



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO PROCESSO DE PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS COM FOCO NA INTEGRAÇÃO – ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS¹

MARTINI, Renata Jardim (1); STARLING, Cícero Murta Diniz (2); ANDERY, Paulo Roberto Pereira (3)

(1) UFMG, e-mail: renatajmartini@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: cicero.starling@ufmg.br; (3) UFMG, e-mail: pandery@ufmg.br

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa sobre o processo de projeto de estruturas metálicas, focando a adoção de conceitos de engenharia simultânea e nas relações entre empreendedores e projetistas. Promoveu-se o mapeamento do processo de projeto de empreendimentos de andares múltiplos de duas empresas, analisando sua adequação aos conceitos de Engenharia Simultânea. Utilizou-se o método de estudos de casos múltiplos, com a caracterização de suas fontes de evidências. Os resultados sugerem que os processos e procedimentos utilizados pelas empresas avaliadas se apresentaram semelhantes àqueles descritos na literatura, havendo integração entre as etapas de concepção, projeto e produção. Por outro lado, a falta de envolvimento do cliente, em especial nas etapas iniciais de elaboração do programa e da concepção, cria problemas e dificuldades. O estudo contribuiu para a criação de um modelo de referência para o processo de projeto e produção de estruturas em aço.

Palavras-chave: Processo de Projeto de Estruturas Metálicas. Integração Projeto e Produção. Engenharia Simultânea.

ABSTRACT

This paper aims presenting the partial results of a research on steel structures design management, focusing on the use of concurrent engineering concepts, as well as the relationships between project owners and structural designers. The design process of multistory buildings was carried out and their suitability to the concepts of Concurrent Engineering was outlined. Multiple case study method was used, and their evidence sources are characterized. The results suggest that the processes used by the evaluated companies were similar to those described in the literature, with integration between the stages of conception, design and production. Moreover, the lack of customer engagement, especially in the early stages of briefing definition and conception brings some difficulties and drawbacks. The study contributed to the set up of a reference model for the process of design and production of steel structures.

Keywords: Metalic Structures Design Process. Design and Production Integration. Concurrent Engineering.

¹ MARTINI, Renata Jardim; STARLING, Cícero Murta Diniz; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. Mapeamento e análise do processo de projeto de estruturas metálicas com foco na integração – estudos de casos múltiplos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A pressão pela redução de custos e prazos de empreendimentos de construção têm feito que, de maneira gradativa, sejam introduzidos conceitos de industrialização e pré-fabricação de sistemas construtivos, o que já vem sendo feito há mais tempo em outros países. No Brasil, a industrialização vem sendo associada a produtos e sistemas construtivos específicos, como é o caso das estruturas metálicas (JARDIM, 2010).

Nesse marco, a construção em aço deve absorver os conceitos de produção seriada e aplicá-los, com as devidas adaptações, enfatizando os conceitos de pré-fabricação. Para Fabrício (2013), a pré-fabricação é vista como uma estratégia que permite a produção em série de partes da construção ou que permite a racionalização dos processos de produção e montagem.

Para isso, torna-se necessária a introdução dos conceitos de projeto simultâneo (FABRICIO e MELHADO, 2009) em um ambiente de colaboração (SHELBOURN et al., 2012) com a consideração simultânea do produto e de seus processos de produção. Para tanto, torna-se necessária a integração entre os diversos agentes responsáveis pela definição das estratégias comerciais dos empreendimentos com aqueles responsáveis pelas fases de projeto, fabricação e montagem. Por outro lado, as lacunas e deficiências no processo de concepção e desenvolvimento dos projetos, tendo em conta as etapas subsequentes, parece ser um dos principais obstáculos da indústria da construção civil (GRILLO et al., 2003).

Ainda são relativamente poucos os trabalhos da literatura nacional que focam a gestão do processo de projeto de estruturas metálicas, já que a maioria concentra sua atenção em aspectos tecnológicos ou de parâmetros projetuais. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo exploratório, utilizando o método dos estudos de casos múltiplos, com foco em duas questões inter relacionadas.

Em primeiro lugar, busca-se saber, por meio de estudo exploratório, em que medida as empresas que detêm o controle sobre o ciclo de produção das estruturas metálicas assumem um fluxo de trabalho que se aproxime, em maior ou menor grau, dos conceitos de projeto simultâneo (Fabricio, 2002).

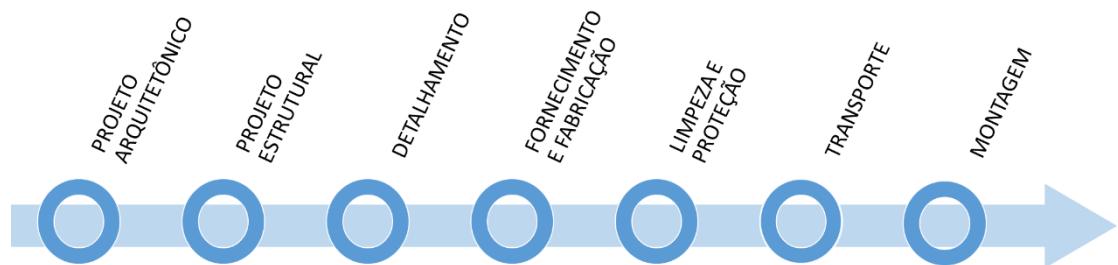
Em segundo lugar, busca-se entender em que medida as características dos clientes e dos empreendimentos influenciam nesse fluxo de atividades de concepção, projeto, montagem e execução de estruturas em aço. Outros aspectos, como integração entre as etapas e a caracterização das atividades de projeto e montagem são descritos em outro trabalho (JARDIM, 2010).

Na sequência são brevemente apresentados alguns conceitos que referenciaram o trabalho, além das apresentações do método de pesquisa e dos principais resultados.

2 BREVE REFERENCIAL TEÓRICO

Para Almeida e Toledo (1991), o ciclo de produção diz respeito à sequência de atividades desempenhadas pelas empresas para obtenção do produto. Segundo Bellei et al. (2008), conforme apresentado na Figura 1, a construção em aço industrializada é o resultado de um processo que se inicia no *Projeto Arquitetônico* e segue pelo *Projeto Estrutural*, *Detalhamento*, *Fornecimento e Fabricação*, *Limpeza e Proteção*, *Transporte* e finaliza na *Montagem*. A descrição de cada uma dessas atividades pode ser encontrada no trabalho destes autores. Em particular, o *fornecimento* se refere a toda matéria prima necessária à *fabricação* da estrutura metálica.

Figura 1 – Etapas que constituem o processo da construção em aço



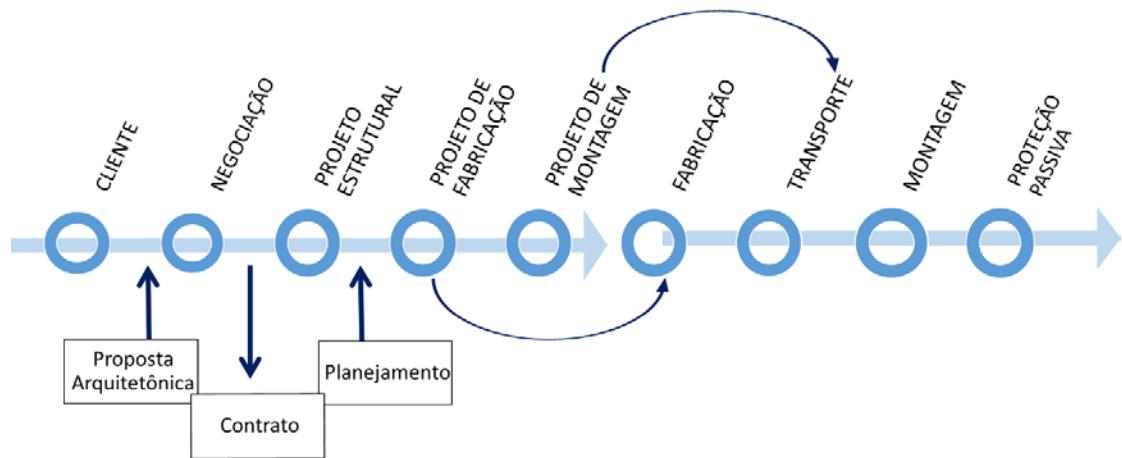
Fonte: Bellei et al. (2008) - adaptado pelos autores

Bauermann (2002) apresenta em seu trabalho um processo da construção em aço, esquematicamente ilustrado na Figura 2, semelhante ao de Bellei et al. (2008). Estes destacam-se quando são comparados, de maneira a complementar o processo em dois pontos. O primeiro ponto está já na primeira atividade, que para Bauermann é denominada *Cliente*. Dessa maneira, a primeira fonte de informação para o desenvolvimento do produto é o cliente, antes mesmo do fechamento do contrato. Desde o primeiro contato já são coletadas informações pertinentes ao produto, principalmente no que tange às necessidades do cliente, bem como o *Projeto Arquitetônico*. Algumas vezes o cliente precisa de uma conversa com um especialista para ajudar a identificar quais são, realmente, suas necessidades. O segundo ponto que merece destaque é o fato de haver atividades específicas para elaboração dos *Projetos de Fabricação* e de *Montagem*.

Fluxos de trabalho como os indicados acima assumem, ao menos implicitamente, o conceito de integração entre projeto e produção, nos termos indicados por Melhado e Fabrício (1998). Segundo estes autores, os Projetos do Processo de Produção têm como uma das suas funções ser capazes de fornecer uma melhor "tradução" das características e especificações do produto em procedimentos e sequências de produção, com o objetivo de mitigar a possibilidade de execução inadequada ou incompleta destas especificações. O Projeto da Produção é a prescrição detalhada das técnicas construtivas, das ferramentas e dos materiais empregados em cada serviço. Este determina os padrões de referência a

serem seguidos nas várias obras da empresa, além de tratarem dos requisitos para compra e recebimento dos materiais e componentes de construção. O Projeto para Produção compõem-se do conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora. As características mais detalhadas de cada um estão apresentadas no artigo destes autores.

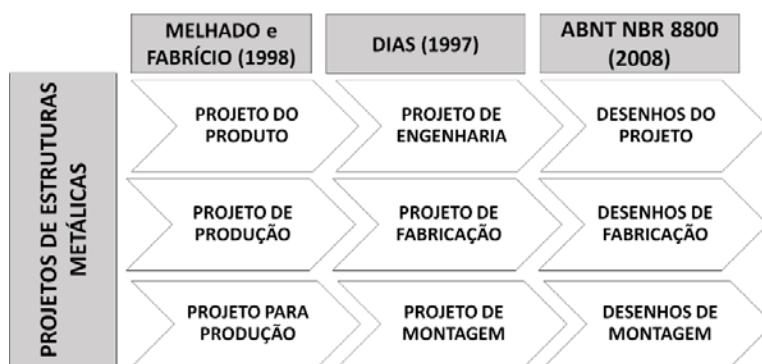
Figura 2 – Diagrama do processo da construção em aço



Fonte: Bauermann (2002) - adaptado pelos autores

Com base nas características de cada tipo de projeto apresentadas pela ABNT NBR 8800 (2008), por Dias (1997) e Melhado e Fabrício (1998), é possível identificar uma correlação entre as definições de projetos de estruturas em aço, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Denominações das diferentes etapas dos projetos de estruturas em aço



Fonte: Melhado e Fabrício (1998), Dias (1997) e ABNT NBR 8800 (2008) - adaptado pelos autores

Pode-se observar que o Projeto de Engenharia pode ser considerado um Projeto do Produto ou como Desenhos de Projeto. O Projeto de Fabricação pode ser entendido como um Projeto da Produção ou Desenhos de

Fabricação e o Projeto de Montagem como um Projeto para Produção ou Desenhos de Montagem.

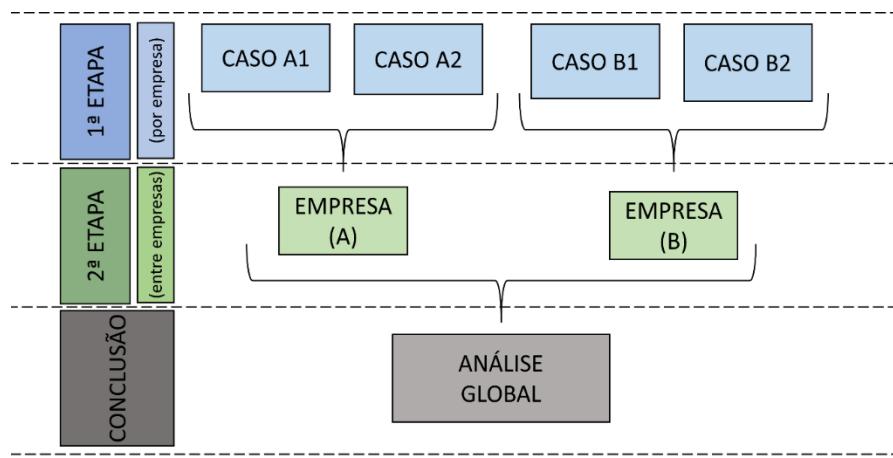
3 MÉTODO

Definiu-se como objeto de estudo a *análise do ciclo de produção industrializada de estruturas em aço*, sendo dada ênfase à caracterização dos processos de projeto de produção. No presente trabalho, são apresentados aspectos relacionados à concordância dos processos observados no mercado com aqueles sugeridos na estrutura conceitual do projeto simultâneo (FABRÍCIO, 2002) e em que medida as características dos empreendimentos interferem nos processos internos das empresas.

Por se tratar de um estudo exploratório, utilizou-se o método de estudos de casos múltiplos. Foram estudados os processos de projeto de duas empresas responsáveis pela concepção, desenvolvimento dos projetos, fabricação e montagem de estruturas metálicas. Analisou-se quatro empreendimentos, sendo dois de cada empresa.

Foi estabelecido um protocolo para os estudos de casos, que envolveu: (i) definição dos critérios para seleção das empresas e empreendimentos; (ii) seleção das empresas e dos seus empreendimentos; (iii) definição das fontes de evidências; (iv) coleta de dados; (v) definição de critérios de análise e (vi) análise e triangulação dos dados intra casos e inter casos, conforme indicado na Figura 4.

Figura 4 – Método de análise dos dados coletados



Fonte: Os autores

Como principais fontes de evidências destacaram-se entrevistas com os gerentes (responsáveis pelos processos de projeto e execução), entrevistas com projetistas, entrevistas com os responsáveis pela área comercial (de interface com os clientes) e análise de projetos e documentos associados à produção (inclusive cadernos de campo). Também foi feita observação direta (presencial) de rotinas de trabalho. As entrevistas foram semi estruturadas e validadas pelos respondentes. Detalhes do método de pesquisa são indicados em Martini (2016).

Os principais focos de análise foram: (a) em que medida o processo de projeto encontra-se de acordo com as melhores práticas que incorporem os conceitos de projeto simultâneo, como indicado acima e (b) em que medida as características específicas dos empreendimentos e da estratégia comercial dos empreendedores interferem na organização e no fluxo de atividades do processo de projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das empresas e dos empreendimentos

Para o presente estudo, selecionou-se duas empresas que atendiam aos seguintes pré-requisitos: (i) serem representativas do segmento de projeto e produção de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos; (ii) terem processos e/ou procedimentos já consolidados e documentados; (iii) terem evidências de que o processo de concepção considera aspectos de produção e montagem; (iv) terem disponibilidade de informações documentadas e rastreáveis a respeito do processo de projeto e (v) apresentarem possibilidade de análise de empreendimentos nos quais pudessem ser avaliados a integração entre projeto e execução.

Para cada uma das duas empresas, selecionou-se dois empreendimentos que observavam os seguintes critérios: (a) terem a atividade de projeto executada pela equipe interna da empresa, sem terceirizações; (b) apresentarem semelhanças em suas características, como tipo de ocupação e complexidade do projeto; (c) serem desenvolvidos segundo o processo implantado na empresa e (d) apresentarem registros documentados a respeito dos processos empregados, bem como de dados técnicos dos projetos.

A *Empresa A* atua no mercado há mais de 30 anos, oferece serviços de cálculo, detalhamento, fabricação e montagem de estruturas de aço para edifícios de andares múltiplos no Brasil e em outros países. O fluxo do processo de projeto das estruturas se inicia na Diretoria Comercial, onde são fechados os contratos das obras e projetos a serem executados. Em seguida, a Diretoria de Superintendência inicia suas atividades pela Gerência de Projetos, quando são definidos os responsáveis que realizarão a gestão do contrato da obra comercializada. Após essa definição iniciam-se as operações do projeto com a Diretoria Técnica, onde os projetos do produto do empreendimento são elaborados pela Gerência de Engenharia, e em seguida são transcritos para linguagem de produção pela Gerência de Detalhamento. A Gerência de Detalhamento é responsável pela produção dos Projetos do Processo, que são os Projetos da Produção (destinados à fabricação) e Projetos para Produção (destinados à montagem). Por fim, estes projetos são encaminhados à Diretoria Industrial, responsável pela fabricação das peças e, após fabricação, são direcionados à Gerência de Montagem.

Para esta empresa, o Caso A1 envolve um shopping vertical. O edifício é

estabilizado por sistemas metálicos e foi calculado como estrutura mista de aço e concreto, nos elementos de vigas, lajes e pilares. O edifício tem dez pavimentos, com uma área total de laje de aproximadamente 30.500 m². O escopo do contrato englobava a solução estrutural, incluindo o cálculo, projeto, fabricação e montagem. A fabricação da estrutura do edifício é prevista para ocorrer em quatro meses e a montagem em oito meses.

O Caso A2 trata de um edifício comercial, sendo o cliente uma grande empresa do mercado imobiliário. O empreendimento se caracteriza como um edifício de andares múltiplos para uso misto que compreende vinte e dois pavimentos, além de cinco subsolos que não fazem parte do escopo da Empresa A. O sistema estrutural é composto por vigas mistas em perfis I de alma plana.

A Empresa B atua há mais de 20 anos no mercado, oferecendo serviços de cálculo, detalhamento, fabricação e montagem de estruturas de aço para edifícios de andares múltiplos, além de soluções industrializadas, desde engradamentos para telhados até estruturas para conjuntos habitacionais. Seu fluxo do processo de projeto das estruturas se inicia no Departamento Comercial, onde são fechados os contratos das obras e projetos a serem executados. No setor denominado Engenharia são produzidos os projetos desdobrados em Projetos da Produção (destinados à fabricação) e Projetos para Produção (destinados à montagem). Estes projetos são encaminhados à fábrica, responsável pela fabricação das peças, e após a fabricação são direcionadas à montagem.

Para esta empresa, o Caso B1 diz respeito a um edifício comercial de cinco pavimentos. O edifício é estabilizado por sistemas metálicos e foi calculado como estrutura mista de aço e concreto nos elementos de lajes. O edifício tem previsão de expansão de mais três pavimentos e um heliponto. O projeto é composto de uma área total de laje de aproximadamente 3.950 m² e com cerca de 152 toneladas de aço. O escopo do contrato englobava a elaboração dos projetos, incluindo a fabricação e montagem da estrutura, cada uma com previsão de ocorrerem em dois meses.

O Caso B2 refere-se a um edifício comercial horizontal de dois pavimentos com 3.168 m². O empreendimento foi concebido em estrutura mista de aço e concreto, com sistema de contraventamento para sua estabilização. O escopo do contrato englobava a elaboração de cálculo e dos projetos da estrutura, com a fabricação e montagem. O prazo previsto de execução e entrega do empreendimento é de vinte semanas, incluindo cinco para a elaboração do projeto, cinco para a fabricação da estrutura e seis para a montagem da mesma.

4.2 O processo de projeto e suas características

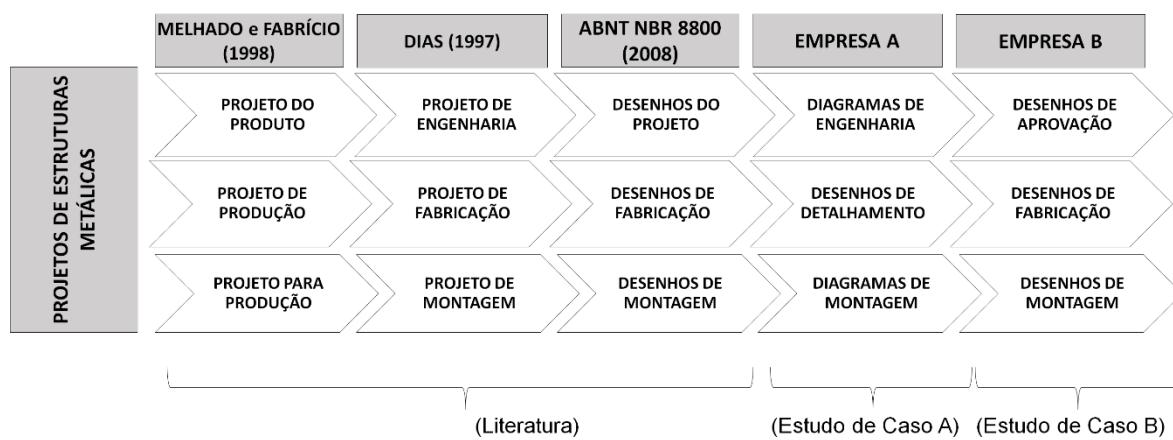
Por razões de brevidade, o processo de projeto das empresas é caracterizado com mais detalhes em Martini (2016), também não sendo descritas com detalhes as características dos quatro empreendimentos, que aqui são tratados em seu conjunto.

Com base nos dados coletados, nota-se que as características do processo de projeto de ambas as empresas são similares às definições de Bauermann (2002) e da ABNT NBR 8800 (2008), que estabelecem que o projeto é considerado um produto constituído por um conjunto de documentos (com elementos descritivos, gráficos e de linguagem) adequados ao atendimento das necessidades de produção.

Conforme a Figura 5, as duas empresas também produzem e utilizam os projetos do produto e aqueles destinados à fabricação da estrutura em consistência com o que é descrito na literatura, no que tange à sequência e funcionalidade das etapas do projeto de estruturas metálicas.

Apesar de possuirem nomenclatura diferenciada, as funções e informações contidas em cada etapa do processo de projeto das empresas avaliadas são compatíveis e coincidentes com as boas práticas descritas na literatura para a produção de estruturas em aço.

Figura 5 – Etapas dos projetos de estruturas em aço das empresas avaliadas em comparação com aquelas identificadas na literatura



Fonte: Os autores

Ainda que a hipótese requeira ulteriores estudos para sua comprovação, sugere-se que nas construções industrializadas de estruturas em aço as exigências de precisão e adequação aos processos de produção exige que as empresas busquem a integração entre o projeto do produto e os projetos de produção e para produção, como indicado na seção 2 do presente trabalho. Ou seja, o tipo de processo produtivo acaba sendo um indutor para a utilização dos princípios de projeto simultâneo, como definidos na literatura. Daí serem os processos projetuais próximos aos indicados no referencial teórico estudado.

Por outro lado, verifica-se também estarem presentes, no ambiente de projeto e produção de estruturas em aço, pelo menos dois elementos definidos por Love e Gunasekaran (1997) como condição para a implementação de conceitos de engenharia simultânea: o uso de tecnologias de informação e comunicação (em especial o CAD/CAM) e a estruturação de um fluxo de atividades durante o processo de projeto, que configurem um modelo de referência para este processo.

Uma mudança de cultura organizacional, privilegiando a integração das etapas de projeto de produção, também apontado por Love e Gunasekaran (1997) como outro fator fundamental, parece depender da capacidade de envolvimento dos empreendedores com os conceitos de Engenharia Simultânea, o que nem sempre acontece, como evidenciado nos presentes estudos de casos. A integração projeto-produção é identificada no momento em há o envolvimento dos setores de fabricação e montagem ainda na fase de cálculo e produção dos projetos e, por vezes, também na etapa responsável pelo orçamento.

Verificou-se que o processo de projeto, ainda que estruturado e organizado, passa a ser adaptado à realidade do mercado, por exemplo, quando este se apresenta retraído e com redução de investimentos, com baixa demanda e maior oferta. A análise dos dados sugere que o processo de projeto com frequência está vinculado a uma dinâmica de mercado que é caracterizada por um prazo exíguo para a contratação e o desenvolvimento dos projetos, o que impacta no sentido de encurtar e sobrepor as fases do processo projetual. Como consequência, as empresas são obrigadas a tomarem decisões, assumindo riscos previamente analisados, para atender às necessidades de fabricação, como produção de peças fora da sequência de montagem e sem aprovação formal do cliente.

Apesar das empresas terem que se adequar às características do cliente, o mesmo deve atender aos princípios mínimos de uma construção industrializada que exige uma fase de concepção de produto mais detalhada, envolvendo, por exemplo, a prévia compatibilização entre os projetos de diferentes especialidades para a viabilização da fabricação da estrutura. Verificou-se que as faltas de compatibilização e de envolvimento das diferentes especialidades ainda na fase de orçamento e concepção do produto gera atrasos na finalização dos empreendimentos.

Identificou-se que quando o produto não é bem definido pelo cliente a etapa de orçamento torna-se mais trabalhosa na medida que deve levantar as necessidades do cliente, também considerando as limitações da construção industrializada em aço. O número de envolvidos e a duração da etapa de orçamento aumentam para projetos de maior complexidade e produtos não claramente definidos.

Em processos industrializados é de se esperar que o planejamento das atividades de produção e montagem seja feito de maneira antecipada, integrada à fase de projeto que, por sua vez, demanda um conjunto de especificações claramente definido.

No entanto, observou-se em três dos empreendimentos que indefinições do cliente, morosidades no envio de respostas a questões associadas ao conceito arquitetônico e sua interface com o projeto estrutural e mudanças no próprio programa do empreendimento geram interferências. Estas interferências dificultam que a empresa envolvida dê seguimento aos processos normais de integração entre as etapas de concepção, projeto e

produção.

Ao contrário, quando houve uma interação entre o empreendedor e a empresa fabricante da estrutura, com o envolvimento do empreendedor desde o início da concepção (como foi o caso do empreendimento B2) o fluxo de trabalho seguiu-se da maneira prevista, tornando-se mais próximo dos conceitos de engenharia simultânea.

Quando o projeto e a obra apresentam menores complexidades, o processo de projeto ocorre na sua sequência normal. Entretanto, ao aumentar a complexidade do projeto e/ou da obra, o processo de produção dos projetos sofre interferências nas ferramentas de controle e registro de informações. Neste caso, as etapas, funções e sequência das atividades do processo de projeto não são alteradas, mas os seus subprocessos sofrem modificações e/ou complementações para garantir a qualidade do produto, frente ao maior número de variáveis envolvidas. Neste sentido, verificou-se, por exemplo, a criação de ferramentas de controle de estoque em fábrica de peças já fabricadas e impedidas de serem expedidas para o canteiro por questões externas, eliminação de formulários, mudanças na forma de abordagem do cliente e alterações na composição das equipes de trabalho envolvidas nas etapas do processo.

Assim, os perfis dos clientes interferem indiretamente no processo do projeto de estruturas em aço, principalmente nas formas e ferramentas de registros e controle. Entretanto, mesmo com essa constante adaptação, é possível manter um padrão no processo de projeto sem interferências na sequência e na funcionalidade de cada etapa, atendendo às diversas demandas de mercado e de complexidade técnica dos projetos.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou parte dos resultados de um estudo exploratório sobre o processo de projeto e produção de estruturas metálicas em aço, a partir da realização de estudos de casos múltiplos.

Dois aspectos se destacaram. Em primeiro lugar, o processo de produção das estruturas implica em um fluxo de atividades à montante que privilegia a integração das etapas de concepção, projeto e produção. Apesar de apresentarem estruturas empresariais distintas, as duas empresas estudadas têm um fluxo de atividades no processo de projeto similar, que se aproxima dos conceitos de projeto simultâneo.

Os maiores problemas associados ao aumento de custos, retrabalhos e atrasos na entrega dos empreendimentos estão associados à relação entre o cliente empreendedor e a empresa fabricante da estrutura, sobretudo pelo baixo envolvimento dos clientes no envio de informações e definições que impactam no processo de projeto de produção.

Nesse sentido, levanta-se a possibilidade de que os clientes ainda não estão acostumados com uma estrutura de trabalho, que deveria ser intrínseca a processos industrializados de produção, nos quais a definição do escopo do

produto, o programa de necessidades e as especificações de projeto sejam definidos cuidadosamente nas etapas iniciais de concepção e planejamento dos empreendimentos, o que nem sempre acontece.

REFERÊNCIAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.
- ALMEIDA, H. S.; TOLEDO, J. C. Qualidade total do produto. **Produção**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 21-37, out. 1991.
- BAUERMANN, M. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço**. 2002. 269 p. Dissertação (Mestrado em Construção em aço) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2002.
- BELLEI, I. H. et al. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. Ed. PINI, 2^a ed., 2008. 556 p.
- DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagens**. São Paulo, Ed. Zigurate, 1997. 159p.
- FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FABRICIO, M. M. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, [S.I.], v. 20, n. 33, p. 228-248, jun. 2013.
- FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. Concurrent design: a model for integrated product development". In: Emmitt, S., M. Prins and A. Otter, **Architectural management: international research & practice**. 1 ed., Wiley-Blackwell, Oxford. p. 119-134, 2009.
- GRILLO, L. M. et al. Implementação da gestão da qualidade em empresas de projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 55-67, jan./ mar. 2003.
- JARDIM, F. G. **Análise da especificação de materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construções metálicas**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010. 96p.
- LOVE, P.; GUNASEKARAN, A. Concurrent engineering in the constructin Industry. **Concurrent Engineering**, v. 5, n. 2, p. 155-162, jun 1997.
- MARTINI, R.J. **Análise do ciclo de produção de estruturas em aço industrializadas para edifícios de andares múltiplos: Um estudo de caso**. 2016. 126p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M. Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. In: ENTAC – Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído - Qualidade no processo construtivo, 7, Florianópolis. **Anais** ... Florianópolis: 1998.

SHELBOURN, M. et al. Collaboration: key concepts. In: BOUCHLAGHEM, D. (Ed.): **Collaborative work in construction**. London: Spoon Press, 2012.