;
- c) descrição: nesta fase consolida-se a tecnologia desenvolvida nas fases anteriores e planeja-se a sua implantação no mercado;
- d) comercialização: reúne as etapas 9, 10, 11 e 12 e consiste na introdução e manutenção do modelo desenvolvido no mercado. Segmenta-se esta etapa em duas fases distintas em que, em um primeiro momento, a implantação ocorre de maneira restrita de comercialização (9 e 10) e, em um segundo momento, dissemina-se o método/processo/sistema construtivo no mercado (etapas 11 e 12).

Figura 13 - Metodologia para o desenvolvimento de MPSConstr.

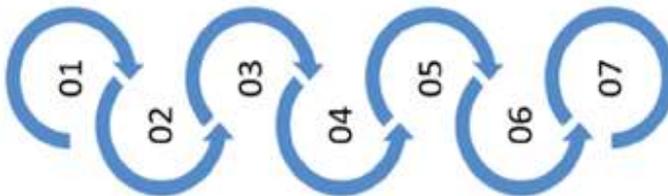


Fonte: Sabbatini (1989).

2.3.2.3.2 O fluxo de desenvolvimento segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2015)

Apesar do documento desenvolvido pela ABDI (2015) ter sido criado com a finalidade de orientar a contratação de um sistema ou processo construtivo industrializado e não de desenvolvê-lo, diversas análises e etapas decisórias podem ser utilizadas como orientação para decisão do início de um desenvolvimento. De acordo com o documento, os arranjos produtivos de processos construtivos que utilizam elementos industrializados podem ser divididos em sete etapas principais, sendo elas: planejamento preliminar (01); contratação (02); planejamento executivo (03); fabricação (04); montagem (05); monitoramento (06) e recebimento (07). Estas etapas não são estanques e podem ser estruturadas como espirais que integram todo este processo dinâmico (Figura 14).

Figura 14 - Representação das etapas do processo construtivo industrializado.



Fonte: ABDI (2015).

- a) planejamento preliminar: compreende a análise de viabilidade do sistema considerando aspectos técnicos (aplicabilidade, integração entre elementos...) e econômicos (custos e prazos). Para realização desta etapa, um pré-projeto se faz necessário, em que as principais atividades são: definição e caracterização do objeto; análise do pré-projeto, análise do terreno de aplicação e análise do desempenho do sistema;
- b) contratação: formatação do contrato de trabalho que abrange o escopo e a responsabilidade de cada agente. Neste documento devem estar claros o cronograma de fabricação e execução, preço e formas de pagamento, requisitos de qualidade e referência a forma de contratação e recebimento;

- c) planejamento executivo: esta etapa engloba as atividades de projeto do sistema industrializado e planejamento em nível executivo;
- d) fabricação: etapa em que os elementos industrializados são fabricados;
- e) montagem: fase executiva que ocorre no canteiro onde os elementos são posicionados em sua posição de utilização;
- f) monitoramento: tem como objetivo atestar a conformidade dos componentes e elementos industrializados utilizados e o atendimento técnico do sistema durante e após sua montagem;
- g) recebimento: etapa em que ocorre a formalização da entrega dos elementos contratados e em que são realizadas as verificações finais de conformidade do objeto.

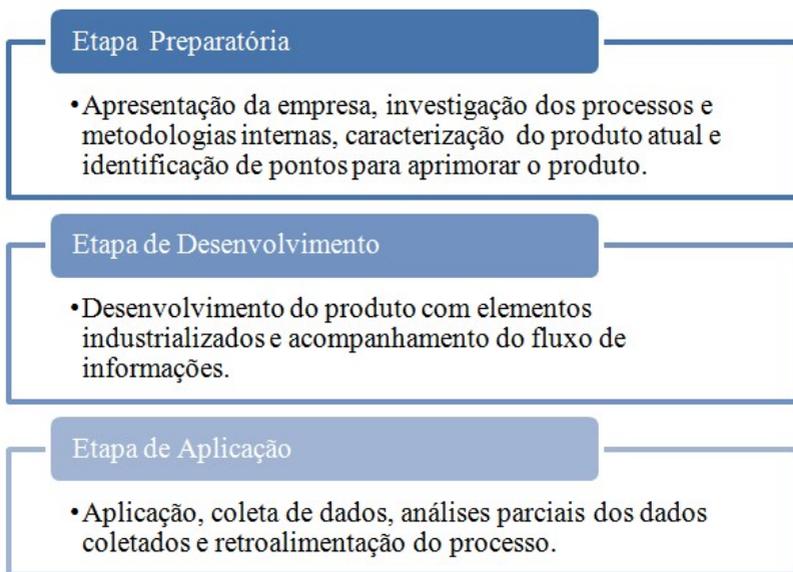
3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. Inicialmente são apresentadas detalhadamente as três etapas metodológicas e as ferramentas de pesquisa utilizadas em cada uma delas, de forma a organizar uma linha de raciocínio. Na sequência, é apresentado o desenvolvimento de cada uma destas etapas.

3.1 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA

O objetivo geral da pesquisa caracteriza-a como predominantemente descritiva e multidisciplinar. A metodologia foi segmentada em três etapas sequenciais, sendo elas: Etapa Preparatória, Etapa de Desenvolvimento e Etapa de Aplicação. A síntese destas etapas pode ser verificada na Figura 15.

Figura 15 - Síntese da metodologia.



Fonte: do autor.

A **Etapa Preparatória** consiste no diagnóstico do produto em que foram realizadas as intervenções, bem como a apresentação e caracterização do processo de desenvolvimento de produto na empresa em estudo. Nesta fase, o estudo teve como base evidências coletadas

através de cinco fontes distintas de informações: documentos da empresa, registros em arquivo, entrevistas, observação direta e observação participante, o que remete a um estudo de caso. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo, em que o objeto de estudo é influenciado pelo contexto e os limites entre estes não estão claramente definidos, sendo uma estratégia de pesquisa abrangente, uma vez que se tem diversas variáveis de interesse. Tendo em vista a resolução dos objetivos e a característica da pesquisa, que pretende avaliar uma metodologia organizacional ainda em formação, os resultados terão características tanto quantitativas quanto qualitativas.

As informações coletadas através de análise de documentos da empresa (processos, fluxogramas, organogramas) foram realizadas para extração de informações que permitiram analisar os impactos no processo de desenvolvimento de produto para inserção de elementos industrializados. Foram utilizadas análises realizadas pela própria organização, resultantes da coleta de informação de 8 empreendimentos das duas linhas de produto que a empresa comercializa, que possibilitaram identificar inconsistências nos processos internos.

Em relação ao produto construído com processo construtivo em alvenaria estrutural, a investigação teve início através de entrevistas semiestruturadas e focadas com engenheiros, mestres e encarregados de obra em seis empreendimentos que estavam em execução no período de desenvolvimento desta pesquisa. Estas entrevistas tiveram um foco e um roteiro predefinidos, entretanto, foram guiadas como uma conversa informal. Esta ferramenta foi utilizada com a finalidade de identificar as reais dificuldades e inconsistências existentes na etapa de produção e também para que fosse possível propor medidas que beneficiassem estes processos na etapa de desenvolvimento de produto. Além das entrevistas, foram consultados diários de obra e apontamentos no sistema de planejamento da empresa, com a intenção de identificar tempos de produção e ciclos construtivos, sendo estas informações utilizadas como base de comparação para identificação dos ganhos em relação a produtos comercializados anteriormente pela empresa. Esta etapa de coleta de informações e de análise de dados compreendeu o período entre março e junho de 2014. Também foi realizado o acompanhamento presencial e participativo em diversos momentos da execução destas seis obras da construtora, a fim de alimentar as etapas de desenvolvimento do novo produto. Entretanto, este acompanhamento abrangeu um período maior tempo, sendo estendido durante a Etapa de Desenvolvimento.

A etapa subsequente, intitulada de **Etapa de Desenvolvimento**, abrangeu a síntese das atividades necessárias para se obter um produto com elementos industrializados. Esta etapa teve seu início com a participação do autor nas ações necessárias para criação do produto. Isto envolve o desenvolvimento de projetos, planos de execução, procedimentos operacionais e planos de uso de equipamentos de construção. No desenvolvimento deste estágio, utilizou-se da metodologia proposta pela empresa, uma vez que se estava inserido neste contexto. Esta etapa se enquadra no método proposto por Thiollent (1988) da pesquisa-ação. A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica e é realizada em associação com uma ação planejada ou com a resolução de um problema coletivo que pode ser de ordem técnica, no qual o pesquisador está inserido de modo participativo. Nesta pesquisa, satisfez-se tal condicionante pela atuação do autor como integrante do quadro de colaboradores da construtora, sendo as visitas à obra, o contato com as equipes de execução, a coordenação de projetos e o desenvolvimento de análises técnicas de desenvolvimento atividades frequentes em sua rotina de trabalho. O desenvolvimento desta etapa ocorreu entre junho de 2014 e julho de 2015.

A etapa seguinte, intitulada de **Aplicação e coleta de dados**, teve seu início com o acompanhamento participativo do autor na execução do produto, intitulado nesta pesquisa de Empreendimento 1. Nesta etapa, foram coletados dados referentes à implantação da tecnologia em obra através de planilhas criadas para controle da execução, que foram alimentadas diariamente pela equipe de produção. Foram também consultadas informações do departamento de Recursos Humanos da organização referentes à mão de obra e a eficácia de treinamentos realizados. Além das ferramentas apresentadas, imagens gravadas por câmeras de monitoramento instaladas em campo permitiram acompanhar a evolução do ciclo construtivo diariamente. Foram definidos quatro horários diários para extrair dados referentes à evolução da execução, sendo eles 10:00h, 13:00h, 15:00h e 17:00h. Durante esta etapa, foram realizadas análises parciais dos dados obtidos que permitiram identificar inconsistências no processo e retroalimentar o produto ainda nesta fase. Esta condição permitiu que o processo construtivo fosse adequado no decorrer do desenvolvimento da pesquisa. Entretanto, as análises parciais foram agrupadas no capítulo de análise de resultados, em que é apresentada a análise completa e realizada a apresentação dos itens retroalimentados.

No decorrer da pesquisa, um segundo empreendimento que inicialmente não possuía cronograma compatível para coleta de dados

foi iniciado. Este empreendimento será intitulado de Empreendimento 2. Neste empreendimento, não foram realizadas todas as coletas de dados e monitoramento, uma vez que este não estava previsto nos moldes iniciais da pesquisa. Entretanto, os dados do sistema de planejamento da organização puderam ser acessados e foram inseridos à dissertação pela relevância que um segundo empreendimento poderia adicionar à análise de dados. As coletas de dados referentes aos dois empreendimentos ocorreram entre os meses de novembro de 2015 e agosto de 2016.

A utilização de diversas fontes de informação vai ao encontro do exposto por Yin (2001), que afirma que uso de diversas fontes de evidências permite o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação, proporcionado um estilo corroborativo de pesquisa e tornando as conclusões mais convincentes

3.2 ETAPA PREPARATÓRIA

A empresa em que foi aplicada a pesquisa, fundada em 2006, conta com 210 funcionários diretos e tem como principal atividade a construção de edifícios residenciais multifamiliares, atuando no norte do estado de Santa Catarina. O foco é segmentado em dois tipos de empreendimentos, um dos tipos destinado à classe média com processo construtivo em estrutura convencional de concreto armado e alvenarias de vedação de blocos cerâmicos. Uma segunda linha de produtos comercializados é construída com processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto, esta enquadrados pelo Programa MCMV.

Desde 2009 a empresa conta com um Sistema de Gestão da Qualidade, que proporcionou no mesmo ano a obtenção da classificação PBPQ-H nível C e, no ano seguinte, a classificação nível A. Todos os processos internos são auditados e controlados por avaliadores externos, o que possibilitou a obtenção e manutenção da certificação ISO 9001 desde o ano de 2010.

A organização possui 23 empreendimentos entregues até esta data, o que totaliza 2.482 apartamentos, divididos entre os dois segmentos de mercado. Atualmente estão em construção 1.974 apartamentos que totalizam 392.000 m² de área construída. No ano de 2010, a empresa deu início à construção do seu primeiro empreendimento em alvenaria estrutural, totalizando nesta data 14 empreendimentos entregues. Esta linha corresponde ao maior número de obras em construção no momento, sendo este o principal produto em

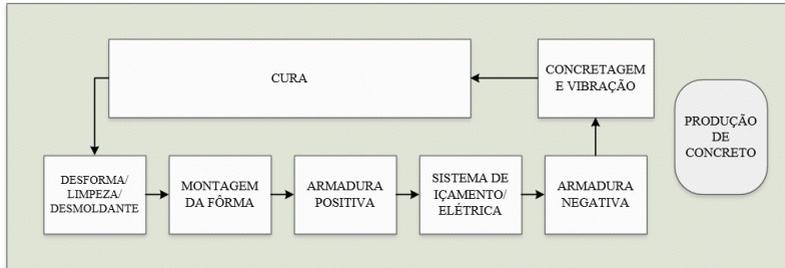
volume de produção no portfólio da empresa, o que corresponde a 80% dos lançamentos previstos para 2016 em número de empreendimentos.

Esta representatividade do produto com processo construtivo em alvenaria estrutural fomentou a empresa a investir em tecnologia para esta linha de mercado, fazendo com que este produto fosse o primeiro a fazer parte de um macroprojeto interno. Este macroprojeto tem como objetivo a redução de etapas de construção em campo, aliadas à redução de custos e à sustentabilidade do produto, antecipando a execução das atividades para um ambiente controlado e sem influência de intempéries.

Nesta central de pré-fabricação, são produzidas lajes, vigas, escadas e sacadas, além de pré-fabricados de pequeno porte como vergas e contravergas que são utilizados nas elevações da alvenaria estrutural. O desenvolvimento desta central de pré-fabricação iniciou no ano de 2014 em paralelo ao desenvolvimento do produto em estudo. Entretanto, o foco desta pesquisa não está voltado à implantação da central de pré-fabricação, visto que este desenvolvimento foi pontual e não necessário nos próximos desenvolvimentos de produto, uma vez que a central já está formatada e em funcionamento.

A linha de produção conta com estações de trabalho predefinidas e uma central de produção de concreto em que ocorrem as etapas de transformação. Estas peças seguem um fluxo circular de produção em que são deslocadas de maneira automatizada entre as estações de trabalho, percorrendo as etapas de desforma, aplicação de desmoldante, posicionamento de armações, instalações de subsistemas elétricos, hidrossanitários e sistema de içamento, concretagem, vibração e cura (Figura 16).

Figura 16 - Fluxo circular de produção dos elementos pré-fabricados.



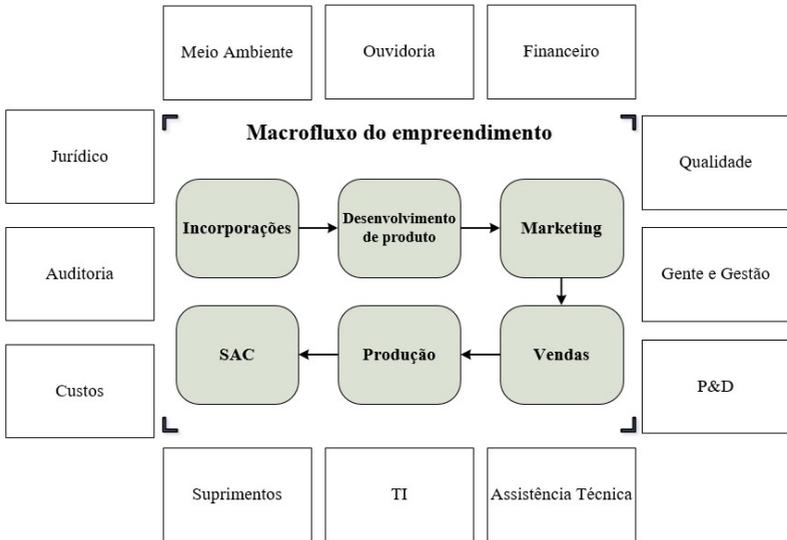
Fonte: do autor.

3.2.1 O processo de desenvolvimento de produtos da empresa

O ciclo completo de construção de um empreendimento é dividido pela empresa em seis etapas sequenciais, mesmo com algumas delas coexistindo em determinados períodos. Estas macroetapas são alimentadas por processos de apoio originados de diversos departamentos da empresa, conforme apresentado na Figura 17.

O processo tem seu início com estudos de viabilidade econômica do empreendimento, que fazem parte do escopo do departamento de Incorporações. Para elaboração desta viabilidade inicial, é realizada uma sondagem no terreno, a partir da qual são desenvolvidas análises para definição das soluções técnicas. Para tal, um projeto de implantação do empreendimento com um croqui da arquitetura das torres é desenvolvido. Estas avaliações abrangem, na maioria das vezes, análises voltadas à adequação do terreno e do seu entorno, em que são avaliadas soluções para fundações, contenções, terraplenagem, tratamento de efluentes e pavimentações. Em relação às torres habitacionais, somente é analisado qual processo construtivo será utilizado no empreendimento. Após realizada a viabilidade econômica e esta ter sido aprovada pela diretoria da organização, obtém-se a continuidade do desenvolvimento do produto.

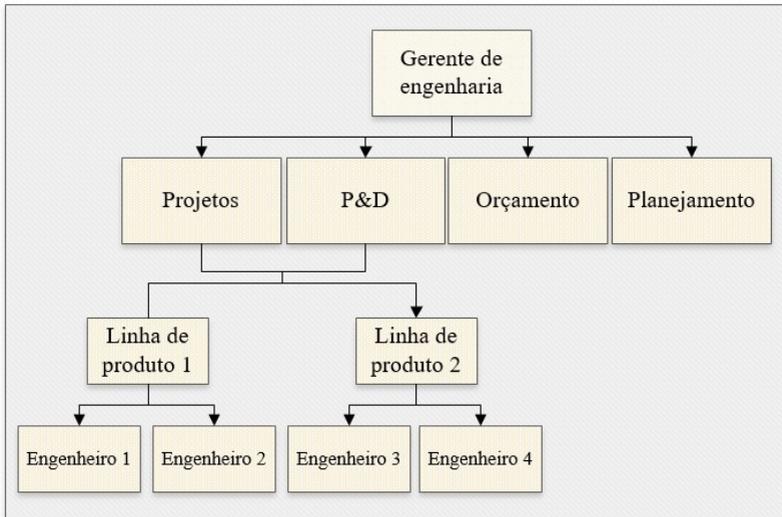
Figura 17 - Macrofluxo de um empreendimento.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

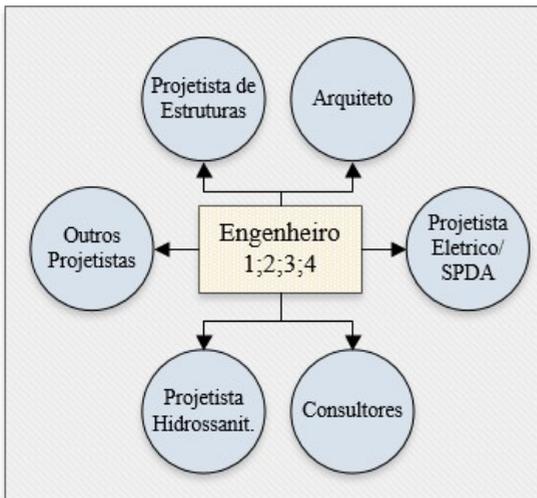
A etapa de desenvolvimento de produto é atribuição do Departamento de Engenharia. Este é segmentado em quatro setores, sendo eles: Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Planejamento, Projetos e Orçamentos. A organização considera que um produto tem seu ciclo de desenvolvimento finalizado quando este possui os projetos executivos, o orçamento e o planejamento elaborados com base nestes projetos. Neste caso, não são consideradas como atividades de desenvolvimento as etapas de acompanhamento da produção e a retroalimentação do processo. Portanto, é perceptível, na visão da organização, que o processo de desenvolvimento de produto utilizado estava limitado a uma fase estanque do processo, não tendo inter-relação com todos os departamentos da empresa. Cada engenheiro integrante do departamento de Engenharia tem como responsabilidade coordenar o fluxo de informações para desenvolvimento dos projetos, de maneira que seja efetiva a comunicação entre os agentes. A estrutura do departamento pode ser verificada no organograma da Figura 18 e a relação dos coordenadores de projeto com fornecedores externos na Figura 19.

Figura 18 - Organograma do departamento de Engenharia.



Fonte: do autor.

Figura 19 - Relação dos engenheiros com fornecedores externos.



Fonte: do autor.

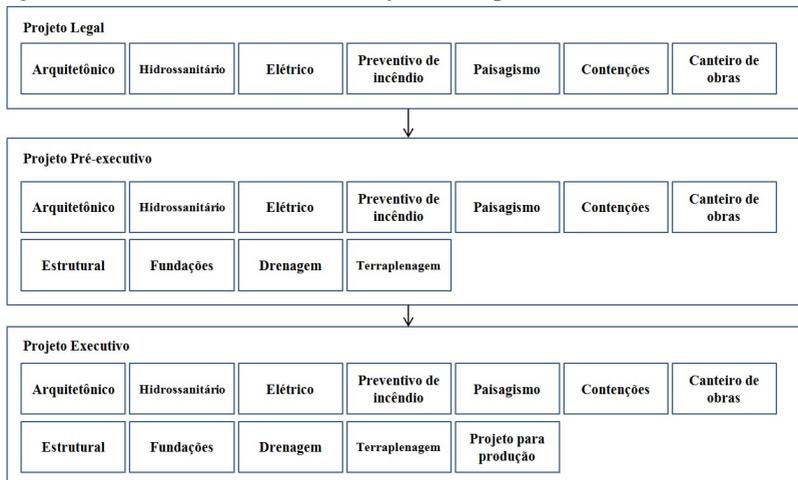
O fluxo de projetos na empresa é segmentado em três grandes fases (Figura 20). A primeira delas, denominada de etapa de Projeto

Legal, conta com a produção da documentação técnica necessária para protocolo do empreendimento nos órgãos reguladores. Nesta fase, ocorre o desenvolvimento da documentação técnica referente aos projetos arquitetônico, elétrico, hidrossanitário, de contenções, preventivo de incêndio, de paisagismo e de canteiro de obras. Estes projetos contêm informações com grau de detalhamento baixo, estando associadas apenas às demandas globais do empreendimento, que estão diretamente relacionadas à análise da capacidade de atendimento da infraestrutura urbana no entorno. Esta documentação dá início aos processos de obtenção de licenças ambientais e de incorporação do empreendimento nos órgãos reguladores.

Após o protocolo e pré-aprovação da documentação, é iniciada a segunda etapa intitulada de Pré-executiva. Nesta fase, além do refinamento de informações dos projetos já existentes, são elaborados os projetos de estrutura, de fundações, de impermeabilização e de terraplanagem. O coordenador de projetos realiza a análise crítica de toda a documentação produzida e promove uma reunião de compatibilização entre todos os envolvidos. Nesta reunião são discutidas e analisadas todas as interferências executivas entre disciplinas, em que é realizada a retroalimentação de informações para início da etapa de Projetos Executivos. Com este nível de informação, são iniciados o orçamento e o planejamento do empreendimento.

A reunião de compatibilização é considerada como o marco da passagem da etapa Pré-Executiva para a etapa de Projetos Executivos. Nesta fase, todos os documentos desenvolvidos, são detalhados com informações que permitam à equipe de produção executar o produto projetado. Nesta fase, é adicionado o desenvolvimento dos projetos para produção que são produzidos internamente na organização. Estas informações servem como base para o orçamento e o planejamento executivo do empreendimento.

Figura 20 - Síntese do Processo de Projeto na empresa.

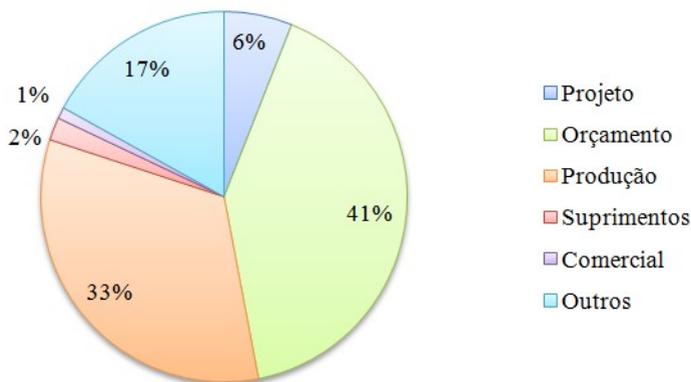


Fonte: adequado pelo autor a partir de material cedido pela construtora (2014).

3.2.2 Levantamento de falhas no processo de desenvolvimento de produto da empresa

Os dados a seguir são fruto de um estudo interno ocorrido na empresa no início do ano de 2014, que teve como objetivo mapear os impactos nos custos dos empreendimentos influenciados por cada setor da empresa. Estes dados, resultantes de 8 obras e cerca de 130.900m² construídos, foram obtidos através de um levantamento de informações contidas nos protocolos de solicitação de aditivo de custo, documentação esta produzida para justificar a necessidade de um custo não previsto no orçamento inicial da obra. Esta documentação é gerada e protocolada pelos responsáveis pela produção do empreendimento. Os dados analisados permitiram concluir que 6% do total dos desvios de custo das obras estavam relacionados ao setor de projetos conforme apresentado na Figura 21. Vale ressaltar que estes dados são referentes aos projetos das duas linhas de produto comercializadas pela empresa e que, apesar de não possibilitar avaliar individualmente cada linha de produto, permite que sejam avaliadas as inconsistências existentes no processo de desenvolvimento utilizado pela organização.

Figura 21 - Desvio de custos por setor no ano de 2014.



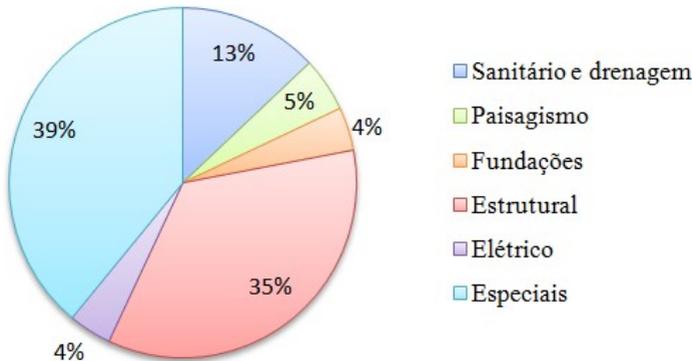
Fonte: cedida pela construtora (2014).

A avaliação deste número foi realizada pelos responsáveis de cada setor, apontando as causas destes desvios de custo. Após realizadas as análises, os números foram cruzados para que fosse possível identificar as interferências no processo entre setores. O baixo detalhamento dos projetos foi apontado como principal causa de falha no orçamento, seguido do atraso nas datas de entrega dos projetos executivos, que tornam os tempos para detalhamento do orçamento da obra insuficientes. Certamente o número de desvios de custo relacionados aos projetos é superior aos 6% apresentados no gráfico anterior. Entretanto, os dados disponíveis não permitiram identificar o percentual de desvios gerados aos custos previstos em orçamento relacionados às falhas de projeto.

É perceptível que o número de 33% de falhas relacionadas ao departamento de Produção também é expressivo. Ao investigar este número, as justificativas apresentadas foram o baixo detalhamento de projetos, a incompatibilidade entre disciplinas de projeto, procedimentos operacionais com informações insuficientes para nortear a execução e a disponibilidade inadequada de materiais em campo, justificada pelo orçamento inconsistente.

No setor de projetos, cada documento foi analisado individualmente para identificar quais as disciplinas com maior representatividade no número anteriormente apresentado. O resultado desta análise é apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Incidência dos problemas por disciplina de projeto.

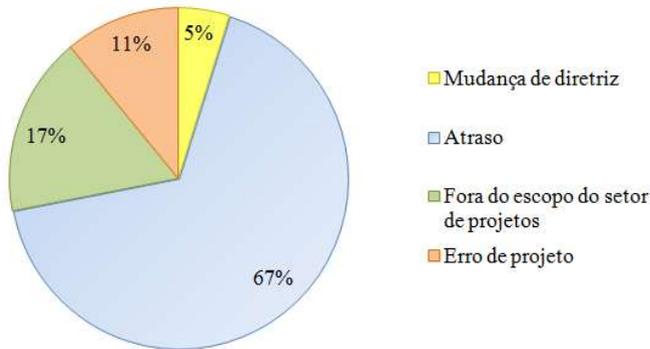


Fonte: cedida pela construtora (2014).

Os projetos especiais são considerados pela construtora como projetos em que existe o fornecimento da documentação técnica acrescidos do material por um mesmo fornecedor. São exemplos destes documentos, os projetos de estruturas metálicas, projetos de escoramento e equipamentos de proteção coletiva. O número de falhas expressivo para projetos especiais (39%) pode ser justificado pela incoerência na forma de contratação desta documentação. Esta condicionante pode tender a solução técnica definida em projeto a não ser a mais adequada, uma vez que são utilizados elementos disponíveis pelo fornecedor para compor o projeto.

Uma segunda fonte de informações foi um relatório desenvolvido no primeiro trimestre de 2014 referente à conformidade do planejamento das obras. Conforme dados deste relatório, 42% dos atrasos de obra foram vinculados aos projetos pelos líderes de produção. O gráfico da Figura 23 mostra uma proporção das principais causas dos problemas evidenciados, sendo o atraso dos projetos apresentada como a mais impactante (67%). O atraso apresentado está relacionado à data em que estes projetos são disponibilizados no sistema da empresa para orientação da equipe de produção, e também à disponibilidade do documento para realização dos demais processos internos, como por exemplo processos de orçamento, de suprimentos e de contratação de mão de obra.

Figura 23 - Causas dos problemas de obra relacionados aos projetos.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

3.2.3 Avaliação do processo construtivo em alvenaria estrutural e lajes moldadas no local

O processo construtivo utilizado pela organização utiliza alvenaria com função de estrutura e vedação em conjunto com o uso de lajes moldadas no local. A execução das lajes de concreto armado ocorre de maneira convencional com o uso de formas de madeira e escoramento metálico. A qualidade do produto final diminui conforme os pavimentos da edificação são finalizados. Isso ocorre devido à reutilização das formas entre pavimentos, de forma que os pavimentos superiores têm qualidade inferior se comparados aos pavimentos inferiores (Figura 24 (a) e (b)). Todas as lajes produzidas necessitam de camadas de regularização nas superfícies, tanto inferior quanto superior. A movimentação e deformação das formas durante a concretagem e as imprecisões executivas geradas pelo processo, geram ondulações na laje de aproximadamente 3cm em casos extremos, conforme observa-se no mapeamento de níveis da laje apresentado no ANEXO A. Estas ondulações geram a necessidade de correção do nível da primeira fiada de alvenaria e geram complicações no assentamento das peças cerâmicas para revestimento, uma vez que são assentadas sem camada intermediária de regularização.

Figura 24 - Acabamento da laje nos pavimentos inferiores (a) e acabamento das lajes nos pavimentos superiores (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

O escoramento denso em cada ambiente (Figura 25 (a)) e o posicionamento e transporte das placas de madeira ocupa de maneira significativa a mão de obra e compromete o atendimento ao ciclo executivo planejado. Além disso, a necessidade de manter o escoramento até que o concreto atinja a resistência especificada é um limitador para a entrada de atividades seguintes nos pavimentos imediatamente inferiores ao pavimento de concretagem. O uso excessivo de madeira (Figura 25 (b)), o número elevado de projetos para controle e acompanhamento desta documentação pela equipe de execução (projeto de escoramento, projeto de paginação de formas, entre outros), vão contra os princípios de industrialização e racionalização almejados pela empresa.

Figura 25 - Escoramento da laje moldada no local (a) e formas de madeira posicionadas para concretagem (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Nesta etapa de produção de formas também é realizado o posicionamento de tubulações para posterior execução de instalações elétricas (Figura 26) e o posicionamento de formas para criar aberturas na laje para posterior instalação do subsistema hidrossanitário (Figura 27 (a)). Desta mesma forma, são posicionados sarrafos de madeira para criar os caminhamentos para as instalações de gás liquefeito de petróleo (GLP) indicados pelas setas vermelhas (Figura 27 (b)).

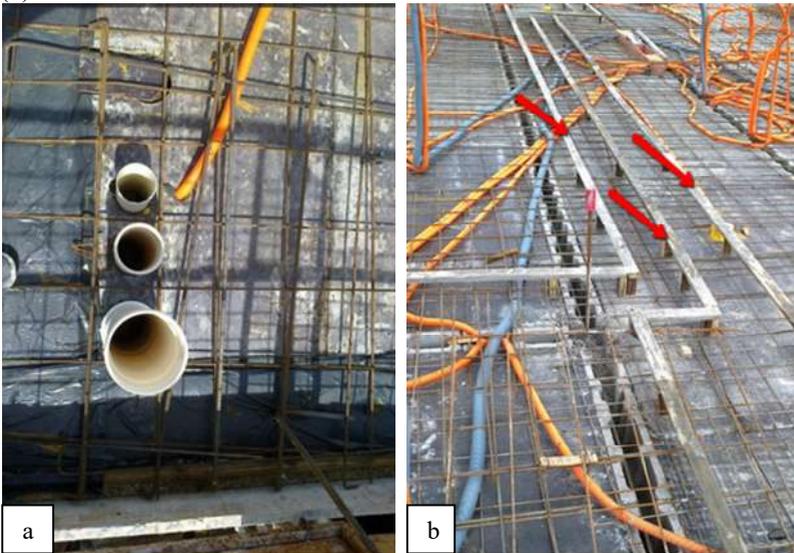
A forma de execução apresentada condiciona a inexistência de um padrão nos caminhamentos das instalações, impossibilitando a industrialização das instalações elétricas. Já para as instalações hidrossanitárias, a imprecisão no posicionamento das aberturas e os deslocamentos que ocorrem durante a execução da atividade de concretagem, impossibilita a utilização de kits hidráulicos e sanitários.

Figura 26 - Instalações elétricas executadas no pavimento antes da concretagem.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Figura 27 - Posicionamento das passagens hidrossanitárias (a) e sarrafos posicionados para formar o caminhamento das instalações de GLP (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

As demais estruturas do pavimento, como escadas (Figura 28) e vigas de transição existentes no pavimento térreo, também são executadas com o mesmo processo de formas de madeira, não sendo eventualidade deparar-se com a necessidade de correção completa das dimensões destas estruturas.

Figura 28 - Momento da concretagem de escada moldada no local.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Desde 2012, quando foi formado o setor de P&D, investimentos em relação à melhoria do processo de execução da alvenaria estrutural foram propostos para este produto, elevando significativamente a qualidade da estrutura em alvenaria. Nesta primeira fase de desenvolvimento, foram propostos investimentos em equipamentos e procedimentos operacionais, como por exemplo, o uso de escantilhões que garantem o correto posicionamento e a verticalidade desta estrutura (Figura 29).

Figura 29 - Alvenaria estrutural em execução com o uso de escantilhões.

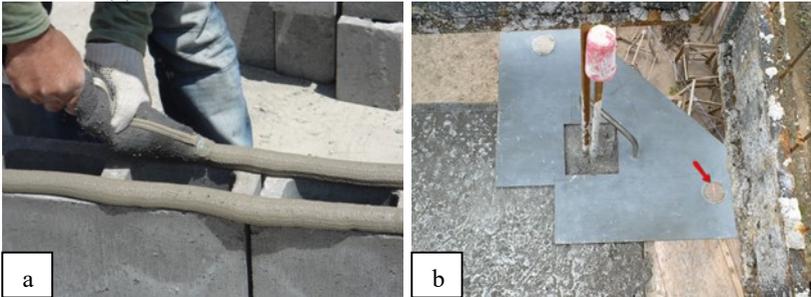


Fonte: cedida pela construtora (2014).

A forma de aplicação de argamassa nas fiadas de alvenaria foi substituída da colher para a bisnaga (Figura 30 (a)), o que possibilitou uma redução significativa no consumo de material e uma melhoria na organização e limpeza do pavimento. Esta prática proporcionou redução de 60% no consumo de argamassa para assentamento, número este extraído dos bancos de dados orçamentários da empresa. A diferença no resultado entre as formas de aplicação de argamassa pode ser comparada na Figura 31 (a) e (b). Também foi proposto um sistema de transferência de prumo com o uso de aparelhos emissores de laser e gabaritos metálicos, que garantem que a alvenaria seja locada com precisão na mudança de pavimentos (Figura 30 (b)). Esta prática resultou em uma melhoria significativa na verticalidade da torre, de forma que se passou

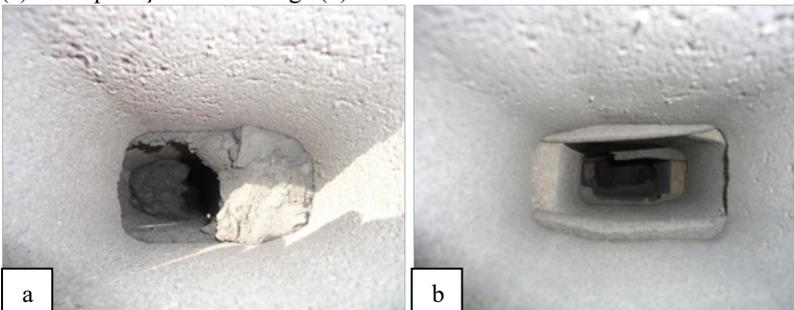
a obter variações máximas de 10mm de desalinhamento em uma torre com 12 pavimentos.

Figura 30 - Aplicação de argamassa com bisnaga (a) e transferência de prumo com laser (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Figura 31 - Diferença visual no consumo de argamassa na aplicação com colher (a) e na aplicação com bisnaga (b).



Fonte: cedida pela construtora (2013).

As instalações, que influenciam diretamente o processo construtivo em alvenaria estrutural foram adequadas para não gerar nenhuma interferência na estrutura. Todas as instalações hidrossanitárias foram posicionadas externamente às alvenarias (Figura 32 (a)). O processo de execução das instalações elétricas passou a ser realizado com caixas especiais, em que as aberturas necessárias para fixação destes elementos passaram a ser executadas através do uso de perfuratrizes, eliminando qualquer necessidade de quebra de blocos para execução deste subsistema (Figura 32 (b)).

Figura 32 - Instalações hidrossanitárias externas à alvenaria (a) e instalações elétricas executadas com uso de perfuratriz (b).



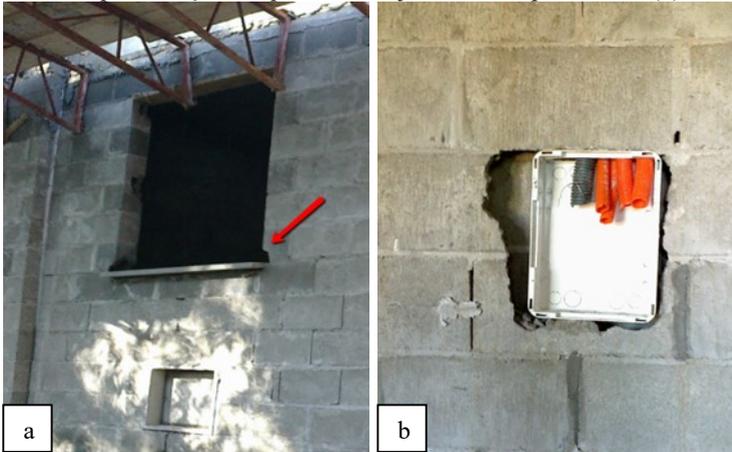
Fonte: cedida pela construtora (2014).

A melhoria significativa da qualidade pôde ser identificada através de observação direta. Também foram verificados dados cadastrados no sistema de gestão da qualidade da organização, em que são avaliados os itens apresentados no ANEXO B, que resultaram em uma média de 8,23 pontos para a execução da alvenaria neste empreendimento. Este foi o primeiro empreendimento que utilizou desta metodologia para avaliação da qualidade, de forma que, neste momento, não havia resultados anteriores para comparação. A periodicidade de avaliação desta atividade ocorre mensalmente, sendo estratificada em um relatório de acordo com o apresentado no ANEXO C.

Mesmo com o ganho percebido de qualidade nas diferentes dimensões que ela pode abranger, a rotina profissional do autor deste documento, que participa de forma ativa no acompanhamento das obras com o uso deste processo construtivo, permitiu identificar algumas falhas posteriores à execução da alvenaria que poderiam ser tratadas no decorrer desta atividade. A quebra de blocos da alvenaria para instalação

das pingadeiras e quadros de disjuntores foi evidenciada em campo (Figura 33 (a) e (b)).

Figura 33 - Quebra da alvenaria para fixação das pingadeiras (a) e quebra da alvenaria para fixação do quadro de disjuntores do apartamento (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Um segunda constatação evidenciada através da observação direta foi a baixa qualidade nas alvenarias de vedação (Figura 34 (a)). Esta alvenaria, por ocorrer em um segundo momento do planejamento, tem sua execução realizada por uma equipe secundária não especializada e sem a utilização dos mesmos equipamentos de apoio apresentados no início deste item. Estas alvenarias são formadas por blocos cerâmicos com 9cm de espessura, o que acaba por dificultar a posterior passagem das instalações elétricas nestas regiões, condicionando à quebra dos blocos para passagem das tubulações (Figura 34 (b)).

Figura 34 - Qualidade da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos (a) e quebra dos bloco para passagem de instalações elétricas (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Mesmo com as melhorias propostas no processo de execução das alvenarias estruturais obtidas, através de análises dos dados do planejamento da empresa, nenhum ganho significativo na redução do ciclo executivo da estrutura foi evidenciado. Um exemplo dos relatórios consultados pode ser verificado no ANEXO D. Um pavimento estrutural completo, que considera a execução de alvenaria e laje, tem números que variam entre 10 e 12 dias trabalhados. Este número fomentou uma investigação, em que foram analisados seis empreendimentos da empresa com processo construtivo em alvenaria estrutural na busca de se obter respostas aos fatores causadores deste resultado. Cinco destes empreendimentos contam com 2 torres de apartamentos, área de laje de aproximadamente 500m² e uma área de alvenaria na ordem de 900m² por pavimento. O sexto empreendimento possui área de laje e alvenaria na mesma proporção que os demais, com a diferenciação de possuir 3 torres de apartamentos. Destes seis empreendimentos, dois deles trabalharam com mão de obra da própria organização e quatro deles com mão de obra terceirizada.

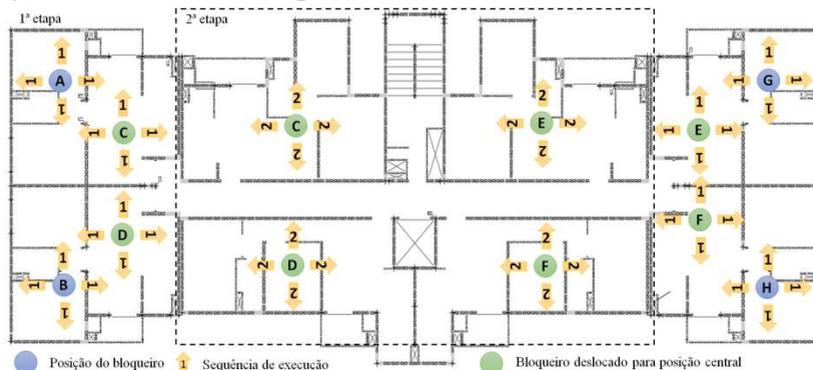
Para dar andamento, realizou-se uma entrevista semiestruturada e focada com os seis líderes e mestres de obra dos respectivos empreendimentos. Através destas entrevistas, identificou-se a

inexistência de documentos para orientação da execução. O que havia disponível era apenas uma definição de datas de início e término da atividade no pavimento, proveniente do planejamento do empreendimento. Desta forma, a consideração utilizada para inserção de valores no orçamento dos empreendimentos era relacionada à contratação de 8 assentadores de blocos e 4 auxiliares de apoio para execução da alvenaria estrutural, independente da metragem quadrada de alvenaria existente ou das particularidades do empreendimento. Em relação à produção das formas de madeira para concretagem das lajes, o valor disponibilizado em orçamento considera um valor global para contratação de mão de obra e materiais. Este valor é relacionado à metragem quadrada de laje, entretanto, desvinculado do número de integrantes da equipe.

Uma variação nos equipamentos de transporte vertical disponíveis entre empreendimentos foi identificada. Das seis obras estudadas, quatro delas contaram com um elevador de carga por torre e uma grua para o empreendimento, em que está incluso neste número o empreendimento que contemplava três torres. Nos dois empreendimentos restantes, ambos com duas torres, considerou-se um elevador de carga e um guincho de coluna por torre. Esta situação não permite a estruturação de um plano de execução padronizado e o desenvolvimento de documentações padronizadas para orientação ao uso destes equipamentos.

Uma parte da entrevista tratou da estratégia utilizada para execução da alvenaria estrutural e dos motivos pela escolha desta estratégia. Três das seis obras avaliadas priorizaram a execução dos apartamentos das extremidades da torre com dois assentadores de blocos cada até a obtenção da metade da elevação destas alvenarias (sexta fiada). Na sequência, um dos dois assentadores de blocos era direcionado aos apartamentos centrais (Figura 35). O uso desta estratégia foi justificada pelos engenheiros, embasada na finalização de regiões da alvenaria em momentos distintos, de forma que a atividade de execução de formas pudesse ser antecipada, iniciando pela extremidade da torre. Um segundo fator levantado foi uma melhor distribuição do uso de equipamentos, uma vez que as etapas de execução das fiadas superiores e a execução do grauteamento ocorrem em momentos distintos na torre, favorecendo uma melhor distribuição no uso de andaimes e no fornecimento de graute.

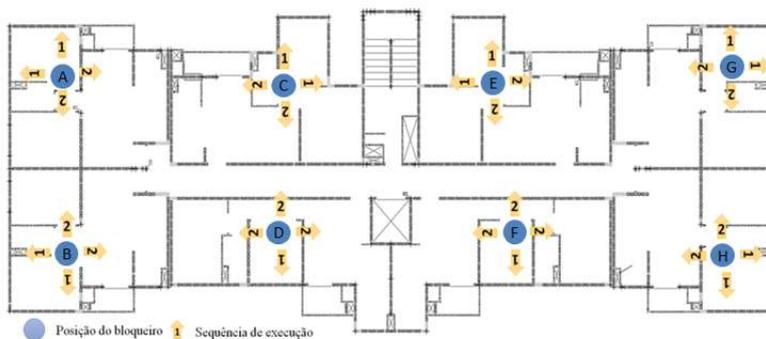
Figura 35 - Estratégia 1 – Início da execução nos apartamentos das extremidades e deslocamento de um dos assentadores de blocos para apartamentos centrais ao atingir a 6ª fiada.



Fonte: do autor.

Uma segunda estratégia identificada foi utilizada por duas das seis obras avaliadas, na qual toda a alvenaria de periferia da torre foi priorizada até a sexta fiada e, em seguida, dava-se início à execução das alvenarias internas (Figura 36). Esta configuração foi justificada pela condição de fixação dos guarda-corpos de periferia em um momento mais adequado para a execução, fazendo com que esta atividade pudesse ser executada em uma única etapa.

Figura 36 - Estratégia 2 – Um assentador de blocos por apartamento priorizando as alvenarias da periferia.

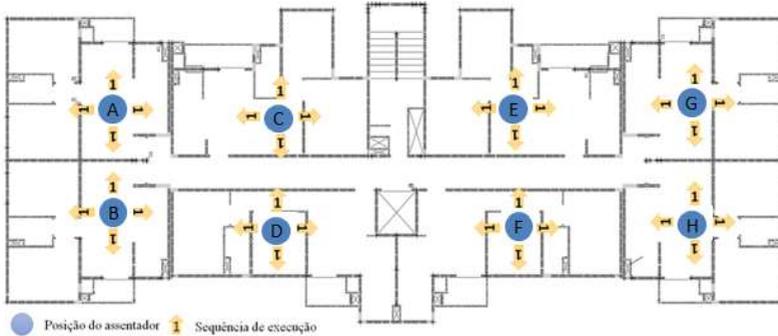


Fonte: do autor.

A sexta obra avaliada distribuiu um assentador de blocos por apartamento, executando a alvenaria do pavimento em sua totalidade

(Figura 37). Ao questionar os motivos desta escolha, percebeu-se que não houve um motivo que justificasse esta distribuição. Apenas tentou-se homogeneizar a mão de obra disponível na área a ser executada.

Figura 37 - Estratégia 3 – Um assentador de blocos por apartamento executando a alvenaria em sua totalidade.



Fonte: do autor.

Assim, estendeu-se a entrevista a alguns assentadores de blocos, de maneira a identificar dificuldades específicas da mão de obra no decorrer da execução da atividade. A interrupção da execução da alvenaria para preenchimento das canaletas que formam a verga e contraverga da janela foi um dos itens elencados nesta entrevista (Figura 38 (a)). Além de provocar a interrupção da seqüência executiva, tal condicionante exige que o material para grauteamento seja transportado ao pavimento em pequena quantidade, gerando perdas de produção por espera, perdas de material e uso inadequado do transporte vertical.

A mesma situação se repete na execução das vergas que, além do grauteamento, exigem que o vão seja escorado para dar prosseguimento à execução (Figura 38 (a)). Este escoramento, por ser realizado de maneira artesanal com uso de madeira, gera, em alguns casos, a impossibilidade de instalação correta das esquadrias, uma vez que existe uma variação dimensional proporcionada pela execução. Além destes itens, também é necessário realizar o corte da aba do bloco canaleta para instalação da pingadeira nas janelas (Figura 38 (b)), contribuindo para aumento da produção de resíduos na obra e adicionando uma etapa no método para fixação da pingadeira.

Figura 38 - Escoramento necessário para grauteamento da verga de janela (a) e corte da aba do bloco para posicionamento da pingadeira (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Outro ponto identificado por meio da entrevista foi a fixação do guarda-corpo de periferia realizado na sexta fiada (Figura 39), conforme apresentado na estratégia 2. Nesta etapa, para dar continuidade à execução da alvenaria, o assentador precisa do auxílio de andaimes e, para isto, é necessário que toda a periferia do pavimento seja protegida. Para sustentar esta proteção é necessário que toda a alvenaria já tenha sido executada no dia anterior, uma vez que necessita estar solidarizada para ter condição de sustentação do equipamento de proteção coletiva. Tal condição gera uma descontinuidade na execução da atividade de elevação da alvenaria estrutural.

Figura 39 - Fixação do guarda-corpo de periferia na 6ª fiada.

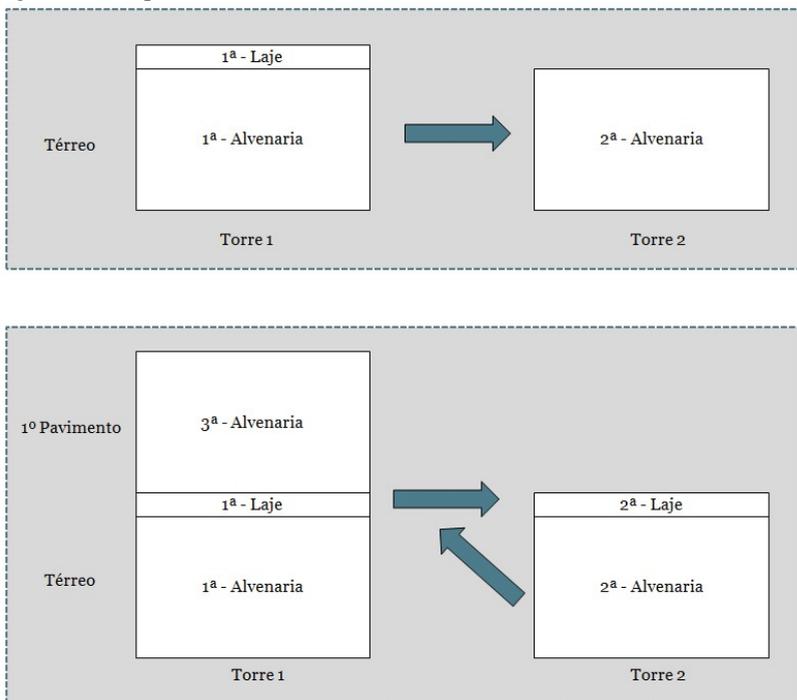


Fonte: cedida pela construtora (2014).

Além destes itens identificados, o serviço de execução de formas de madeira também foi analisado. Entretanto, por se tratar de uma contratação de mão de obra terceirizada, a variação no número de profissionais, tanto entre empreendimentos quanto à constância deste número de trabalhadores ao longo do ciclo de um pavimento, tornaram a análise inconclusiva.

Mesmo sem este dado, o que determina o progresso da execução da montagem das formas de madeira acaba por ser a execução da alvenaria estrutural. Estas atividades necessitam ter duração semelhante condicionadas pela forma como é proposta a execução dos empreendimentos da organização. Se uma das duas atividades tiver uma duração muito superior à outra, ocorrerá uma sobreposição de equipes, visto que todos os empreendimentos desta linha de produto são concebidos com no mínimo duas torres e a execução deste serviço ocorre de maneira alternada entre elas, conforme apresentado na Figura 40.

Figura 40 - Sequência executiva alternada entre torres.



Fonte: do autor.

Com todas as informações provenientes desta investigação, torna-se difícil afirmar qual estratégia utilizada é a mais adequada, visto que são influenciadas diretamente pelo desempenho da mão de obra e pelos equipamentos de transporte vertical disponíveis em cada empreendimento. Este fator foi o que condicionou a finalização da investigação com este nível de informação. Por mais que se utilizasse de métodos para ampliar a coleta de dados, a confiabilidade da informação seria limitada e as considerações necessárias para conclusão trariam distorções para a análise. Desta mesma forma, a comparação entre o uso de mão de obra própria e empreitada também torna-se não conclusiva justificada por este número significativo de variações nas execuções dos empreendimentos.

3.3 ETAPA DE DESENVOLVIMENTO

Nesta etapa será apresentada a síntese de todas as atividades necessárias para se obter um produto com elementos industrializados. Estas atividades abrangem a concepção do produto, desenvolvimento de projetos, prototipagens, planejamento da execução, desenvolvimento de treinamento, desenvolvimento de equipamentos e produção de documentação técnica.

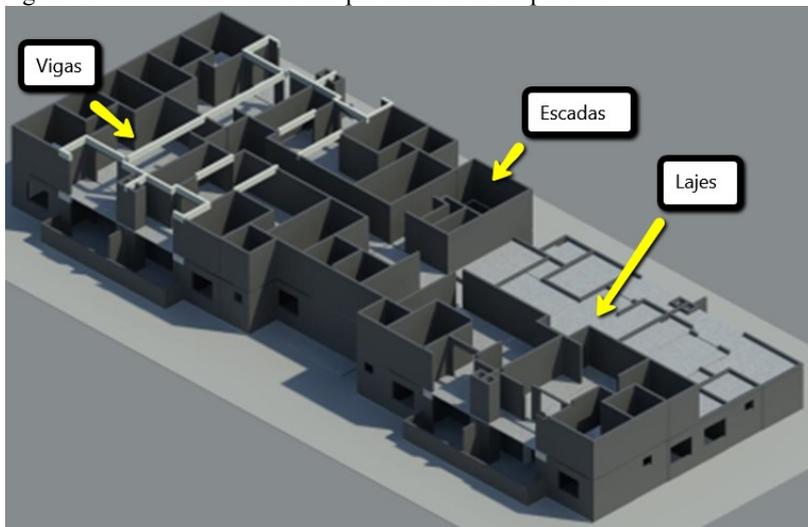
3.3.1 Estudos iniciais

Esta etapa foi caracterizada pelo planejamento do desenvolvimento do produto. Para que se pudesse realizar a viabilidade financeira foram desenvolvidos pré-projetos dos elementos que se tinha intenção de industrializar extraídos de um croqui da arquitetura. Estes documentos apresentaram apenas informações para viabilidade da tecnologia, apresentando as dimensões das peças e taxas de consumo de materiais. Neste mesmo momento, reuniões que contaram com a participação de consultores, projetistas e do corpo técnico e diretoria da organização foram desenvolvidas para definir qual o grau de industrialização que se conseguiria atingir no tempo almejado pela empresa. Nesta etapa também foram realizadas pesquisas de mercado, prospectados investidores, realizadas visitas técnicas e adequados o planejamento estratégico e financeiro da empresa ao projeto.

Após esta avaliação inicial, houve a definição dos elementos que seriam industrializados, sendo considerados segmentos de laje, escadas, vigas e elementos de complemento às elevações da alvenaria (Figura 41). A premissa considerada pela organização estava centrada na inexistência de elementos moldados em campo durante a fase estrutural do empreendimento.

Além dos elementos estruturais, foi considerada a industrialização dos subsistemas elétrico e hidrossanitário da torre e a busca por soluções existentes no mercado para elementos de menor impacto. Estes elementos não são padronizados entre empreendimentos da organização, como por exemplo, churrasqueiras, fechamentos de shafts e abrigos para central de medição de GLP.

Figura 41 - Elementos estruturais pré-fabricados no produto.



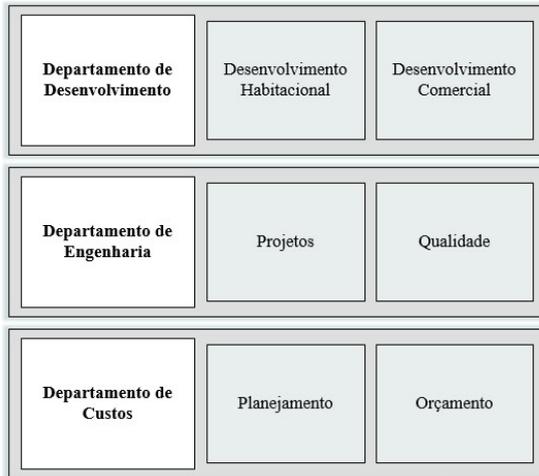
Fonte: do autor.

3.3.2 Reestruturação do setor de P&D

A primeira modificação realizada na estrutura organizacional para início deste desenvolvimento foi a mudança no processo de desenvolvimento de produto utilizado pela empresa. Passou-se a considerar o desenvolvimento de produto como exclusivamente a estruturação das características da torre de apartamentos do empreendimento, em que se tem o maior impacto em custos e prazo e as maiores possibilidades de industrialização de elementos.

As demandas geradas pelo macroprojeto foram muito superiores a qualquer outro projeto já vivenciado pela organização, de forma que o departamento de Engenharia, que até então era formado pelos setores de Planejamento, P&D, Projetos e Orçamento, foi segmentado em três departamentos independentes, conforme apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Reestruturação dos departamentos e setores da organização.

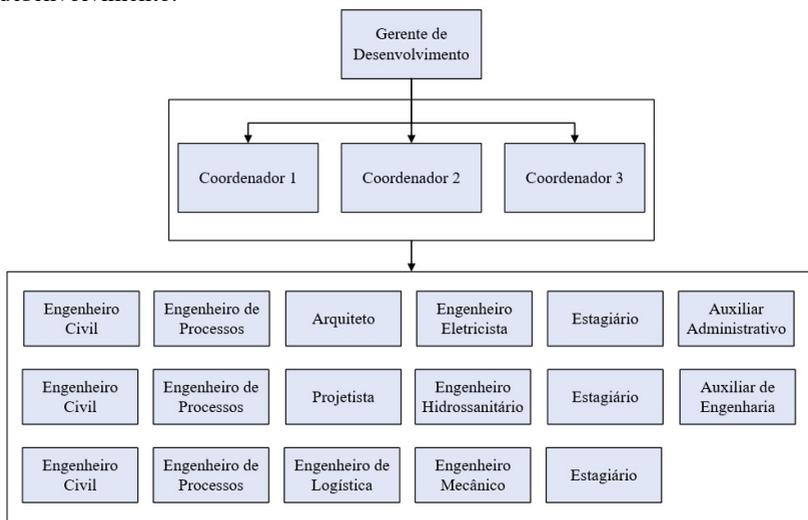


Fonte: do autor.

O ciclo de um desenvolvimento passou a ser considerado finalizado quando é encerrado o acompanhamento do pós-obra do primeiro empreendimento desenvolvido com o novo processo construtivo e realizada a retroalimentação de informações no processo. Desta forma, o escopo do Departamento de Desenvolvimento, passou a considerar a entrega de toda a documentação referente ao processo construtivo da torre que abrange projetos executivos, procedimentos operacionais, listas de equipamentos, planos de execução, planejamento e orçamento, perfeitamente testados e compatibilizados. Considerando a estrutura organizacional neste formato, o departamento de Engenharia e o departamento de Custos tem como função desenvolver a documentação técnica referente à adequação deste produto a um terreno específico, trabalhando com os itens que não são padronizados.

Com a demanda de atividades acrescida pelo processo de industrialização e com escopo mais abrangente do departamento de Desenvolvimento, a equipe composta basicamente de engenheiros civis teve seu corpo técnico ampliado com especialistas em diversas áreas até então inexistentes no quadro de colaboradores da empresa. Foram adicionados ao organograma do setor engenheiros mecânicos e eletricitas, especialistas em processos, logística, planejamento e orçamento, além do aumento no número de engenheiros civis conforme apresentado na Figura 43.

Figura 43 - Organograma do setor após segmentação da equipe de desenvolvimento.



Fonte: do autor.

Este quadro de profissionais teve como principais atividades o desenvolvimento do produto (torre do empreendimento) e a estruturação da central de pré-fabricação, que considerou todas as atividades necessárias que permeiam desde a concepção da tecnologia de produção até a estruturação de processos.

3.3.3 Concepção e projetos

Para justificar o esforço neste desenvolvimento e depreciar os investimentos iniciais, foi convencionado pela organização o uso de uma arquitetura de torre padronizada, variando entre empreendimentos apenas as áreas de uso comum e as adequações necessárias para adaptação da torre de apartamentos ao terreno. A premissa de alta repetição para uma mesma arquitetura exigiu que análises das diferentes regulações municipais na região de atuação da construtora fossem realizadas. Na sequência foi realizada uma análise no produto em comercialização, de maneira que fosse possível identificar pontos que poderiam ter benefícios extraídos da arquitetura em relação à construtibilidade. Em paralelo a esta atividade foram realizadas reuniões entre o departamento de Desenvolvimento, arquiteto e departamento Comercial, com a finalidade de identificar as características comerciais

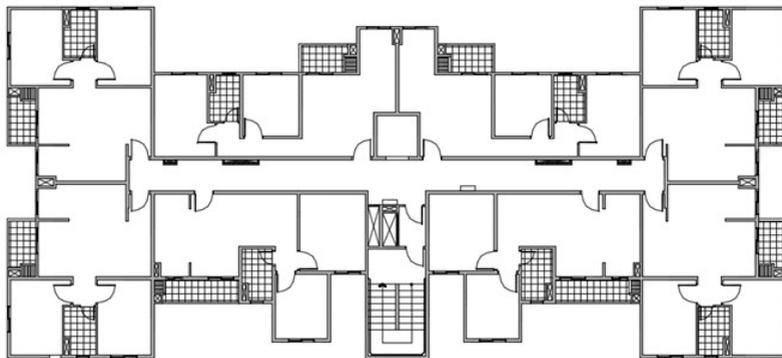
(área de apartamento, número de dormitórios, definição e funcionalidade dos ambientes) necessárias ao produto.

Os produtos até então comercializados pela empresa contam com três tipologias de apartamento, em que cada uma destas tipologias conta com um banheiro de dimensões particulares (Figura 44 e Figura 45). Na arquitetura em desenvolvimento, foram consideradas apenas duas tipologias de apartamento, na busca por uma redução no número de variações de peças pré-fabricadas e considerados banheiros de dimensões idênticas entre unidades, com a finalidade de industrializar as instalações hidrossanitárias.

A presença de uma fachada irregular nestes produtos promove um baixo índice de compacidade e, como consequência, um acréscimo de custos e complicações executivas para as atividades de revestimento de fachada. Esta condicionante, acrescida pela dimensão longitudinal da torre, são fatores que contribuíram para a existência de duas juntas de dilatação em uma das tipologias de produto. A arquitetura do produto de tipologia 1, em que se considerou sacadas em balanço, também contribuiu para o incremento da complexidade de execução nesta região.

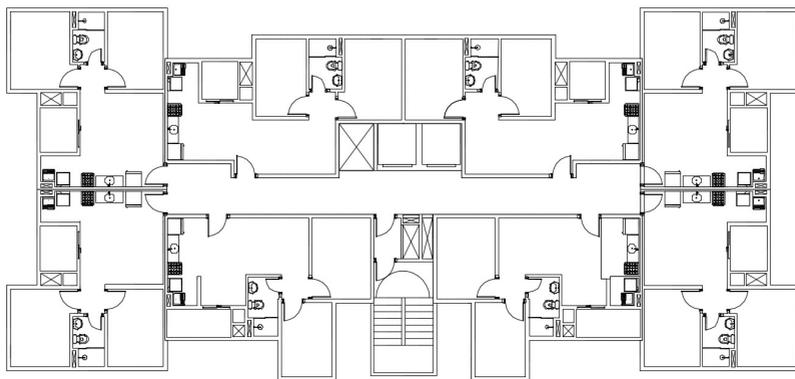
Os shafts das áreas comuns, localizados na região central da torre, foram segmentados e deslocados para as extremidades, com o propósito de se obter uma redução das distâncias percorridas pelas instalações. A condicionante de alta repetição também fomentou a adição de um segundo fosso para elevadores ao produto, de forma que o equipamento não fosse um limitante ao número de pavimentos da torre e fosse possível extrair o máximo potencial construtivo existente no terreno.

Figura 44 - Tipologia 1 de produto em comercializado pela construtora.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

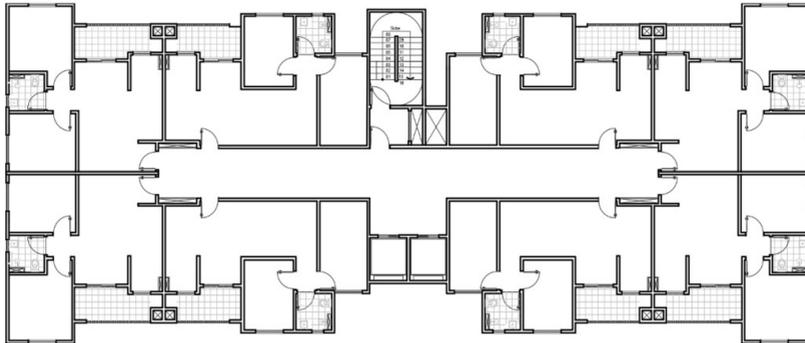
Figura 45 - Tipologia 2 de produto comercializado pela construtora.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Desta avaliação, foi originado um estudo preliminar de arquitetura (Figura 46). A necessidade de atender a diversos códigos de obra contribuiu para o aumento da área do apartamento, elevando o total da área da laje de aproximadamente 500m² para 600m². Este acréscimo no entanto, foi utilizado estrategicamente como um diferencial do produto pelo departamento Comercial.

Figura 46 - Projeto arquitetônico inicial.

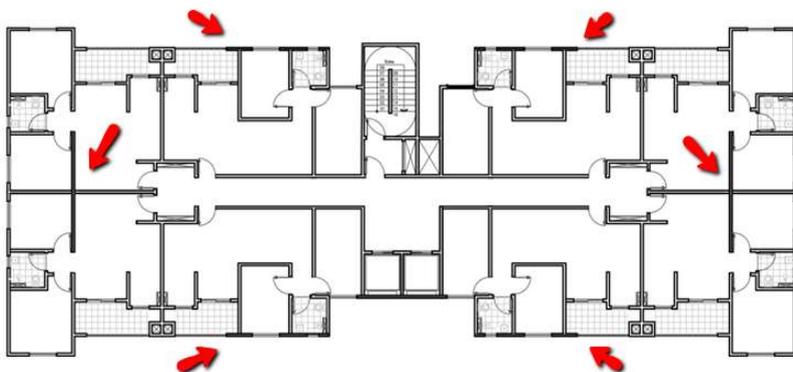


Fonte: cedida pela construtora (2014).

Diferentemente do fluxo de desenvolvimento utilizado até então, neste produto o projeto estrutural foi antecipado para que fosse possível avaliar as características dos elementos pré-fabricados. Esta primeira versão do projeto estrutural trouxe como informação as características dimensionais destes elementos, bem como a modulação da alvenaria estrutural. Nesta etapa, foi realizada uma análise pelo projetista de estruturas, das características arquitetônicas que poderiam contribuir para a solução estrutural.

Estas informações permitiram dar início a estudos de logística (dimensões máximas para transporte rodoviário, definição de equipamentos de transporte vertical) capazes de influenciar diretamente a arquitetura da torre. Algumas alvenarias internas foram linearizadas e dimensões de lajes pré-fabricadas adequadas para transporte, além da linearização das fachadas em relação à planta anterior, resultando na planta identificada na Figura 47.

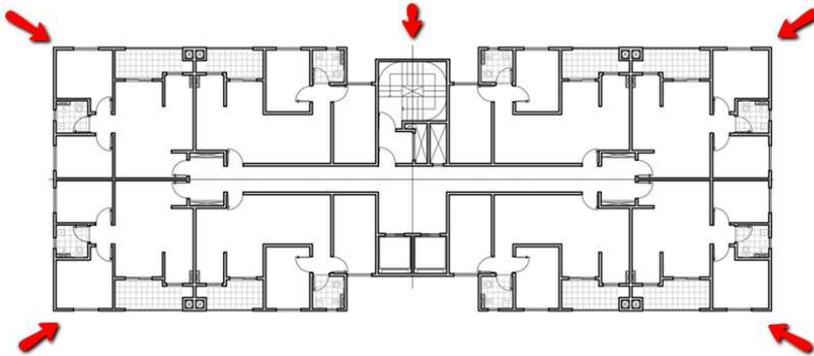
Figura 47 - Linearização das alvenarias destacadas.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Esta arquitetura aperfeiçoada passou por mais um ciclo de análises. A escada central foi substituída por uma escada de quatro lances, contribuindo para a simetria da torre. Um benefício desta simetria pode ser exemplificado através do posicionamento centralizado dos eixos estruturais de projeto, o que facilita a atividade de locação da 1ª fiada de alvenaria. Também foi solicitada a linearização completa da fachada, em busca de se obter um acréscimo na contrutibilidade dos revestimentos externos. Este formato regular e uma menor dimensão longitudinal da torre contribuíram para a inexistência de juntas de dilatação no produto. Com a análise da arquitetura finalizada, deu-se prosseguimento aos processos regulatórios para liberação da construção do empreendimento e ao desenvolvimento dos projetos das demais disciplinas (Figura 48).

Figura 48 - Projeto arquitetônico final com adequação da escada e simetria nos eixos da torre.



Fonte: cedida pela construtora (2014).

O desenvolvimento do projeto estrutural, além de antecipado para a etapa de Projeto Legal, teve um detalhamento superior na Etapa Pré-executiva, justificado pela necessidade de produção de formas metálicas. A característica da solução utilizada para a conexão de lajes (Figura 49 (a) e (b)), considerada como um diferencial no produto em desenvolvimento, exigiu que cada barra de aço contida nos elementos estruturais fosse detalhada e posicionada no projeto individualmente. Este detalhamento ainda considerou todas as interferências provenientes dos subsistemas elétrico, hidrossanitário e preventivo de incêndio.

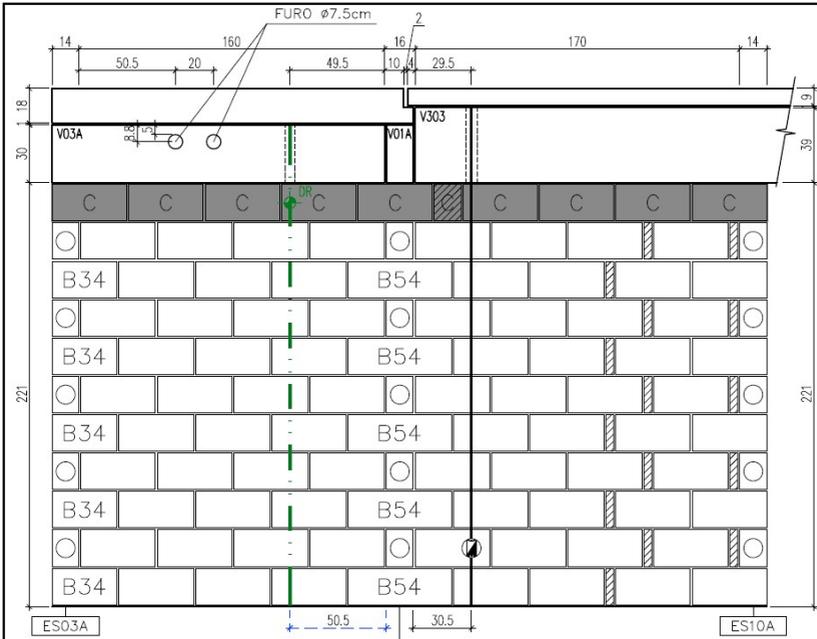
Figura 49 - Alça de ligação entre lajes (a) e sistema de ligação em execução no canteiro (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Como uma das premissas consideradas foi a inexistência de elementos moldados no pavimento, todos os projetos de elevações de alvenaria foram antecipados para a etapa Pré-Executiva, o que possibilitou identificar os elementos (vergas, contravergas, vigas) que necessitariam ter formas metálicas produzidas. Todas as instalações elétricas, hidrossanitárias e de GLP necessitaram de compatibilização neste momento, a fim de identificar todas as possíveis interferências entre estes subsistemas e as peças pré-fabricadas. Um exemplo do nível de detalhamento desenvolvido nesta etapa pode ser verificado na Figura 50, em que é apresentada uma elevação da alvenaria com todas as interferências geradas pelos subsistemas da torre nos elementos pré-fabricados.

Figura 50 - Elevação da alvenaria contendo informações dos elementos pré-fabricados e interferências entre subsistemas.



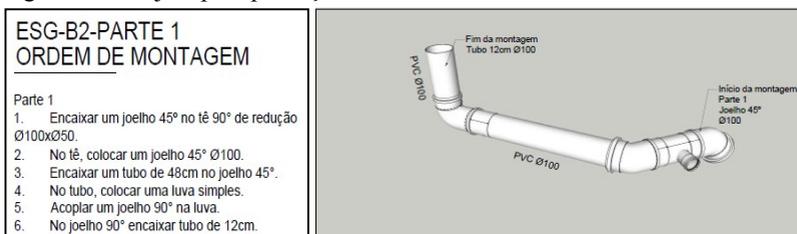
Fonte: cedida pela construtora (2014).

Os projetos de instalações também tiveram suas produções e detalhamentos antecipados, uma vez que a compatibilização de todos os elementos foi um pré-requisito para se dar início ao desenvolvimento dos projetos de formas metálicas. Foi proposto para as instalações elétricas e hidrossanitárias um processo de industrialização destes subsistemas, considerando o uso de kits segmentados por apartamento e por ambiente de instalação. A grande dificuldade no desenvolvimento desta solução foi o baixo detalhamento dos projetos destes subsistemas e a apresentação das informações de caminhamento das instalações apenas como indicativa, não representando o caminhamento real de execução. Após diversas revisões para adequação do projeto, número este muito superior aos projetos anteriores, foi proposta a produção destes projetos pela própria organização. Desta forma, dois integrantes da equipe foram elencados exclusivamente para produzir estes detalhamentos e implementá-los em campo.

O projeto hidrossanitário foi segmentado em ambientes do apartamento e cada instalação detalhada e prototipada individualmente.

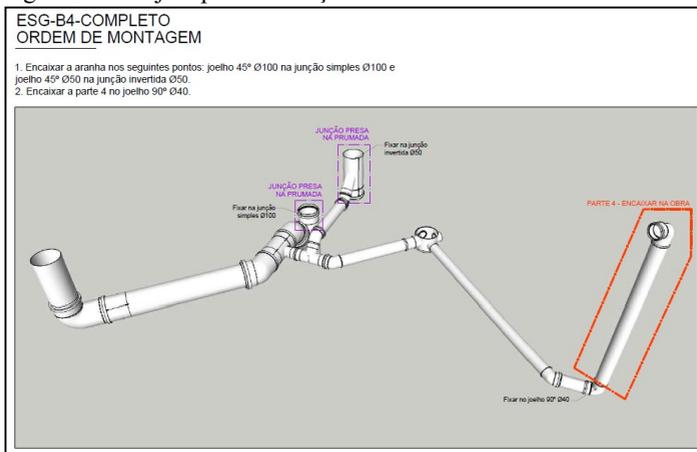
Cada segmento de tubulação teve suas dimensões verificadas a fim de obter dimensões perfeitamente relacionadas entre projeto e execução. Com as furações para as passagens das tubulações gabaritadas na produção dos segmentos de lajes pré-fabricadas, a expectativa de efetividade dos kits hidrossanitários foi considerada alta, visto que, uma das dificuldades elencadas nos itens anteriores foi a precisão do posicionamento das furações com a execução da laje moldada no local. O projeto elétrico também teve a necessidade de um detalhamento muito superior ao existente. Para desenvolvimento dos kits elétricos, cada circuito precisou ter sua fiação detalhada individualmente. Os kits hidráulicos, sanitários e elétricos podem ser vistos nas Figuras 51, 52, 53 e 54.

Figura 51 - Projeto para produção dos kits hidrossanitários.



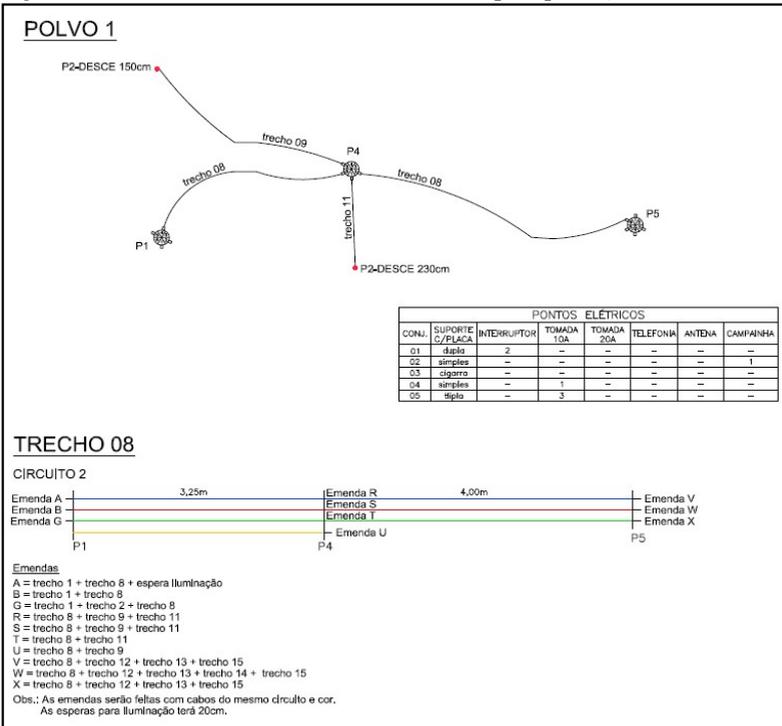
Fonte: cedida pela construtora (2015).

Figura 52 - Projeto para instalação dos kits hidrossanitários em obra.



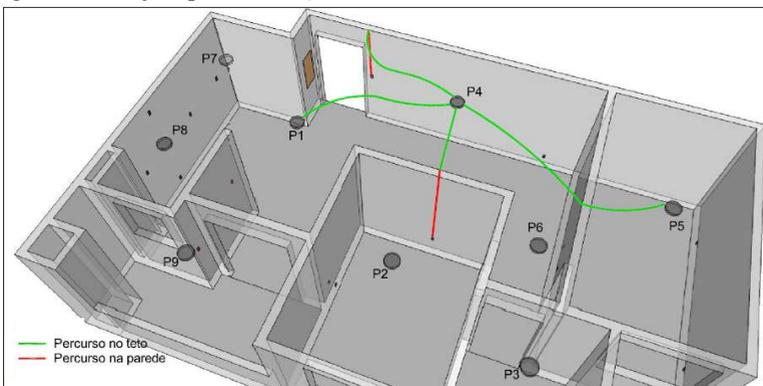
Fonte: cedida pela construtora (2015).

Figura 53 - Detalhamento dos circuitos elétricos para produção dos kits.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

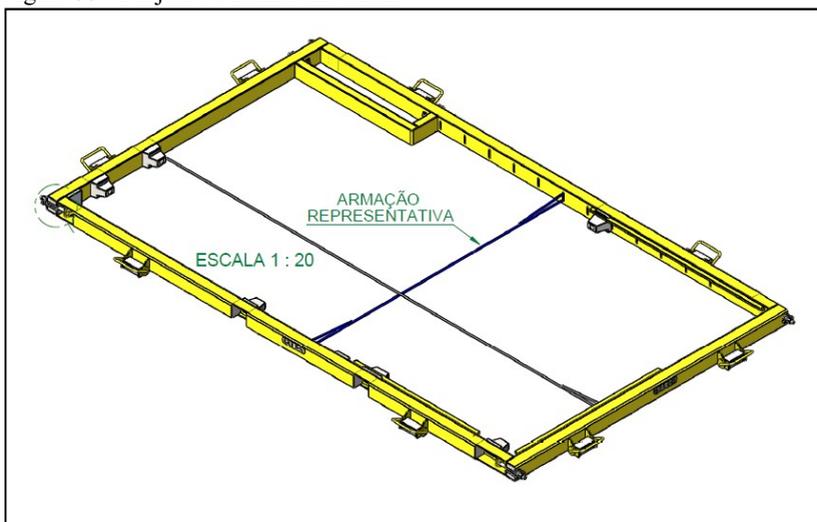
Figura 54 - Projeto para instalação dos kits elétricos em obra.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Com o projeto estrutural e os projetos complementares em nível pré-executivo, iniciou-se o desenvolvimento dos projetos de formas metálicas (Figura 55). Para tal, foi contratada uma empresa especializada nesta atividade, e juntamente ao serviço de projeto foi realizado o fornecimento de material. O fluxo de comunicação triangulava entre construtora, fornecedor e um consultor de peças pré-fabricadas, cujo escopo contemplava a análise da funcionalidade da forma, analisando itens como abertura, ângulo de saque e sistemas de içamento para desforma.

Figura 55 - Projeto de formas metálicas



Fonte: cedida pela construtora (2015).

O desenvolvimento destes projetos evidenciou uma série de incompatibilidades entre subsistemas, além das necessidades particulares do sistema de formas, que condicionaram ao reposicionamento de algumas instalações. Por se tratar de um elemento chave para o desempenho do produto e da produção da central de pré-fabricação, estes elementos foram prototipados em escala real para análise.

3.3.4 Prototipagem

O nível de detalhamento das informações desenvolvidas até este momento da pesquisa deram condições para produção de dois ciclos de prototipagem. Os protótipos foram formados por três ambientes de um apartamento, sendo 2 dormitórios e 1 banheiro, e desenvolvidos com as formas metálicas projetadas, justamente para verificação da funcionalidade das mesmas (Figura 56). Além desta validação, foram testadas soluções para sistemas de içamento, verificados os apoios dos pré-fabricados, testadas instalações elétricas e hidrossanitárias e mensurados tempos de execução, retroalimentando os projetos para a fase executiva.

Figura 56 - Protótipo para teste.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quando comparado aos produtos comercializados anteriormente, o detalhamento existente até este momento já seria superior ao entregue no projeto executivo destes produtos. Este elevado detalhamento favoreceu os processos de orçamento e planejamento, que tiveram seus inícios considerando informações com um nível de detalhe superior. Apesar do fluxo de projetos com tantas intervenções em paralelo não ter uma linearidade temporal muito precisa, justificado pela alta demanda de adequações geradas pelos desenvolvimentos, não existiram grandes marcos como reuniões de compatibilização para passagem de etapa de

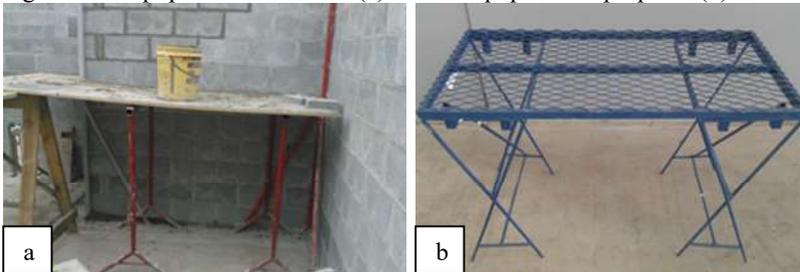
projetos. Entretanto, a prototipagem dá condições de evolução significativa no detalhamento dos projetos, e pode ser considerada como o marco para entrada dos projetos na Etapa Executiva.

3.3.5 Desenvolvimento de equipamentos de apoio

Nesta etapa, foram verificados os equipamentos e ferramentas utilizados na execução da alvenaria que poderiam ser substituídos por elementos mais eficazes, de forma a favorecer a mão de obra a obter resultados superiores relacionados à construtibilidade e à qualidade do produto. Um exemplo desta atividade pode ser apresentado através da substituição do nível de mangueira, utilizado na atividade de mapeamento de níveis da laje para locação da primeira fiada de alvenaria, por níveis eletrônicos. Um segundo exemplo, foi a substituição de andaimes, que até então eram formados por um tripé metálico e utilizavam tábuas de madeira como base para a plataforma (Figura 57 (a)), por uma versão com tela metálica, mais leve e fácil de transportar e montar (Figura 57 (b)).

Estes equipamentos tiveram suas interferências na execução da alvenaria analisadas, fomentadas por algumas das identificações da etapa de diagnóstico das quais foram extraídas informações para ajustar os momentos de utilização de acordo com as premissas do ciclo executivo que será apresentado no próximo item. Os tempos de transporte, montagem e utilização dos equipamentos foram mensurados e avaliados, a partir dos quais se estruturou um roteiro de uso destes equipamentos. Exemplificando tal situação, pode-se utilizar a fixação dos guarda-corpos de periferia na 6ª fiada, identificada na etapa de diagnóstico, como uma restrição para continuidade da alvenaria. Este teve a substituição de sua fixação para a 11ª fiada e os momentos de fixação especificados, contribuindo para a fluidez da execução da alvenaria.

Figura 57 - Equipamento utilizado (a) e novo equipamento proposto (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A partir desta necessidade de organização da produção para execução da alvenaria, foi desenvolvido um documento em que todos os equipamentos necessários para a correta execução do sistema foram especificados e dimensionados (Quadro 5). Tal dimensionamento foi realizado com base no número de integrantes da equipe e de acordo com a durabilidade dos materiais, evitando uma baixa na produção da equipe devido à inexistência ou a um subdimensionamento destes equipamentos e ferramentas.

Quadro 5 - Dimensionamento de equipamentos para a equipe de alvenaria.

| DADOS DE ENTRADA | | | | | | | EQUIPAMENTOS DESENVOLVIDOS |
|------------------|--|--|--|-------------------------|--|----------------------|----------------------------|
| 1 | Quantidade de Bloqueiros | | | 8 bloqueiro (s) | | | |
| 2 | Quantidade de torres com alvenaria sendo executada simultaneamente | | | 1 torre (s) | | | |
| 3 | Quantidade total de torres no empreendimento | | | 2 torre (s) | | | |
| 4 | Quantidade de pavimentos por torre | | | 12 pavts. (s) | | | |
| 5 | Quantidade total de alvenaria no empreendimento | | | 23946,72 m ³ | | 10003-LEF-DC-001-R02 | |
| 6 | Vida útil de 1 bismaga | | | 180 m ³ | | | |

| | Cod. SAP | ITEM | FUNÇÃO | FORNECEDOR | ESPECIFICAÇÃO | IMAGEM | UNIDADE | QTDE. TOTAL |
|------------------------|----------|---|--|-------------|--|---|---------|-------------|
| TRANSPORTE (CARRINHOS) | 50000072 | Carrinho "tipo garfo" c/ 2 rodas S/ Aba | Transporte de blocos no pavimento | Equipsoabra | Carrinho do tipo "garfo", sem abas laterais: para transporte de blocos |  | UND | 4 |
| | 50000078 | Carrinho 4 rodas | Transporte de materiais em geral no térreo | Equipsoabra | Carrinho em chapa metálica ou de madeira para transporte de materiais: blocos de concreto, sacarias em geral, caixas cerâmicas de revestimento, peças sanitárias, etc. Dimensões: 130x72cm |  | UND | 2 |
| | 50001862 | Gerica | Transporte de argamassa no pavimento | Equipsoabra | Volume de transporte 100L |  | UND | 2 |
| | 50000077 | Carrinho de mão | Transporte geral | Tramontina | Conjunto carrinho-de-mão com estrutura de cantoneira e capotas metálica quadrada reforçada com capacidade para 70 litros |  | UND | 4 |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

3.3.6 Planejamento da execução

Com o produto contendo características definidas e o detalhamento dos projetos executivos em andamento, iniciou-se o estudo de logística e planejamento da produção. Antes mesmo de apurar informações, considerava-se válido supor que o desenvolvimento

adequado de execução da alvenaria, bem como o uso do transporte vertical, seriam os principais fatores para sucesso na implantação deste processo. A aderência ao planejamento da alvenaria é condicionante para o consumo de elementos pré-fabricados e conseqüentemente mantém a central de pré-fabricação em atividade. A condição da alvenaria como atividade crítica no planejamento do empreendimento, sendo limitador para a execução das atividades subseqüentes, também é fator relevante.

Conforme identificado na etapa de diagnóstico, a necessidade da produção de um plano de execução ficou evidente. A constatação deste fato e a necessidade de adaptação da execução aos elementos industrializados foram os fatores que fomentaram o desenvolvimento de um plano de execução com detalhamento superior. Desta forma, apresentar-se-á neste item a síntese das atividades realizadas para se obter este plano de execução. Neste documento, foram compiladas as informações relacionadas à logística de pessoas, equipamentos e materiais em campo.

Desse modo, desenvolveu-se uma busca por equipamentos de transporte vertical para as peças pré-fabricadas, em que foram analisadas as características técnicas destes equipamentos (comprimentos de lança, capacidade de carga, altura útil, velocidade de içamento, velocidade de rotação, ancoragens), relacionando-as com os custos de sua locação. A partir deste estudo, definiu-se o equipamento e foram compiladas as características deste equipamento em uma planilha (Figura 58). Nesta planilha foram relacionadas estas características com os percursos verticais e horizontais necessários para transporte das peças, que permitiram extrair os tempos unitários de içamento para cada elemento.

Figura 58 - Dimensionamento do tempo unitário de içamento para lajes pré-fabricadas.

| TEMPO DE IÇAMENTO UNITÁRIO | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------|--|
| Obra .: | <input type="text"/> | | |
| Andar | <input type="text" value="12"/> | | |
| Fabricante.: | <input type="text" value="POIAIN"/> | | |
| Lança .: | <input type="text" value="40"/> | | |
| Capacidade na Ponta .: | <input type="text" value="3,15"/> | | |
| Vteta= | <input type="text" value="0,8"/> | rpm | (Velocidade de Rotação da Lança) |
| Vr= | <input type="text" value="30"/> | m/mir | (Velocidade do Carrinho) |
| Vh= | <input type="text" value="49,5"/> | m/mir | (Velocidade de Elevação) |
| Rotação= | <input type="text" value="90"/> | ° | (Rotação até ponto médio de utilização) |
| Dist. med.= | <input type="text" value="25,00"/> | m | (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de ut |
| Altura = | <input type="text" value="34,40"/> | m | (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento Nível da Estrutura + 2,00m |
| Tciclo=Ti+2Tteta+2Tr+2Th+Tc | | | |
| Ti= | <input type="text" value="60"/> | seg | Tempo de carregamento <input type="text" value="1"/> MINUTOS |
| Tteta= | <input type="text" value="11"/> | seg | Tempo de rotação da lança |
| Tr= | <input type="text" value="33"/> | seg | Tempo de percurso do carrinho |
| Th= | <input type="text" value="42"/> | seg | Tempo de elevação |
| Tc= | <input type="text" value="60"/> | seg | Tempo coloc. P.v. <input type="text" value="1"/> MINUTOS |
| Tciclo= | <input type="text" value="293"/> | seg | |
| ou | <input type="text" value="4,886"/> | min | |
| ou | <input type="text" value="4,0"/> | min | |
| | <input type="text" value="53,2"/> | seg | |
| n° de peças= | <input type="text" value="1"/> | | |
| Tempo para colocação de esca | <input type="text" value="0,08"/> | h | 1° período do Ciclo: 0,08 h |
| ou | <input type="text" value="0"/> | h | |
| | <input type="text" value="5"/> | min | |
| Tempo atual de obra | | | |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Com base nestas informações e relacionado-as com o número de elementos pré-fabricados, concluiu-se que não haveria possibilidade de executar o posicionamento dos elementos do pavimento em sua totalidade em um único dia. Assim, convencionou-se a divisão da execução da torre em dois segmentos de pavimento, nomeados de Lado A e Lado B. O Lado A contempla 30 lajes, 16 vigas e 4 lances de escada

e o lado B 27 lajes e 16 vigas. Esta segmentação é apresentada na Figura 59.

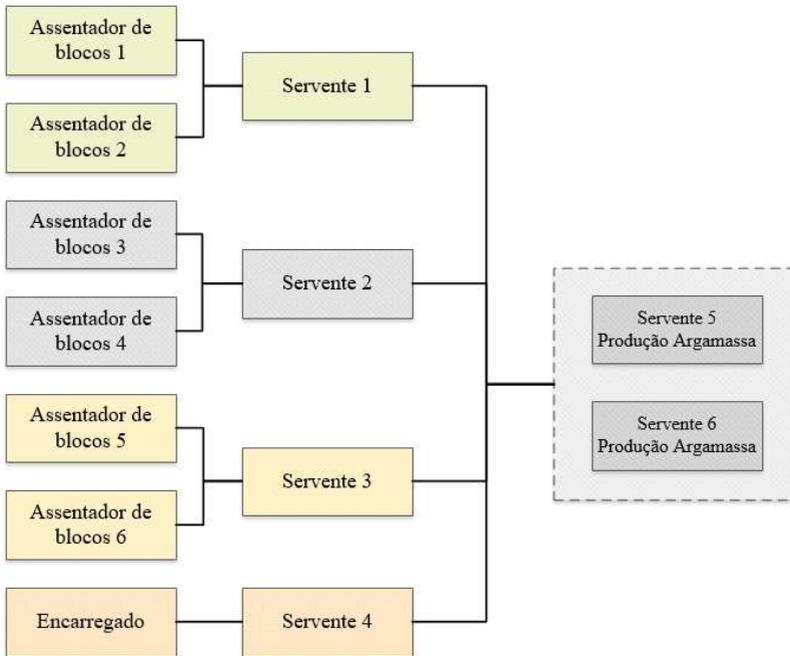
Figura 59 - Segmentação da torre em dois segmentos de execução.



Fonte: do autor.

Utilizou-se desta segmentação como referência para desenvolvimento da sequência de alvenaria. Através do banco de dados de planejamento da empresa, foi identificada uma média de produção diária de alvenaria de 20m² por assentador de blocos. Baseando-se nas diversas intervenções propostas para a execução desta atividade e as correções identificadas na etapa de diagnóstico, estimou-se o acréscimo de 50% na capacidade de produção de um assentador. Este número foi relacionado à área de alvenaria do pavimento no cálculo para dimensionamento de uma equipe, resultando no número de 7 profissionais, sendo seis assentadores de blocos e 1 encarregado da produção. Acrescentou-se um auxiliar à cada equipe de assentadores e dois auxiliares para a produção de argamassa estrutural e graute, totalizando 13 profissionais (Figura 60).

Figura 60 - Equipe de alvenaria dimensionada.

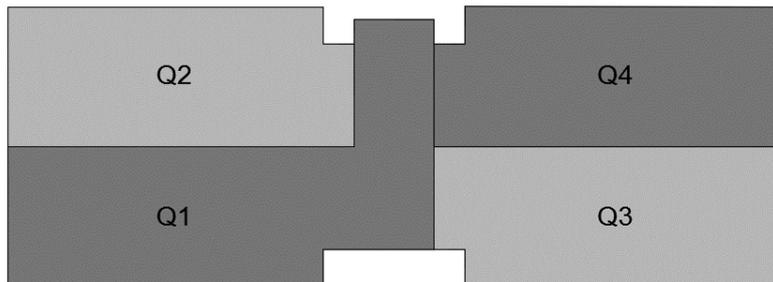


Fonte: do autor.

Com o aprimoramento desta análise, em que foram inseridos os consumos de materiais diários para suprir a atividade de alvenaria, verificou-se que o tempo para suprir a equipe de alvenaria, acrescido do posicionamento das peças pré-fabricadas, exigiria uma segmentação mais específica em relação à divisão do pavimento proposta. Assim, optou-se por segmentar o posicionamento de pré-fabricados de acordo com a tipologia de peça, de forma a segmentar em dias específicos o posicionamento de lajes, vigas e escadas em paralelo ao suprimento de material para a equipe de alvenaria. Esta distribuição de elementos pré-fabricados condicionou a necessidade de seccionamento das áreas de execução da alvenaria em quadrantes (Figura 61). Tal medida também foi necessária, devido ao posicionamento centralizado do equipamento de transporte vertical em relação à torre. Para que fosse possível posicionar pré-fabricados nos quadrantes Q2 E Q4, obrigatoriamente faz-se necessário transportar elementos com o equipamento de transporte vertical em áreas ocupadas por assentadores de blocos nos

quadrantes Q1 e Q3, situação esta que não proporciona condições seguras para a execução.

Figura 61 - Segmentação da torre em quadrantes para ataque da alvenaria.

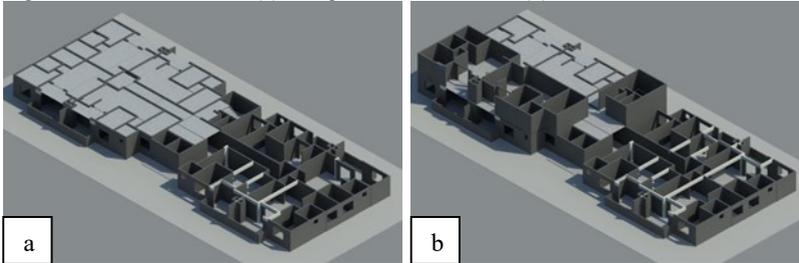


Fonte: do autor.

Com base nesta premissa, o ciclo de execução de pavimento foi dimensionado em seis dias de trabalho, a partir da relação entre número de assentadores de blocos e área de alvenaria do pavimento. Para exemplificar, pode-se observar o detalhamento apresentado nas Figuras 62, 63 e 64. Nelas são apresentadas graficamente as atividades diárias em cada um dos quadrantes da torre.

Inicia-se o ciclo de execução da alvenaria no momento em que a alvenaria estrutural tem o processo de locação da primeira fiada iniciado no Lado A da torre, correspondente aos quadrantes Q1 e Q2 (Figura 62 (a)). Dois assentadores de blocos são deslocados do lado B para o lado A da torre para execução desta atividade. Da forma proposta, em que existem atividades concomitantes no Lado A e no Lado B da torre, neste dia a alvenaria do quadrante Q4 é finalizada e as vigas referentes ao quadrante Q3 posicionadas. No dia dois, tem-se o início da alvenaria no quadrante Q1 e colocação de vigas pré-fabricadas no quadrante Q4 (Figura 62 (b)).

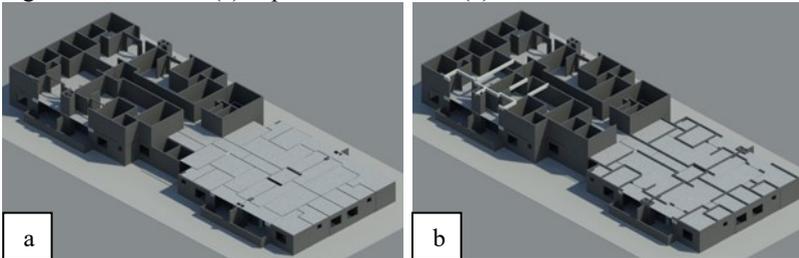
Figura 62 - Primeiro dia (a) e segundo dia do ciclo (b).



Fonte: do autor.

No terceiro dia do ciclo, finaliza-se a alvenaria do quadrante Q1 e o desloca-se a equipe de alvenaria para o quadrante Q2. Neste dia, posiciona-se as lajes pré-fabricadas no Lado B da torre, correspondente aos quadrantes Q3 e Q4 (Figura 63 (a)). No quarto dia, desloca-se dois assentadores de blocos da equipe que está em processo de finalização da alvenaria no quadrante Q2, para a locação da alvenaria nos quadrantes Q3 e Q4. Neste mesmo dia, posiciona-se vigas pré-fabricadas no quadrante Q1 (Figura 63 (b)).

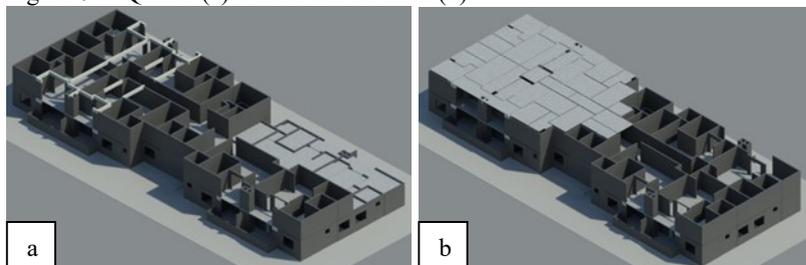
Figura 63 - Terceiro (a) e quarto dia do ciclo (b).



Fonte: do autor.

No quinto dia do ciclo, dá-se início à execução da alvenaria do quadrante Q3, ao posicionamento de vigas no quadrante Q2 e ao posicionamento de lances de escada no quadrante Q1 (Figura 64 (a)). No sexto dia de ciclo, posiciona-se lajes nos quadrantes Q1 e Q2 e a equipe de alvenaria do quadrante Q3 desloca-se para o quadrante Q4. Após a realização desta atividade, o ciclo de um pavimento é considerado concluído (Figura 64 (b)).

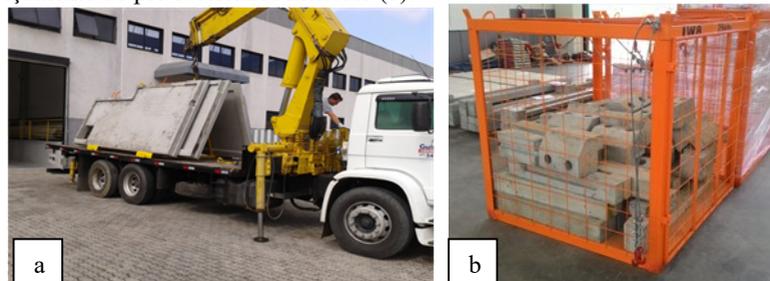
Figura 64 - Quinto (a) e sexto dia do ciclo (b).



Fonte: do autor.

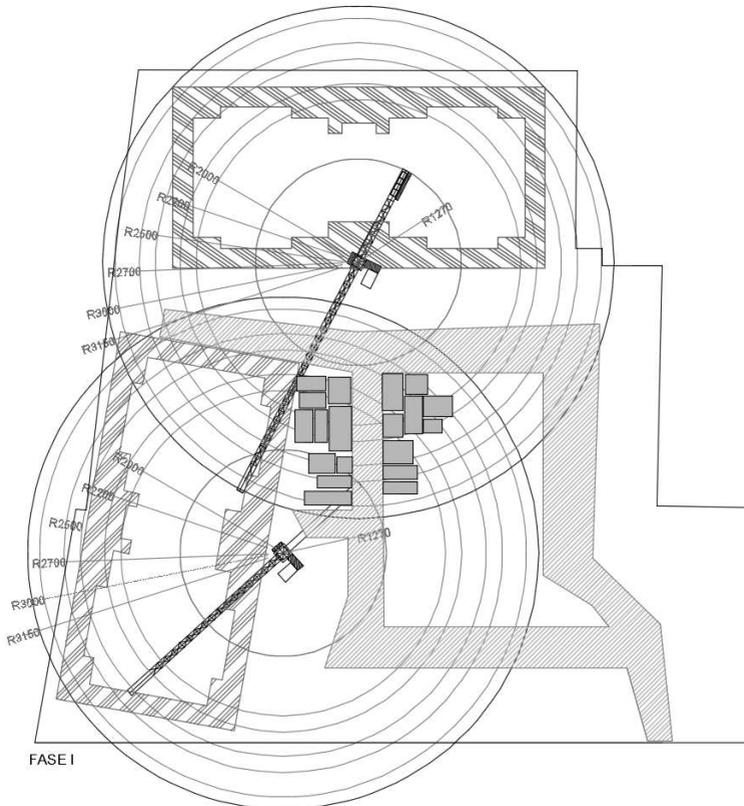
Com base no ciclo apresentado no item anterior, iniciou-se o desenvolvimento dos documentos de apoio à logística do empreendimento. Estudou-se detalhadamente o canteiro de obras, em que foram avaliados o fluxo de caminhões, os estoques de materiais, os estoques de pré-fabricados e as interferências geradas pelo uso dos elementos pré-fabricados. Foram desenvolvidos planos de carregamento para os caminhões (Figura 65 (a)), elementos para transporte dos pré-fabricados de menor porte, estes dimensionados de acordo com a região de alvenaria a que se destinam (Figura 65 (b)) e estudadas as posições de descarga deste materiais no canteiro (Figura 66).

Figura 65 - Carregamento de peças pré-fabricadas na central (a) e gaiola para içamento de pré-fabricados menores (b).



Fonte: cedida pela construtora (2014).

Figura 66 - Estudo de área de estocagem.

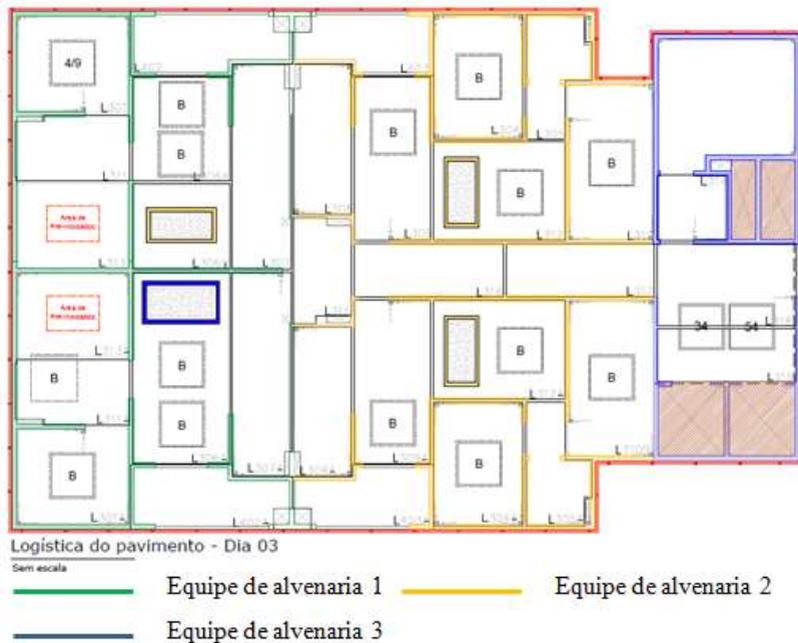


■ estoque de peças pré-fabricadas

Fonte: do autor.

Também foram desenvolvidos planos diários de descarga de materiais no pavimento, que orientam o posicionamento de paletes com blocos, argamassa de assentamento e graute, bem como os quantitativos de materiais e momentos para elevação destes ao pavimento, de acordo com o consumo diário. Neste documento foram especificadas as áreas de execução da alvenaria, segmentadas por cores de acordo com a equipe de execução. O projeto de sequência de alvenaria e logística de materiais no pavimento pode ser visto na Figura 67.

Figura 67 - Projeto para produção de sequência de alvenaria e logística de materiais no pavimento.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

3.3.7 Projetos para produção e procedimentos operacionais

Os projetos para produção, desenvolvidos internamente pela organização, tem a finalidade de orientar a execução, sendo sua produção justificada pelo baixo detalhamento existente nos projetos contratados. Esta afirmativa continua válida para o produto em desenvolvimento, que foi complementado por projetos que orientam a logística e apresentam os planos de execução graficamente. São exemplos destes documentos a sequência de alvenaria, as plantas de posicionamento de peças pré-fabricadas no canteiro e o projeto de sequência de posicionamento de pré-fabricados no pavimento. Esta nova gama de projetos para produção contribuiu para a elevação no número desta tipologia de projeto de 17 para 34 tipologias diferentes.

Os procedimentos operacionais são documentos que trazem em seu conteúdo as informações técnicas necessárias para execução da atividade de construção. Nestas instruções são contempladas informações relacionadas à especificação de equipamentos e

ferramentas, sequência de atividades construtivas, instruções de segurança, tempo para execução da tarefa e tolerâncias executivas. Para o novo produto houve um acréscimo de 46 instruções no banco de informações da organização. A dificuldade identificada neste desenvolvimento está na inexistência de informações referentes ao processo proposto. Por mais que existam semelhanças do processo com o utilizado por outras organizações, estes documentos são de difícil acesso e não atendem as particularidades do processo. Desta forma, grande parte da documentação foi desenvolvida com as expectativas do processo construtivo do novo produto.

3.3.8 Treinamento das equipes de produção

O número significativo de intervenções realizadas no produto e devido ao sincronismo necessário entre as equipes de produção para execução da alvenaria e posicionamento de pré-fabricados, foi definido que a mão de obra para executar os serviços não seria terceirizada neste primeiro empreendimento. Assim, foi desenvolvido um treinamento teórico e prático de 20 dias para a primeira equipe com o auxílio de uma instituição de ensino profissionalizante. No programa, foram abordados itens de segurança, logística, ciclo executivo e realizadas aulas práticas de técnicas e métodos construtivos.

3.4 ETAPA DE APLICAÇÃO

A etapa de aplicação da pesquisa consistiu no acompanhamento da execução do empreendimento em que foram utilizados os elementos industrializados, de maneira à permitir que a coleta de dados referentes às modificações no produto e no processo pudesse ser realizada.

Durante este período, o autor desta pesquisa acompanhou o desenvolvimento da execução com uma periodicidade semanal, de forma à destinar dois dias na semana para o acompanhamento presencial e coleta de informações. Esta frequência proporcionou proximidade do autor com a equipe de produção permitindo que as reais dificuldades de implantação do processo pudessem ser evidenciadas. Foram avaliadas questões técnicas relacionadas à condição de execução dos elementos industrializados e também questões relacionadas aos processos organizacionais, em que foram abordados itens associados à mão de obra, fornecimento de matéria-prima, uso de equipamentos e modificações na gestão do empreendimento. Algumas imagens deste

período de acompanhamento da execução podem ser observadas nas Figuras 68, 69, 70 e 71.

Figura 68 - Imagem do pavimento com execução de vigas pré-fabricadas no quadrante Q1 e alvenaria em andamento no quadrante Q2.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Figura 69 - Locação da 1ª fiada de alvenaria no Lado A e execução da alvenaria do quadrante Q4 no Lado B.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Figura 70 - Vigas do quadrante Q1 e Q2 posicionadas.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Figura 71 - Início do posicionamento de lajes no Lado A.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Além deste fato, a presença participativa do autor no decorrer da execução também possibilitou que houvesse interações com os demais departamentos da organização como Gestão da Qualidade, RH e Planejamento, que tiveram suas rotinas influenciadas pelo uso do processo construtivo com elementos industrializados. Esta

condicionante proporcionou uma aproximação do autor na alimentação dos relatórios gerados por estas equipes. Exemplos dos dados coletados nesta fase podem ser verificados nos ANEXOS C, D e F.

Nos dias em que não foi realizado o acompanhamento presencial os dados necessários para desenvolver as análises desta pesquisa foram coletados pela equipe de produção, que havia sido previamente treinada para esta atividade. Um exemplo destes dados coletados pode ser verificado no relatório diário apresentado no APÊNDICE B. Também foram utilizadas imagens de câmeras de monitoramento para acompanhar a evolução do ciclo construtivo à distância. Um trecho deste relatório diário pode ser verificado no APÊNDICE C.

Durante a realização desta etapa, foi necessário analisar dados coletados de forma parcial para que fosse possível retroalimentar e corrigir as inconsistências do produto. Estas análises serão apresentadas de maneira única no próximo capítulo, que também trará em seu conteúdo alguns dos itens retroalimentados.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados coletados durante o desenvolvimento e aplicação foram a base para realização das análises do estudo proposto, articulando-os com a revisão bibliográfica e comparando-os entre os produtos em estudo. Nos itens deste capítulo, serão avaliados resultados referentes às inovações de produto, de processo e organizacionais. A análise relacionada ao produto consiste na avaliação do atendimento técnico do produto que abrange funcionalidade, dimensões, condição de execução, entre outros. Os itens analisados relacionados ao processo abrangem o atendimento ao ciclo planejado e os itens que influenciaram este resultado. Neste item, serão expostas análises parciais realizadas durante à execução do produto, que permitiram retroalimentar o processo durante à fase de aplicação. As ações de correção originadas destas análises parciais influenciaram o restante dos resultados obtidos. Já as análises organizacionais estão relacionadas à metodologia utilizada e as interferências nos fluxos de informação.

4.1 ANÁLISE DO PRODUTO

As características técnicas relacionadas aos elementos pré-fabricados foram atendidas. Todos os elementos projetados tiveram execução facilitada em relação ao produto anteriormente comercializado, o que vai ao encontro da expectativa de incremento da construtibilidade (Figura 72).

Figura 72 - Posicionamento de laje pré-fabricada.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A qualidade dos elementos (lajes, escadas e vigas) apresentou significativa melhoria. Pode-se justificar tal afirmação com base nos desnivelamentos de laje identificados, que passaram a ter variações de no máximo 1cm em casos pontuais. Tal benefício elimina a necessidade de executar uma camada de regularização e diminui o consumo de argamassa colante para fixação das peças cerâmicas de revestimento de piso. O acabamento das superfícies dos pré-fabricados eliminou a necessidade de realização das etapas de tratamento e revestimento existentes anteriormente, dispensando por exemplo, os revestimentos intermediários para regularização do teto. As escadas também passaram a receber como revestimento apenas pintura, diferentemente do produto anterior, em que cada degrau necessitava ter sua dimensão corrigida e regularizada (Figura 73).

Figura 73 - Acabamento da escada pré-fabricada.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Os pré-fabricados de menor porte foram efetivos para melhorar a qualidade da alvenaria e a diminuição de fenômenos patológicos. Com as contravergas já contendo o rebaixo para a instalação da pingadeira em ardósia, as quebras dos blocos da alvenaria foram eliminadas (Figura 74). A peça de contraverga conta com a inclinação para fixação da pingadeira em ardósia de maneira correta, eliminando a possibilidade de erro de instalação e consequentemente problemas no escoamento da água.

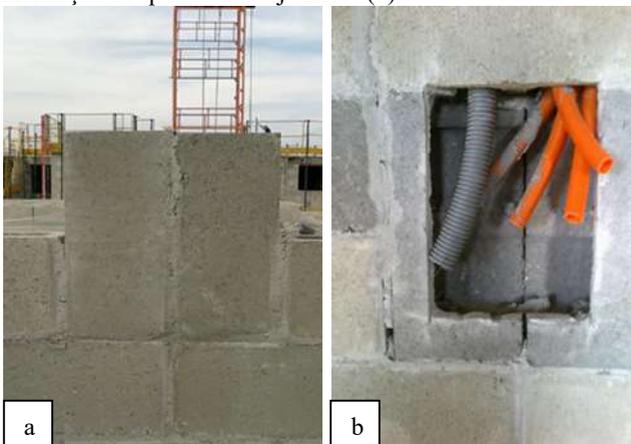
Figura 74 - Contraverga pré-fabricada com rebaixo para instalação da pingadeira.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Para a correção da quebra de blocos para instalação dos quadros de disjuntores, foi proposta a inserção de duas canaletas posicionadas na vertical nas elevações (Figura 75 (a)), de maneira que a abertura possa ser obtida através do corte do elemento com o uso de uma serra mármore (Figura 75 (b)).

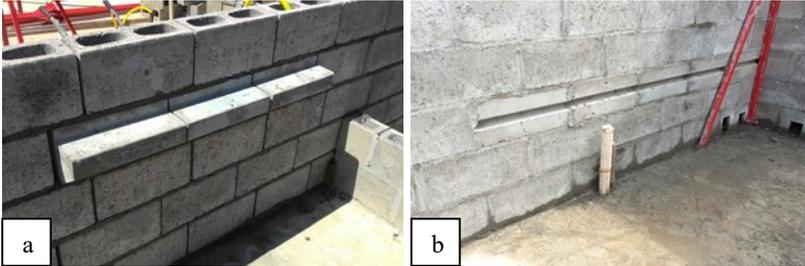
Figura 75 - Canaletas posicionadas na vertical (a) e corte das canaletas para instalação do quadro de disjuntores (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Os consoles pré-fabricados para apoio dos lances de escada eliminaram a necessidade de utilização de uma viga intermediária na alvenaria (Figura 76 (a)). As instalações de GLP, que necessitaram ter seu caminhamento removido das lajes pela condicionante da pré-fabricação, tiveram seu caminhamento adaptado através do uso de um pré-fabricado, que permitiu realizar este percurso sem a necessidade de quebra da blocos (Figura 76 (b)).

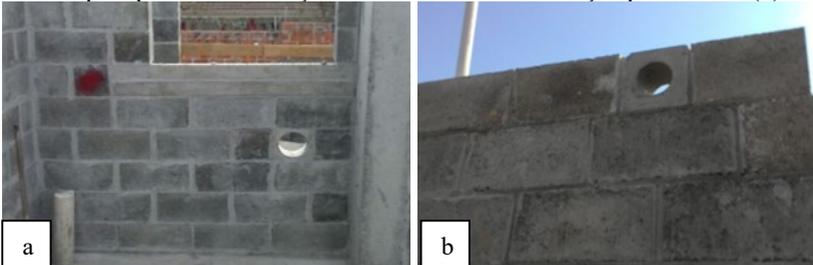
Figura 76 - Consoles pré-fabricados (a) e blocos especiais para passagem das instalações de GLP (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

As ventilações permanentes, exigidas pela regulamentação preventiva de incêndio, também foram adaptadas com o uso de pré-fabricados (Figura 77 (a)), bem como deixadas passagens pré-fabricadas entre ambientes para que posteriormente os clientes possam instalar sistemas de climatização sem gerar interferência estrutural (Figura 77 (b)).

Figura 77 - Abertura para ventilação permanente do apartamento (a) e abertura deixada para posterior instalação de sistemas de climatização pelo cliente (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A inserção das alvenarias de vedação no ciclo da alvenaria estrutural e a mudança nas dimensões dos blocos para 14cm de

espessura também tiveram resultado positivo em relação à qualidade do produto e à instalação do subsistema elétrico (Figura 78). Todo o revestimento interno do produto pode ser realizado com 5mm de espessura e externo com 20mm, sendo estas as dimensões mínimas indicadas pela NBR 13749:1996 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação.

Figura 78 - Melhoria da qualidade da alvenaria de vedação.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A expectativa de se ter êxito na instalação dos kits hidrossanitários foi atendida, possibilitada pelo posicionamento sem variações das furações das lajes (Figura 79).

Figura 79 - Kit hidrossanitário instalado.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A utilização dos kits elétricos foi efetiva proporcionada pelo caminhamento dos eletrodutos padronizados através do uso de formas

metálicas. A substituição das conexões tradicionais das fiações por conectores industrializados, proporcionou agilidade na execução (Figura 80).

Figura 80 - Kit elétrico instalado e identificado por circuito.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Os elementos de shafts, churrasqueiras e abrigos para instalações das centrais de GLP, que foram adquiridos de fornecedores externos, proporcionaram uma execução ágil, permitiram a padronização da solução entre empreendimentos e contribuíram para redução de resíduos gerados em campo. Estes elementos podem ser vistos nas Figuras 81(a), (b) e (c).

Figura 81 - Churrasqueira pré-fabricada (a), shaft pré-fabricado (b) e abrigo dos medidores de GLP pré-fabricado (c).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Todas estas medidas resultaram em uma redução de 90% do consumo de madeira em obra, informação extraída dos dados orçamentários da organização.

As médias extraídas do sistema de gestão da qualidade apresentadas no Quadro 6, que possuiu a mesma metodologia de medição no decorrer deste período, permitiram avaliar que houve significativa melhoria na atividade de execução da alvenaria estrutural.

Quadro 6 - Médias dos resultados obtidos pela avaliação do departamento de gestão da qualidade da empresa.

| Tipo de produto | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Produto 1 tipologia A | Produto 2 tipologia A | Produto 1 tipologia B | Produto 2 tipologia B | Produto com elementos industrializados |
| 7,42 | 7,25 | 8,81 | 7,90 | 9,63 |

Fonte: do autor (2015).

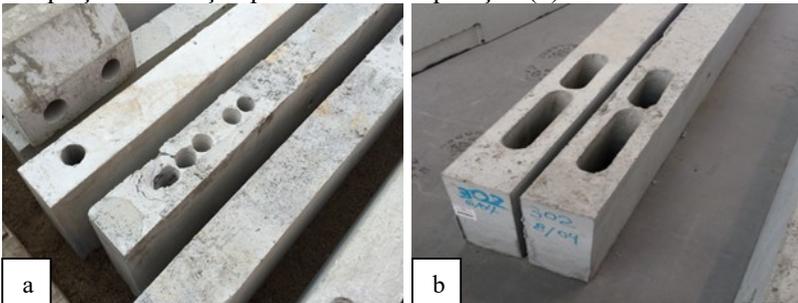
Entretanto, parte desta melhoria pode ser justificada pelo controle superior da execução que foi incrementado pelo uso dos elementos industrializados, que exigiram um acompanhamento maior da execução pela equipe de produção. Um segundo item que contribuiu para a obtenção desta nota de qualidade significativamente superior, foi a antecipação do controle de qualidade proporcionado pelos elementos

industrializados, em que estes são destinados para execução com eventuais correções já realizadas.

Apesar do atendimento em relação à execução proporcionada pelos elementos pré-fabricados, diversos elementos necessitaram de correção durante o processo de implantação em campo. Todos os itens identificados que permitiam correção imediata foram tratados no decorrer da execução do empreendimento. Para ilustrar estas situações, serão utilizados alguns exemplos pontuais, visto que não será possível apresentar todos os itens que necessitaram de tratamento neste documento.

Pode-se utilizar como exemplo, a descida de eletrodutos necessária para ligação do quadro de disjuntores do apartamento. Foram projetadas 5 furações preestabelecidas na viga (Figura 82 (a)). Entretanto, estas dificultavam a passagem dos eletrodutos pelos profissionais. Apesar desta falha estar relacionada a uma característica do produto, o maior impacto é sentido no processo, evidenciando o inter-relacionamento das inovações. Para melhorar tal situação, foram propostos novos moldes para criar uma abertura que facilitasse esta atividade conforme apresentado na (Figura 82 (b)).

Figura 82 - Dificuldade de passagem dos eletrodutos pela furação (a) e adequação da furação para facilitar a operação (b).

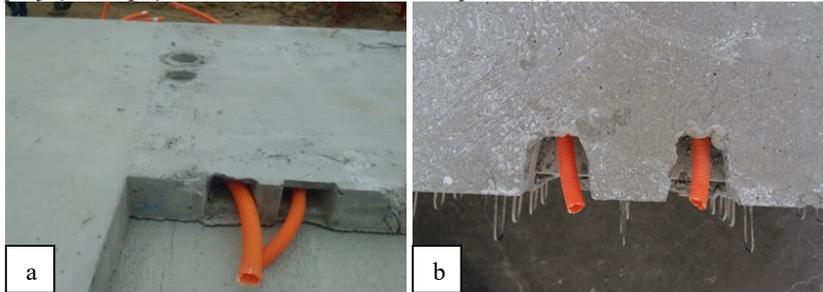


Fonte: cedido pela construtora (2015).

Um segundo exemplo da retroalimentação gerada pela observação direta foi a identificação da dificuldade no posicionamento gerada pelos eletrodutos que ultrapassavam as projeções da peças nas periferias da lajes (Figura 83 (a)). Para melhorar a atividade de posicionamento das peças pré-fabricadas, as caixas que formam as aberturas para conexão dos eletrodutos foram modificadas, de forma que a tubulação não ultrapassasse as projeções da peça. Além disso, o

cobrimento superior da região foi removido, permitindo um melhor acesso do profissional para realizar as conexões elétricas (Figura 83 (b)).

Figura 83 - Eletrodutos fora da projeção da peça (a) e eletrodutos menores que a projeção da peça e retirada do cobrimento superior (b).

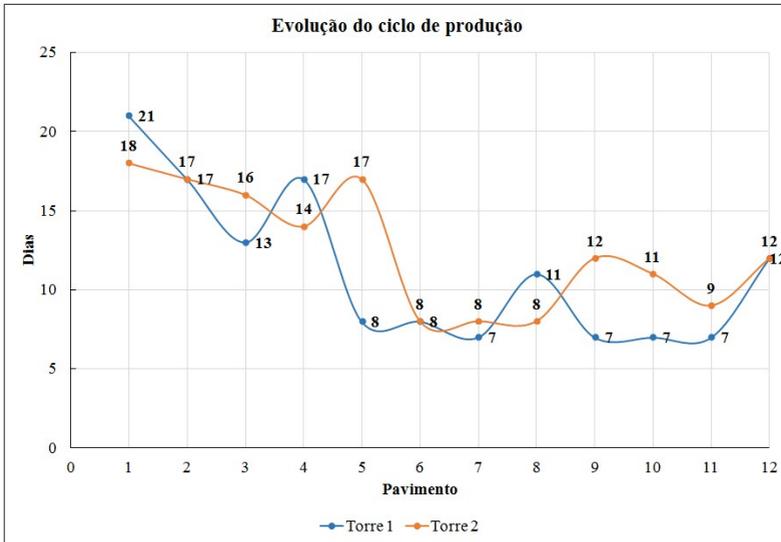


Fonte: cedido pela construtora (2015).

4.2 ANÁLISE DAS INOVAÇÕES DE PROCESSO

Os dados provenientes do departamento de Planejamento da organização foram compilados pelo autor, resultando no gráfico apresentado na Figura 84, que apresenta o número de dias trabalhados por pavimento no Empreendimento 1. Neste gráfico, foram desconsideradas as influências das intempéries, uma vez que este dado poderia influenciar na análise da conformidade do ciclo proposto.

Figura 84 - Evolução do ciclo executivo no Empreendimento 1.

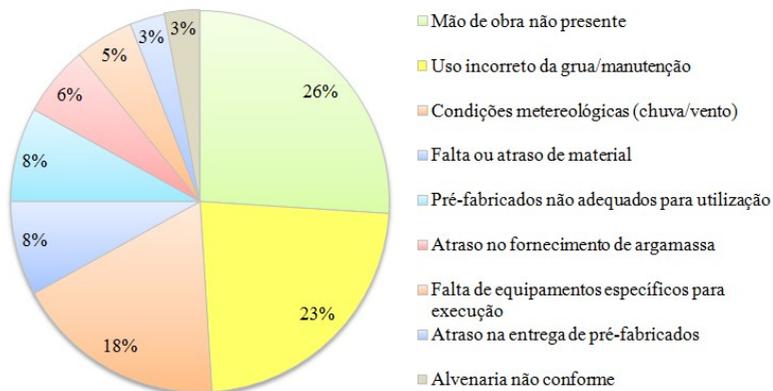


Fonte: do autor.

Já havia a expectativa por parte da organização de obter ciclos mais longos nos primeiros pavimentos devido à existência de uma curva de aprendizagem e à adaptação necessária ao novo processo. Entretanto, ao se analisar parcialmente estes dados, observou-se o número aproximadamente quatro vezes maior do que os seis dias de ciclo planejado, o que estimulou a investigação das causas deste resultado.

As planilhas desenvolvidas para controle do ciclo executivo, conforme apresentado na etapa de coleta de dados e disponíveis no APÊNDICE B, tiveram seus dados compilados com as causas do não atendimento ao ciclo planejado e tornaram-se uma ferramenta efetiva para análise do comportamento do ciclo executivo. Estes dados são referentes à coleta realizada durante toda a execução do empreendimento. Entretanto, como estes dados são referentes às causas do não atendimento do ciclo planejado, a maior representatividade dos números apresentados na Figura 85 está relacionada a fase inicial do empreendimento, em que foram evidenciados os ciclos mais longos.

Figura 85 - Causas do não atendimento ao ciclo proposto.



Fonte: do autor.

A análise da Figura 85 permite identificar o absenteísmo da mão de obra como o principal fator para não atendimento da proposta planejada. Este item ainda é agravado pela alta rotatividade dos profissionais, característica intrínseca do segmento da construção civil. Através de documentações disponibilizadas pelo departamento de Recursos Humanos (RH), foi possível mensurar a rotatividade desta mão de obra. Inicialmente, foram contratados para o empreendimento 44 profissionais, distribuídos entre as equipes de alvenaria e demais atividades em que a organização utilizou mão de obra própria. Deste número inicial, apenas 11 destes profissionais permaneceram até a finalização da estrutura, evidenciando que parte do esforço do treinamento foi despendido com profissionais que não permaneceram na empresa.

O uso inadequado do equipamento de transporte vertical aparece na segunda posição em número de ocorrências de atraso do ciclo. Durante a compilação de dados para análise, foram identificados em alguns dos relatórios diários o desvio de atividade de uso do equipamento de transporte vertical para descarga de materiais não previstos. Esta análise apresenta a necessidade da organização em rever as contratações no fornecimento de matéria-prima, em que estas tiveram as contratações realizadas sem a atividade de descarga, de forma a evitar estas ocorrências. A falta de aderência ao ciclo planejado também contribuiu de forma significativa para o crescimento deste desvio de uso, uma vez que os documentos de apoio a logística não se tornaram efetivos com tantas variáveis fora de controle. Esta mesma justificativa

pode ser aplicada aos atrasos relacionados ao fornecimento de argamassa no pavimento, que aparece em 6% das ocorrências.

As condições meteorológicas foram responsáveis por 18% das causas identificadas de atraso no ciclo. Apesar de ser um item sem possibilidade de intervenção, este resultado expressivo alerta para a necessidade de criação de medidas de contorno para a central de pré-fabricação, uma vez que esta não sofre influência de intempéries. Assim, formar um plano de produção e estoque para correção deste baixo consumo em determinados períodos torna-se evidente a partir desta análise.

Os itens de atraso no fornecimento de pré-fabricados e materiais, que representam percentuais de 3% e 8% respectivamente, evidenciam falhas nos processos internos da organização e foram agravados pela metodologia de desenvolvimento de produto utilizada pela empresa.

As alvenarias não conformes, que aparecem em 3% das ocorrências, foram casos em que a alvenaria necessitou ser refeita antes do posicionamento dos pré-fabricados. Este número divergente das notas apresentadas pelo sistema de gestão de qualidade da organização é justificado pelos períodos em que estas informações são coletadas. Os dados coletados pelo departamento de Gestão da Qualidade são mensais e as alvenarias já corrigidas entraram neste indicador.

A falta de algumas soluções adequadas para execução das alvenarias foi apresentada como causa de 5% das ocorrências de atraso. A análise no relatório parcial originado a partir das imagens captadas por câmeras, permitiu evidenciar que este problema ocorria nas regiões compreendidas entre os fossos de elevadores e a caixa de escada. Também pode ser verificado que a atividade de locação da primeira fiada de alvenaria estrutural levava duas vezes mais tempo do que o planejado, condicionada pela complexidade de fixação dos escantilhões.

Além dos itens apresentados na Figura 85, a observação participante do autor da pesquisa permitiu identificar alguns pontos que contribuíram para o resultado insatisfatório nos primeiros pavimentos do empreendimento. Aliada ao absenteísmo, foi verificada uma dificuldade significativa dos profissionais em entender e se adaptar ao plano proposto para execução. Mesmo com cada profissional possuindo suas atividades de trabalho diárias bem definidas e orientadas por um roteiro, o baixo nível de instrução da mão de obra contratada tornou-se um limitante para o entendimento dos impactos que suas atividades geram no ciclo como um todo. Em relação às instalações dos subsistemas elétrico e hidrossanitário, a mesma dificuldade de compreensão da nova configuração logística e da documentação técnica foi evidenciada.

Durante o acompanhamento da execução, diversos integrantes da equipe comunicaram divergências entre os itens apresentados nos treinamentos e a realidade executiva. Ao analisar os dados apresentados nos relatórios de efetividade do treinamento (ANEXO E), tem-se uma nota média de 9,2. Justifica-se este resultado positivo por uma possível tendência dos profissionais em avaliar positivamente o treinamento, uma vez que todos foram recém contratados pela organização e poderiam temer por uma possível penalidade ao avaliar o treinamento de forma oposta. Em conversa com alguns destes profissionais durante a execução do empreendimento, foram identificadas algumas das causas da não efetividade do treinamento, entre elas: os longos períodos em sala de aula, as poucas horas práticas do treinamento e a dificuldades de visualização da tecnologia sem um referencial. Além disso, a observação da execução também permitiu identificar uma rejeição inicial da mão de obra com a nova conformação de execução do pavimento, que diferiu significativamente das formas anteriores utilizadas na construção civil e pela organização.

Os resultados insatisfatórios evidenciados nos primeiros pavimentos do empreendimento, estimularam a organização a realizar análises no período de construção para reverter este quadro. As coletas de dados desta pesquisa, mesmo que ainda com informações parciais, foram utilizadas pela organização conjuntamente com o autor da pesquisa para identificar pontos de correção no processo. Desta análise, foram originadas medidas de contorno que foram utilizadas pela organização imediatamente.

Para solucionar o absenteísmo da mão de obra, foram adicionados à equipe cinco profissionais que atuavam como reguladores do déficit diário, até que uma medida de longo prazo fosse desenvolvida. Também foi realizada uma seleção entre todos os profissionais contratados, em que foram avaliadas suas condições técnicas, resultando na manutenção dos profissionais que possuíam as habilidades necessárias para a execução da atividade. Devido ao tempo elevado para reposição de profissionais, inerente aos processos de contratação, foi definido o agrupamento dos profissionais resultantes da seleção na Torre 2 do empreendimento.

Para a Torre 1, as atividades passaram a ser executadas por mão de obra terceirizada. Esta condição fez com que os resultados apresentados na Figura 84, referentes aos resultados da evolução da Torre 1, não fossem válidos para avaliação do processo proposto. A forma de mensurar a evolução das atividades nesta torre passou a ser através do atendimento ao número de dias previsto no ciclo, não

relacionando o resultado ao número de profissionais envolvidos para atingir tal objetivo.

Para que a dificuldade relacionada ao entendimento do ciclo executivo pela mão de obra fosse sanada, foi proposta a identificação destes profissionais por cores. Estes tiveram seus capacetes substituídos pelas cores especificadas em projeto. Tal medida facilitou a assimilação das tarefas diárias pelos profissionais e proporcionou uma melhor condição de controle, tanto no canteiro de obras quanto através das imagens de monitoramento (Figura 86).

Figura 86 - Profissionais posicionados de acordo com projeto de sequência de alvenaria e identificados pelas cores de seus capacetes.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Uma segunda medida para orientação dos profissionais foi a produção de placas com as informações diárias das atividades (Figura 87). Diariamente, antes do início da execução, todas as informações passaram a ser discutidas para assimilação e estes materiais informativos disponibilizados em locais visíveis nos pavimentos em que ocorreram as atividades de construção.

Figura 87 - Placa de orientação disponibilizada nos pavimentos.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Além destas medidas, a partir do 5º pavimento, um engenheiro de desenvolvimento acompanhou em tempo integral a execução do empreendimento. Este engenheiro teve como escopo o acompanhamento de todo o ciclo executivo, mensurando os tempos de execução e as necessidades de correção do processo. Os engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos dos kits elétricos e hidrossanitários acompanharam a execução a partir do pavimento térreo, uma vez que esta atividade ocorre em período posterior no planejamento e já haviam sido percebidas as dificuldades inerentes à implantação de um novo processo construtivo pela organização. Este acompanhamento permitiu que a real necessidade de informações contidas nos projetos fosse identificada, de forma a possibilitar a reformulação de toda a documentação técnica.

Após a identificação de atrasos na região da caixa de escada e elevadores através das imagens de monitoramento, através de observação direta foi identificado que o não atendimento do ciclo ocorria pela necessidade de montagem de plataformas de trabalho em madeira para execução destas alvenarias (Figura 88 (a)). Como medida corretiva, plataformas metálicas encaixáveis foram desenvolvidas, sanando a deficiência na região (Figura 88 (b)).

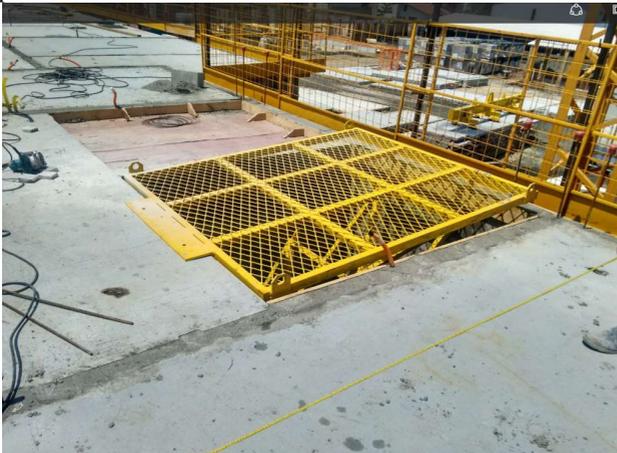
Figura 88 - Plataforma para execução da escada em madeira (a) e protótipo de plataforma metálica (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

O mesmo desenvolvimento foi realizado para a região referente aos elevadores, em que foi desenvolvida uma plataforma metálica que é transferida entre pavimentos com o auxílio do equipamento de transporte vertical, reduzindo assim o tempo de preparo da região para início da execução da alvenaria (Figura 89).

Figura 89 - Plataforma em madeira para fosso do elevador no fosso esquerdo e plataforma metálica em teste no fosso direito.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Da mesma forma que foram removidas as plataformas em madeira apresentadas anteriormente, foram desenvolvidas peças metálicas que cumprem a função de forma para as aberturas nas lajes (shafts). Nestas regiões existia a necessidade de execução de uma forma de madeira para execução da ligação entre lajes. A solução apresentada na Figura 90 permitiu que toda a madeira existente no pavimento fosse removida.

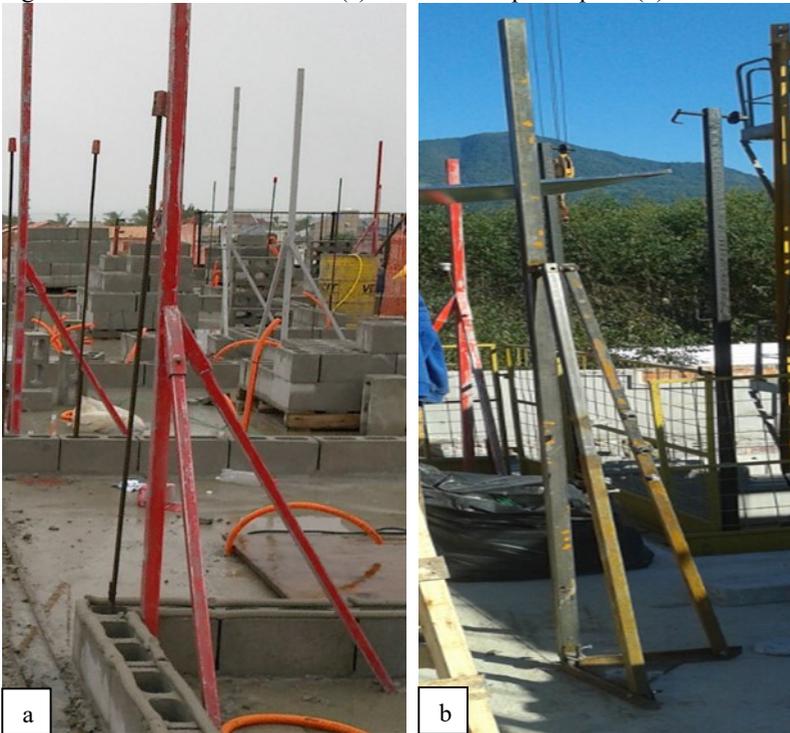
Figura 90 - Forma metálica desenvolvida para grauteamento das ligações entre lajes.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A observação direta permitiu identificar que o atraso na atividade de locação da primeira fiada de alvenaria era resultado da complexidade para fixação dos escantilhões. Cada escantilhão era formado por três partes independentes, em que a fixação de todo o conjunto necessitava de 11 parafusos (Figura 91 (a)). Para redução deste tempo de execução, foi desenvolvido um novo escantilhão, formado por uma única peça e com redução para dois parafusos para fixação do elemento (Figura 91 (b)). Através de medições realizadas em campo, o tempo unitário de fixação foi reduzido de 7,5 minutos para 3 minutos.

Figura 91 - Escantilhão utilizado (a) e escantilhão prototipado (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Tomadas estas medidas, pode-se perceber que os benefícios inerentes ao processo construtivo proposto começaram a ser percebidos e que uma perceptível melhoria no atendimento do ciclo pode ser evidenciada a partir do 6º pavimento. A remoção do escoramento dos vãos das esquadrias proporcionaram agilidade e precisão dimensional (Figura 92 (a)). A redução de 90% do escoramento das lajes permitiu que serviços como fixação de esquadrias, revestimento e instalações fossem antecipados no planejamento em relação à produtos anteriores (Figura 92 (b)).

Figura 92 - Eliminação dos escoramento nos vãos de esquadrias (a) e redução do escoramento das lajes (b).



Fonte: cedida pela construtora (2015).

A mudança na fixação do guarda-corpo de periferia para a 11ª fiada (Figura 93), conforme identificado na etapa de diagnóstico, proporcionou uma execução da alvenaria mais fluida e sem interrupções.

Figura 93 - Fixação do guarda-corpo de periferia na 11ª fiada de alvenaria.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Com as medidas corretivas tomadas, os projetos de logística e as orientações de uso dos equipamentos passaram a ser efetivos nos pavimentos restantes (Figura 94).

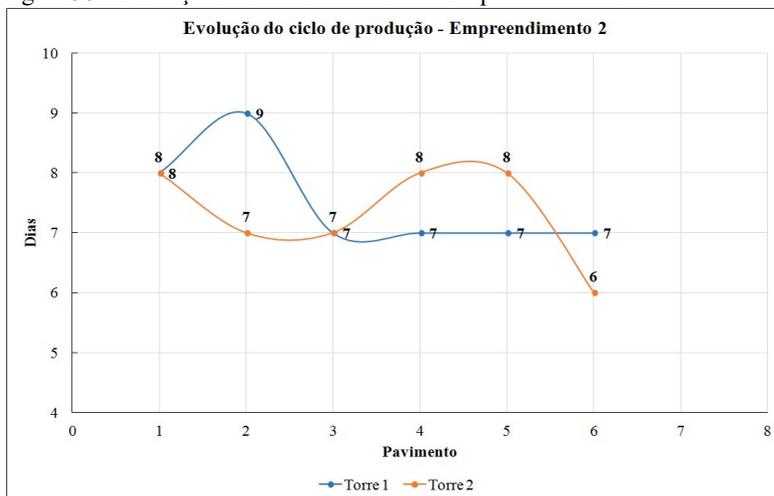
Figura 94 - Posicionamento dos paletes de acordo com projeto.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Após a execução da etapa estrutural do Empreendimento 1, teve início o segundo empreendimento com mesmo processo construtivo. O Empreendimento 2 manteve as mesmas características do primeiro com mesma área de laje e alvenaria, número de pavimentos, equipamentos de transporte de materiais e equipes de produção. Os dados extraídos do sistemas de planejamento da organização, em que é apresentada a evolução do ciclo de produção, podem ser verificados na Figura 95.

Figura 95 - Evolução do ciclo executivo no Empreendimento 2.



Fonte: do autor.

Apesar das informações coletadas para Empreendimento 2 não apresentarem o mesmo nível de detalhamento do Empreendimento 1, uma vez que não houve coletas relacionadas às causas de não atendimento ao ciclo planejado e acompanhamento participativo do autor da pesquisa, as informações apresentadas permitem verificar uma significativa melhoria na aderência da execução ao ciclo planejado, evidenciando que as melhorias propostas no processo no Empreendimento 1 foram efetivas e contribuíram para obtenção deste resultado.

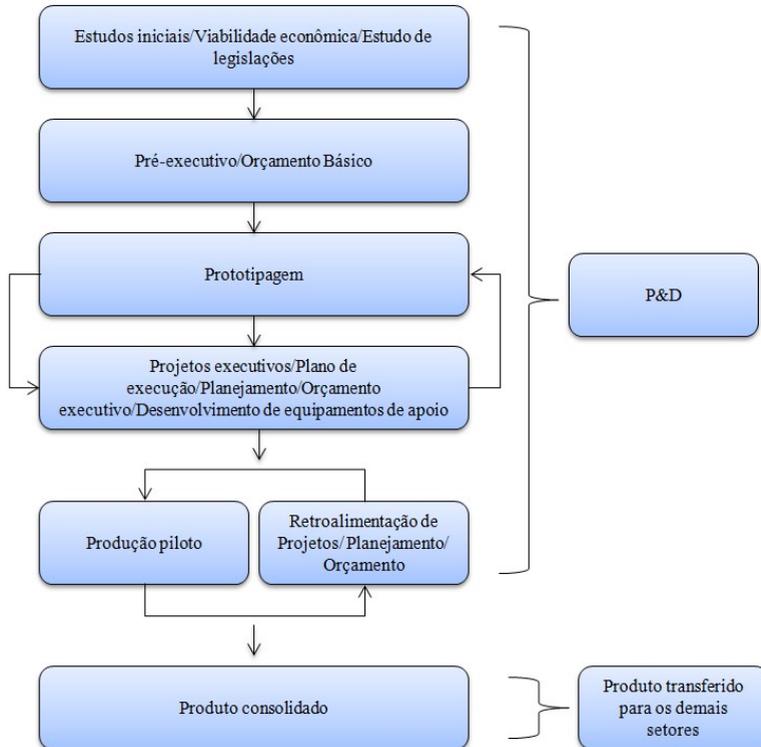
Apesar de ser observada uma melhoria significativa, a proposta inicial de execução ainda não foi atingida, evidenciando que a investigação relacionada ao processo construtivo precisa ter continuidade. Desenvolver um procedimento para coleta de dados que esteja inserido nos processos internos e realizá-los rotineiramente, torna-se uma ferramenta essencial para a organização atingir seu objetivo.

4.3 ANÁLISE DA METODOLOGIA ORGANIZACIONAL

Sintetizando todo o Processo de Desenvolvimento de Produto utilizado, é perceptível que etapas foram adicionadas em relação ao que até então era entendido pela empresa como o Processo de Projetos. Estas etapas adicionais foram necessárias para se elevar o grau de

industrialização do produto, tornando este processo mais próximo do conceito utilizado pela indústria seriada, com etapas de prototipagem e produção piloto. Apesar do processo de desenvolvimento não possuir um fluxo no tempo completamente linear, pode-se aproximar a seqüência utilizada pela organização conforme Figura 96.

Figura 96 - Etapas do desenvolvimento do produto identificadas no processo utilizado pela empresa.



Fonte: do autor.

A Etapa de Estudos Iniciais foi constituída pela estruturação do plano de desenvolvimento do novo processo construtivo. O tempo para desenvolvimento de tal atividade é variável, uma vez que existem diversos fatores externos que influenciam no andamento desta etapa, bem como a complexidade do sistema que se pretende desenvolver. Neste desenvolvimento esta etapa durou aproximadamente 3 meses.

A etapa seguinte contou com o desenvolvimento da documentação técnica e do orçamento inicial do empreendimento, tendo seu início marcado pela concepção arquitetônica. Estes projetos, além de alimentar a prototipagem do produto, foram utilizados para protocolo nos órgãos reguladores. Através das informações apresentadas, pode-se identificar que o nível de detalhamento dos projetos foi muito superior ao praticado anteriormente e, desta forma, a etapa inicial de Projeto Legal foi descaracterizada. O tempo investido nesta etapa foi de aproximadamente 4 meses, considerando o início do desenvolvimento dos projetos até o nível de detalhamento necessário para que se pudesse prototipar o produto.

Em seguida foi realizada a etapa de prototipagem, em busca de validar as especificações de projeto e o processo de construção. Esta etapa pode ser considerada como o marco geral da passagem da etapa Pré-executiva para a etapa de Projetos Executivos, em substituição à reunião de compatibilização utilizada como marco no processo anterior. O tempo de construção do protótipo, analisar resultados e retroalimentar os projetos e processos teve duração de 3 meses.

Na sequência foi dado início ao desenvolvimento dos projetos executivos em paralelo com o desenvolvimento do planejamento e orçamento executivo. Diferentemente de um processo tradicional, em que se tem as etapas sequenciais de projeto, orçamento e planejamento, estas atividades foram desenvolvidas em paralelo, justificadas pelo dinamismo das soluções técnicas adotadas para viabilizar o processo construtivo inovador. O desenvolvimento em conjunto destas três atividades possibilitou identificar, através de dados extraídos do planejamento e orçamento, quais as atividades que agrupavam as maiores alocações de custo e prazo, motivando o desenvolvimento de novos materiais e métodos construtivos. As revisões constantes e a identificação de novos desenvolvimentos de materiais, equipamentos e processos tornaram esta etapa significativamente longa, com uma duração aproximada de 3 meses.

Com a documentação finalizada, foi dado início à produção piloto. A correção de inconsistências de ordem técnica e organizacional demandou significativamente os recursos da equipe de desenvolvimento, uma vez que é exigido um alto grau de imediatismo na resolução dos problemas relacionados ao piloto, visto que o empreendimento está atrelado a um prazo de entrega comercial.

A retroalimentação do produto com as informações da execução não foi considerada como uma etapa sequencial do processo, ocorrendo em paralelo com a produção piloto. Desta forma, no decorrer da

execução, todos os projetos, orçamento e planejamento foram revistos até que retratassem exatamente o que ocorre durante a construção. Esta consideração, acrescida do acompanhamento da obra piloto, condicionou a maior demanda existente entre todas as fases do processo.

Um segundo contribuinte para justificar esta etapa piloto como crítica foi início da inter-relação das atividades relacionadas ao produto com os demais departamentos da organização, de forma a criar adequações com os demais processos da empresa. A reestruturação do setor, segmentando a equipe de P&D das demais atividades e dos empreendimentos em andamento, foi inicialmente positiva para o desenvolvimento do produto. A função exclusiva de desenvolver produtos, removendo as demandas diárias de suporte à obras e a autonomia da equipe em conseguir gerar os próprios projetos, orçamentos e planejamento, tornaram-na independente dos demais setores da empresa, dando agilidade ao processo de desenvolvimento.

Entretanto, este afastamento da equipe dos demais departamentos, trouxe dificuldades na disseminação da cultura de industrialização na organização. Um processo adequado de desenvolvimento deve promover a inovação como rotina dos diversos departamentos dentro de uma organização, não associando estas atividades apenas a uma equipe restrita. A agilidade necessária deve ser resultado de um processo bem estruturado e não da departamentalização de atividades de inovação. Fatores como atraso na entrega de determinados materiais e incoerências na contratação de mão de obra, conforme evidenciado anteriormente, são exemplos que foram intensificados por esta situação.

O investimento de tempo em projetos foi muito superior aos dos demais produtos desenvolvidos. Tal informação pode ser comprovada ao analisar o número de revisões formais nos projetos (Quadro 7), desconsiderando melhorias pontuais desenvolvidas diariamente pela equipe.

Quadro 7 - Número de revisões de projeto por disciplina.

| | | Tipo de produto | | | | |
|---------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Produto industrializado | Produto 1 tipologia A | Produto 2 tipologia A | Produto 1 tipologia B | Produto 2 tipologia B |
| Projeto | Arquitetônico | 20 | 15 | 7 | 10 | 7 |
| | Elétrico | 12 | 7 | 2 | 6 | 3 |
| | Hidrossanitário | 11 | 5 | 7 | 7 | 4 |
| | Preventivo de incêndio | 22 | 7 | 11 | 7 | 3 |

Fonte: do autor.

A verticalização dos projetos dos subsistemas elétrico e hidrossanitário foi tomada como medida de curto prazo para dar continuidade ao desenvolvimento do projeto. Entretanto, tal medida deve ser utilizada com cautela, uma vez que limitar o desenvolvimento desta documentação a alguns integrantes da equipe e sem apoio de equipes externas, pode restringir a variabilidade de soluções técnicas possíveis e o desenvolvimento contínuo. Utilizar fornecedores de projetos externos aumenta os envolvidos em busca da solução técnica diferenciada e mais efetiva.

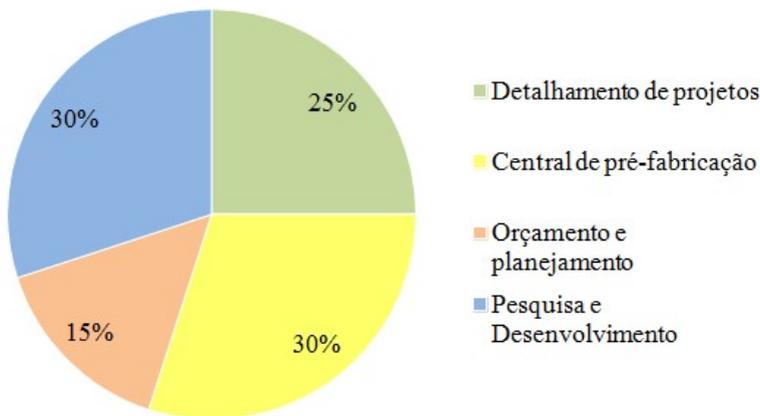
O baixo detalhamento evidenciado nos projetos foi um dos fatores que contribuiu para elevar o número de projetos para produção e conseqüentemente o número de integrantes da equipe de desenvolvimento. Da mesma forma que se fez necessário desenvolver um trabalho para fomentar a cultura da industrialização no interior da organização, este trabalho deve ser também externalizado para fornecedores de projetos. Medidas como treinamentos periódicos, acompanhamento presencial do projeto em obra por parte dos fornecedores e um processo adequado de retroalimentação contribuem para entendimento dos projetistas sobre o processo construtivo que se deseja desenvolver.

Uma segunda medida para melhoria do relacionamento com fornecedores de projeto pode estar na forma como a contratação deste serviço é formatada. Desenvolver um processo ou sistema construtivo exige um esforço muito superior ao desenvolvimento de um projeto convencional, em que a presença do fornecedor e uso de recursos de sua equipe é elevado. Portanto deve-se desenvolver uma forma de contratação em que esteja muito claro que o objetivo final é se obter um processo construtivo inovador desenvolvido, de forma a desassociar o

fechamento de um contrato de trabalho a um empreendimento em específico.

Através de um levantamento de dados realizados nos controles de atividades do setor (Figura 97), pode-se verificar a alocação dos recursos adicionados à equipe de P&D. Cinco dos vinte profissionais integrantes da equipe tiveram suas funções destinadas quase que em sua totalidade ao detalhamento de projetos. Um segundo fator identificado foi o desenvolvimento da central de pré-fabricação que demandou exclusivamente seis destes vinte profissionais. Com a inserção das atividades de orçamento e planejamento no escopo da equipe de P&D, três profissionais passaram a ser alocados para estas atividades. Os seis integrantes restantes tiveram suas atividades exclusivamente destinadas ao desenvolvimento de soluções técnicas para o produto.

Figura 97 - Alocação dos recursos de acordo com atividades.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

O elevado número de desenvolvimentos em um mesmo empreendimento foi contribuinte para a necessidade desta equipe de desenvolvimento robusta. O controle destes desenvolvimentos em paralelo deve ser adequado, de maneira que não se perca o foco das inovações mais complexas e das atividades em que pode se extrair os melhores resultados, neste caso, foram as modificações realizadas na execução da estrutura e na produção dos elementos pré-fabricados. Este elevado número de desenvolvimentos em paralelo trouxe dificuldades para a equipe de produção, pois esta teve a forma de controle de diversas atividades modificadas, tornando a assimilação da gestão

complexa em um primeiro momento. Tal situação condicionou a necessidade de acompanhamento constante por parte de alguns integrantes da equipe de desenvolvimento. Segmentar os desenvolvimentos em fases de acordo com os subsistemas da edificação pode ser benéfico em organizações em que a equipe de desenvolvimento se apresentar em número reduzido.

A aproximação da metodologia da empresa ao praticado por indústrias seriadas, gera a necessidade de antecipação no nível de detalhamento da documentação técnica, de forma a beneficiar a construtibilidade. Utilizar projetos mais refinados para protocolo em órgãos reguladores foi um dos contribuintes para esta afirmação, uma vez que, após protocolo, existe uma limitação na adequação das características físicas do empreendimento. Para tal, é necessário que o planejamento estratégico da organização seja alinhado, uma vez que a disponibilidade do produto está diretamente ligada às datas de protocolo nos órgãos reguladores.

Permitir que a arquitetura seja flexível por um período superior de tempo e antecipar as análises estruturais foram benéficos nestes sentido e podem ser utilizados para obtenção de melhorias na construtibilidade, inclusive em empreendimentos em que não se faça uso de elementos industrializados. Neste caso, a padronização dimensional, a linearização das fachadas e a padronização das instalações hidrossanitárias foram exemplos de benefícios extraídos desta arquitetura devidamente analisada.

Nesta pesquisa, a metodologia proposta por Sabbatini (1989) é considerada adequada e segura para a implantação de um processo construtivo inovador. Percebe-se que a metodologia utilizada pela empresa aproxima-se do método MPSConstr. de Sabbatini, com etapas de concepção, verificação, descrição e comercialização. Entretanto, algumas divergências foram identificadas, estimuladas pela estruturação da operação financeira utilizada. O uso de recursos de instituições financeiras para financiamento condiciona a antecipação da comercialização do produto, uma vez que o faturamento é representado pela equação do percentual produzido relacionado ao fator das vendas realizadas. Esta condicionante exige que a etapa de comercialização seja antecipada em relação à produção piloto.

Esta antecipação também é fator relevante para que seja considerada uma adequada pesquisa de mercado, uma vez que para produzir o piloto, investimentos significativos em equipamentos e materiais são necessários. Neste caso, a organização trabalhou com a evolução de um produto já aceito comercialmente na região. Entretanto,

ao se trabalhar com um novo segmento de mercado, é necessário que se tenha plena certeza de que o produto atenda as expectativas dos clientes, para que investimentos iniciais não sejam desperdiçados, justificando assim o dispêndio em uma pesquisa de mercado robusta.

Em relação à metodologia proposta por Sabbatini (1989), uma segunda divergência identificada está na etapa de consolidação do produto, uma vez que este considera a etapa como fase sequencial em relação à prototipagem. Na metodologia utilizada pela empresa, a consolidação foi posicionada na fase final do processo de desenvolvimento, após a realização dos processos de retroalimentação ou aperfeiçoamento, conforme intitulado por Sabbatini. Tal medida foi extremamente benéfica para a ocorrência da retroalimentação de forma adequada e por torná-la uma etapa obrigatória, dando relevância a esta atividade que muitas vezes acaba por ser negligenciada nas organizações. Grande parte dos resultados positivos que se obteve no produto foram originados nesta fase. A fase de consolidação foi entendida pela organização como o momento em que se tem um produto que não sofrerá mais com modificações de forma significativa em detalhamentos técnicos, considerando apenas inovações incrementais. Aliada a esta fase de retroalimentação, o uso de uma mesma arquitetura repetidas vezes proporciona a realização do processo de retroalimentação até que se extraia todo o potencial do produto.

As condições anteriores enfatizam a importância dos desenvolvimentos das fases de produção experimental e prototipagem, uma vez que este produto em escala piloto já é considerado um produto comercial, diferentemente de produções piloto na indústria seriada, em que está associada a uma validação da linha de produção e eventuais falhas podem ser corrigidas retardando o prazo de lançamento do produto. Estas condições ressaltam a importância de se ter agilidade na resolução de falhas técnicas em escala piloto na construção civil, em que tal agilidade é proporcionada por equipe técnica e recursos financeiros disponíveis para adequação do processo. É importante que, na etapa básica do estudo, em que são definidos os investimentos financeiros e o fluxo destes valores ao longo do projeto, um percentual do investimento total seja alocado para a fase piloto, de forma a atender ao imediatismo necessário na correção de inconsistências.

Percebe-se, ao analisar o fluxo de projetos da empresa, que a etapa de Projeto Legal aparece como etapa inicial do fluxo de desenvolvimento, divergindo do proposto pela NBR 13531 (1995a) e AGESC (2012), que propõem a sequência Anteprojeto, Projeto Legal, Projeto Básico e Projeto Executivo. Tal situação é justificada, não por

uma incoerência no Processo de Projeto da empresa, e sim pelo longo período para se obter todas as aprovações necessárias para a execução de um novo empreendimento, exigindo que os processos de protocolo tenham seu tempo de realização o menor possível. Este processo de projeto mais curto utilizado pela empresa, condicionado pelos órgãos reguladores, em que se migra da Etapa Legal para a Etapa Pré-executiva, contribui para uma baixa análise de projetos.

5. CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES REFERENTES AOS RESULTADOS OBTIDOS

O dinamismo do processo e a interferência em toda cadeia organizacional são evidências para a importância da estruturação de um processo de desenvolvimento de produto apropriado. Foi percebido que o processo de desenvolvimento de produto é altamente influenciado pelo cenário econômico, operação financeira e órgãos reguladores. Adequar o processo a estas variáveis e às particularidades do segmento, é fator fundamental para desenvolvimento da construção civil e incremento da competitividade organizacional.

Foi confirmado que o conceito de Processo de Desenvolvimento de Produto é mais abrangente que o Processo de Projeto, de forma que foram identificadas interações entre quase todos os departamentos da organização, em que processos de suprimentos, RH, qualidade, gestão e comercialização sofreram influência da estruturação do novo produto. Este conflito na definição do termo no meio técnico pode ser associado à carência de processos bem estruturados na construção civil, condicionando o Processo de Projeto a suprir as deficiências existentes na cadeia.

Percebe-se que a metodologia utilizada pela organização foi efetiva e trouxe benefícios para o produto e para a empresa. Os itens apresentados na análise de resultados são evidências da obtenção de um produto com desempenho superior, em que se destacam a redução do período de construção, o incremento na qualidade e construtibilidade do produto e a correção nas falhas nos processos internos da organização.

Após o produto ter seu ciclo de desenvolvimento finalizado, o tempo investido no processo de orçamento e planejamento foi reduzido em aproximadamente 40%. Além disso, com a existência de definições técnicas, projetos padronizados e disponibilizados em tempo adequado, a expectativa é de que se tenha uma redução nos números relacionados a falhas durante o processo de orçamento. Acrescenta-se a este item a expectativa de redução considerável no número de chamados de assistência técnica.

A padronização de processos construtivos diminuiu consideravelmente o investimento em horas trabalhadas em algumas atividades. Entretanto, a necessidade de uma análise criteriosa no desenvolvimento de um novo empreendimento não é eliminada. Além disso, a utilização de um processo industrializado acrescenta diversas novas atividades na rotina da organização e de seus colaboradores.

Mesmo com o resultado positivo obtido através do foco no desenvolvimento da torre de apartamentos, acredita-se que estender tal metodologia e encontrar formas de industrializar elementos relacionados à implantação do empreendimento (áreas comuns, torres de estacionamento, entre outros) seja o próximo passo necessário para ampliar o diferencial competitivo da organização, uma vez que este conjunto também é parte representativa nos custos e prazos de execução de um empreendimento.

Os planos desenvolvidos para orientação da execução e definição de equipamentos de construção padronizados entre empreendimentos, como por exemplo, os equipamentos de transporte vertical, permitem que a execução seja padronizada. Esta medida torna possível a formação de um banco de indicadores que pode se tornar uma importante ferramenta estratégica para a organização.

Pode-se afirmar que as medidas tomadas favoreceram o incremento da construtibilidade, de forma que foram identificadas no processo melhorias na orientação do projeto à produção, comunicação efetiva das informações técnicas, otimização da construção, recursos efetivos de gerenciamento, melhoria dos serviços de subempreiteiros e retorno do construtor ao projetista em todos os itens apresentados por O'Connor e Tucker (1986) apud Saffaro, Santos e Heineck (2004).

Em relação à racionalização construtiva, pode-se afirmar que o produto teve incremento significativo relacionando os resultados com os conceitos apresentados por Rosso (1980), Sabbatini (1989) e Franco (1992). Entretanto, verifica-se que a racionalização não está associada diretamente à industrialização, com base no que foi identificado no processo de assentamento de alvenaria estrutural. Como foi observado, a produção diária da alvenaria foi incrementada através de estudos de logística, mudança de equipamentos de execução e com o uso de elementos pré-fabricados na composição das elevações da alvenaria. Entretanto, estes elementos não dependem diretamente da industrialização, levando à conclusão de que a racionalização construtiva não está associada a altos investimentos financeiros. Todas estas mudanças podem ser classificadas como inovações incrementais e poderiam ter sido aplicadas sem toda a estruturação do processo realizado.

Relacionado ao incremento da qualidade, foi percebido que houve ampliação do desempenho do produto obtido com o uso da metodologia proposta. Entretanto, estes resultados são variáveis de acordo com a abordagem de qualidade que se deseja avaliar, que

depende diretamente do cliente selecionado, que pode ser interno ou externo à organização.

Conforme afirmado por Franco (1992) e Girmscheid (2010), a industrialização da construção proporciona a integração dos processos de produção, cooperação no desenvolvimento do projeto do produto, projetos orientados à produção, racionalização, sistematização e padronização dos trabalhos e equipamentos, utilização de elementos pré-fabricados, maior mecanização e automação de processos remanescentes nos canteiros, proteção climática da produção, racionalização de tarefas, usos de equipamentos e ferramentas especializados, maior controle de qualidade, melhora na negociação de matéria-prima devido ao planejamento e aquisição de grandes volumes, menor desperdício de materiais e redução de problemas patológicos, sendo todos estes itens evidenciados com a utilização da metodologia apresentada.

Com base nas trajetórias de inovação apresentadas na revisão bibliográfica, pode-se classificar este conjunto de mudanças no processo como uma inovação disruptiva, uma vez que com o mesmo número de profissionais e tecnologia construtiva convencional, não se alcançariam os mesmos resultados, por mais que o processo convencional com lajes moldadas no local fosse otimizado através de inovações incrementais. O longo período de desenvolvimento, a complexidade da proposta, a equipe multidisciplinar focada em um objetivo comum e a característica de um projeto central na organização, reforçam a classificação desta inovação como radical.

Todo o conjunto de intervenções proporcionou mudanças na forma de projetar e gerir a construção do produto, de forma que existiram inovações em todos os níveis anteriormente apresentados na revisão bibliográfica. Foram identificadas inovações de produto, processo e organizacionais nesta pesquisa, indo ao encontro do exposto por Amorim (1995). De acordo com a evolução do conceito apresentado pela OCDE (2004), a dimensão de inovação de marketing é existente e pode ser comprovada com o exemplo de aumento da área dos apartamentos. Para atender as diversas regulações municipais necessárias, a área do apartamento necessitou ser ampliada em aproximadamente 10m². Esta pode ser considerada uma condicionante técnica do produto, entretanto, utilizada como atrativo comercial, evidenciando a coerência na afirmação da existência desta quarta dimensão de inovação e reforçando a inter-relação entre estas dimensões.

A afirmação de Utterback (1996) de que nas fases iniciais de uma tecnologia tem-se uma taxa de mudanças previsivelmente alta e que,

após certo período, passa-se a observar um incremento de inovações de processo, foi comprovada. Esta afirmação é justificada com base nos ciclos construtivos dos dois empreendimentos analisados em que, através das informações coletadas, foi identificada significativa evolução entre o primeiro e segundo empreendimento com uso do novo processo construtivo.

Julga-se apropriado considerar que as inovações organizacionais foram as mais complexas de disseminar e implantar. As dificuldades enfrentadas com a mão de obra e a disseminação da cultura da industrialização na organização são exemplos que ajudam a justificar esta afirmativa.

Nesta mesma vertente, o baixo detalhamento de projetos, as dificuldades em atender tecnicamente diversas regulações municipais, a reformulação do planejamento estratégico da empresa para se adequar aos prazos de protocolo e o perfil da mão de obra disponível no segmento, são evidências para que a cultura de industrialização que está sendo formada na organização, deve ser estendida para fornecedores de materiais, projetistas, empreiteiros e órgãos reguladores, de forma que possam ser extraídos todos os benefícios de um processo industrial.

O uso de um produto padronizado favorece a implantação de elementos industrializados. Entretanto, pode tornar-se um limitante em linhas de produto em que o consumidor valoriza a personalização do produto. É considerado relevante desenvolver uma metodologia para industrialização de elementos em que seja possível coordenar particularidades com eficiência e desenvolver um processo de industrialização flexível. Esta mesma ação pode contribuir para facilitar o atendimento a diversas regulações municipais, tendo em vista que as divergências presentes entre documentos é um limitante à industrialização. Ter controle de processos industrializados flexíveis pode abrir novas oportunidades de mercado que vão além da abrangência de tipologias de produtos habitacionais, podendo levar a empresa a se tornar uma fornecedora de tecnologia construtiva.

Para incorporar, construir ou licitar um empreendimento, exige-se apenas detalhamentos iniciais de projeto. Esta condicionante torna-se uma intensificadora de baixa construtibilidade para os empreendimentos. Propor protocolos com projetos em nível executivo condicionaria a uma análise muito superior por parte das organizações em seus projetos, tornando esta atividade uma condição obrigatória e não um diferencial de empresas que pretendem tornar-se mais competitivas. Entretanto, o tempo de resposta dos órgãos reguladores e a formação de equipes técnicas qualificadas para avaliação de processos e

sistemas construtivos necessitam ser revistos para o funcionamento desta situação.

O elevado número de desenvolvimentos evidenciado na organização através desta pesquisa, foi fator condicionante para uma troca intensa de informações entre agentes, de forma a utilizar significativamente recursos da organização. O uso da metodologia BIM, com o auxílio de servidores compartilhados interligados por meio da internet, e o uso de modelos paramétricos integrados torna a atualização de projetos para todos os envolvidos instantânea e homogênea a forma de comunicação entre todos os agentes, tornando o desenvolvimento colaborativo. Tal metodologia pode contribuir para a formação de equipes de trabalho mais enxutas e facilitar as análises críticas de projetos.

As dificuldades enfrentadas com o absenteísmo, a alta rotatividade e a já conhecida baixa qualificação da mão de obra do segmento da construção são evidências para a necessidade de criação de programas organizacionais que bonifiquem a produção e estimulem a assiduidade dos profissionais. Tais medidas são extremamente necessárias para fidelizar esta mão de obra, uma vez que em cenários economicamente favoráveis tal situação pode ser intensificada. Evidencia-se também a necessidade de desenvolvimento de metodologias adequadas para contratação e treinamento destes profissionais. Utilizar prazos mais longos em pavimentos iniciais e utilizar o próprio canteiro de obras como local de treinamento pode apresentar-se um método mais adequado para o perfil dos profissionais.

A metodologia desta pesquisa, que fez uso de ferramentas de investigação de baixa complexidade, apresentou-se efetiva para diagnosticar os potenciais de melhoria no produto e mapear os processos organizacionais. A extensão das entrevistas para os assentadores de blocos foi positiva para identificar melhorias pontuais que podem ser apresentadas apenas por quem está na operação. Este fato ressalta que resultados positivos podem ser obtidos com simples ações que podem ser inseridas em rotinas organizacionais.

O uso de imagens captadas por câmeras e a identificação das equipes de trabalho através de diferentes cores mostrou-se um método eficiente para controle de mão de obra. Este método também foi eficaz para a adequação de projetos de logística que são influenciados diretamente pelo dinamismo de atividades que ocorrem no decorrer da construção.

A inserção de profissionais de diferentes especialidades no departamento de Desenvolvimento foi benéfica em relação à busca por

soluções adequadas, não limitando os desenvolvimentos aos materiais e processos tradicionalmente estudados por engenheiros civis.

Considera-se esta pesquisa expressiva pelo fato de apresentar grande parte de um processo de desenvolvimento de produto com elementos pré-fabricados, de forma que possa servir como exemplo prático para organizações que desejam inserir tais processos em sua forma de construir. A relevância está no fato de que as informações e dificuldades observadas foram coletadas por um pesquisador que participou de forma ativa do processo com um todo. A grande dificuldade inerente a pesquisas como esta está justamente na necessidade de estar inserido na organização para que as informações tenham a real representação do processo, de forma que a observação participativa apresentou-se como a ferramenta metodológica mais efetiva para este estudo. Pesquisas em que sejam realizadas apenas observações pontuais por membros externos ao processo, podem não retratar efetivamente a realidade do processo organizacional.

Todo este percurso apresentado evidencia a complexidade em inovar na construção civil no cenário brasileiro. Apesar de todas as dificuldades enfrentadas, apostar na inovação tornou-se um diferencial para a empresa estudada que, além de possuir um produto com características diferenciadas e se tornar mais competitiva, começa a sentir as influências organizacionais que a industrialização traz para uma empresa. São exemplos destas influências o acréscimo de análises técnicas e as adequações dos processos internos, que são obrigatoriedades para a industrialização e contribuem para levar a organização a um novo patamar de maturidade empresarial.

Para finalizar, pode-se afirmar que para que ocorram mudanças significativas no cenário da construção civil é necessário uma reestruturação completa do segmento envolvendo fornecedores, construtores, projetistas, órgãos reguladores e governo. As medidas iniciam desde a forma de se projetar, na forma de especificar materiais e componentes, até a adequações em legislações técnicas e trabalhistas e na forma como a tributação destes elementos é formatada. Apesar da racionalização da construção ser necessária e trazer benefícios perceptíveis a curto prazo, esta já apresenta um certo esgotamento para organizações que tem em sua cultura medidas originadas deste conceito, não tendo a força necessária para evolução significativa do segmento. Desta forma, para que uma mudança significativa seja gerada, é necessário que sejam revistas questões econômicas, políticas e sociais aliadas à cultura da industrialização para o segmento da construção civil.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A realização deste trabalho permitiu observar itens que interferiram no desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, a seguir serão elencados estes itens, de maneira que sirvam como estímulo para a continuidade do desenvolvimento de pesquisas sobre o tema:

- a) As pesquisas sobre inovação na construção civil têm a característica de longa duração e da permeabilidade pelas diversas áreas da organização. Desta forma, sugere-se o desenvolvimento de ferramentas para coleta de dados de fácil utilização e que não impactem de maneira significativa na rotina dos diversos agentes que serão coletores de dados;
- b) Como o desenvolvimento de um novo processo ou produto pode percorrer diversos caminhos formados pela estratégia da organização, recomenda-se inicialmente ampliar o horizonte de coleta de dados para que seja possível adequar a pesquisa de acordo com a estratégia a ser seguida;
- c) As análises referentes ao custo do processo trarão uma nova linha de análises e conclusões. Portanto, quando disponível, recomenda-se que estes dados sejam considerados;
- d) O acompanhamento da etapa de uso e manutenção da edificação pode adicionar resultados significativos para avaliação do processo desenvolvido.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (São Paulo). Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (Org.). **Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas**. São Paulo: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2015. 205 p. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Documents/Manual_versao_digital.pdf>. Acesso em: 18 set. 2016.

AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **Tecnologia, Organização e Produtividade na Construção**. 1995. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5670**: Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro: ABNT, 1977. 19 p.

_____. **NBR ISO 8402**: Gestão da qualidade e garantia da qualidade - terminologia ABNT, 1994. 14 p.

_____. **NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 59 p.

_____. **NBR ISO 9001**: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 32 p.

_____. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995a. 10 p.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO (Org.). **Manual de escopo de serviços para Coordenação de projetos**. São Paulo: AGESC, 2012. 86p. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1449>. Acesso em : 24 ago. 2016.

BARROS, Mercia Maria Bottura de. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. 422 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de. Desafios para Aumento da Produtividade na Indústria da Construção Habitacional. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, v. 1, n. 4, p.4-6, mar. 2014.

BARROS, Mercia Maria Bottura de; SABBATINI, Fernando Henrique. **Diretrizes para o Processo De Projeto para a Implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas na Produção de Edifícios**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. 24 p.

BARROS NETO, José de Paula; NOBRE, João Adriano Ponciano. **O processo de desenvolvimento de produto imobiliário: estudo exploratório em uma incorporadora**. Produção, São Paulo, v. 19, n. 1, p.87-104, jan. 2009. Trimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v19n1/07.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2003. 260 p.

BELLAN, Melissa; FABRICIO, Márcio Minto. **Práticas e ferramentas gerenciais de apoio a integração e coordenação de projetos**. Parc: Pesquisa em Arquitetura e Construção. Campinas, p. 1-27. jan. 2010. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/issue/view/240/showToc>>. Acesso em: 17 set. 2016.

BRUNA, Paulo Julio Valentino. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976. 307 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (Brasil) (Org.). **Construção Civil: desempenho e perspectivas**. Brasília: CBIC, 2011. 21 p. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/balanco-nacional-da-industria-da-construcao>>.

CAMPELO JUNIOR, Aloisio; TOBLER, Rodolfo Guedon. Investimentos produtivos continuam em ritmo lento. *Conjuntura da Construção*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.7-9, mar. 2014. Semestral.

CAMPOS, Paulo Eduardo Fonseca de. **A inovação como indutora do Desenvolvimento Sustentável da Indústria da pré-fabricação em concreto: Uma visão de Futuro**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL ABCIC INOVAÇÃO E OUSADIA PARA VENCER OS ATUAIS DESAFIOS E GERENCIAR O FUTURO, 7., 2016, São Paulo. Apresentação de slides. São Paulo: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2016. v. 1, p. 1 - 88. Disponível em: <http://abcic.org.br/Seminario_internacional_2016/pdfs/3PauloFonsecaCampos.pdf>. Acesso em: 02 out. 2016

CIB (COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION). **New Perspective in Industrialisation in Construction** - A State-of-the-Art Report. Girmscheid, G., Scheublin, F. (Eds.). IBB – Institut für Bauplanung und Baubetrieb. Zurich: Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, 2010. ISBN 978-3-906800-17-2. 429 p.

CIB - IAARC COMMISSION ON “CUSTOMIZED INDUSTRIAL CONSTRUCTION”, 119. 2014, München. **Advanced Construction and Building Technology for Society**. München: Laboratory Of Building Realization And Robotics, 2014. 56 p.

CLARK, K. B., and FUJIMOTO, T.. **Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

COSTA, Marianne Do Rocio de Mello Maron da; FRANCO, Luiz Sérgio. **Método construtivo de Alvenaria de Vedação de Blocos de Concreto Celular Autoclavado**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

DIAS, Edney Cielici; CASTELO, Ana Maria. Presente e Futuro do Minha Casa Minha Vida. *Conjuntura da Construção*, São Paulo, v. 1, n. 4, p.4-7, dez. 2014. Trimestral. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/revistas/presente-e-futuro-do-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

DEMING, Edwards W. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques - Saraiva, 1990.

DONIAK, Iria Lícia Oliva (Ed.). O Horizonte da Industrialização. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.14-16, jun. 2015. Trimestral. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/CC-jul-2015-internet.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 329 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, Márcio Minto. Desenvolvimento de produtos e inovações produtivas em empresas de construção de edifícios. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.121-138, jun. 2009.

FABRICIO, Márcio Minto. Industrialização das construções: Revisão e atualização de conceitos. **Cadernos da Pós**. São Paulo, p. 228-248. jun. 2013.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burratino; BAÍA, Josaphat B.. Brief Reflection On Improvement Of Design Process Efficiency In Brazilian Building Projects. In: Brief Reflection On The Improvement Of The Design Process Efficiency In Brazilian Building Projects Proceedings. 1., 1999, Berkeley. **Anais...** . Berkeley: University Of California, 1999. p. 345 - 356.

FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP (Brasil) (Org.). **Construbusiness - Antecipando o futuro: 11º Congresso Brasileiro Da Construção**. São Paulo: Federação das Industrias do Estado de São Paulo - FIESP, 2015. 110 p. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/construbusiness/2015/docs/Caderno-Tecnico.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

FONTENELLE, Eduardo Cavalcante. **Estudo de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção**. 2002. 369 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FORMOSO, Carlos. **Estratégias e Ações Prioritárias para Ciência,**

Tecnologia e Inovação na Área de Tecnologia do Ambiente Construído. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DA REDE CYTED XIV.C, 4., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: IPT, 2002. p. 227 - 2

FRANCO, Luiz Sérgio. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** 1992. 319 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANCO, Luiz Sérgio; AGOPYAN, Vahan. **Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto.** São Paulo: EPUSP, 1993. 21 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP). Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/94.

FRANCO, Luiz Sérgio.; AGOPYAN, Vahan. **Racionalização dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994. **Anais...** Florianópolis. 1994. p. 498 - 508.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - PROJETOS (Org.). **Políticas Permanentes de Habitação.** 2014. 24 slides, color. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Estudo%20FGV%20-%20MCMV_0.pdf> Acesso em: 18 set. 2016.

GARVIN, David. **Gerenciando a Qualidade:** A visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2002.

GIRMSCHIED, Gerhard; SCHEUBLIN, Frits (Eds): **New Perspective in Industrialization in Construction - A State of the Art Report.** Institut fur Bauplanung und Baubetrieb IBB. Zurich, 2010. 429 p.

GIRMSCHIED, Gerhard. **Industrialization in Building Construction – Production Technology or Management Concept?** Zurich: Swiss Federal Institute Of Technology, 2005. Disponível em: <<http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:870/eth-870-01.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

GLAVINICH, Thomas E.. Improving Constructability During Design Phase. **Journal Of Architectural Engineering**. Baltimore, p. 73-76. jun. 1995. Disponível em: [http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/\(ASCE\)1076-431\(1995\)1:2\(73\)>](http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/(ASCE)1076-431(1995)1:2(73)>). Acesso em: 17 set. 2016.

ISHIKAWA, Kaoru. **Guide to Quality Control**. Tokio: Asian Productivity Organization, 1991. 226 p.

JUGEND, Daniel. **Desenvolvimento de Produtos em Pequenas e Médias Empresas de Base Tecnológica: Práticas de Gestão do Setor de Automação de Controle de Processos**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/DissDanielJugend.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.

JURAN, Joseph M; GODFREY, A. Blanton. **Juran's Quality Handbook**. 5. ed. Nova York: Mcgraw-hill Companies Inc., 1998.

KAMINSKI, Paulo Carlos. **Desenvolvendo Produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 2000. 130 p.

PESSANHA, Cris Anderson; CINTRA, Maria Aparecida Hippert; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. Inovações e o Desenvolvimento Tecnológico: Um Estudo em Pequenas e Médias Empresas Construtoras de Edificações. In: 9º ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Antac, 2002. p. 1567 - 1574. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1567_1574.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016.

PICCHI Flávio Augusto; AGOPYAN, Vahan. **Sistema da Qualidade na Construção de Edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1993. 21 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP). Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/104.

MARTINS, Marcelo Gustavo; BARROS, Mercia Maria Bottura de . **A Formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1995. 26p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP). Departamento de

Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/391.

MARTUCCI, Ricardo; FABRICIO, Márcio Minto. Produção Flexível e Construções Habitacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7. 1998, Florianópolis. **Artigo**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. p. 1 - 8.

MELHADO, Silvio Burratino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, Silvio Burratino et al. (coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Produção**. Rio de Janeiro, p. 388-399. ago. 2009.

MENDES, Luis Fernando Melo. Da curva de aprendizado a uma política de estado: É necessário encontrar a equação que equilibre o programa. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, v. 1, n. 4, p.8-9, dez. 2014. Trimestral. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/revistas/presente-e-futuro-do-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

MEREDITH, Jack R.; SHAFER, Scott M. **Administração da produção para MBA's**. São Paulo: Bookman Editora Ltda., 2002. 391 p.

MIRON, Luciana Inês Gomes. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção**. 2002. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NIELSEN, Jorgen, HANSEN; Ernst Jan de Plac, AAGAARD, Niels-Jørgen. Buildability as a tool for optimisation of building defects. In: Construction facing worldwide challenges. CIB Joint International Symposium 2009, Dubrovnik, Croatia, 2009. p. 1003-1012.

OCDE. **Manual de Oslo:** diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Publicado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), 3ª Edição, 2006.

OCDE. **Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Manual de Oslo:** diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 2ª Edição, 1997.

OLIVEIRA, R.R.. Sistematização e Listagem de Fatores que Afetam a Construtibilidade das Alvenarias Estruturais. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 1994. p. 417 - 426.

PICCHI, Flavio Augusto. **Sistemas de Qualidade:** uso em empresas de construção. 1993. 462 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **PMBOK** - Um guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projeto. 3ª edição. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2004.

ROBERT, Michel. **A estratégia pura e simples da Inovação do Produto.** Rio de Janeiro: Nórdica, 1995. 213 p

ROMANO, Fabiane Vieira. **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações.** 2003. 339 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da construção.** São Paulo: FAU-USP, 1980. 300 p.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SABBATINI, Fernando. Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 321 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola

Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SAFFARO, Fernanda Aranha; SANTOS, Débora de Góis; HEINECK, Luiz Fernando. Uma proposta para a Classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2004, Florianópolis. **Anais...**. Florianópolis: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004. p. 2703 - 2710.

SCARDOELLI, Lisiane Salferno. **Iniciativa de Melhorias Voltadas à Qualidade e à Produtividade Desenvolvidas por Empresas de Construção de Edificações**. 1995. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/32645/000141532.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 set. 2016.

SCHUMPETER, Joseph A.. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 487 p.

SHEWHART, Walter Andrew. **Economic control of quality of manufactured product**. Madison: D. van Nostrand Company, Inc, 1931.501 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Investir em Produtividade para Sobreviver. **Notícias da Construção**, São Paulo, v. 12, n. 145, p.49-49, jun. 2015.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 4 ed. São Paulo: Cortez Editora, 1988. 107 p.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil**. São Paulo: Elsevier Editora Ltda., 2006.

TUSHMAN, Michael L.; ANDERSON, Philip. Technological Discontinuities and Organizational Environments. **Administrative Science Quarterly**. New York, p. 439-465. set. 1986. Disponível em: <http://www.management.wharton.upenn.edu/pennings/documents/tushman_and_anderson_asq86.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016.

TZORTZOPOULOS, Patricia. **Contribuições para o desenvolvimento**

de um modelos de processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ULRICH, Karl T; EPPINGER, Steven D. **Product Design and Development.** 5. ed. Nova York: Mcgraw-hill Companies Inc., 2012. 415 p.

UTTERBACK, James M. **Dominando a Dinâmica da Inovação.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 1996. 264 p.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos.** São Paulo: Bookman, 2001. 203 p.

APÊNDICE A – Roteiro das entrevistas sobre a execução da alvenaria estrutural

Quadro 8 - Roteiro para realização de entrevistas.

| Número | Questão |
|---------------|--|
| 1 | Qual a média de produção diária de alvenaria? |
| 2 | Como este número foi obtido? |
| 3 | Como foi definido com qual estratégia seria executada a alvenaria? |
| 4 | Quais os motivos que o levaram a executar a alvenaria desta forma? |
| 5 | Foi adequada? Quais problemas você teve em executar desta forma? |
| 6 | Como foi definido quantos profissionais você teria disponível? |
| 7 | Quais equipamentos de transporte vertical você tem disponível? |
| 8 | Como eles foram definidos? |
| 9 | Quais os principais fatores que impedem que você tenha uma produção maior? |
| 10 | Como você controla o andamento da atividade? |
| 11 | Quais são as informações que orientam a sua evolução? |
| 12 | Os equipamentos para execução da alvenaria são adequados? |

Fonte: do autor.

APÊNDICE B – Trecho do mapeamento de aderência ao ciclo planejado

Quadro 9 - Planilha preenchida diariamente com informações da aderência da execução ao ciclo planejado.

| Torre: 1 | | Integrantes | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pavimento: 3º tipo | | Equipe Verde | 2 | | | | | | | | | | |
| | | Equipe Amarela | 2 | | | | | | | | | | |
| | | Equipe Azul | 2 | | | | | | | | | | |
| | | Encarregado | 1 | | | | | | | | | | |
| Responsável pela coleta | | | | | | | | | | | | | |
| Data da coleta | 11/dez | 14/dez | 15/dez | 16/dez | 17/dez | 18/dez | 21/dez | 22/dez | 23/dez | 04/jan | 05/jan | 06/jan | 07/jan |
| Dia do ciclo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | n+1 | n+2 | n+3 | n+4 | n+5 | n+6 | n+7 |
| Diário da alvenaria | | | | | | | | | | | | | |
| Dia 1 | Não houve colocação de escantilhão pois o encarregado estava de atestado, enquanto o lado B do tipo 2 não estava finalizado devido a baixa produtividade da equipe verde, na qual amarela teve que auxiliar no trabalho da mesma. | | | | | | | | | | | | |
| Dia 2 | A equipe continuou no desenvolvimento da alvenaria no tipo 2 lado B, enquanto apenas o encarregado e servente trabalharam na colocação de escantilhão e nivelamento do mesmo. | | | | | | | | | | | | |
| Dia 3 | A equipe continuou no desenvolvimento da alvenaria no tipo 2 lado B, enquanto apenas o encarregado e servente trabalharam na colocação de escantilhão e nivelamento e marcação da alvenaria. (FALTA DE 1 BLOQUEIRO DA EQUIPE VERDE) | | | | | | | | | | | | |
| Dia 4 | Marcação da alvenaria e desenvolvimento da mesma no decorrer da tarde. (APENAS 1 BETONEIRA FUNCIONANDO PARA ABASTECER AS DUAS TORRES) | | | | | | | | | | | | |
| Dia 5 | Desenvolvimento da alvenaria estrutural. (FALTA DE 1 BLOQUEIRO DA EQUIPE VERDE), chuva intensa no início do dia. (1 BETONEIRA PARA SUPRIR AS DUAS TORRES) | | | | | | | | | | | | |
| Dia 6 | FALTOU 1 BLOQUEIRO DA EQUIPE VERDE, EQUIPE OLENKAS TRABALHOU ATE 20:00HS | | | | | | | | | | | | |
| n + 1 | 21/12/15 dia sem produção na alvenaria estrutural do lado A devido a chuva. (FALTOU 2 BLOQUEIROS DA EQUIPE VERDE, 1 DA EQUIPE BEGE, 1 SERVENTE). | | | | | | | | | | | | |
| n + 2 | 22/12/2015 Desenvolvimento da alvenaria estrutural. (FALTOU O ENCARREGADO DA TORRE, 1 SINALEIRO, 1 DA EQUIPE VERMELHA). | | | | | | | | | | | | |
| n + 3 | 23/12/2015 não houve produção na alvenaria, pois foi o último dia trabalhado antes das férias coletivas. Neste dia foi executado serviços gerais na torre como limpeza e organização. | | | | | | | | | | | | |
| n + 4 | 04/01/2016 Retorno das atividades na obra, porém houve falta de muitos trabalhadores, pois alguns estavam de férias e o restante por fechamento de contrato. No entanto não houve produção na alvenaria estrutural. | | | | | | | | | | | | |
| n + 5 | 05/01/2016 dia chuvoso. Trabalhamos com 13 pessoas da Olenkas e 5 da Rogga. Não houve produção na alvenaria estrutural. | | | | | | | | | | | | |
| n + 6 | 06/01/2016 Início das atividades na alvenaria estrutural por volta das 10:40 da manhã com 3 bloqueiros e 2 serventes, os outros 2 bloqueiros ficaram no lado B marcando e nivelando escantilhão. | | | | | | | | | | | | |
| n + 7 | 07/01/2016 DDS no início do dia, no entanto os funcionários iniciaram as atividades 08:43 da manhã. Trabalhamos com 6 bloqueiros e 1 servente na torre. Outros 2 serventes ficaram na betoneira, e 2 estavam em curso. | | | | | | | | | | | | |

Fonte: do autor.

APÊNDICE C – Trecho do estudo de aderência do projeto e do ciclo planejado através de imagens de monitoramento

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continua

23/11/2015 - DIA DO CICLO: 6.0

10:00h

| TORRE 01 | |
|---|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| | Lado A |
| Lado A Colocação das lajes pré-moldadas |  |
| Lado B Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6. | Lado B |
| |  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continuação

| TORRE 02 | |
|--|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| <p>Lado A</p> <p>Colocação das lajes pré-moldadas</p> | <p>Lado A</p>  <p>23/11/2015 10:33:47</p> <p>CAM: 11, Y30.1</p> |
| <p>Lado B</p> <p>Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6.</p> | <p>Lado B</p>  <p>23/11/2015 10:40:03</p> <p>CAM: 11, Y28.7</p> |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continua

23/11/2015 - DIA DO CICLO: 6.0

13:00h

| TORRE 01 | |
|--|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| <p>Lado A</p> <p>Colocação das lajes pré-moldadas</p> | <p>Lado A</p>  |
| <p>Lado B</p> <p>Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6.</p> | <p>Lado B</p>  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continuação

| TORRE 02 | |
|--|---|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| <p>Lado A</p> <p>Colocação das lajes pré-moldadas</p> | <p>Lado A</p>  |
| <p>Lado B</p> <p>Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6.</p> | <p>Lado B</p>  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continua

23/11/2015 - DIA DO CICLO: 6.0

15:00h

| TORRE 01 | |
|--|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| <p>Lado A</p> <p>Colocação das lajes pré-moldadas</p> | <p>Lado A</p>  |
| <p>Lado B</p> <p>Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6.</p> | <p>Lado B</p>  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continuação

| TORRE 02 | |
|--|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| Lado A | Lado A |
| Colocação das lajes pré-moldadas |  |
| Lado B | Lado B |
| Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6. |  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continua

23/11/2015 - DIA DO CICLO: 6.0

17:00h

| TORRE 01 | |
|---|---|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| | Lado A |
| <p>Lado A Colocação das lajes pré-moldadas</p> |  |
| <p>Lado B Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6.</p> | <p style="text-align: center;">Lado B</p>  |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 10 - Trecho do relatório realizado através de informações das câmeras de monitoramento.

Continuação

| TORRE 02 | |
|---|--|
| Atividade prevista | Atividade executada |
| | Lado A |
| Lado A Colocação das lajes pré-moldadas |  <p>23/11/2015 16:50:26 CAM 11</p> |
| Lado B Finalizar Alvenaria Estrutural e Graute Vertical das áreas 5, 6, 7 e 8; finalizar o Graute Horizontal das áreas 5 e 6. | Lado B |
| |  <p>23/11/2015 16:55:34 CAM 11</p> |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

ANEXO A – Mapeamento de níveis de laje moldada no local

Quadro 11 - Mapeamento dos níveis das lajes moldada no local.

PLANILHA DE MAPEAMENTO DE LAJE

REVISÃO 03
DATA 28/03/2013

DATA DO MAPEAMENTO: 02/09/13

OBRA: Vanilla

TORRE: 2

PAVIMENTO: 1^o Pto

RESPONSÁVEL PELO MAPEAMENTO: Vanila Maseda

| Número do escantilhão | Cota do nível alemão | Observações |
|-----------------------|----------------------|--|
| | 0,0 cm | Indicar número do escantilhão do ponto de referência (cota zero) |
| 1 | 0,3 | entre o 15 e 29 (escada) |
| 2 | -0,8 | |
| 3 | -0,7 | |
| 4 | 0,0 | |
| 5 | +0,5 | |
| 6 | -0,5 | |
| 7 | -1,0 | |
| 8 | -0,8 | |
| 9 | +0,3 | |
| 10 | -1,0 | |
| 11 | -0,7 | Escada desmontada Sccada |
| 12 | -0,9 | |
| 13 | -0,4 | |
| 14 | -0,7 | |
| 15 | +0,5 | |
| 16 | -0,3 | |
| 17 | -0,9 | |
| 18 | +0,5 | |
| 19 | -1,0 | |
| 20 | +0,5 | |
| 21 | -1,0 | |
| 22 | -0,5 | |
| 23 | -0,1 | |
| 24 | -0,1 | |
| 25 | -0,2 | |
| 26 | -1,2 | |
| 27 | | Escadaria |
| 28 | | Escadaria |
| 29 | -1,4 | |
| 30 | -1,0 | |
| 31 | -0,4 | |
| 32 | -1,0 | |
| 33 | -2,0 | |
| 34 | -1,0 | |
| 35 | -1,5 | |

Fonte: cedida pela construtora (2013).

ANEXO B – Itens avaliados pelo departamento de Gestão da Qualidade relacionados à atividade de execução de alvenaria estrutural

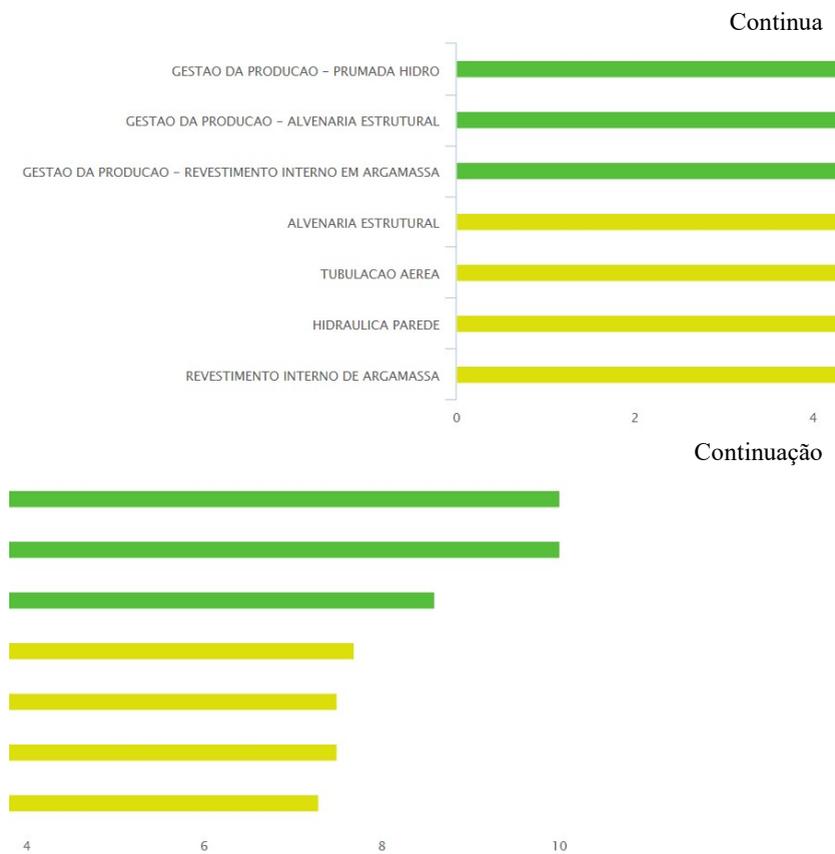
Quadro 12 - Critérios de avaliação da execução de alvenaria estrutural.

| Serviço | Peso | CRITÉRIOS | REGRA | RÉGUA |
|----------------------------------|------|---|------------|---|
| 5,00 ALVENARIA ESTRUTURAL | 2 | Atendimento ao projeto / procedimento (posicionamento pontos de graute, cintas, vergas e contra-vergas) | Atende | Nota 0 - Falhas detectadas Nota 10 - Nenhuma falha detectada |
| | 1 | Dimensões dos vãos de portas (desvio máx. +/- 10mm) | Quantidade | Nota 0 - 3 portas ou mais com desvios acima da tolerância Nota 5 - 2 portas com desvios acima da tolerância Nota 10 - Nenhuma ou 1 porta com desvio acima da tolerância |
| | 1 | Dimensões dos vãos de janelas - largura (desvio máx. 10mm) / altura (desvio máx. 20mm) e prumo (5mm) | Quantidade | Nota 0 - 3 portas ou mais com desvios acima da tolerância Nota 5 - 2 portas com desvios acima da tolerância Nota 10 - Nenhuma ou 1 porta com desvio acima da tolerância |
| | 2 | Prumo (com régua ou prumo de face) desvio máx. 5 mm (prumo de face) | % | Nota 0 - Acima de 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 5 - Até 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 10 - Até 5% dos pontos com desvios acima da tolerância |
| | 2 | Planeza (régua) - desvio máx. 5 mm | % | Nota 0 - Acima de 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 5 - Até 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 10 - Até 5% dos pontos com desvios acima da tolerância |
| | 2 | Esquadro (desvio máx. de 5mm no lado maior do esquadro de 80x120cm) | % | Nota 0 - Acima de 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 5 - Até 10% dos pontos com desvios acima da tolerância Nota 10 - Até 5% dos pontos com desvios acima da tolerância |
| | 1 | Aspecto visual (todas juntas verticais e horizontais devem estar preenchidas, e não pode haver mistura de blocos de mesma dimensão e tipo de fornecedores diferentes e fiadas niveladas) | Atende | Nota 0 - Falhas detectadas Nota 10 - Nenhuma falha detectada (Para juntas verticais tolerância para 10 (dez) pontos com falha de preenchimento ou excesso de massa, por apto. Quais devem ser corrigidos na hora e concluídos até o final da visita) |
| | 2 | Resultado dos ensaios (prisma oco, argamassa e graute por pavto executado; bloco por qtdade recebida por lote). Providências tomadas em caso de resultados alterados | Atende | Nota 0 - Detectadas falhas de registros e ações Nota 10 - Nenhuma falha de registros e ações realizadas |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

ANEXO C - Trecho dos relatórios consultados para obtenção das avaliações de conformidade com os itens avaliados pelo sistema de gestão da qualidade

Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.



Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.

Continua

| ALVENARIA ESTRUTURAL | | |
|---|---|---|
| Lote.: 2º e 3º Pav. T1 e 3º e 4º Pav;T2 | | Plano de Ação |
| Aspecto Visual |  |  |
| Atendimento ao projeto/procedimento |  | |
| Dimensão dos vãos – janelas |  | |
| Dimensão dos vãos – portas |  | |
| Esquadro |  | |
| Planeza |  | |
| Prumo |  | |
| Resultado dos ensaios |  | |

[Pontos Irregulares\(Visualizar Pontos\)](#)

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.

Continuação

| Aspecto Visual | Status: Reprovado | Quantidade de Erros.: N/A | % Erros.: |
|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------|
| Torre: Torre 1 | | | |
| Unidade.: 25 | | | |
| Status | Observação | Irregularidade | |
| Reprovado | | FALHA NO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS | |
| Torre: Torre 2 | | | |
| Unidade.: 32 | | | |
| Status | Observação | Irregularidade | |
| Reprovado | | FALHA NO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS | |
| Unidade.: 47 | | | |
| Status | Observação | Irregularidade | |
| Reprovado | Evidenciado falha no preenchimento das juntas verticais no banheiro do apto | FALHA NO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS | |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.

Continuação

| Torre: Torre 1 | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------|
| Unidade.: 25 | | | |
| Status | Observação | Irregularidade | |
| Reprovado | Ausência ponto de graute dormitório 1 | IRREGULARIDADE | |
| Dimensão dos vãos - janelas | Nota.: 10.00 | Quantidade de Erros.: 0 | % Erros.: |
| Dimensão dos vãos - portas | Nota.: 10.00 | Quantidade de Erros.: 0 | % Erros.: |
| Esquadro | Nota.: 10.00 | Quantidade de Erros.: 0 de 4 ponto(s) criado(s) | % Erros.: 0.00% |
| Planeza | Nota.: 10.00 | Quantidade de Erros.: 0 de 4 ponto(s) criado(s) | % Erros.: 0.00% |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

Quadro 13 - Exemplo de relatório de gestão da qualidade analisado.

Continuação

| | | | |
|--------------|---------------------|--|------------------------|
| Prumo | Nota.: 10.00 | Quantidade de Erros.: 0 de 4 ponto(s) criado(s) | % Erros.: 0.00% |
|--------------|---------------------|--|------------------------|

| | | | |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------|
| Resultado dos ensaios | Status.: Aprovado | Quantidade de Erros.: N/A | % Erros.: |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------|

Fonte: cedida pela construtora (2015).

ANEXO D – Dados consultados no sistema de planejamento da empresa

Figura 98 - Exemplo de dados consultados no sistema de planejamento da organização.

| Diagra.. | Tarefa | Txt.breve operação | DtInReal | DtFReal |
|----------|--------|--|------------|------------|
| 4001035 | 0088 | Exec. Deposito do Elev. *EST | | |
| 4001029 | 0224 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 1) Tér.*T1 | 16.09.2015 | 30.09.2015 |
| 4001029 | 0227 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 2) Tér.*T1 | 29.09.2015 | 30.09.2015 |
| 4001032 | 0224 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 1) Tér.*T2 | 09.09.2015 | 21.09.2015 |
| 4001032 | 0226 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 2) Tér.*T2 | 24.09.2015 | 30.09.2015 |
| 4001029 | 0224 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 1) Tér.*T1 | 16.09.2015 | 09.10.2015 |
| 4001029 | 0227 | Exec. Bl. Estrut. 14MPa (Lado 2) Tér.*T1 | 28.09.2015 | 13.10.2015 |
| 4001029 | 0859 | MO EQUIPE ALVENARIA 1EO/6BL/6S | 16.09.2015 | 09.10.2015 |
| 4001032 | 0324 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado1) 1ºPAV*T2 | 15.10.2015 | 30.10.2015 |
| 4001032 | 0326 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado2) 1ºPAV*T2 | 26.10.2015 | 30.10.2015 |
| 4001029 | 0324 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado1) 1ºPAV*T1 | 29.10.2015 | 13.11.2015 |
| 4001029 | 0326 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado2) 1ºPAV*T1 | 17.11.2015 | 25.11.2015 |
| 4001032 | 0424 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado1) 2ºPAV*T2 | 03.11.2015 | 18.11.2015 |
| 4001032 | 0426 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado2) 2ºPAV*T2 | 13.11.2015 | 25.11.2015 |
| 4001029 | 0424 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado1) 2ºPAV*T1 | 26.11.2015 | 09.12.2015 |
| 4001029 | 0426 | Exec. Bl. Estrut. 12MPa (Lado2) 2ºPAV*T1 | 07.12.2015 | 15.12.2015 |
| 4001032 | 0524 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado1) 3ºPAV*T2 | 27.11.2015 | 09.12.2015 |
| 4001032 | 0526 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado2) 3ºPAV*T2 | 09.12.2015 | 16.12.2015 |
| 4001339 | 0001 | Aditivo - Blocos J e Blocos Meia | 14.12.2015 | 14.12.2015 |
| 4001029 | 0223 | Exec. Alvenaria Sacada Térreo *T1 | 12.01.2016 | 18.01.2016 |
| 4001032 | 0624 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado1) 4ºPAV*T2 | 05.01.2016 | 11.01.2016 |
| 4001033 | 0724 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado1) 5ºPAV*T2 | 14.01.2016 | 21.01.2016 |
| 4001033 | 0726 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado2) 5ºPAV*T2 | 18.01.2016 | 27.01.2016 |
| 4001029 | 0524 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado1) 3ºPAV*T1 | 19.02.2016 | 19.02.2016 |
| 4001029 | 0526 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado2) 3ºPAV*T1 | 11.02.2016 | 11.02.2016 |
| 4001029 | 0624 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado1) 4ºPAV*T1 | 05.02.2016 | 05.02.2016 |
| 4001029 | 0626 | Exec. Bl. Estrut. 10MPa (Lado2) 4ºPAV*T1 | 05.02.2016 | 05.02.2016 |
| 4001030 | 0724 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado1) 5ºPAV*T1 | 01.02.2016 | 08.02.2016 |
| 4001030 | 0726 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado2) 5ºPAV*T1 | 05.02.2016 | 10.02.2016 |
| 4001030 | 0824 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado1) 6ºPAV*T1 | 11.02.2016 | 17.02.2016 |
| 4001030 | 0826 | Exec. Bl. Estrut. 8MPa (Lado2) 6ºPAV*T1 | 17.02.2016 | 19.02.2016 |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

ANEXO E – Relatório de efetividade de treinamento

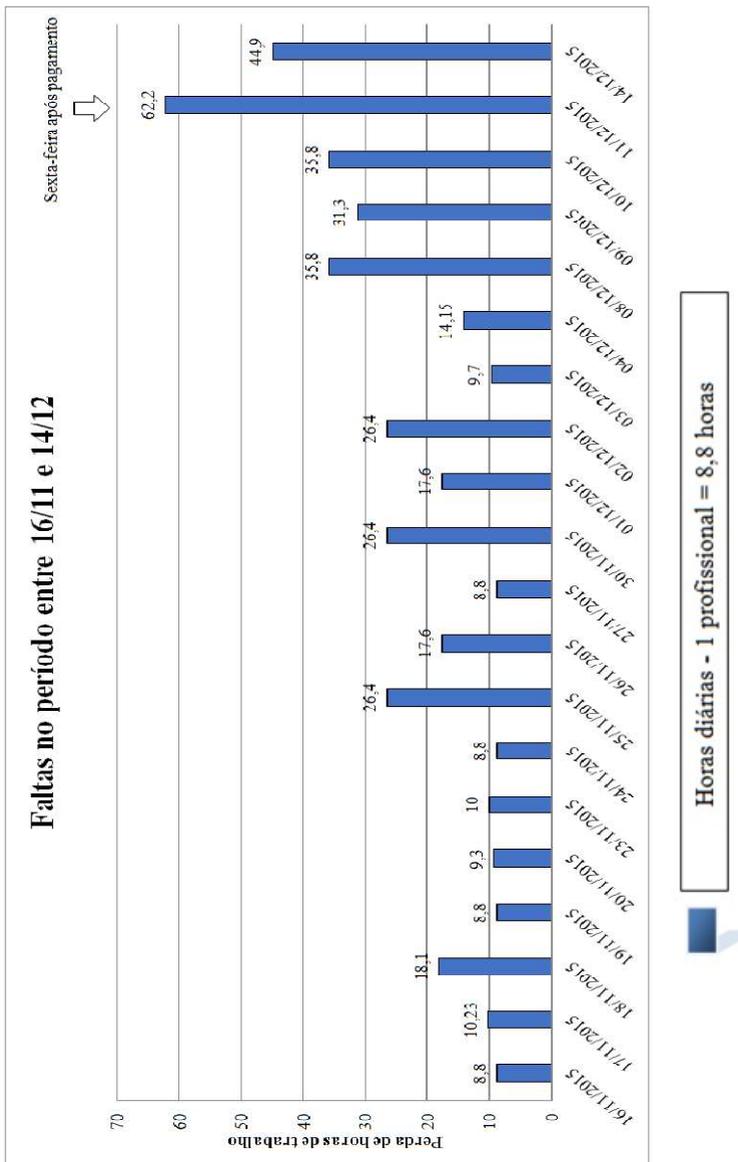
Quadro 14 - Notas obtidas após compilação de dados da avaliação do treinamento.

| Seq | Tópico | Média | Seq | Item | Média |
|-----|--------------------------------|-------|-----|--|-------|
| 1 | Atendimento | 8,7 | 1 | ...ao atendimento da recepção? | 8,7 |
| | | | 2 | ...ao atendimento do setor financeiro? | - |
| | | | 3 | ...ao atendimento da coordenação de curso? | 8,7 |
| | | | 4 | ...ao atendimento da secretaria escolar/acadêmica? | 8,8 |
| | | | 5 | ...ao atendimento da biblioteca? | 8,8 |
| | | | 6 | ...ao atendimento no setor de reprografia (cópias)? | 8,8 |
| 2 | Infraestrutura | 9,3 | 7 | ...ao ambiente das salas de aula (espaço, iluminação, limpeza e organização)? | 9,0 |
| | | | 8 | ...a conservação das salas de aula (mesas e cadeiras)? | 9,4 |
| | | | 9 | ...ao ambiente da biblioteca (espaço, iluminação, organização)? | 9,3 |
| | | | 10 | ...ao acervo da biblioteca (livros, vídeos e revistas)? | 9,0 |
| | | | 11 | ...ao espaço e conservação das áreas de convivência (corredores, pátio, jardins, cantina)? | 9,7 |
| | | | 12 | ...ao número de vagas no estacionamento? | 9,7 |
| | | | 13 | ...a segurança? | 9,6 |
| | | | 14 | ...aos laboratórios práticos (modernização e quantidade de equipamentos e ferramentas disponíveis)? | 9,5 |
| | | | 15 | ...aos laboratórios de informática (atualização e quantidade de computadores disponíveis, internet)? | 8,6 |
| | | | 16 | ...a cantina (atendimento; qualidade e variedades dos produtos)? | 9,4 |
| 3 | Alvenaria Estrutural e Vedação | 9,6 | 17 | ...ao conteúdo da disciplina? | 9,3 |
| | | | 18 | ...a relação teoria X prática? | 9,6 |
| | | | 19 | ...a organização e planejamento das aulas? | 9,8 |
| | | | 20 | ...a capacidade do professor em transmitir o conteúdo? | 9,8 |
| | | | 21 | ...a atualização e qualificação do professor? | 9,6 |
| | | | 22 | ...ao relacionamento professor X aluno? | 9,8 |

Fonte: cedida pela construtora (2015).

ANEXO F – Trecho da análise de perda de horas de trabalho

Figura 99 - Exemplo de material utilizado para verificar o absenteísmo da mão de obra.



Fonte: cedida pela construtora (2015).