

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEANDRO PEROTTI

**ENGENHARIA SIMULTÂNEA: ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
PARA A INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

MONOGRAFIA

PONTA GROSSA

2015

LEANDRO PEROTTI

**ENGENHARIA SIMULTÂNEA: ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
PARA A INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a. Dr^a Rosângela de Fátima Stankowitz Penteadó

PONTA GROSSA

2015



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



FOLHA DE APROVAÇÃO

ENGENHARIA SIMULTÂNEA: adaptação da metodologia para a indústria de pré-fabricados de concreto.

por

Leandro Perotti

Esta monografia foi apresentada no dia 12 de dezembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR)
Banca

**Profª. Drª. Rosângela de Fátima
Stankowitz Penteado (UTFPR)**
Orientadora

Visto do Coordenador:

**Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de
Resende**
Coordenador
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo qual pude chegar até aqui através do dom da vida.

A família, especialmente aos meus pais, os quais sempre se empenharam com dedicação a minha educação e crescimento.

A minha esposa, Margareth pelo incentivo nas horas mais difíceis e pela compreensão da minha ausência em muitos momentos devido a dedicação aos estudos.

A todos meus colegas de curso, sempre juntos para a realização de diversas atividades que ajudaram a seguir em frente na jornada acadêmica da pós-graduação.

A todos os colaboradores atuantes no programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da UTFPR, que estiveram sempre dispostos e empenhados a transmitir seu conhecimento aos alunos.

A Professora, Doutora Rosângela de Fátima Stankowitz Penteado, a qual demonstra um conhecimento expressivo, pela sua disposição em orientar este trabalho de maneira ágil e pronta.

A equipe da empresa objeto deste estudo de caso, pelo apoio em todos os momentos, em especial ao ex-colega de trabalho e amigo Marcos William Kaspchak Machado, pelas contribuições ao tema e incentivo ao meu aperfeiçoamento profissional.

Por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para que o projeto fosse concluído.

RESUMO

PEROTTI, Leandro. **Engenharia simultânea**: adaptação da metodologia para a indústria de pré-fabricados de concreto. 2015. 44 páginas. Trabalho de Monografia do Curso de Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

Em um ambiente cada vez mais competitivo, novos métodos de gestão de projetos são necessários na busca de otimização de tempo e recursos para o desenvolvimento de novos produtos com diferenciação e melhor qualidade. Neste contexto, destaca-se a engenharia simultânea como alternativa para otimizar os processos de projetos em empresas que constantemente desenvolvem produtos, como é o caso da indústria da construção civil e mais especificamente na área de pré-fabricados. O presente trabalho tem por objetivo propor a adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto. Por meio da revisão bibliográfica, é possível considerar que a engenharia simultânea pode ser eficiente ao que se propõe. Desta forma, a metodologia pode ser útil na minimização dos prazos, redução de custos e perdas no processo produtivo, além de melhorar a qualidade das obras. A engenharia simultânea pode, ainda, ser útil no atendimento às necessidades e requisitos dos clientes e reduz o estresse entre os setores de projeto e produção na indústria de pré-fabricados de concreto. No estudo de caso realizado para esta pesquisa, em uma empresa de pré-fabricados do estado do Paraná, observou-se que a metodologia se identifica com a engenharia sequencial cujos projetos são elaborados em etapas sem a integração dos setores. Diante da constatação, elaborou-se uma proposta de implantação da engenharia simultânea adaptada para a realidade da empresa com apoio da Modelagem da Informação na Construção (BIM) 4D para obtenção de melhores resultados.

Palavras-chave: Engenharia Simultânea. Construção Civil. Pré-Fabricados. *Building Information Modeling*.

ABSTRACT

PEROTTI, Leandro. **Concurrent engineering:** adaptation of methodology for the precast concrete industry. 2015. 44 pages. Monograph working of the Specialization course in Production Engineering. Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2015.

In an environment, increasingly competitive, new project management methods are necessary in the search for time optimization and resources for the development of new products with differentiation and better quality. In this context, stands out the concurrent engineering as an alternative to optimize process designs in companies that continually develop products, as is the case the construction industry and more specifically the precast industry sector. This study aims to propose the adaptation of the concurrent engineering model for development projects in the precast concrete industry. Through literature review performed, allowed it concludes that concurrent engineering is effective in which proposes. In this way, the method may be helpful in reducing deadlines, in the reduce costs and losses in the production process, addition to improving the final quality of buildings. The concurrent engineering may be helpful in meeting the needs and requirements of customers and to reduce the stress among the sectors of project and production in the precast concrete industry. In the case study, done for this research, in a precast company in the state of Paraná, it was observed that the methodology used is identified with the sequential engineering whose projects are developed in stages without the integration of sectors. Based on this observation, it elaborated a proposal of implementation of the concurrent engineering adapted to the reality of the company with the support of the Building Information Modeling (BIM) 4D for best results.

Keywords: Concurrent engineering. Construction. Precast. Building Information Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<u>Figura 1 - Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea</u>	14
<u>Figura 2 - Ciclo de Vida de um Projeto de Desenvolvimento do Produto</u>	15
<u>Figura 3 - Comparação Entre um Simples Projeto de CAD e um Projeto de BIM</u>	22
<u>Figura 4 - Fluxo dos Projetos na Indústria de Pré-Fabricados</u>	35
<u>Quadro 1–Dimensões Avaliadas e Questões Observadas no Estudo de Caso</u>	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Objetivo Geral.....	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
1.3 JUSTIFICATIVA.....	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
2.2 ENGENHARIA SIMULTÂNEA	13
2.2.1 Resultados de Trabalhos Recentes em Engenharia Simultânea	16
2.2.2 Engenharia Simultânea na Construção Civil.....	17
2.2.3 Desafios para Implantação da Engenharia Simultânea	18
2.2.4 Novas Tecnologias de Apoio à Engenharia Simultânea	21
2.3 A INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO	23
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.1 MÉTODOS DE PESQUISA.....	27
3.2 COLETA DE DADOS	28
3.3 ESTUDO DE CASO.....	29
3.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 ANÁLISE DO FLUXO DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO.....	31
5 PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA INDÚSTRIA DE PRÉ- FABRICADOS DE CONCRETO	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

As mudanças ocorridas na economia brasileira nas últimas décadas devido à concorrência global têm levado vários setores a se adaptarem a uma nova realidade. A construção civil, tardiamente, tem percebido essas mudanças e aparentemente, começou a se posicionar de forma diferente em relação ao mercado. Setores mais desenvolvidos, como o automobilístico, há tempos já utilizam ferramentas avançadas de gestão de projetos e produção, entre elas, a engenharia simultânea.

As empresas da indústria da construção civil, diante dos novos desafios de um mercado cada vez mais acirrado, com redução recente do nível de aquecimento do setor está carente do uso de ferramentas avançadas para conseguir um diferencial diante da concorrência e se manterem competitivas.

Apesar da sua importância, a construção civil, na maioria das empresas, apresenta métodos de gestão arcaicos que não se adaptam às novas demandas do mercado. A industrialização, através dos métodos dos pré-fabricados, aliada a gestão de projetos e produtos desenvolvidos pela engenharia simultânea, é essencial para a modernização do setor.

Os pré-fabricados na construção civil surgiram como forma de alteração do modo como são produzidas as obras. Em vez dos modelos tradicionais de produção, surgem as fábricas onde as estruturas são industrializadas com grande grau de tecnologia e controle de qualidade, com redução de custos e desperdícios. Porém, com esta forma de produzir, tornaram-se mais importantes os meios de planejamento e controle da produção e montagem uma vez que muitos outros fatores são adicionados ao processo produtivo (ACKER, 2003).

Diante desta perspectiva, surge a engenharia simultânea como alternativa para uma melhor organização das atividades de projeto. A engenharia Simultânea tem por objetivo a minimização de prazos, redução de custos, minimização de perdas no processo produtivo, melhoria da qualidade das obras, melhor atendimento às necessidades e requisitos dos clientes e redução do stress entre os setores de projeto e produção (PEDRINI, 2012).

Os setores de projetos também são responsáveis pelas inovações tecnológicas lançadas no mercado. Neste assunto, a construção civil deixa a desejar, pois é reconhecidamente um dos setores da economia que menos inova. Porém,

assim como em outros setores isto está mudando, o ciclo de vida dos produtos está ficando cada vez menor e exigindo alterações constantes para as empresas permanecerem competitivas (FABRICIO, 2002).

Em resposta às demandas, diversas empresas passaram a utilizar práticas relacionadas à organização simultânea no desenvolvimento do produto. Entretanto, um assunto que deve ser investigado é o porquê de as empresas ainda não conseguirem aplicar as abordagens da engenharia simultânea no processo de projeto desde a concepção do produto até a sua produção (PEDRINI, 2012).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A construção civil tradicional é uma indústria de caráter nômade, seus produtos são únicos e não seriados, a produção é centralizada, não se aplicando conceitos de produção em linha, sua produção é realizada sob intempéries, utiliza mão-de-obra intensiva com pouca qualificação e com alta rotatividade, possui grande grau de variedade dos produtos, possui pouca especificação técnica, seu produto geralmente é único na vida do usuário e possui baixo grau de precisão se comparado com as demais indústrias (CAIADO, 2005).

A importância da construção civil tem se tornado cada vez maior, principalmente nas economias em desenvolvimento, como a do Brasil. Neste contexto, a indústria da construção é uma das bases de inserção direta de capital na economia e está diretamente ligada aos fatores macroeconômicos de geração de empregos, investimentos do governo, redução de impostos de matérias-primas e juros subsidiados para investidores (MACHADO, 2012).

O uso de concreto pré-fabricado em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir, econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender as demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (ACKER, 2003). Mas, ainda há um longo caminho a ser percorrido para chegar a excelência produtiva que alguns setores da economia já alcançaram.

A abordagem tradicional dos projetos de produto e do processo têm sido sequenciais, ou seja, quando a área de projeto do produto termina sua tarefa, passa o trabalho para a área de projeto de processo, para que este último especifique um modo de fabricar o produto. Esse sistema provou ser dispendioso e demorado (CAIADO, 2005).

No contexto em que se encontra a construção civil brasileira e das possibilidades de modernização, através da implementação de novas técnicas de produção, como por exemplo, no caso dos pré-fabricados, a questão que baliza o setor é **como a engenharia simultânea poderia colaborar para o desenvolvimento da gestão de novos projetos e produtos na área de pré-fabricados?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Proposta de adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- a. Identificar o panorama da indústria da construção civil na área de pré-fabricados;
- b. Mapear as formas de contribuição da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos e novos produtos na indústria de pré-fabricados;
- c. Investigar novas tecnologias que contribuem para tornar a engenharia simultânea mais eficiente;
- d. Estabelecer o fluxo de desenvolvimento dos projetos na indústria da construção civil na área de pré-fabricado de concreto.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos na construção civil por etapas sequenciais já não são suficientes para atender a demanda cada vez maior de obras com prazos cada vez menores e margens reduzidas. A produtividade dos setores de desenvolvimento de produtos tem sido questionada e exigida para que se torne mais eficiente para agilizar a conclusão dos projetos em tempo menor, com menor quantidade de erros.

Por ser um dos setores da economia brasileira que mais gera empregos, a construção civil recebe grande atenção por parte dos governantes, tem um forte apelo social, pois além de gerar empregos é responsável pelas moradias e infraestrutura do país.

Práticas de organização de projetos por meio da engenharia simultânea estão sendo utilizadas por várias empresas, no entanto a comunidade acadêmica tem procurado entender este novo processo por intermédio dos referenciais teóricos.

Há também a preocupação pela busca de soluções que permitam a aplicação prática do conceito estabelecido. A partir dessas novas abordagens vários trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de contribuir para a melhoria do processo de produção (PEDRINI, 2012).

Assim este estudo justifica-se pela necessidade de desenvolvimento de novas técnicas de gestão de projetos e produtos na indústria de construção civil que tem se desenvolvido muito nos últimos anos. No entanto, o setor carece de modernização para continuar nesta evolução.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além desta seção de introdução, o trabalho apresenta no próximo capítulo o referencial teórico contendo conceitos e opiniões de diversos autores sobre o tema engenharia simultânea. Apresenta também as peculiaridades da indústria da construção civil e mais especificamente da indústria de pré-fabricados de concreto.

A metodologia utilizada na pesquisa está descrita no capítulo três, onde são apresentados os métodos utilizados para realização para atingir aos objetivos propostos neste trabalho.

No capítulo quatro são apresentados os resultados do trabalho contendo uma análise do fluxo de desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto.

O quinto capítulo realiza a proposta de melhoria no desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto com a utilização da engenharia simultânea. Neste capítulo também são apresentadas as novas ferramentas tecnológicas para aprimorar o setor de projetos dessas empresas.

Para finalizar, apresenta-se, no sexto capítulo, as considerações finais deste trabalho acerca da aplicabilidade da engenharia simultânea para melhorar o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto e as sugestões de pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se os elementos fundamentais para a compreensão da problemática apresentada, mostrando como diversos autores tratam o tema e propõem novas formas de organizar a produção e desenvolver novos produtos. São citadas novas técnicas de gestão de projetos, afim de aumentar a competitividade da indústria da construção civil, em especial com a industrialização, utilizando-se de métodos pré-fabricados.

2.1 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

As técnicas agrícolas e pecuárias levaram à fixação dos agrupamentos humanos da pré-história em sítios perenes e deram início à dominação e transformação da natureza pelo homem. A construção é sem dúvida uma das atividades humanas mais antigas e importantes para o progresso das civilizações. A maior complexidade social e produtiva trouxe consigo a necessidade de espaços construídos mais elaborados e duradouros (FABRICIO, 2002).

Para Pietro (2002), a produção de componentes construtivos para edificações pode acontecer de três formas distintas: artesanal, tradicional ou industrializada. A produção artesanal emprega métodos e processos intuitivos, normalmente transferidos por usos, hábitos ou experiências regionais. A produção tradicional utiliza métodos e processos geralmente normalizados e produtos, de um modo geral, já consagrados. A produção industrializada segue um estágio mais avançado, a qual estão incorporadas técnicas de fabricação em série, racionalização da produção e otimização dos custos.

Segundo Acker (2003), a forma mais efetiva de industrializar o setor da construção civil é transferir o trabalho realizado nos canteiros para fábricas permanentes e modernas. A produção numa fábrica possibilita processos de produção mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, entre outros.

Caiado (2005), acredita que a industrialização de processos construtivos é uma tendência do setor da construção civil. No entanto, em âmbito nacional, há a

necessidade de passar, por um período de adaptação, em que pelo menos dois fatores devem ser considerados: o aperfeiçoamento de profissionais, buscando conscientizá-los que a construção industrializada precisa ser concebida de maneira diferente da tradicional; e o desenvolvimento de manuais e normas técnicas que estabeleçam um balizamento tanto para os profissionais quanto para os clientes.

A industrialização da construção civil, através da utilização de peças de concreto pré-fabricados, promoveu no Brasil e no mundo, um salto de qualidade nos canteiros de obras. Foi através de componentes industrializados com alto controle ao longo de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão-de-obra treinada e qualificada, que as obras tornaram-se mais organizadas e seguras (SERRA et al., 2005).

Nos dias atuais verifica-se uma significativa organização em alguns subsetores, onde são encontrados modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, destacam-se os pré-fabricados em concreto armado (SERRA et al., 2005).

2.2 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A engenharia sequencial ou tradicional, como também é conhecida, é o modelo que por muito tempo, tem sido utilizado pelas empresas, provavelmente pela sua simplicidade na divisão de tarefas dos seus integrantes, mas isto está mudando. A nova proposta de engenharia simultânea defendida por diversos autores, provavelmente seja o que há de melhor na gestão de projetos e há um consenso de que esta teoria é muito melhor que a anterior.

Na abordagem tradicional o projeto do produto é desenvolvido de forma sequencial, cada etapa só se inicia após a conclusão da etapa anterior. Esta abordagem é um reflexo da divisão do trabalho, onde o trabalhador é especializado e focado apenas em sua atividade isolada. A engenharia sequencial, também conhecida como “engenharia por cima da cerca”, projeta os produtos que, quando concluídos, são “atirados” por cima do muro do departamento de engenharia de produção (HARTLEY, 1998).

Normalmente, quando os engenheiros de produção identificam possibilidades de melhoria, o projeto já se encontra em etapas avançadas, onde as possibilidades de alterações no produto se tornam mais difíceis e mais onerosas. Segue-se um período de pânico devido à necessidade de retrabalhar os componentes para que a produção possa iniciar. Essas alterações implicam em produtos de qualidade duvidosa e fazem com que as pessoas responsáveis em gerir essas mudanças gastem esforço e tempo consideráveis com retrabalho (HARTLEY, 1998).

Os primeiros estudos de engenharia simultânea, aconteceram no início da década de 1980. Na época, foi iniciado um estudo conduzido pela DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*), uma agência do governo americano, sobre formas de se aumentar o paralelismo das atividades de desenvolvimento de produtos. O resultado desse trabalho definiu o termo “*Concurrent Engineering*”, tornando-se uma importante referência para novas pesquisas nessa área (PEDRINI, 2012).

Uma das figuras que melhor representa a sistemática da engenharia simultânea é a descrita por Back e Ogliari (2001). Pode-se observar a redução do prazo de entrega de um projeto por meio da sobreposição das atividades envolvidas no seu desenvolvimento. Algumas atividades podem ser iniciadas antes da conclusão de outras e até mesmo ao mesmo tempo. No final do projeto, o ganho de tempo pode ser muito expressivo.

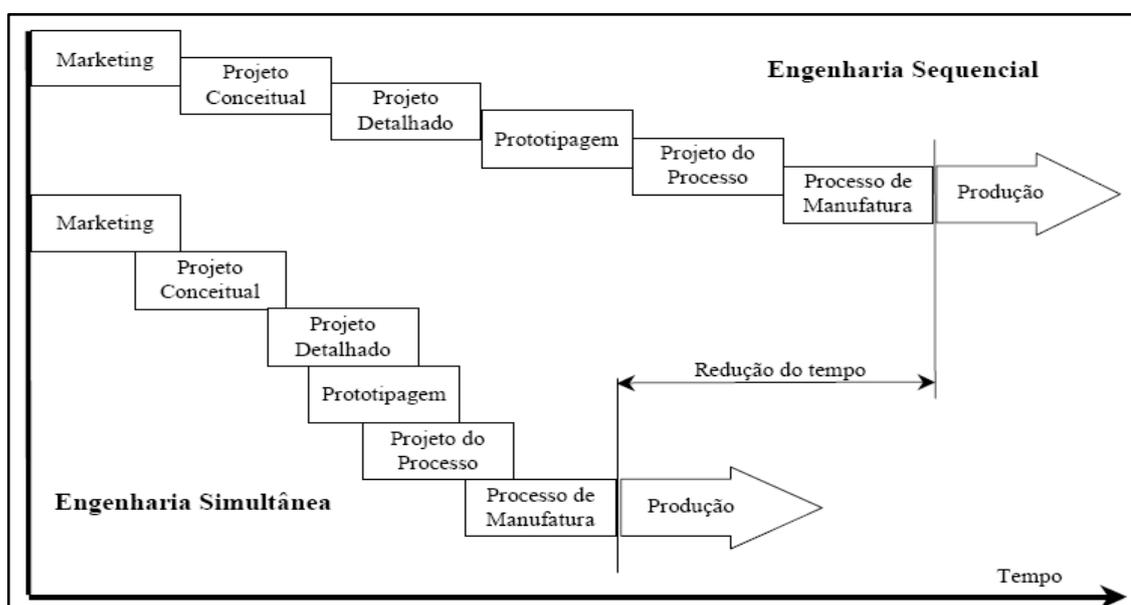


Figura 1–Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea
Fonte: Back e Ogliari (2001)

A principal motivação para a introdução da engenharia simultânea é a necessidade de reduzir o tempo de desenvolvimento (lead time) de novos produtos e de desenvolver melhores produtos. A redução de prazos é alcançada pela sobreposição das etapas subsequentes do processo de desenvolvimento do produto. Esta sobreposição cria oportunidades de interação entre os profissionais envolvidos nas diferentes etapas do processo (FORMOSO et al., 2006).

A engenharia simultânea pressupõe a integração das atividades de desenvolvimento de produtos, em uma abordagem sistemática, onde todos os processos, desde a manufatura até o suporte estão relacionados. Desse modo, os agentes envolvidos nos processos têm uma visão holística da produção, com conhecimento de todas as etapas do processo (PEDRINI, 2012).

Na engenharia tradicional os custos se tornam maiores devido ao arrastamento ao longo do tempo e a inúmeras revisões de projetos necessárias nas fases de execução e encerramento para a produção. Na Figura 2 Kruglianskas (1993), representa o ciclo de vida dos projetos na engenharia sequencial e na engenharia simultânea, onde os custos de projeto na engenharia simultânea são antecipados para a fase de concepção e estruturação, porém não são prolongados e reincidentes e os projetos são concluídos em menor tempo.

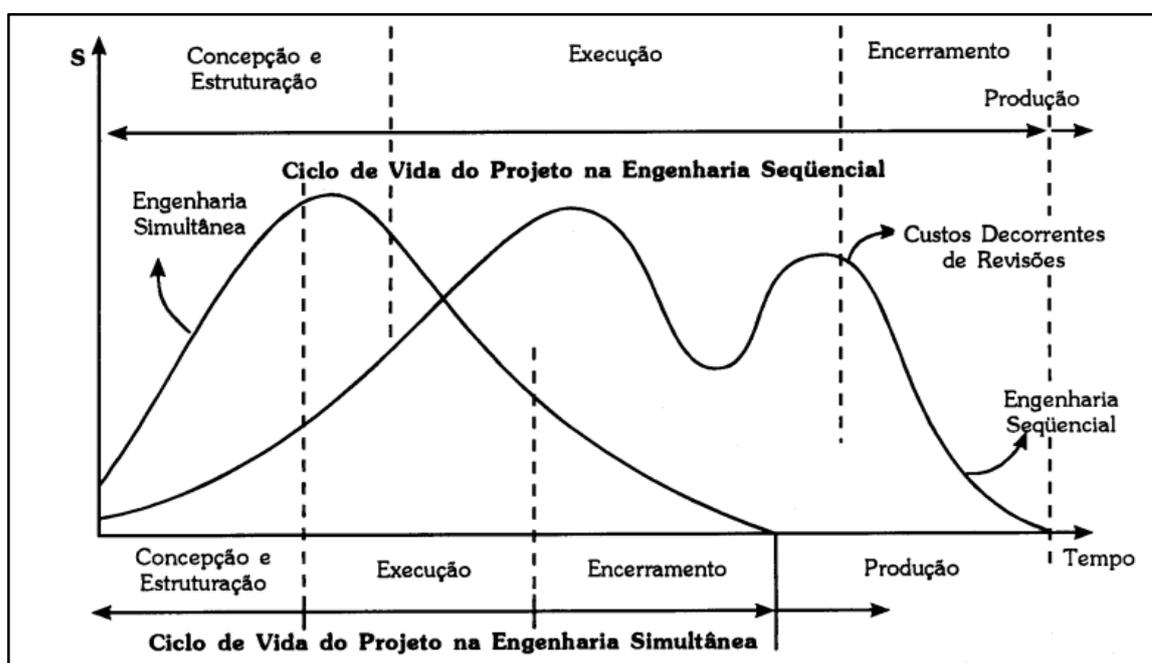


Figura 2 - Ciclo de Vida de um Projeto de Desenvolvimento do Produto
Fonte: Kruglianskas (1993)

A engenharia simultânea tem e deve ter, como ponto de partida, a identificação de novas necessidades e desejos dos clientes e atendê-los rapidamente por meio de um processo de projeto que garanta agilidade na geração e materialização de novos conceitos de produto. Associada à redução do tempo de desenvolvimento do produto está a busca pela introdução de inovações tecnológicas que agreguem valor ao produto e atendam a novas demandas dos clientes (FABRICIO, 2002).

2.2.1 Resultados de Trabalhos Recentes em Engenharia Simultânea

Trabalhos recentes nos mostram que onde foram aplicados os princípios da engenharia simultânea, houveram significativos ganhos em termos de tempo, qualidade e custo de projetos. Na sequência temos alguns dos principais trabalhos desenvolvidos e aplicados em empresas de diversos segmentos.

Soares e Nunes (2015), aplicando a metodologia da engenharia simultâneo desenvolvimento de projetos de moldes de injeção, concluíram pelos resultados obtidos que, houve viabilidade da metodologia aplicada, resultando em menores custos de produção, melhoria no processo de produção, redução de retrabalhos e menor tempo de desenvolvimento de projeto.

Lotif e Elias (2013), aplicando a engenharia simultânea em uma indústria de confecção no estado do Ceará, concluíram que com a integração dos setores, o produto é desenvolvido com um custo mais baixo. Segundo os autores, isso é possível devido a tomada de decisões em conjunto em etapas iniciais do projeto obtendo um produto com a melhor relação custo/benefício. Dessa maneira, evitou-se retroceder no fluxo de desenvolvimento e conseqüentemente o retrabalho de toda a equipe. A maior dificuldade por eles encontrada foi a resistência às mudanças por parte dos membros da equipe.

Pedrini (2012), analisando o nível de aplicação dos conceitos de engenharia simultânea em duas grandes empresas de construção civil, concluiu que é preciso promover mudanças. Desta forma, fica evidente a necessidade de aplicabilidade do paradigma contemporâneo de desenvolvimento integrado de produto. A valorização

do projeto, o envolvimento e a integração dos agentes desde a concepção do produto, o investimento em recursos tecnológicos e a gestão do processo são fatores, na abordagem da engenharia simultânea, importantes, indispensáveis e diferenciais no desenvolvimento do produto que precisam ser aplicados na construção civil.

Pereira et al. (2001), ao estudarem uma empresa têxtil concluíram que os resultados obtidos após a implantação da engenharia simultânea foram muito positivos. Ela modificou o relacionamento entre as pessoas, na organização, deixando de procurar “culpados”, conseguindo antecipar futuros problemas e resolvendo-os e não apenas na fase de controle. A nova forma de trabalho provocou um maior comprometimento de todos os envolvidos no processo de solução de problemas.

Rezende e Andery (2009) avaliaram a utilização de princípios da engenharia simultânea o processo do projeto de um grande viaduto. Como resultado, concluíram que uma maior integração entre projeto e produção, utilizando pressupostos da engenharia simultânea, permitiu a racionalização construtiva e a redução de custos da obra.

No estudo sobre a concepção de edifícios em módulos pré-fabricados estruturados em aço, Caiado (2005), considera que a adoção do conceito de projeto simultâneo representa um significativo avanço na forma de focar o desenvolvimento de produto na construção de edifício, porém deve ser adaptado às particularidades da construção civil.

2.2.2 Engenharia Simultânea na Construção Civil

Na construção civil, há particularidades com relação aos agentes intervenientes e às lideranças. Reconhecidamente, o setor trabalha intensamente com muitos agentes de diferentes especialidades, intervindo em momentos diversos e em profundidades também diversas. Mesmo na fase de projeto isso é percebido: o projeto de arquitetura é feito em conjunto com vários outros: os projetos dos sistemas de água, eletricidade, o projeto de estruturas, etc. Cada qual é feito, em geral, por equipes e até mesmo empresas diferentes (FERREIRA, 2007).

A expressão engenharia simultânea abriga diversos conceitos que defendem, principalmente, ações que levem à otimização do tempo de produção de bens pela indústria. Na construção civil, a expressão não foi incorporada, mas as ideias nela contidas passaram a estar, de certa forma, presentes nos estudos sobre o melhor gerenciamento dos empreendimentos de construção. (PEDRINI, 2012).

Segundo Fabricio (2002), o processo de projeto de edifícios pode ser otimizado e qualificado pela introdução de novas práticas de gestão baseadas nas premissas da engenharia simultânea, mas devem ser adaptadas ao ambiente do setor e às necessidades e possibilidades particulares dos empreendimentos de edificações.

O processo de desenvolvimento do produto na construção civil é caracterizado por sua elevada complexidade, principalmente no que diz respeito às características próprias do setor, do produto e dos diferentes profissionais envolvidos. O processo de desenvolvimento geralmente se inicia a partir do planejamento realizado de maneira inadequada. Assim, as fases subsequentes são alimentadas, comumente, com informações inconsistentes, o que leva a perdas. Além disso, por vezes, a estratégia, o mercado e o produto não estão alinhados coerentemente (PEDRINI, 2012).

Para que o projeto chegue a termo com eficiência, a necessidade de coordenação e de colaboração é imensa. Pode-se dizer também que o esforço por colaboração é mais necessário ainda e a coordenação é mais difícil em empreendimentos de construção civil do que em indústrias com produção em massa. Além disso, a colaboração na fase de projeto é essencial para que todos os outros passos possam ser bem coordenados. Colaborar em outras fases é necessário, mas é muito mais eficiente quando a colaboração se inicia no projeto. (FERREIRA, 2007).

2.2.3 Desafios para Implantação da Engenharia Simultânea

A implantação da engenharia simultânea tem sido bastante discutida na literatura especializada, o que é justificável, considerando que as profundas mudanças organizacionais e culturais requeridas não são, via de regra, facilmente aceitas. Assim como existe uma série de relatos sobre o sucesso da implantação da

engenharia simultânea, existe também uma série de exemplos malsucedidos, devido principalmente ao pouco cuidado com questões como conscientização, apoio, treinamento e comprometimento. A espera de resultados imediatos também tem sido uma grande causa para o descrédito da filosofia (BACK; OGLIARI, 2001).

A prática de desenvolvimento da engenharia simultânea requer uma constante e ampla interação entre departamentos e entre especialidades, de forma a integrar pessoas em grupos multidisciplinares e interdepartamentais. Para a mobilização de uma força tarefa multidepartamental é essencial romper com as barreiras hierárquicas rígidas e estabelecer organogramas matriciais ou funcionais cruzados na conformação das equipes de projeto. (FABRICIO, 2002).

Projetistas e construtores devem participar ativamente da fase de desenvolvimento do projeto para que o processo executivo seja contemplado no projeto de forma adequada. O acompanhamento da execução das obras pelos projetistas é importante para a criação da alça de retroalimentação capaz de levar soluções de ordem prática para projetos futuros (REZENDE; ANDERY, 2009).

Para controlar o fluxo de informações geradas no processo de projeto e fomentar a interação entre os participantes da equipe multidisciplinar, é necessária a presença de um chefe ou coordenador de projetos que tem a responsabilidade sobre o processo de desenvolvimento do produto em questão (FABRICIO, 2002).

Back e Ogliari (2001), propõe várias outras premissas para que a aplicação da engenharia simultânea seja efetuada de forma coerente para se obter resultados satisfatórios, dentre elas podemos destacar cinco essenciais:

- a. para não se tornar apenas mais um projeto de engenharia, a implantação da engenharia simultânea deve ser liderada por um membro da alta gerência. Gerentes médios não possuem poder para a completa implantação da engenharia simultânea. O representante da alta gerência deve estar suficientemente comprometido, com disponibilidade de tempo para o aprendizado e para trabalhar junto à equipe;
- b. o cálculo da relação custo/benefício para a implantação de um ambiente de engenharia simultânea não é fácil considerando que os resultados são alcançados a longo prazo. É difícil estabelecer uma métrica precisa para a avaliação do progresso e do próprio resultado da adoção da filosofia. O custo também não é fácil de ser estimado devido ao caráter contínuo do programa de implantação;

- c. os objetivos devem ser claros e bem definidos. Índices de desempenho também devem ser definidos como, por exemplo, tempo de desenvolvimento. A definição quanto aos objetivos almejados também é importante para a escolha do modelo de engenharia simultânea a ser adotado;
- d. é importante que os objetivos e a política da empresa sejam esclarecidos e bem entendidos por todos. Uma boa forma de convencer sobre os benefícios da engenharia simultânea é esclarecer o quanto ela pode contribuir para que os objetivos da empresa sejam atingidos. A falta de políticas e objetivos claros é uma grande barreira para a implantação da engenharia simultânea.
- e. é importante promover o envolvimento e o treinamento de todos os integrantes, através de uma gestão participativa, e procurar envolver de alguma forma clientes e fornecedores;
- f. outro ponto importante é o estabelecimento do número de integrantes para a equipe. Os autores são unânimes ao recomendar que as equipes de projetos multidisciplinares não devem ser demasiadamente grandes, a fim de evitar problemas como dificuldade de comunicação, dispersão e baixa produtividade.

Há a necessidade de transformação cultural, de maneira que os projetistas entendam a importância do desenvolvimento paralelo dos projetos; assim como os benefícios da utilização das ferramentas e inovações tecnológicas para desenvolvimento, comunicação e intercâmbio de informações entre os envolvidos (PEDRINI, 2012).

As ferramentas de TI como a Intranet, ambientes web e outros meios de compartilhamento de dados, assim como conferências on-line e programas de compatibilização de projetos também podem ser de grande importância para alavancar o sucesso de implantação da engenharia simultânea. Provavelmente, nem sempre as pessoas envolvidas nos processos de um projeto se encontram no mesmo ambiente, cidade e até mesmo, país, mas com os modernos meios de comunicação essas dificuldades podem ser superadas.

2.2.4 Novas Tecnologias de Apoio à Engenharia Simultânea

A engenharia simultânea aplicada ao processo de projeto pode ser percebida como uma nova filosofia de projeto que demanda e fomenta a introdução de inovações na forma de gestão dos agentes e tarefas de projeto. Assim, a própria engenharia simultânea se coloca como indutora da inovação nos modelos de gestão do setor e sua aplicação depende da disposição dos agentes produtivos em inovarem suas práticas gerenciais(FABRICIO, 2002).

As tecnologias de apoio ao projeto tornam-se mais complexas e poderosas. Com o avanço da telecomunicação, associada à informática, é cada vez mais frequente a montagem de redes de colaboração entre profissionais e pessoas geograficamente distantes. Essa possibilidade é fundamental num setor marcado pela fragmentação e num processo de projeto em que os agentes estão dispersos em diversas empresas e locais distintos(FABRICIO, 2002).

O conceito BIM – *Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação na Construção representa um novo paradigma dentro da indústria da arquitetura, engenharia e construção, o qual é composto por um processo fomentado por um modelo virtual tridimensional paramétrico, que possui ferramentas CAD “inteligentes”, interoperabilidade e colaboração entre todos os profissionais envolvidos. Desta forma é possível a elaboração e o gerenciamento das informações da construção presentes em todo ciclo de vida do projeto(MELO, 2014).

Um modelo BIM é uma representação digital de uma edificação, combinando informações tridimensionais e não-geométricas. Uma vez associado com as durações de atividades ou etapas da construção resulta no modelo BIM 4D. Esse novo modelo pode ser utilizado para projetar e planejar sistemas de produção de empreendimentos de construção através da visualização do plano de execução da obra (BIOTTO et al., 2015).

A visualização de uma obra em BIM 4D representa uma visão mais real da sequência de construção, conectando, intimamente, aspectos temporais e espaciais. O BIM possibilita a inclusão de informações em projetos 3D, relacionadas ao calendário das atividades, custos, característica de materiais, e análise de interferência no projeto e entre projetos, contribuindo para um melhor desenvolvimento do projeto(BRITO; FERREIRA, 2013).

Os objetos que compõem o modelo, como por exemplo: vigas, pilares, paredes, lajes e sapatas, entre outros, possuem determinadas características e propriedades que são parametrizáveis. Num modelo estrutural, por exemplo, o objeto "pilar" sabe que está conectado num dos extremos a um objeto "sapata", e no outro extremo ao objeto "viga". Em ambiente BIM, a parametrização consiste portanto na atribuição de relações de vizinhança aos vários elementos que constituem o modelo(GONÇALVES, 2014).

Através da compatibilização de projeto de diferentes disciplinas é possível identificar antecipadamente incompatibilidades que levariam ao possível erro na execução. Estas incompatibilidades induzem ao aumento do custo, tanto de mão de obra quanto de material, e também geram atrasos no cronograma e conseqüentemente na entrega final da obra. Desta forma, o BIM é peça fundamental na construção civil, seja qual for sua dimensão ou finalidade(MELO, 2014).

Uma comparação entre um simples projeto de CAD e um projeto de BIM, foi realizada por Freitas (2014), conforme a Figura 3. A figura mostra a quantidade de informações e detalhes que podem ser inclusos em um projeto, assim como as incompatibilidades que podem ser percebidas ainda no desenvolvimento do projeto, para que seja readequado antes de ir para a produção.

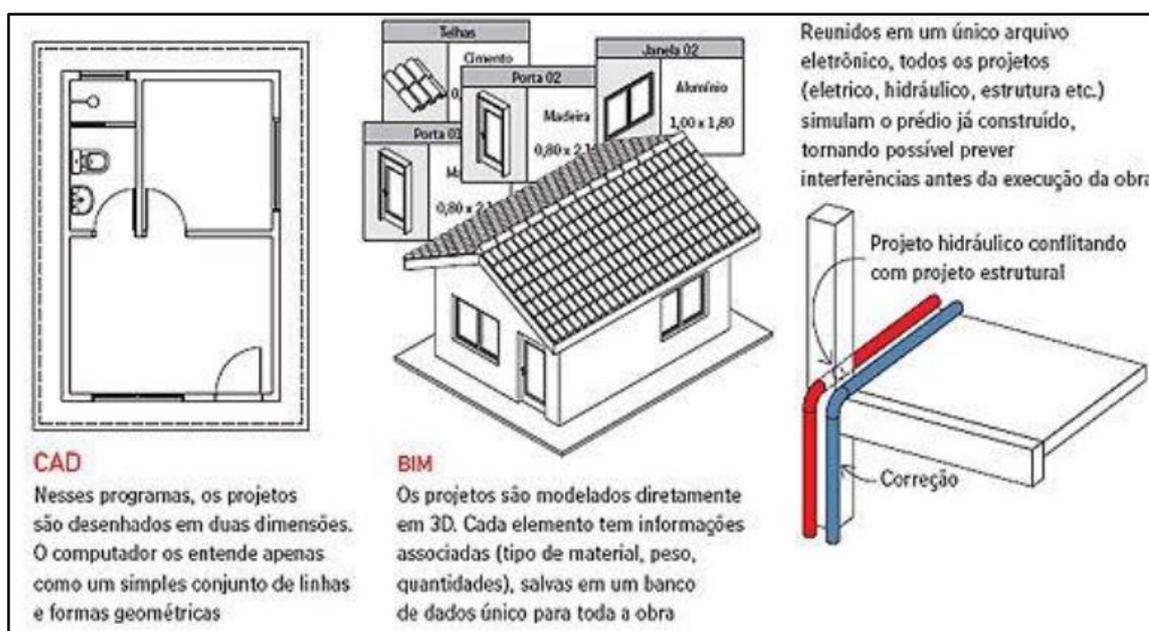


Figura 3 - Comparação Entre um Simples Projeto de CAD e um Projeto de BIM
Fonte: Freitas (2014)

Em seu estudo sobre o uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção, Biotto et al. (2015) percebeu que os principais benefícios trazidos pela modelagem BIM 4D foram: aumentar a comunicação e o entendimento das decisões entre os participantes; entender as inter-relações entre as decisões da gestão da produção, principalmente no projeto do sistema de produção; e permitir a simulação de vários cenários alternativos de forma rápida.

A rápida expansão do conceito BIM está ligada a vários aspetos entre eles capacidades da aplicação informática, usabilidade e qualidade. Com a evolução tecnológica houve a necessidade de melhorar os processos de trabalho da indústria da construção civil e a competitividade entre as diversas empresas de informática, que também levou ao desenvolvimento de diversas plataformas BIM. Hoje existem várias opções para aplicação do conceito BIM, o que revela também o interesse do mercado nesta metodologia de trabalho(FREITAS, 2014).

O BIM pode ser considerado mais que uma ferramenta, mas como uma forma de colocar em prática os conceitos da engenharia simultânea. Ou seja, ele pode ser visto como a concretização da engenharia simultânea, pois é capaz de promover a inserção da qualidade, ao gerenciar a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento através do seu banco de dados. Ao mesmo tempo, gera simultaneidade e integração do processo e da equipe multidisciplinar, e antecipa e testa as decisões tomadas por meio de simulações(PRETTI, 2013).

A metodologia BIM traduz-se numa mudança de paradigma para a indústria da construção civil. A concepção do projeto passa agora a ser executada em equipe, com base num modelo de informação enriquecido por todos os seus intervenientes(GONÇALVES, 2014).

2.3 A INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Por causa da lentidão dos métodos tradicionais de estruturas de concreto moldadas no local, os longos atrasos na construção são geralmente aceites. Entretanto, a demanda atual por um rápido retorno do investimento está se tornando mais e mais importante: a decisão de iniciar a construção pode ser adiada até o

último momento, mas vez iniciada, o cronograma inicial da obra dever ser cumprido. Além disso, os projetos estão se tornando mais complexos, que não é favorável para construções em um curto espaço de tempo (ACKER, 2003).

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado de 1985, define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim (SERRA et al., 2005).

Segundo Acker (2003), a pré-fabricação das estruturas de concreto é um processo industrializado com grande potencial para o futuro, possui um maior potencial econômico, desempenho estrutural e durabilidade do que as construções moldadas no local. Isso é obtido por meio do uso otimizado de materiais, de equipamentos modernos, de procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados e controlados por computador para o preparo do concreto.

Aditivos e adições são empregados para conseguir os desempenhos mecânicos específicos, para cada classe de concreto. Além disso, a eficácia da mistura é melhor que o concreto moldado no local (ACKER, 2003).

Atualmente, o desenvolvimento das automações industriais de sistemas pré-fabricados está ligado não só aos processos de fabricações, mas também aos processos de transporte, de montagem. Há também grandes avanços nos métodos de inspeção e controle, na criação de novos materiais e no controle das consequências desses processos ao meio ambiente (SERRA et al., 2005).

No contexto de uma relação mais amigável ao meio ambiente, a indústria do concreto pré-moldado apresenta-se como uma alternativa viável: com uso reduzido de materiais em até 45%; redução do consumo de energia de até 30%; diminuição do desperdício com demolição de até 40%. Muitas fábricas estão reciclando o desperdício do concreto, tanto o endurecido quanto o fresco, e futuramente as indústrias de pré-fabricados funcionarão como um sistema de produção fechado, onde todo material que sobra é processado e utilizado novamente (ACKER, 2003).

Segundo Serra et al. (2005), para se atingir a velocidade na construção do edifício, o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados. Os pré-fabricados fornecem diversas oportunidades arquitetônicas e inúmeras outras vantagens, que o torna um sistema construtivo extremamente competitivo e muito utilizado no exterior.

Para Acker (2003), a evolução construtiva das edificações e das atividades da engenharia civil nas próximas décadas será influenciada pelo desenvolvimento do processo de informação, pela comunicação global, pela industrialização e pela automação.

As empresas que buscam um posicionamento contemporâneo que aperfeiçoe e amplie seu resultado devem ter a eficiência dos seus processos. Tal eficiência inicia-se antes mesmo do processo de produção do bem e/ou serviço (MACHADO, 2012). É neste contexto que se insere a importância do desenvolvimento e coordenação de projetos, de desenvolvimento de novos produtos e de produção de forma moderna e eficiente.

Num contexto de acirramento da competição e de valorização da estratégia de diferenciação pela melhoria da qualidade, do desenvolvimento tecnológico e da inovação, ganham importância a capacidade e a agilidade das empresas em desenvolver novos produtos e serviços. Os métodos de gestão do processo de projeto passam por revisões de forma a orientar o projeto aos novos condicionantes da competitividade industrial (FABRICIO, 2002).

É possível se obter um melhor projeto para a estrutura pré-moldada, se a estrutura for concebida com a pré-moldagem desde o projeto preliminar e não meramente adaptada de um método tradicional de concreto moldado no local. As instalações podem ser parcialmente integradas nas unidades pré-moldadas. Por exemplo, dutos, caixas da rede elétrica, tubos de água pluvial e outras tubulações podem ser instaladas dentro dos elementos pré-fabricados durante a sua produção e montagem (ACKER, 2003).

Projetar produtos para fabricação a custos baixos exige íntima coordenação entre o projeto do produto e o projeto do processo. Se os dois grupos puderem trabalhar juntos, terão maiores chances de projetar um produto que irá funcionar bem no mercado e poderá ser fabricado ao menor custo. Essa relação entre projeto do produto e o projeto do processo pode definir o sucesso ou fracasso de um produto. (CAIADO, 2005).

Segundo Acker (2003) os projetistas devem considerar as possibilidades, as restrições e vantagens da utilização do concreto pré-moldado, seus detalhes, produção, transporte, montagem e estados de serviço antes de completar o projeto da estrutura pré-moldada. Destaca a importância da organização da equipe de projeto e a definição das rotinas de projeto. Recomenda que as empresas de pré-

fabricados deixem informações referentes ao projeto e à produção disponíveis ao cliente, ao arquiteto, ao engenheiro responsável e a todos os demais projetistas e técnicos envolvidos, de modo a fornecer diretrizes unificadas para toda a equipe envolvida

O desenvolvimento e o aprimoramento da indústria da construção civil brasileira estão relacionados diretamente com a mudança dos conceitos e formas de se projetar. Ao iniciar o desenvolvimento de um projeto devem ser estabelecidos, prioritariamente, parâmetros que norteiem todos os trabalhos relacionados com a produção de um edifício, desde a sua forma até a sua execução, utilização e preservação (COELHO, 2003).

As indústrias de pré-fabricados na maioria dos casos trabalham com obras sob encomenda, onde o empreendedor é o próprio cliente final. Segundo Fabrício (2002), normalmente, em obras sob encomenda, o cliente contrata uma empresa para gerenciar o processo de projeto e uma construtora para executar a obra. Assim, a gestão do empreendimento é fragmentada em dois processos, conduzidos por empresas distintas: gestão do projeto e gestão da obra.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos destacados na Introdução realizou-se uma pesquisa qualitativa, exploratória, por meio do levantamento bibliográfico das principais publicações e trabalhos já elaborados sobre o tema de engenharia simultânea. Devido ao caráter exploratório da pesquisa, descartou-se a análise quantitativa e estatística.

3.1 MÉTODOS DE PESQUISA

Serviram de base bibliográfica para o estudo, livros, teses, artigos de periódicos e anais de congressos. A partir da revisão bibliográfica foram identificados vários trabalhos que retrataram a construção civil e a área específica de pré-fabricados. Também foram analisados diversos trabalhos que trataram da teoria e aplicação da engenharia simultânea.

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso que, segundo Yin (2005), é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se pode manipular comportamentos relevantes. Um estudo de caso é uma investigação empírica, que investiga um fenômeno dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos.

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados junto à empresa utilizando-se como fontes de evidências entrevistas espontâneas não-estruturadas, observação direta e participante.

Segundo Lakatos e Marconi (2009), a entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto ou problema. Na entrevista não-estruturada o pesquisador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção, é a forma de explorar mais amplamente uma questão. Geralmente as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversa informal.

Para Yin (2005), entrevistas constituem uma fonte essencial de evidências para os estudos de caso. É comum que as entrevistas para estudos de caso sejam conduzidas de forma espontânea, desta forma, pode-se tanto indagar os respondentes, quanto pedir opinião sobre determinados eventos.

A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar. É um elemento básico de investigação científica utilizado na pesquisa de campo, ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito dos objetivos e obriga o investigador a um contato mais direto com a realidade (LAKATOS; MARCONI, 2009).

As evidências observacionais são, em geral, úteis para fornecer informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado. As observações feitas em uma unidade organizacional trarão uma nova dimensão na hora de compreender tanto o contexto quanto o fenômeno que está sob estudo (YIN, 2005).

A técnica da observação participante pode ser utilizada em ambientes ligados ao nosso dia-a-dia, onde o observador pode trabalhar como membro de equipe em uma organização (YIN, 2005). Neste caso específico, o pesquisador fez parte do quadro de funcionários da empresa atuando no setor administrativo.

3.3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido buscou levar em conta a multiplicidade dos agentes envolvidos no processo de desenvolvimento de projeto da empresa analisada. Tentou identificar a existência de um, ou mais, coordenador dos projetos, bem como o fluxo que esses projetos percorrem dentro da empresa até a conclusão final da execução do projeto.

A estratégia principal baseou-se inicialmente em identificar como o processo de desenvolvimento do projeto ocorre na empresa, para posteriormente propor melhorias que poderiam ser implementadas pela empresa.

A seleção da empresa selecionada por questões práticas é devido a convivência do pesquisador no estabelecimento e conhecimento prévio dos processos. A visão da forma de desenvolvimento de projetos e a possibilidade de melhorias através de novas técnicas de gestão foi primordial para a escolha do tema.

O estudo de caso foi aplicado em uma empresa de médio porte de pré-fabricados de concreto estabelecida no interior do estado do Paraná, com sede administrativa e técnica na capital. A empresa tem mais de 20 anos na área de pré-fabricados, conta com cerca de 150 colaboradores, e atende a diversas regiões do Paraná, assim como São Paulo e Santa Catarina.

3.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Através das entrevistas e observações buscou-se respostas para as questões do quadro abaixo:

Dimensões avaliadas	Questões observadas
1 - Tipo de clientes	<ul style="list-style-type: none"> - Indústria? - Comércio? - Serviços? - Governo? - Cliente final? - Construtoras? - Gestoras de obras?
2 - Tipos de obras	<ul style="list-style-type: none"> - Obras de construção / incorporação próprias? - Obras por encomenda? - Obras públicas?
3 - Soluções construtivas	<ul style="list-style-type: none"> - Padronizadas? - Personalizadas?

4 - Necessidades dos clientes	- Preço? - Prazo? - Qualidade?
5 - Prazos de entrega das obras	- Tempo para realização dos projetos? - Preocupação em atender os prazos?
6 - Cronogramas	- Cronograma geral? - Cronograma de projetos? - Cronograma da produção?
7 - Etapas das obras	- Fundação? - Produção? - Montagem? - Acabamento?
8 - Normas de qualidade	- Normas de qualidade para o setor? - A empresa segue as normas?
9 - Reuniões	- Reuniões entre os projetistas? - Frequência das reuniões? - Quem participa das reuniões?
Dimensões avaliadas	Questões observadas
10 - Prejuízos	- Atrasos? - Insatisfação do cliente? - Retrabalho? - Perdas financeiras?
11 - Corpo técnico	- Formação do corpo técnico? - Dispersão dos projetistas? - Interação entre os projetistas?
12 - Terceirizações	- Há serviços terceirizados? - Quais os serviços terceirizados? - Especialização dos terceirizados?
13 - Tipos de projetos executados	- Quais os projetos desenvolvidos?
14 - Etapas dos projetos	- Quais as etapas dos projetos?
15 - Sequência dos projetos	- Qual a sequência dos projetos?
16 - Alterações nos projetos	- Existem muitas alterações nos projetos? - Incompatibilidades entre os projetos?
17 - Dependência entre os projetos	- Dependência entre as etapas? - Quais etapas são dependentes?
18 - Simultaneidade nos projetos	- Há Independência entre etapas? - Quais etapas são realizadas simultaneamente?
19 - Intervalos no processo	- Há intervalos entre as etapas de projetos? - Quais as causas?
20 - Sistema (s) utilizado (s)	- Plataforma 2D? - Plataforma 3D? - BIM? - Bim 3D? - Bim 4D?
21 - Queixas dos envolvidos	- Há queixas dos envolvidos nos projetos? - Quais as queixas?
22 - Coordenação dos projetos	- Há um coordenador de projetos? - Quais as funções do coordenador?
23 - Modelo utilizado	- Engenharia sequencial? - Engenharia simultânea?

Quadro 1–Dimensões Avaliadas e Questões Observadas no Estudo de Caso
Fonte: Autor

A partir da coleta dos dados por meio das dimensões avaliadas e questões observadas, foram apresentadas as análises pertinentes expostas no próximo capítulo. Com a investigação concluída, elaborou-se a proposta de adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é desenvolvido o estudo de caso que trata da análise do fluxo de desenvolvimento dos projetos na indústria de pré-fabricados de concreto na empresa selecionada. Este capítulo faz referência da forma como os projetos são elaborados e repassados às etapas posteriores sem a intervenção do pesquisador.

4.1 ANÁLISE DO FLUXO DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

A empresa produz edificações pré-fabricadas de concreto armado por encomenda de médio a grande porte, dentre elas, destacam-se as estruturas de pórticos convencionais e as estruturas especiais. Entre os principais clientes estão as indústrias, as grandes empresas de logística e os grandes empreendimentos comerciais como *shopping-centers* e hipermercados. Obras públicas são raras.

No estudo de caso foi possível identificar dois tipos básicos de clientes da indústria de pré-fabricados de concreto, os usuários finais e as construtoras ou gestoras de obras, cada qual com suas particularidades e características individuais. As características que os clientes buscam para atender as suas necessidades são qualidade, prazo e preço, nesta ordem.

Dependendo do tipo de cliente, o início do desenvolvimento do projeto é alterado significativamente. No caso dos usuários finais, geralmente, todo o projeto é executado desde o início, pois o cliente tem apenas uma ideia, que deve ser posta em prática. Já, as construtoras ou gestoras de obras, muitas vezes chegam com projetos quase prontos e que devem apenas ser adaptados para construção em pré-fabricados.

As obras executadas sob encomenda pela empresa de pré-fabricados analisada são únicas e dependem de projeto específico. A empresa realiza a fundação, produção, montagem e acabamento das estruturas. Toda obra tem o seu projeto arquitetônico, de fundação, estrutural, produção e montagem. Apesar das obras serem únicas, as soluções para as estruturas geralmente são padronizadas e utilizam de módulos padrões. Em alguns casos onde não se aplicam as peças padronizadas, são utilizadas soluções personalizadas para atender geralmente a necessidade de uma obra específica.

A empresa tem tradição na utilização de pré-fabricados de concreto onde o prazo de entrega é fundamental para a contratação de novos empreendimentos. Logo, o tempo de desenvolvimento dos projetos é uma das maiores preocupações. Obras de grande porte costumam levar em torno de três a quatro meses do fechamento do contrato a entrega da estrutura. Com o prazo reduzido, o detalhamento e a consistência dos projetos são de suma importância para evitar retrabalho e erros na fabricação, o que pode retardar o processo de entrega da obra.

As normas construtivas definidas pela ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas são seguidas rigorosamente. O objetivo é garantir a integridade construtiva da estrutura e eventuais questionamentos a respeito da qualidade do material fornecido.

O acabamento também é uma preocupação constante da empresa, pois na maioria das vezes, a estrutura pré-fabricada fica exposta e expõe a qualidade visual que pode ser percebida pelo cliente. São realizadas reuniões presenciais, quinzenais envolvendo as equipes próprias de projetos, engenheiros de produção, engenheiros de montagem e a diretoria da empresa. Não há um coordenador dos projetos e os projetistas terceirizados não participam das reuniões.

Nas reuniões são tratados vários assuntos, tais como os cronogramas das obras em andamento, planejamento das próximas obras, problemas com os projetos e problemas com as obras. Os detalhes dos projetos executados são tratados com

pouca e às vezes nenhuma ênfase nas reuniões. São realizados cronogramas gerais das obras em andamento e cronogramas de produção. Não há um cronograma de projetos para definir os prazos a serem cumpridos nessa etapa.

Os projetos dão subsídio desde os orçamentos até a produção e montagem. Erros de projetos normalmente causam prejuízos financeiros que podem levar a resultados negativos em empreendimentos que pareciam ser muito lucrativos no ato da contratação. Os erros também levam a atrasos, retrabalho e insatisfação por parte do cliente.

Para elaboração dos projetos, a empresa conta com equipes próprias e também terceirizadas compostas por técnicos, engenheiros e arquitetos. Os projetos conceituais, pré-projetos, projetos de produção e projetos de montagem, são executados por equipes próprias, formadas por engenheiros, técnicos e arquitetos. Os pré-dimensionamentos, projetos estruturais e de fundação, que são executados por engenheiros calculistas são terceirizados. Também são terceirizados os projetos 3D, que são executados por arquitetos ou técnicos.

A empresa concentra os setores de orçamento e projetos na sua sede administrativa localizada na capital do estado. Os projetistas calculistas também possuem seus escritórios na capital. Os arquitetos e técnicos terceirizados que elaboram os projetos em 3D são da capital ou da cidade onde a empresa possui a planta industrial.

Na unidade de produção, localizada no interior do estado a empresa mantém apenas o corpo técnico e engenheiros necessários a produção das estruturas, que são responsáveis pelo detalhamento dos projetos de produção. Os projetos de produção são individuais para cada componente que será produzido.

Em relação a elaboração do projeto a empresa já inicia este processo no orçamento da obra. Todo orçamento é realizado com base em um pré-projeto e o preço é definido pela soma do custo de cada componente da obra. Nesta fase o desenvolvimento do projeto varia conforme o tipo de cliente.

Quando o cliente é o empreendedor ou usuário final e não há uma construtora administrando sua obra, ele não possui um projeto conceitual, apenas ideias. Logo, a empresa deve projetar aquilo que o cliente deseja, a fim de satisfazer as suas necessidades. Nesse caso é definido o projeto conceitual, feito o pré-dimensionamento e elaborado um pré-projeto que servirá de base para o

orçamento. Também pode ser elaborado um projeto 3D, dependendo da complexidade da obra e interesse de venda.

No projeto conceitual, são coletadas diversas informações sobre a obra, tais como a sua finalidade, altura, espaçamento entre pilares, vão, tipo de cobertura, tipo de fechamento, mezaninos, captação de águas pluviais, etc. Este processo é elaborado pela equipe de orçamento juntamente com os consultores de vendas da empresa.

O pré-dimensionamento, definido por um engenheiro calculista terceirizado, servirá de base para o pré-projeto e orçamento. Neste processo são definidas as secções das peças, para se ter o volume de concreto a ser utilizado na obra. Também é definido pelo calculista a taxa de aço que será usado na produção para ser orçado.

De posse das informações do projeto conceitual, das dimensões e detalhes da obra fornecidas pelo engenheiro calculista, elabora-se o pré-projeto da estrutura por um projetista que dá forma às dimensões ao projeto. Nessa etapa é elaborada a planta baixa e os cortes da estrutura representando seus detalhes geométricos.

Dependendo da necessidade, um projeto 3D é elaborado ainda na fase de orçamento. Às vezes, esse projeto é necessário para que o cliente tenha uma visão melhor do produto que está comprando. Os projetos 3D constituem uma forte ferramenta de apoio às vendas, já que o cliente ao ver o projeto consegue visualizar aquilo que tinha em mente. Ao ver o 3D da obra que pretende fazer, em fotos e vídeos, o sonho do cliente começa a tomar formas, assim ele fica mais propenso a fechar o negócio.

Quando o cliente é uma construtora, ou uma gestora de obras, geralmente os projetos conceituais e pré-projetos já estão prontos. O pré-projeto é apenas adaptado aos sistemas construtivos pré-fabricados que também passa pelo calculista para dimensionar a estrutura e a taxa de aço para servirem de subsídio ao orçamento. Em relação ao cliente empreendedor ou usuário final, apenas a etapa de projeto conceitual é eliminada.

Vendida a obra, o projeto volta para o calculista terceirizado. Quando esse define as seções finais e o detalhamento das armaduras de aço, envia o projeto para ser adaptado pela equipe de projeto de produção. Nessa fase são detalhados e produzidos os componentes da obra. Os engenheiros calculistas geralmente mandam projetos parciais das obras para a equipe de projeto de produção. O

peçoal da fábrica não possui todos os detalhes da obra e muitas vezes começam a produzir sem o conhecimento do restante que ainda está sendo projetado. Esta falta de conhecimento do todo leva a muitas revisões indesejáveis de projetos.

No projeto de produção, geralmente muitas alterações são necessárias, pois é preciso adequar o projeto às secções de formas existentes e também aos componentes que fazem parte da estrutura, tais como tubulações de águas pluviais, cabos de aterramento e insertes para estrutura metálica, entre outros. Além do projeto de produção, é realizado em paralelo o projeto de montagem que vai detalhar a montagem da obra no canteiro. No projeto de montagem é situada a obra no terreno, definido a sequência de montagem e medidas detalhadas para locação da obra.

Em outra frente ocorre o desenvolvimento do projeto de fundação, que só é possível ser elaborado após o cálculo estrutural. O projeto de fundação depende do projeto estrutural para definir as cargas que sofrerão as bases da obra. O projeto de fundação também depende da sondagem do terreno para identificar o tipo de solo. O responsável pelo projeto de fundação normalmente é o mesmo calculista que dimensionou a estrutura, porém, às vezes é terceirizado para outros engenheiros especializados por esse tipo de projeto.

A Figura 4 demonstra as etapas com que o processo de elaboração de projetos é realizado dentro e fora da empresa. Percebe-se que há uma sequência interdependente entre as etapas, onde um setor aguarda a conclusão do outro projeto para dar início ao seu trabalho. As únicas etapas que são feitas de forma simultânea correspondem ao desenvolvimento dos projetos de produção, montagem, fundação, pois podem ser elaborados ao mesmo tempo sem depender um do outro. Entre as fases de projetos de orçamento e projetos de produção, geralmente há um intervalo de tempo referente à aprovação do projeto e assinatura do contrato.

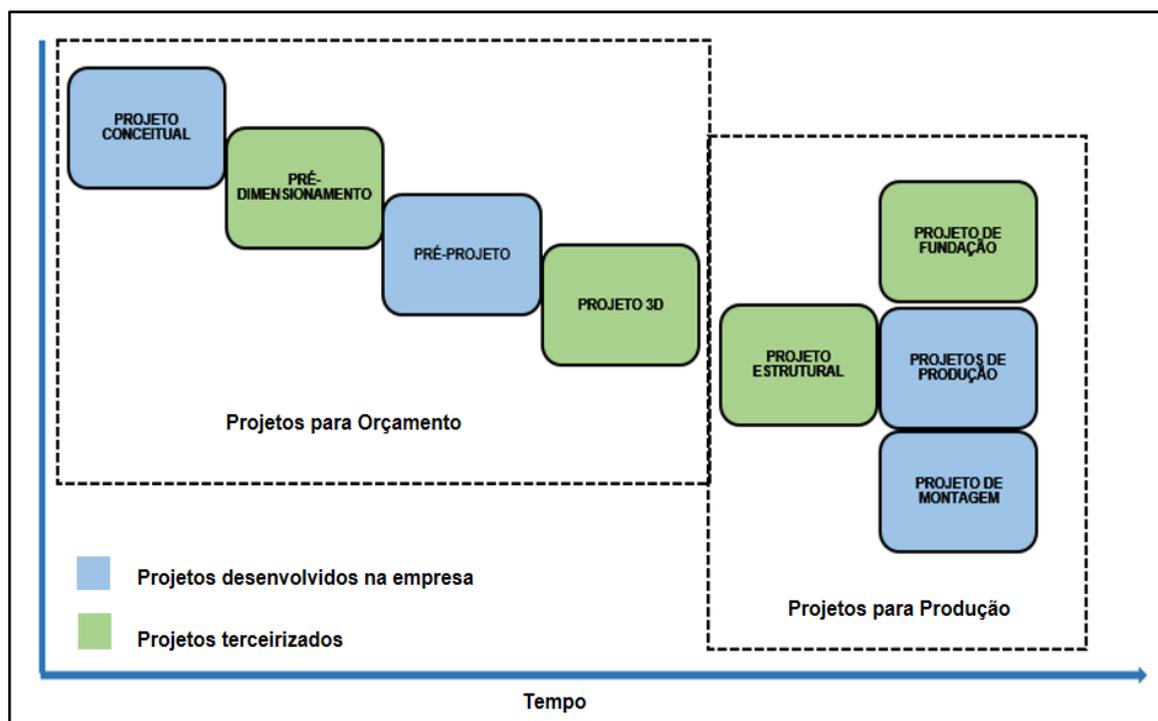


Figura 4–Fluxo dos Projetos na Indústria de Pré-Fabricados
 Fonte: Adaptado de Back e Ogliari (2001)

Os projetos são elaborados em CAD 2D, que expressa as dimensões apenas por um conjunto de linhas de formas geométricas. Não há compatibilização dos projetos e um mesmo projeto é feito várias vezes com detalhamentos diferentes.

A plataforma de projeto 2D utilizada pela empresa não é a mais apropriada para o desenvolvimento de projetos atualmente. Como visto na literatura pesquisada, existem outras técnicas mais avançadas que permitem a interação entre uma especialidade e outra e evitam erros recorrentes.

As principais queixas dos responsáveis pelas diversas especialidades prevalecem sobre os erros e incompatibilidades nos projetos e a demora em receber os projetos. Os prazos de entrega de obras pré-fabricadas são muito apertados, logo quando chegam os projetos na fábrica, a obra já está com o prazo no limite e não há chance de erros. Como os projetos são executados sob pressão a consequência são muitos erros e revisões, o que leva muitas vezes a atrasos na conclusão das obras.

Na apresentação da estrutura de desenvolvimento de projetos na empresa estudada, verificou-se que ela não dispõe de um coordenador de projetos, o que é uma das bases para a implantação da engenharia simultânea. Como apontado na revisão da literatura, o coordenador deve ter conhecimento e gerir os vários projetos verificando a compatibilidade entre eles e coordenando as equipes de trabalho.

Analisando o fluxo de projetos na empresa, tomando por base as características estudadas na revisão da literatura, pode-se concluir que o modelo utilizado é o sequencial. É possível observar que uma sequência depende da outra e não há interação suficiente entre as equipes.

5 PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

No capítulo anterior foi apresentado o fluxo de desenvolvimento dos projetos na indústria de pré-fabricados de concreto. Diante dos resultados e das bases bibliográficas é possível elaborar e propor a adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto, que é o objeto deste estudo. Tal proposta seria embasada pela utilização da engenharia simultânea e apoiada pela tecnologia BIM de Modelagem da Informação na Construção.

Será necessário estabelecer a coordenação dos projetos, que deverá ser delegada a um profissional de alta gerência, com grande experiência em obras de pré-fabricados e que possua uma visão ampla e abrangente sobre as várias especialidades de projeto. Este coordenador deve estar comprometido com a

implantação da engenharia simultânea e cobrar a cooperação entre as equipes. Preferencialmente este profissional deverá fazer parte da equipe de projetos de produção, pois quando os projetos chegarem nesta fase não haverá dúvidas e as incompatibilidades já foram sanadas.

Na análise, observou-se pouca interação entre as equipes de projetos, principalmente devido ao fato da empresa possuir duas unidades distantes e terceirizar os serviços de pré-dimensionamento, projeto 3D, projeto estrutural e de fundação. Uma das opções para minimizar a dispersão das equipes seria criar equipes próprias para desenvolver as etapas que hoje são terceirizadas.

Reuniões com maior frequência entre essas equipes são indispensáveis. Hoje existem diversos meios de conferência on-line pela internet, que facilitam muito esse processo, não sendo necessário o deslocamento físico dos indivíduos. Um dos mecanismos que pode ser usado é o Skype, que permite conferências de vídeo entre diversos participantes e compartilhamento de arquivos.

Os diversos setores recebem os projetos que são “atirados por cima do muro”, um exemplo clássico de engenharia sequencial. Ao invés dos projetos serem aguardados pelas equipes, elas devem ir ao encontro dos mesmos para buscar informações antes da chegada ao seu setor. Com a troca de experiências entre os setores, muitos erros podem ser evitados e quando o projeto chegar logo já há um entendimento sobre ele e fica mais fácil desenvolvê-lo.

Há necessidade de se promover treinamentos às equipes de projetos para implementação das técnicas de engenharia simultânea. É essencial que seja destacada a importância da colaboração e comprometimento entre as equipes para o trabalho com o objetivo de promover a maior sinergia entre os indivíduos envolvidos no processo. A responsabilidade pelo treinamento deve ser atribuída ao coordenador de projetos, que deve ser o propulsor da metodologia entre os envolvidos.

É necessário esclarecer os objetivos e a política da empresa para fiquem bem claros a todos e que haja o entendimento dos benefícios que a engenharia simultânea pode trazer para a empresa. Outro aspecto importante é a criação de equipes enxutas, para evitar a dispersão, dificuldade de comunicação e por consequência, baixa produtividade.

É preciso criar metas e parâmetros para monitorar os resultados que deverão ser alcançados. Deve-se levar em consideração que os benefícios da

implantação da engenharia simultânea não são rápidos. Esses parâmetros podem ser criados a partir de indicadores de tempo, números de revisões e até mesmo custos de realização de projetos.

As novas ferramentas de Modelagem da Informação na Construção (BIM) e BIM 4D representam a modernização dos setores de projeto e já são uma realidade em diversas organizações. A empresa estudada, não pode ficar de fora deste processo. É preciso promover treinamentos para a implantação desse novo método de elaborar projetos, que muito tem a contribuir para o desenvolvimento da indústria de pré-fabricados de concreto.

Quanto mais informações estiverem disponíveis em um projeto, mais didático ele será e conseqüentemente mais fácil de executar. Criar relações entre os componentes das obras, verificar compatibilidade entre os projetos de fundação, produção e montagem, são de suma importância para evitar erros nos projetos. É um projeto só, englobando todas as fases de desenvolvimento e execução da obra, que servirá de subsídio por toda a vida útil do empreendimento.

Com a prática das medidas acima, pode-se garantir que a implementação da engenharia simultânea será eficaz e que trará bons resultados à empresa objeto deste estudo. Cabe à diretoria investir nessa metodologia e apoiar o seu desenvolvimento em prol do incremento de lucros da instituição.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das teorias e estudos apresentados neste trabalho, pode-se inferir que quando bem aplicada, a engenharia simultânea é realmente eficiente no que se propõe.

Identificou-se, através da revisão da literatura, o panorama da indústria da construção civil na área de pré-fabricados. Mapeou-se as formas de contribuição da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos e novos produtos na indústria de pré-fabricados e investigou-se as novas tecnologias que contribuem para tornar a engenharia simultânea mais eficiente.

Por meio da análise dos resultados, foi possível estabelecer o fluxo de desenvolvimento dos projetos na indústria da construção civil na área de pré-

fabricados de concreto. Com os dados obtidos através das entrevistas e observações, foi possível identificar que a empresa, objeto deste estudo de caso, utiliza-se predominantemente as premissas da engenharia sequencial. Portanto, o objetivo geral da pesquisa foi respondido ao elaborar e propor a adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto.

A engenharia simultânea pode ser útil na minimização de prazos e redução de erros em projetos. Com essas mudanças, conseqüentemente ocorrerá redução de custos, perdas do processo produtivo, melhoria da qualidade das obras, melhor atendimento às necessidades e requisitos dos clientes e redução do estresse entre os setores de projeto e produção.

Na indústria de pré-fabricados, apesar das suas particularidades, certamente podem ser aplicadas as boas práticas da engenharia simultânea, basta adaptá-las a realidade da empresa. Os bons resultados poderão ser potencializados com a utilização de novas formas de comunicação e desenvolvimento de projetos, como o caso do uso do BIM 4D.

A melhoria contínua deveria ser o objetivo de toda empresa. Se este princípio for entendido e aplicado pelos gestores deste país, com certeza teremos uma economia e ambiente melhor para todos.

Desta forma, o objetivo Geral deste trabalho, propor uma adaptação do modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto foi atingido, embora a breve investigação aqui apresentada sobre a engenharia simultânea, não teve como objetivo esgotar o assunto. É preciso divulgar ainda mais a sua metodologia e aplicabilidade, principalmente ao setor da construção civil que no Brasil carece de evolução. A implementação da proposta aqui apresentada, se bem aplicada, poderá provar a eficiência da engenharia simultânea nesta área.

Como sugestão de pesquisas futuras, acredita-se que novos trabalhos nesta área são necessários para demonstrar a eficiência da adaptação realizada no modelo da engenharia simultânea para o desenvolvimento de projetos na indústria de pré-fabricados de concreto

REFERÊNCIAS

ACKER, A. VAN. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. São Paulo: ABCIC, 2003. Disponível em: <[http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST 725 A/mpf.pdf](http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST_725_A/mpf.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2015.

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do produto**: engenharia simultânea. 25 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Florianópolis. Florianópolis, 2001. Disponível em: <http://alvarestech.com/temp/PDP2011/emc6605.ogliari.prof.ufsc.br/Restrito/DES_PRO_ES_TEXTO_GDP.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2015.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. O uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de

construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 65–77, abr./jun. 2015. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/38333>>. Acesso em: 20 out. 2015.

BRITO, D. M. DE; FERREIRA, E. A. M. Modelagem 4D aplicada ao planejamento e controle de obras. In: **Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil**, 2013. São Paulo. Anais Prêmio OAS/EP-UFBA, 2014, p. 27-44. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>>. Acesso em: 20 out. 2015.

CAIADO, K. DE F. **Estudo e concepção de edifícios em módulos pré-fabricados estruturados em aço**. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. Disponível em: <<http://www.propec.ufop.br/upload/tese174.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

COELHO, R. DE A. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**, 157 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FACO-5YHRTA>>. Acesso em: 3 nov. 2015.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**, 350 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/projecto_simultaneo_const_edificios/Projeto_Simultaneo_TESE1.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2015.

FERREIRA, S. L. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. In: **VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**, 2007, Curitiba: UFPR. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-44.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

FORMOSO, C. T.; TRESCASTRO, M.; CODINHOTO, R. **Planejamento e controle integrado do projeto e da produção em ambientes simultâneos na construção civil**. Salvador: UFBA. 2006. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Gestao%20Producao/Texto5UFBA2007%20Planejamento.pdf>>. Acesso em: 05 jul 2015.

FREITAS, J. G. A. **Metodologia BIM** – uma nova abordagem, uma nova esperança. 132 f. Dissertação – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira. Funchal (Portugal), 2014. Disponível em: <<http://repositorio.uma.pt/bitstream/10400.13/745/1/MestradoGon%C3%A7aloFreitas.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

GONÇALVES, I. F. DO V. **Aplicação do BIM ao projeto de estruturas: abordagem de programação ao processo de pormenorização de vigas de betão armado**. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Construções Cíveis, Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Viana do Castelo (Portugal), 2014. Disponível em: <http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/123456789/1308/1/Ismael_Goncalves.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

HARTLEY, J. R. **Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre: Artes médicas, 1998.

KRUGLIANSKAS, I. Engenharia simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 104–110, out./dez.1993. Disponível em: <www.rausp.usp.br/download.asp?file=2804104.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LOTIF, S. A. L.; ELIAS, S. J. B. Proposta de implantação da engenharia simultânea em uma indústria de confecção no estado do Ceará. In: **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2013, Salvador: ENEGEP, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_181_034_22619.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2015.

MACHADO, M. W. K. **Análise estratégica da gestão da informação para redução de períodos sazonais de produção na construção civil: conceitos e ferramentas**. 59 p. Monografia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

MELO, R. G. DE. **Building Information Modeling (BIM) como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil**. 96 p. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga. Formiga, 2014. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/handle/123456789/269>>. Acesso em: 20 out. 2015.

PEDRINI, M. K. **Engenharia simultânea**: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil. 233 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_3898_Manuela Kautscher Pedrini.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2015.

PEREIRA, É. C. O.; PISKE, F.; OLIVEIRA, G. P. DE; et al. Engenharia simultânea: um estudo de caso em uma empresa têxtil. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 0–7, out. 2001. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/590/633>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

PIETRO, J. E. DI. Critérios para otimização da produção e controle de qualidade para elementos pré-fabricados em concreto. In: **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2002. Curitiba: ENEGEP, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr21_1323.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

PRETTI, S. M. **Engenharia simultânea em construtoras-incorporadoras**: uma análise de maturidade. 246 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6719_Soraya Mattos Pretti.PDF>. Acesso em: 2 dez. 2015.

REZENDE, P. E.; ANDERY, P. R. P. A utilização de princípios da engenharia simultânea no processo de projeto de pontes e viadutos. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 53–87, 2009. Disponível em: <www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50952>. Acesso em 5 jul. 2015.

SERRA, S. M.; FERREIRA, M. D. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. In: **I Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado**, 2005. São Carlos: UFSCAR, 2005. Disponível em: <www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

SOARES, É. DE L.; NUNES, F. DE L. Aplicabilidade da engenharia simultânea orientada pela corrente crítica no desenvolvimento de projetos de molde de injeção. **RevistaEspacios**, Caracas (Venezuela), v. 36, n. 08, jan. 2015. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n08/15360815.html>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.