

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**"ANÁLISE DO CICLO DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO
INDUSTRIALIZADAS PARA EDIFÍCIOS DE ANDARES MÚLTIPLOS:
UM ESTUDO DE CASO"**

Autora: Renata Jardim Martini

Orientador: Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Belo Horizonte

Junho/2016

M386a	Martini, Renata Jardim. Análise do ciclo de produção de estruturas em aço industrializadas para edifícios de andares múltiplos [manuscrito] : um estudo de caso / Renata Jardim Martini. – 2016. 139 f., enc.: il. Orientador: Cícero Murta Diniz Starling. Coorientador: Paulo Roberto Pereira Andery. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Anexos: f. 131-139. Bibliografia: f. 120-130. 1. Construção civil - Teses. 2. Materiais de construção - Teses. 3. Aço - Estruturas - Teses. I. Starling, Cícero Murta Diniz. II. Andery, Paulo R. P. (Paulo Roberto Pereira). III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título. CDU: 691(043)
-------	---

Renata Jardim Martini

**"ANÁLISE DO CICLO DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO
INDUSTRIALIZADAS PARA EDIFÍCIOS DE ANDARES MÚLTIPLOS:
UM ESTUDO DE CASO"**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Materiais de Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão de Empreendimentos de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2016

Renata Jardim Martini

**" ANÁLISE DO CICLO DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO
INDUSTRIALIZADAS PARA EDIFÍCIOS DE ANDARES MÚLTIPLOS:
UM ESTUDO DE CASO "**

Esta dissertação foi julgada adequada para a aprovação do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 29 de Junho de 2016.



Prof. Dra. Maria Teresa Paulino Aguiar
Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Construção Civil

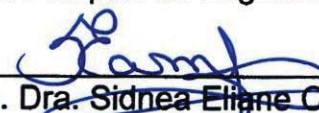
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling
Orientador - (UFMG / Depto. de Engenharia de Materiais e Construção)



Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery
Coorientador - (UFMG / Depto. de Engenharia de Materiais e Construção)



Profa. Dra. Sidneia Eliane Campos Ribeiro
(UFMG / Depto. de Engenharia de Materiais e Construção)



Prof. Dr. Marcos Martins Borges
(Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído – UFJF)

“E aprendi que se depende sempre
De tanta, muita, diferente gente
Toda pessoa sempre é as marcas
Das lições diárias de outras tantas pessoas.
É tão bonito quando a gente entende
Que a gente é tanta gente
Onde quer que a gente vá.
É tão bonito quando a gente sente
Que nunca está sozinho
Por mais que pense estar...”

(Caminhos do coração – Gonzaguinha)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço ao Departamento de Engenharia de Materiais, especialmente ao William, Ivonete, Ariela, Edmilson, pelo suporte administrativo.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Agradeço à Prof.^a. Dra. Maria Teresa pela disponibilidade e pelo suporte.

Ao Prof. Dr. Paulo Andery pela confiança, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e por ter sido meu constante incentivador de superação dos meus limites.

Ao Prof. Dr. Cícero Starling pela orientação.

Aos meus pais, por me terem dado educação, valores que permitiram ser a pessoa que sou hoje.

Em especial à minha mãe. Com certeza absoluta, sem ela não seria possível concluir o trabalho na reta final. Obrigada pelo suporte e pela cobrança diária.

À minha irmã, meu irmão e meu pai por entenderem minhas ausências e contratempos ao longo deste período. Obrigada pelo suporte em casa.

Ao querido Rodrigo Molina, meu companheiro e parceiro.

A todos os profissionais das duas empresas que disponibilizaram seu precioso tempo para participar da pesquisa.

Aos meus grandes amigos pela amizade, carinho, disponibilidade e pela capacidade de me distrair nos momentos de descanso mental.

À querida amiga, parceira, colega e grande profissional Fabíola Martins pelo companheirismo dentro e fora do mestrado.

Aos queridos Jeovanina M. Mesquita e João Batista Mesquita pelo suporte nos intermináveis fins de semana de estudos.

A todos MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido baseado em estudos de casos a respeito do ciclo de produção de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos. O termo “produção de estruturas” neste trabalho é entendido como a simultaneidade dos projetos do produto e dos projetos do processo, que engloba os projetos da produção (destinados à fabricação) e projetos para produção (destinados à montagem). A dissertação descreve o impacto das questões gerenciais do processo de projeto na qualidade das estruturas e na garantia de seu desempenho. As empresas selecionadas para a pesquisa são reconhecidas no ramo, possuem um sistema de gestão da qualidade implantado e aplicam os conceitos de engenharia simultânea ao fluxo de produção de estruturas do sistema construtivo de andares múltiplos. Como fontes de evidência foram analisados os documentos internos de cada empresa relativos ao processo de projeto, produtos internos e externos, memórias de cálculo, fluxos de processo, além de entrevistas semiestruturadas e observação direta de rotinas de trabalho. Para validação, foi realizada a triangulação das informações coletadas, primeiramente entre os casos e posteriormente entre as duas empresas entrevistadas. Os processos foram comparados tanto entre as empresas quanto com as informações fornecidas pela literatura. Com base no estudo exploratório foram identificadas deficiências no ciclo de produção, em especial no processo de projeto. Tais deficiências surgiram da relação fabricante versus cliente e do impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida do produto. Abordou-se também o impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades, a integração dos setores da empresa e o nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Palavras chaves: Processo de Projeto de Estruturas Metálicas; Integração Projeto e Produção; Engenharia Simultânea.

ABSTRACT

This work was based on case studies regarding steel structures production cycle for multiple floors buildings. The term "structures of production" in this paper is understood as simultaneity of product designs and process designs, which includes projects of production (for the manufacture) and projects for production (for fitting). This work describes the impact of management issues in the design process on the quality of structures and ensuring their performance. The selected companies for this research, have implemented a quality management system and apply the concepts of concurrent engineering to the production flow of the constructive system. The evidence sources the internal documents were analyzed for each company regarding process design, and semi-structured interviews and direct observation of work routines. For validation, the triangulation of collected informations was carried out primarily among the. The cases were compared both between companies and with the information provided by the literature. Based on exploratory studies have been identified deficiencies in the production cycle, in particular in the design process. Such deficiencies emerged from the manufacturer x client relationship and the impact of resource allocation in the flow of the activities of the product life cycle. It can also be named the impact of commercial and of the financial issues in the flow of activities, of the integration of the sectors and of the innovation of projects within the company.

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

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
SUMÁRIO	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	17
1.2 Justificativas	18
1.3 Estrutura da Dissertação	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Construção Civil Industrializada	20
2.2 Construção em Aço Industrializada	23
2.2.1 Produto e Ciclo de Produção	23
2.2.2 Produto: Edifícios de Andares Múltiplos em aço	24
2.2.3 Processo da construção em aço industrializada	26
2.2.4 Caracterização da Construção em aço Industrializada com foco no Projeto 30	
2.3 Projetos	33
2.3.1 Projetos de estruturas em aço	33
2.3.2 Processo de Projeto	38
2.4 Engenharia Simultânea	43
2.4.1 Relação entre projeto simultâneo, equipe multidisciplinar e sua relação com a integração do projeto com outras disciplinas	45
2.5 BIM aplicado à construção industrializada	47
2.6 <i>Work Structuring</i> (WS) e <i>Design for Assembly</i> (DFA) aplicados à construção industrializada	48
3 MÉTODO	50
4 RESULTADOS	59
4.1 Resultados – Empresa A	59
4.1.1 Caracterização da Empresa	59

4.1.2	Descrição do Ciclo de produção de estrutura em aço	60
4.1.3	Processo de Projetos do Processo de Produção de Estrutura em aço 64	
4.1.4	Caso A1	69
4.1.5	Caso A2	78
4.2	Resultados - Empresa B	88
4.2.1	Caracterização da Empresa	88
4.2.2	Descrição do ciclo de produção.....	88
4.2.3	Processo de Projetos do Processo de Produção de Estrutura em aço 91	
4.2.4	Caso B1	93
4.2.5	Caso B2	100
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	107
5.1	Fatores Externos ao Ciclo	107
5.1.1	Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades 107	
5.1.2	Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa	107
5.1.3	Relação fabricante x contratante	108
5.2	Fatores Internos – Análise do Ciclo e suas Etapas.....	109
5.2.1	Análise do ciclo de produção de estruturas em aço	109
5.2.2	Análise do produto (projetos)	114
5.3	Proposta de Melhoria	116
6	CONCLUSÕES	117
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	ANEXOS	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projetos do ciclo de produção baseado nos conceitos de simultaneidade de Melhado e Fabrício (1998).	16
Figura 2: Principais causas dos problemas patológicos na construção civil:	21
Figura 3: Gráfico da distribuição do percentual dos custos de uma estrutura de aço.	22
Figura 4: Capacidade de cada fase do processo do projeto de influenciar os custos do empreendimento ao longo do cronograma.	22
Figura 5: Atividades que compõem o ciclo de produção, baseado em Almeida e Toledo (1991).	24
Figura 6: Imagem ilustrativa do empreendimento Edifício The One localizado em São Paulo/SP.	25
Figura 7: Representação do processo de produção de edifícios metálicos proposto por Moraes (2000).	27
Figura 8: Processos das construções com estruturas de aço.	28
Figura 9: Diagrama do processo de construções em aço de Bauermann (2002), adaptado pela autora.	28
Figura 10: Etapas que constituem o processo da construção em aço, adaptado de Bellei, Pinho e Pinho (2008).	29
Figura 11: Processo de construção proposto por Koskela (1992), adaptado pela autora.	30
Figura 12: Subdivisão simplificada do Processo de Construção em aço Industrializada, baseada no processo de Koskela (1992), adaptado pela autora.	32
Figura 13: Características dos Projetos de Estrutura em aço segundo Dias (2015), adaptado pela autora.	36
Figura 14: Denominações das Projetos de Estruturas em aço segundo a literatura, adaptado pela autora.	38
Figura 15: Ilustração esquemática da Visão de conversão no processo de projeto, adaptado de Beurmann (2002).	39
Figura 16: Processo de Projeto segundo ABNT NBR 13531 (1995).	40
Figura 17: Compilação do Processo de Projeto baseado na Tabela 4.	41
Figura 18: Diagrama das fases do processo de projeto da estrutura metálica, por	

um escritório especializado em projeto.	42
Figura 19: Os principais envolvidos e suas respectivas responsabilidades, adaptado pela autora.	47
Figura 20: Fluxograma das atividades executadas.	50
Figura 21: Descrição esquemática do método para estudo de caso.	52
Figura 22: Protocolo para estudo de caso.	54
Figura 23: Método de análise dos dados coletados.	57
Figura 24: Método de análise dos dados coletados.	58
Figura 25: O Ciclo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa A.	60
Figura 26: Fluxograma – Mapa do Processo PCF.	62
Figura 27: Fluxograma Setor PCF.	63
Figura 28: Fluxo do Processo de Montagem.	64
Figura 29: Fluxo do processo de projetos da produção (Fabricação).	65
Figura 30: Fluxo do processo de projetos para produção (Montagem).	67
Figura 31: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso A1.	70
Figura 32: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso A2.	79
Figura 33: Ciclo de Produção Empresa B.	89
Figura 34: Produção de Projeto de Estrutura em aço.	89
Figura 35: Fluxo de atividades do setor.	91
Figura 36: (a) e (b) Perspectivas do sistema estrutural do Edifício Caso B1.	93
Figura 37: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B1.	94
Figura 38: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B2.	101
Figura 39: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B2.	101
Figura 40: Foto do canteiro de obras durante a montagem das estruturas em aço do caso B2.	104
Figura 41: Proposta do ciclo de produção de estruturas em aço – compilação dos processos descritos no item 2.2.3.	110
Figura 42: Processo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa A.	111
Figura 43: Processo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa B.	112
Figura 44: Esquema de comparação das nomenclaturas dos projetos de estruturas metálicas. (a) Projeto de acordo com autores apresentados no item	

2.3.1. (b) Projetos de acordo com as empresas entrevistadas.	115
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Impactos de um bom projeto nos objetivos de desempenho de uma organização.....	17
Tabela 2: Descrição das etapas do processo proposto por Moraes (2000).	27
Tabela 3: Definições de Projeto segundo alguns autores.	33
Tabela 4: Propostas para o processo de projeto.....	40
Tabela 5: Etapas do processo e produtos segundo Souza <i>et al.</i> (2005b).....	43
Tabela 6: Descrição Detalhada das formas de aplicação da ES na construção de edifícios.	45
Tabela 7: Agentes envolvidos no empreendimento.	55
Tabela 8: Documentos que compõem os Projetos do Processo de Produção.	68
Tabela 9: Duração de algumas atividades desenvolvidas no caso B2.....	103

1 INTRODUÇÃO

Segundo Teixeira (2007), o setor da construção civil enfrenta algumas barreiras para a melhoria da qualidade da edificação, como, por exemplo, os problemas associados aos projetos que se apresentam focados na definição do produto. Esta consideração também é observada no trabalho de Fabrício, Baía e Melhado (1998) quando os autores afirmam que os projetos são percebidos como produtos de uma atividade secundária nas empresas de construção. Neste caso estes projetos são orientados para a definição do produto, sem considerar adequadamente a forma e as implicações quanto à produção das soluções adotadas.

A não consideração do processo de execução na elaboração dos projetos, caracteriza a fonte da maioria dos problemas gerados na execução, no uso e na ocupação da edificação. Na construção industrializada, a falta de atenção aos projetos destinados à produção do produto, pode ser ainda mais crítica, uma vez que ela depende essencialmente da qualidade no processo projetual para o pleno aproveitamento das potencialidades desse tipo de sistema construtivo. (TEIXEIRA, 2007).

Melhado (1998) destaca algumas ações para melhoria da qualidade de projeto, como a qualificação de projetistas, sob critérios de capacidade e de especialidade para seleção dos mesmos; como o desenvolvimento de metodologia de projeto que seja capaz de identificar e estabelecer o fluxo geral de atividades do processo de projeto da empresa. O autor ainda complementa com a coordenação de projetos sob os princípios de engenharia simultânea; a padronização dos procedimentos de execução e de controle, de modo a consolidar a cultura construtiva da empresa. Ainda pode-se considerar a retroalimentação do processo de projeto de maneira a subsidiar a evolução dos procedimentos da empresa como ação de melhoria segundo a pesquisa deste autor.

Os problemas relacionados aos projetos apontados por Teixeira (2007) podem ser entendidos como consequências resultantes da ineficiência do processo de

projeto que compõe o ciclo de produção da construção civil industrializada.

O projeto precisa ser entendido como um processo interativo e coletivo. (MELHADO, 2001). Para Grilo *et al.* (2003), a falta de qualidade no processo de projeto se apresenta como um dos principais obstáculos para o desenvolvimento tecnológico e a modernização da indústria da construção de edifícios.

A excelência do projeto de um empreendimento está diretamente associada à excelência do processo entre os agentes envolvidos, que submetem seus interesses particulares a uma confrontação organizada (BOBROFF, 1999).

A etapa de elaboração do projeto assume relevância na medida em que funciona como sistematizador e transmissor de informações de caráter essencial à eficiência da atividade produtiva. (MELHADO, 1998).

Novaes (1998) aponta o projeto como elemento de integração entre a etapa de projeto e de execução das obras, que serve como mecanismos de solução de diversos problemas identificados na etapa de concepção e desenvolvimento do projeto.

Aquino e Melhado (2001) enfatizam a importância de se desenvolver simultaneamente produtos e processos com o objetivo de integrar e otimizar globalmente o ciclo de produção dos produtos. O projeto para produção deve constituir-se de uma ferramenta de integração entre o produto especificado e o processo de produção.

Melhado e Fabrício (1998), afirmam que os projetos do produto devem ser elaborados de maneira simultânea aos projetos do processo. Os projetos produto apresentam informações que definem o produto concebido. Os projetos do processo fornecem informações necessárias para subsidiar a produção e execução do respectivo produto.

Estes projetos são denominados, no presente trabalho, como Projetos do

Processo de Produção, sendo subdivididos em Projetos para produção e Projetos da produção, conforme descrito na Figura 1. Estes projetos são entendidos como elementos de integração entre o projeto e a execução do mesmo

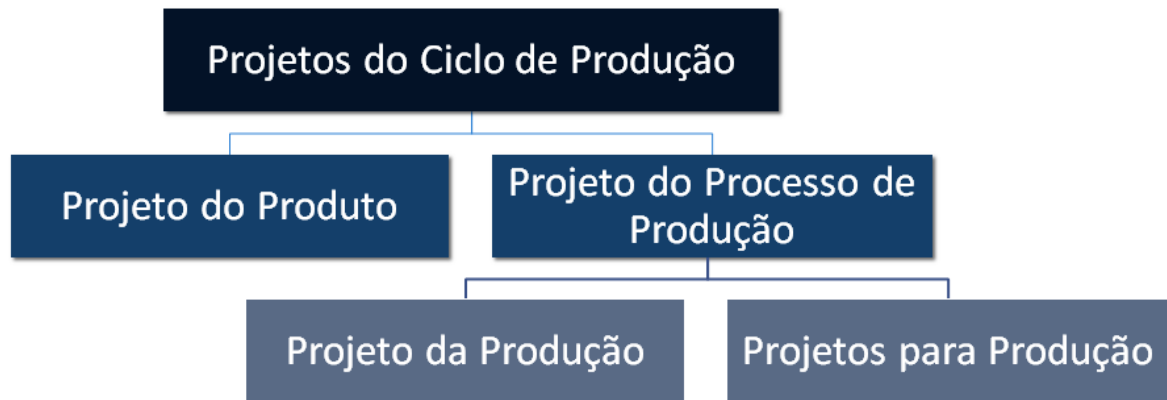


Figura 1: Projetos do ciclo de produção baseado nos conceitos de simultaneidade de Melhado e Fabrício (1998).

A simultaneidade na elaboração dos projetos exige a integração dos colaboradores do projeto, projetistas, construtoras, entre outros parceiros em uma mesma equipe de trabalho multidisciplinar. Para isso é necessário buscar mecanismos que promovam esta integração entre os diversos agentes de projeto e de execução nos canteiros, conforme identificado por Jardim (2010).

A Tabela 1 aponta as considerações sobre as influências do bom projeto de produto e de processo sobre a qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo da organização do empreendimento. Conforme observa-se na Tabela 1, um bom projeto de produto e de processo pode influenciar diretamente e de maneira significativamente positiva no desempenho do processo da empresa (SLACK, JOHNSTON e BRANDON-JONES, 1999).

Tabela 1: Impactos de um bom projeto nos objetivos de desempenho de uma organização.

OBJETIVOS DE DESEMPENHO	INFLUÊNCIA DE UM BOM PROJETO DE PRODUTO	INFLUÊNCIA DE UM BOM PROJETO DE PROCESSO
Qualidade	Pode eliminar pontos falhos potenciais e aspectos propensos a erros	Pode prover os recursos adequados que são capazes de produzir o produto conforme suas especificações de projeto
Rapidez	Pode especificar produtos que podem ser feitos rapidamente	Pode movimentar materiais, informações através de cada estágio do processo sem demoras
Confiabilidade	Pode ajudar a tornar previsível cada estágio do processo ao exigir processos padronizados e previsíveis	Pode fornecer tecnologia e pessoal que são intrinsecamente confiáveis
Flexibilidade	Pode permitir variações que proporcionam uma gama de produtos oferecidos aos clientes	Pode prover recursos que se adequam à flexibilidade do projeto do produto
Custo	Pode reduzir custos de cada componente do produto e também reduzir o custo de combiná-los	Pode assegurar alta utilização de recursos e, portanto, processos eficientes e de baixo custo

Fonte: Slack, Johnston e Brandon-Jones (1999).

Todas considerações feitas são pertinentemente aplicáveis à construção industrializada de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos. Para ser competitiva no mercado da construção civil, dentro das devidas aplicações, a estrutura em aço deve apresentar características de construção de industrialização seriada. Neste contexto a “construção em aço absorve os conceitos de produção seriada e os aplica, com as devidas adaptações, enfatizando os conceitos de pré-fabricação” (JARDIM, 2010). Dessa maneira, conforme mencionado, o processo do projeto assume papel essencial no ciclo de produção das estruturas metálicas.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo de caso exploratório a respeito do ciclo de produção de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos. Foi levado em consideração as características específicas dos processos de projeto e de produção de estruturas em aço. Neste caso, o termo

“produção de estruturas” é entendido como a simultaneidade dos Projetos do Produto e dos Projetos do Processo de Produção, que engloba os Projetos da Produção (destinados à fabricação) e Projetos para Produção (destinados à montagem).

Com base no estudo exploratório propõem-se identificar as especificidades no processo de projeto de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos, em especial na integração entre as etapas de concepção e de produção. À luz dos casos estudados e com base em princípios de engenharia simultânea, avaliou-se 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. Também verificou-se 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.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Com base na literatura, identificou-se o problema na interface entre projetos do produto e a execução do projeto em canteiro de obra. Este problema gera inúmeros impactos negativos que poderiam ser mitigados com a implantação de Projetos do Processo de Produção, projetos estes que apresentariam todas as informações possíveis e necessárias à uma execução da obra eficaz. A pesquisa apresenta temática pouco explorada na literatura latino-americana, em especial na análise do impacto das questões gerenciais do processo de projeto na qualidade das estruturas e na garantia de seu desempenho.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 1 (INTRODUÇÃO) descreve a caracterização do tema, os objetivos gerais e específicos da pesquisa, bem como as justificativas para o estudo.

O capítulo 2 (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA) primeiramente abrange a

caracterização da construção civil industrializada, com foco na importância dos projetos. Na sequência, descreve a caracterização da construção em aço industrializada, com conceitos de produto e ciclo de produção, além de descrever o processo da construção em aço industrializada e o foco nos projetos envolvidos no processo. Por fim, apresenta as características e o processo dos projetos de estruturas em aço, além de descrever sobre engenharia simultânea e sua aplicação na construção.

No capítulo 3 (MÉTODO) encontra-se a descrição do método utilizado na pesquisa, a sequência das etapas de trabalho, as fontes de evidências consultadas, critérios de escolha da empresa para o estudo de caso, as limitações e possíveis pontos de abrangência do estudo de caso.

O capítulo 4 (RESULTADOS) apresenta o estudo de caso realizado, descreve as características das empresas estudadas, seus respectivos ciclos de produção de estrutura em aço e seus processos para elaboração dos projetos do processo de produção de estrutura em aço. Apresenta também as características de cada caso, além de observações importantes do desenvolvimento dos casos ao longo do processo das empresas.

O capítulo 5 (DISCUSSÃO DOS RESULTADOS) apresenta a análise global da coletânea de dados.

O capítulo 6 (CONCLUSÕES) descreve as conclusões e considerações finais do estudo realizado.

Ao final da dissertação apresentam-se as referências bibliográficas citadas no corpo de texto e, na sequência, os anexos pertinentes ao estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica da dissertação primeiramente abrange a caracterização da construção civil industrializada, com foco na importância dos projetos. Na sequência, descreve a caracterização da construção em aço industrializada, com conceitos de produto e ciclo de produção, além de descrever o processo da construção em aço industrializada e o foco nos projetos envolvidos no processo.

Por fim, apresenta as características e o processo dos projetos de estruturas em aço, além de descrever sobre engenharia simultânea, BIM e conceitos de WS e DFA, bem como suas aplicações na construção em aço.

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL INDUSTRIALIZADA

O setor da construção civil é orientado por um processo capaz de gerar produtos, no caso, os empreendimentos. O processo produtivo deste setor é organizado por estes produtos. Cada empreendimento tem características distintas que o torna diferente dos demais. Mesmo que se trate de um idêntico projeto arquitetônico, a implantação torna-se diferente por estar em outras localidades, com terrenos diferentes e legislação distinta. Esse fato não permite a padronização do produto da construção civil, portanto, entende-se que a industrialização dos empreendimentos não seria possível. Entretanto, seria possível transportar os conceitos de industrialização para os sistemas construtivos que compõem os empreendimentos da construção. Portanto, a industrialização da construção civil ocorre por meio da industrialização dos seus subprodutos. (JARDIM, 2010)

Com base neste cenário de sistemas industrializados isolados e independentes, o projeto torna-se crucial para a eficiência no canteiro de obras em função das interfaces existentes. O projeto é a ferramenta para integração de todos os sistemas que compõem o empreendimento.

É possível encontrar estudos, como os de Sales, Souza e Neves (2001) e de Xavier (2010), que identificam uma série de patologias na construção civil

resultantes de falhas de projeto, ou seja, falhas na interface dos sistemas industrializados, não equacionadas pelo processo de projeto.

De acordo com as pesquisas de Motteu e Cnudde (1989) e de Beurmann (2002), a concepção e os projetos são os maiores responsáveis pelo aparecimento de problemas patológicos nas edificações, conforme apresentado na Figura 2.

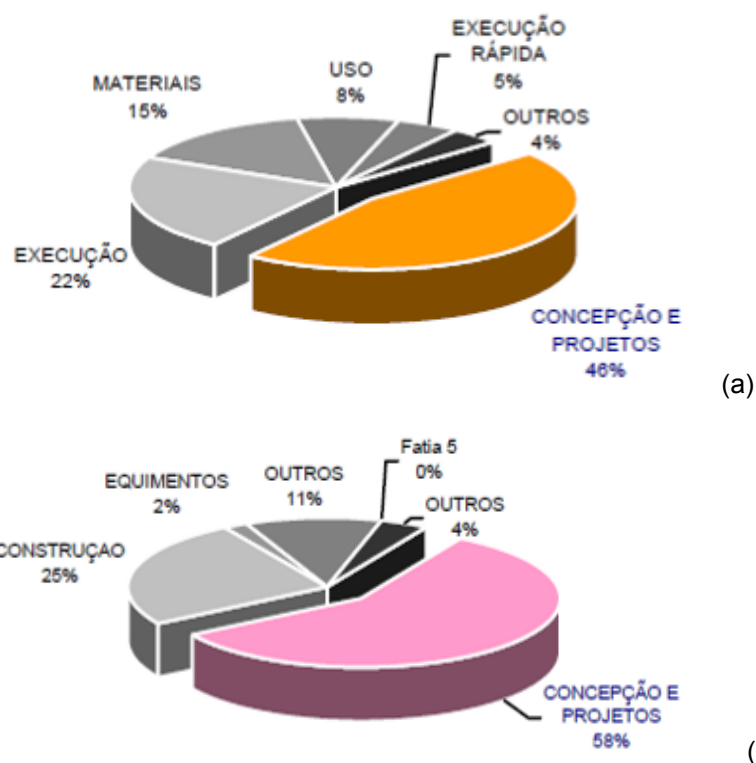


Figura 2: Principais causas dos problemas patológicos na construção civil:
(a) Motteu e Cnudde (1989) - (b) Beurmann (2002).

Para Coelho (2003), a falta de comprometimento entre a forma (projeto) e o como construir (produção) resultam não só no desenvolvimento de patologias nas interfaces entre componentes construtivos, mas também na fragilidade da conexão entre a elaboração do projeto e a sua execução.

Segundo Ferreira (1993), investir no projeto pode chegar a reduzir os custos de produção e o tempo total até o lançamento, em até 60% e 40%, respectivamente.

Borsato (2009) aponta em seu trabalho que a distribuição percentual dos custos da estrutura em aço, pode ser dividida entre projeto (2%), detalhamento (2%),

materiais e insumos (33%), fabricação (25%), limpeza e pintura (15%), transporte (1%) e montagem (22%), segundo Figura 3. Observa-se que o projeto e o detalhamento se apresentam os segundos menores custos se comparados ao custo global.

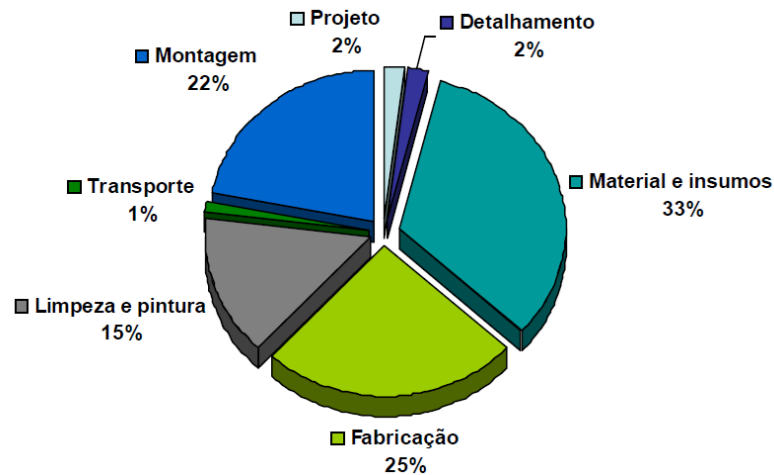


Figura 3: Gráfico da distribuição do percentual dos custos de uma estrutura de aço.

Fonte: Borsato (2009).

A fase de projeto, conforme a Figura 4, apresenta uma maior capacidade de influenciar os custos do empreendimento se comparada às demais listadas na imagem. Este dado, associado ao baixo custo do projeto pontuado na Figura 3, reforça a importância do processo do projeto, uma vez que, este apresenta menor custo e maior capacidade de influenciar o empreendimento.



Figura 4: Capacidade de cada fase do processo do projeto de influenciar os custos do empreendimento ao longo do cronograma.

Fonte: CII (1987).

Sendo assim, entende-se que as tratativas com o objetivo de se atingir melhorias da qualidade da construção devem começar pelo projeto, uma vez que, essa é a fase do empreendimento em que são tomadas as principais decisões, que têm os maiores impactos financeiros para se manter a qualidade.

Em seus estudos, Baía (1998) lista as dificuldades encontradas para se obter melhorias na qualidade dos projetos. Pode-se listar a ausência de mecanismos de captura das necessidades dos clientes, o excesso de retrabalho resultante de alterações de projeto, falta de coordenação entre projetistas, postergação na contratação dos projetos de estruturas e sistemas prediais, a carência de procedimentos de controle da qualidade e a ausência de representante da produção durante o processo de projeto.

Os projetos têm influência direta na qualidade do produto, na eficiência do processo construtivo e na satisfação do cliente. Dessa maneira, os contratantes privados passaram a exigir resultados dos projetistas por meio de diretrizes e critérios de avaliação. Essas medidas visam garantir a qualidade técnica da solução, a concordância com o cronograma previsto, apresentação do projeto, atendimento à demanda do cliente e participação em reuniões de coordenação (GRILO et al., 2003).

Além de investir na melhoria do processo organizacional e gerencial da produção dos projetos, o mercado identificou a demanda da utilização conjunta dos projetos destinados ao produto e dos projetos destinados à produção do mesmo. Essa distinção entre os projetos do produto e projetos destinados à produção está descrita nos estudos de Fabrício e Melhado (1998).

2.2 CONSTRUÇÃO EM AÇO INDUSTRIALIZADA

2.2.1 Produto e Ciclo de Produção

Antes de abordar o processo de produção da construção em aço industrializada,

faz-se necessário entender dois conceitos importantes: produto e ciclo de produção.

Para Almeida e Toledo (1991), o conceito de produto pode ser entendido como um conjunto de atributos que visam a satisfação ou benefício em potencial para o consumidor, portanto passa a ter valor para os indivíduos e pode ser oferecido ao mercado para aquisição e consumo. O ciclo de produção diz respeito à sequência de atividades desempenhadas pelas empresas para obtenção do produto. Essas atividades podem ser agrupadas em quatro grandes etapas: desenvolvimento do produto, desenvolvimento do processo, produção propriamente dita, comercialização e atividades pós-venda. As quatro etapas que compõem o ciclo de produção estão descritas na Figura 5.



Figura 5: Atividades que compõem o ciclo de produção, baseado em Almeida e Toledo (1991).

2.2.2 Produto: Edifícios de Andares Múltiplos em aço

Nesta pesquisa, entende-se como produto a construção em aço industrializada, para os Edifícios de Andares Múltiplos. Os edifícios estão intimamente relacionados com o desenvolvimento das cidades, acompanhando o crescimento

dos centros urbanos, sendo uma resposta natural à concentração da população e à pequena disponibilidade de terrenos adequados e custos acessíveis.

A Figura 6 ilustra o exemplo de um edifício de andares múltiplos que tem as características descritas no parágrafo anterior. O presente trabalho avalia o ciclo de produção deste produto.



Figura 6: Imagem ilustrativa do empreendimento Edifício The One localizado em São Paulo/SP.

Fonte: www.codeme.com.br (capturado em 07/06/2016).

Para Fabrício (2002), os edifícios são produtos gerados pela indústria de construção imobiliária que apresentam como característica principal a sua singularidade. Podem ser citadas como características: as grandes dimensões, o elevado valor financeiro, a longa vida útil, a importância social e econômica, a variabilidade do mercado consumidor e a inserção urbana e cultural das edificações. Estas conferem aos edifícios um caráter único e particular dentro das estruturas produtivas e de consumo da sociedade.

Conforme destaca Silva (1996), “os produtos gerados na indústria de construção de edifícios são bens de consumo duráveis que se destinam ao uso (moradia, comércio, local de fabricação de bens, etc.) e ao investimento”.

É o ponto principal do trabalho analisar o ciclo de produção deste produto, com foco nos projetos do processo desenvolvidos na atividade denominada desenvolvimento do processo.

2.2.3 Processo da construção em aço industrializada

Para se atingir a qualidade na construção civil é necessário levar em consideração todo o ciclo de produção do empreendimento. Para tanto entende-se necessário conhecer o processo da construção em aço para propor melhorias. Com um processo bem estruturado, consequentemente obtém-se um produto de maior qualidade.

Neste tópico são apresentadas três propostas de processo de construção encontrados na literatura, bem como a compilação das mesmas. Observou-se que as nomenclaturas das etapas que caracterizam o processo de produção de edifícios variaram de acordo com cada autor, mas suas funções permanecem.

Segundo Meseguer (1991), o processo de produção de edifícios é caracterizado por cinco etapas, sendo elas na sequência, o planejamento, o projeto, os materiais, a construção e a manutenção.

Para Moraes (2000), o processo proposto por Meseguer (1991) pode ser complementado com outras duas etapas, sendo elas, fabricação e transporte, conforme apresentado na Figura 7.

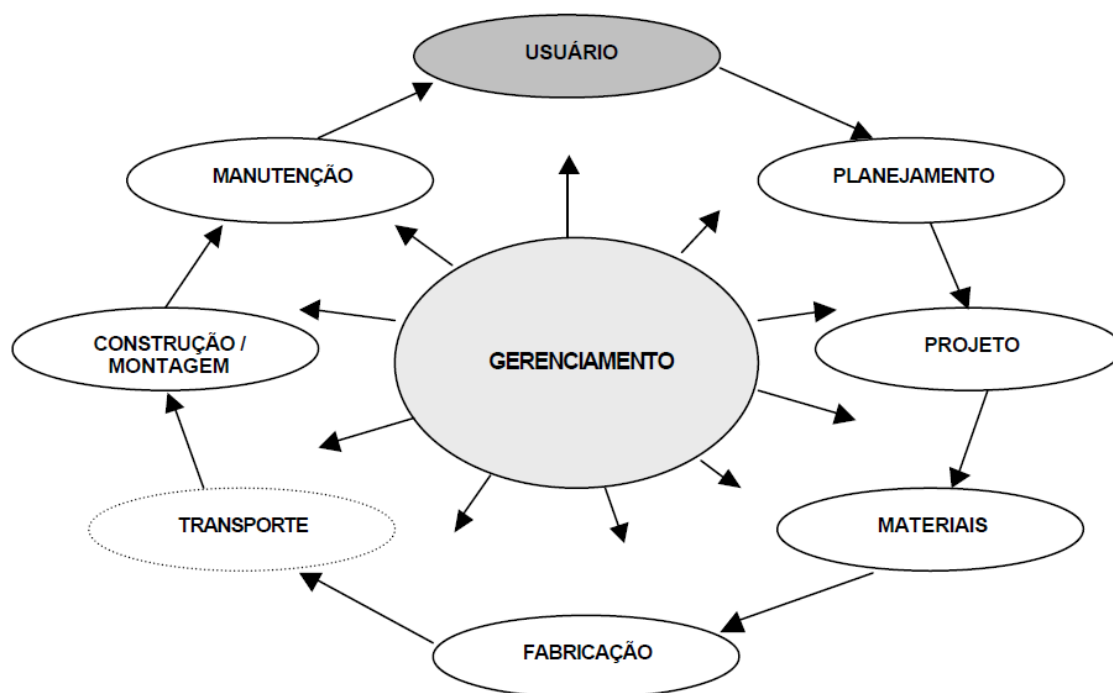


Figura 7: Representação do processo de produção de edifícios metálicos proposto por Moraes (2000).

A Tabela 2 apresenta a descrição das etapas do processo de Moraes (2000).

Tabela 2: Descrição das etapas do processo proposto por Moraes (2000).

Etapas	Descrição
Planejamento	Planejamento da implantação: pesquisa de mercado, compra do terreno, programa do produto, controle dos documentos de lançamento e retroalimentação a partir dos clientes
Projeto	Registro gráfico das necessidades do cliente (empreendedor), voltado à definição de características do produto final. O projeto visa a eficiência e a confiabilidade dos processos que geram o produto.
Materiais	Fabricação de materiais e componentes
Fabricação	Nessa etapa as chapas de aço e/ou perfis são confeccionadas de acordo com as exigências do projeto estrutural detalhado
Transporte	Envio e recebimento das peças metálicas fabricadas em obra.
Construção	Execução (montagem das estruturas)
Manutenção	Manutenção do edifício é uma etapa pós-construção onde os problemas que surgem devem ser investigados e diagnosticados, retroalimentando o processo construtivo

Para Borsato (2009), o processo de construção com estrutura em aço é orientado pelo fluxo que se inicia no cliente, segue para elaboração de projeto arquitetônico, projeto estrutural, estimativa de peso, escolha do fornecedor, projeto definitivo,

desenho de oficina, fabricação transporte e finaliza na montagem, conforme Figura 8. A descrição de cada etapa está apresentada no trabalho deste autor.

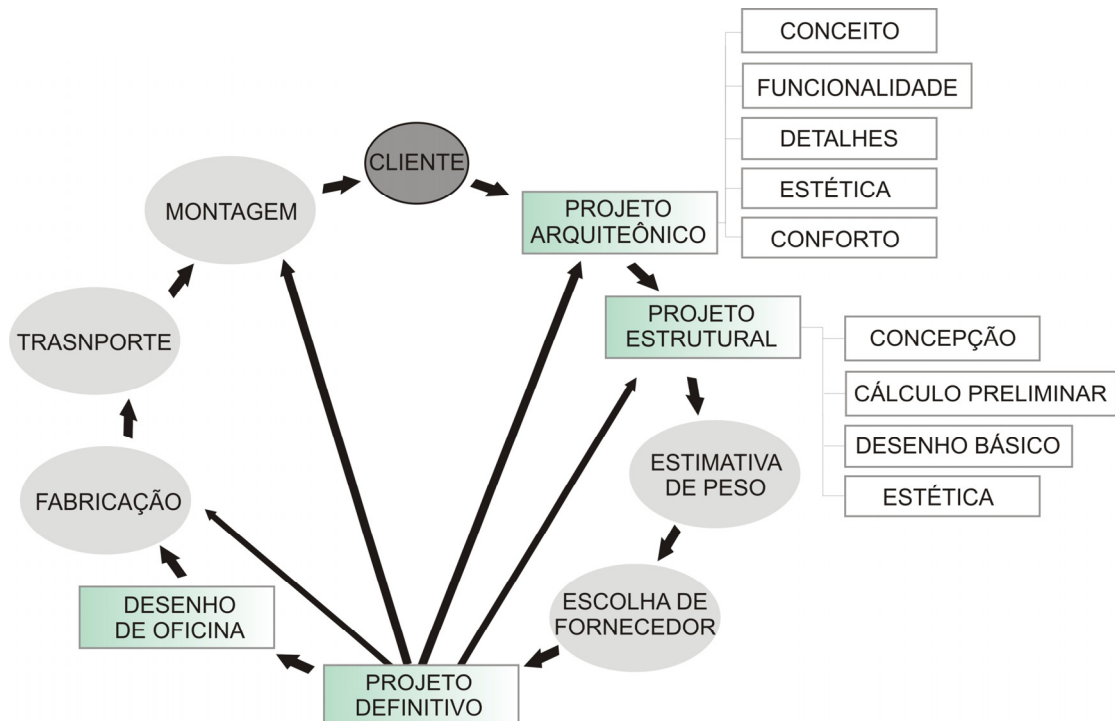


Figura 8: Processos das construções com estruturas de aço.

Fonte: Borsato (2009).

Beurmann (2002) descreve em seu trabalho o processo de produção da estrutura metálica como uma sequência de nove atividades, iniciada com o cliente e finalizada na aplicação da proteção passiva, conforme Figura 9. As descrições das etapas do processo se encontram no trabalho dessa autora.

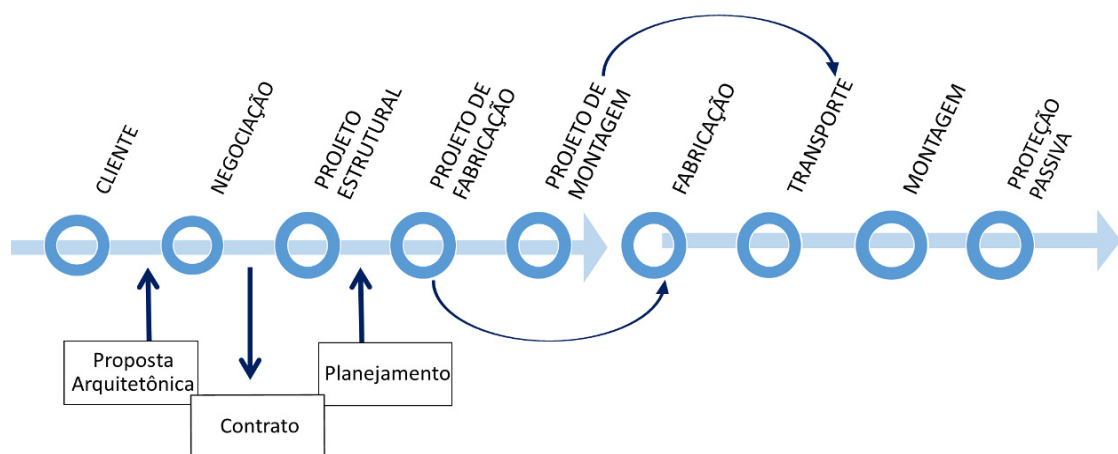


Figura 9: Diagrama do processo de construções em aço de Bauermann (2002), adaptado pela autora.

Para os autores Bellei, Pinho e Pinho (2008), conforme apresentado na Figura 10, 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 deste autor.

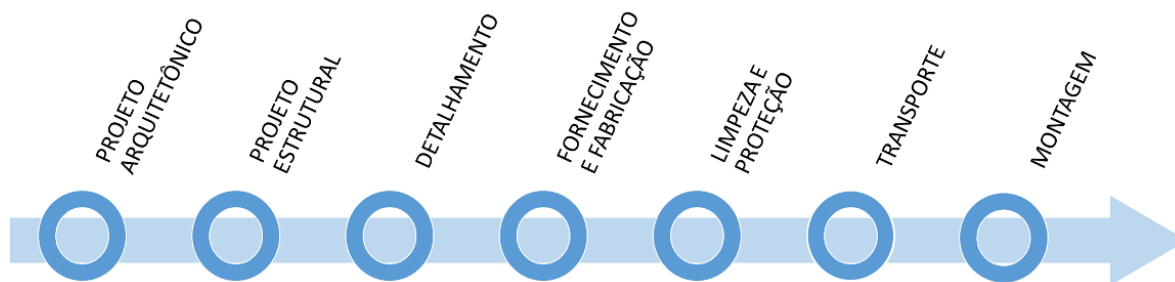


Figura 10: Etapas que constituem o processo da construção em aço, adaptado de Bellei, Pinho e Pinho (2008).

A seguir são destacados pontos de coincidência das propostas de processo apresentadas neste tópico.

O primeiro ponto destaca-se a etapa inicial do processo. Para Beurmann (2002), a primeira fonte de informação para desenvolvimento do produto é o cliente, antes mesmo do fechamento do contrato. Desde o primeiro contato já são solicitados os Projetos Arquitetônicos, bem como são coletadas demais informações pertinentes ao produto, principalmente no que tange às necessidades do cliente.

O processo proposto por Bellei, Pinho e Pinho (2008), também apontam o projeto arquitetônico com a etapa inicial do processo. Como este produto é fornecido pelo cliente, entende-se que ambos os processos se iniciam pelo cliente.

O segundo ponto que merece destaque é o fato de haver atividades específicas para elaboração dos Projetos de Fabricação e Montagem em ambas propostas de processo.

Outro processo de construção estudado foi o proposto por Koskela (1992),

apresentado na Figura 11. Este é constituído de dois grandes subprocessos: o subprocesso de projeto e o subprocesso de execução, apoiado pelos gerenciamentos.

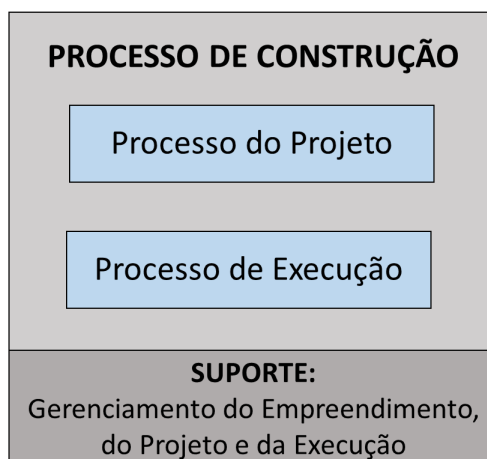


Figura 11: Processo de construção proposto por Koskela (1992), adaptado pela autora.

Pode observar que este processo subdivide em dois grandes grupos as etapas dos processos apresentados anteriormente. Em complementação, o autor determina que as atividades de gerenciamento do empreendimento, do projeto e da execução, devem ser entendidas como atividades suportes ao longo do processo de construção.

2.2.4 Caracterização da Construção em aço Industrializada com foco no Projeto

Segundo Teixeira, Starling e Andery (2008), para atender os níveis de exigência do mercado (qualidade e produtividade), a construção em aço se apresenta como uma alternativa potencialmente interessante, uma vez que possibilita a industrialização da estrutura. Para Bellei, Pinho e Pinho (2008), com o incentivo do governo e as necessidades de mercado, a estrutura em aço encontrou facilmente diversos campos de aplicação como construções civis, industriais e viárias.

A construção em aço consegue absorver os conceitos de produção seriada em massa e aplicá-las, de maneira ainda limitada, à construção civil, ao longo do seu

processo. Uma estratégia principal que impulsiona a capacidade de produção industrial das estruturas em aço é a pré-fabricação. Para Fabrício (1996), o deslocamento de parte do trabalho do canteiro para o galpão da indústria, proporciona o emprego de máquinas e métodos de organização e parcelamento do trabalho, que são capazes de permitir a produção em massa de edifícios. A opção pela pré-fabricação é uma alternativa às limitações impostas por uma indústria itinerante

Para Fabrício (2013) a pré-fabricação é vista como uma estratégia que permite a produção em série por partes da construção, ou de produção industrial de subsistemas. Para tanto, a estratégia de pré-fabricação exige mais atenção na fase de transporte e montagem em canteiro de obras uma vez que sem uma logística de transporte e montagem, o processo fatalmente resultará em patologias e má qualidade do produto final. A questão do transporte é particularmente relevante na industrialização da construção, uma vez que os edifícios geram grande volume de peças. Essas peças fabricadas precisam estar devidamente identificadas e dispostas de maneira organizada no pátio, para que sejam entregues na obra segundo a sequência de montagem da estrutura.

Segundo Oliveira e Melhado (2008), o projeto é um dos principais elementos de vantagem competitiva no segmento de edificações, uma vez que é entendida como a ferramenta que subsidia a produção e montagem das peças.

No geral, o projeto na construção civil deve ser capaz de informar as características físicas do produto, o *design*, permitir a aplicação de inovações tecnológicas, reduzir o aparecimento de patologias, garantir a qualidade, racionalidade e construtibilidade do empreendimento. Dessa maneira, o projeto será responsável por promover reflexos positivos na adequação ao uso, redução do tempo de execução da obra e redução de custos. (OLIVEIRA, FABRÍCIO e MELHADO, 2004).

Segundo Koskela (1992), o processo de construção em aço pode ser subdividido em dois grandes subprocessos interdependentes e sequenciais, são eles:

Subprocesso do Projeto e Subprocesso de Execução.

Neste caso, o primeiro subprocesso é responsável por dar todo subsídio necessário para que o segundo seja executado. O subprocesso do Projeto é entendido como o responsável pela elaboração de todos os projetos necessários à produção, sendo eles: o Projeto do Produto, o Projeto de Produção e o Projeto para Produção. O subprocesso de Produção é subdividido em Fabricação das peças e Montagem das mesmas em campo. Para cada uma dessas fases é destinado um tipo de projeto específico. A Figura 12 apresenta um esquema das relações entre o Processo de Construção proposto por Koskela (1992) e os tipos de Projeto de Estruturas em aço que são produzidos no subprocesso de Projeto, bem como as atividades macro do subprocesso de Execução, sendo elas a Fabricação e Montagem. Cada tipo desses projetos está descrito no item seguinte deste trabalho.

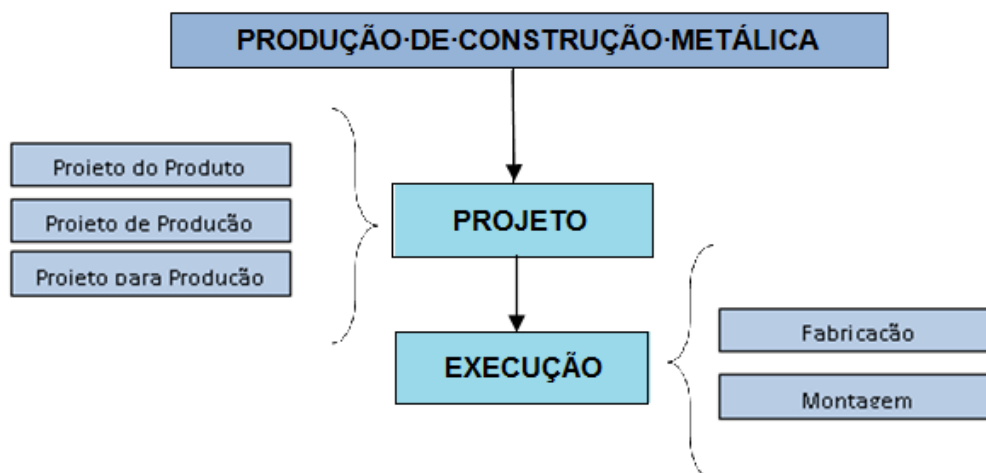


Figura 12: Subdivisão simplificada do Processo de Construção em aço Industrializada, baseada no processo de Koskela (1992), adaptado pela autora.

Para Claro (2009) e Teixeira (2007), a construção em aço exige um acompanhamento mais rigoroso das etapas que antecedem a montagem em obra, uma vez que a qualidade do projeto é considerada um dos componentes mais importantes da qualidade da edificação, pois um bom projeto, que tenha todas as informações necessárias para execução, resulta na satisfação dos envolvidos, contratado, contratante e usuário. Um processo de projeto ineficiente

é responsável por elevados índices de falhas e patologias construtivas, o que compromete a qualidade do produto final e a eficiência da produção de edifícios, além de aumentar o custo final do empreendimento.

2.3 Projetos

Este tópico aborda os conceitos de projeto definidos por alguns autores e seus desdobramentos. A Tabela 3 apresenta uma coletânea de algumas definições de projeto apontadas por autores estudos nesta pesquisa. Observa-se que o projeto em geral pode ser entendido tanto como um processo quanto como um produto dependendo da visão do autor. Mas é unânime o fato de ele ser o meio essencial para o alcance da produção com qualidade, principalmente quando se trata de construção industrializada.

Tabela 3: Definições de Projeto segundo alguns autores.

Autores	Definição de projeto
Baía e Melhado (1998),	Projeto é uma ferramenta para redução dos custos e obtenção do desempenho previsto do produto.
Novaes (2001)	Definição estática de projeto: produto constituído por elementos gráficos e descritivos, ordenado e elaborados de acordo com a linguagem apropriada Definição dinâmica de projeto: processo através do qual soluções são elaboradas e compatibilizadas.
Bellei, Pinho e Pinho (2008),	Projeto é o processo pelo qual se obtém uma solução ótima para a estrutura
Prins e Kruijne (2008)	Projeto é um processo de geração de informações e especificações que se inicia na concepção e se estende à produção.
Galle (2008)	Projeto é a produção de representações segundo uma ideia inicial que permite um fabricante ou construtor produzir determinado objeto.

Dentro destes conceitos existem vários tipos de projetos, neste trabalho são abordados os projetos de estruturas em aço especificamente.

2.3.1 Projetos de estruturas em aço

Segundo a ABNT NBR 13531 (1995), o Projeto Básico é o projeto destinado à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus

elementos, instalações e componentes. O Projeto para Execução é destinado à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes necessárias à execução dos serviços de obra correspondentes.

Segundo a ABNT NBR 8800 (2008), o projeto da estrutura em aço é constituído por um conjunto de especificações, cálculos estruturais, desenhos de projeto, de fabricação e de montagem dos elementos de aço.

Segundo a ABNT NBR 8800 (2008) os desenhos de projeto devem conter todos os dados necessários para detalhamento da estrutura, execução dos desenhos de montagem e para o projeto das fundações. Os desenhos de fabricação devem traduzir as informações contidas nos desenhos de projeto para a linguagem de fábrica. Estes devem conter informações como materiais utilizados e suas especificações, locação, tipo e dimensão de todos os parafusos e soldas de fábrica e de campo. Os desenhos de montagem devem conter informações necessárias à montagem da estrutura, como por exemplo indicar as dimensões principais da estrutura, marcas das peças, dimensões de barras, elevações das faces inferiores de placas de base de pilares, todas as dimensões e detalhes para colocação de chumbadores, locação, tipo e dimensão dos parafusos, soldas de campo, posições de montagem e outras.

O artigo de Oliveira (2001) aponta que o projeto na construção de edifícios é composto por três elementos, sendo eles, o projeto do produto, o projeto de produção e o projeto de canteiro.

Para Oliveira (2001), o projeto do produto apresenta o *design* e as características físicas do produto. Dessa maneira, esta ferramenta deve permitir a introdução de inovações tecnológicas, além de reduzir as possibilidades de problemas patológicos. Este autor também afirma que o projeto do produto deve garantir as características de qualidade, racionalidade e construtibilidade do empreendimento. Dessa maneira, possibilita-se resultados positivos na adequação ao uso, redução do *lead time* total de construção e dos custos finais.

Para Melhado (1994), o projeto de produção é aplicado às atividades relativas à produção em obra. Este projeto contém as definições de disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; o uso de equipamentos; o arranjo e a evolução do canteiro de obras; dentre outras informações associadas às características e recursos próprios da empresa e do empreendimento.

Segundo Oliveira (2001), o projeto de canteiro tem papel fundamental no desenvolvimento das atividades no canteiro de obras. Este projeto é alimentado e norteado pelas informações obtidas nos projetos do produto e de produção.

Segundo Dias (2015), os projetos de estruturas metálica são constituídos de três produtos distintos, sendo eles: o projeto de engenharia, o projeto de fabricação e, por último, o projeto de montagem, conforme esquematizado na Figura 13. O primeiro compreende a concepção estrutural, em que são definidos os carregamentos; discriminação dos tipos de perfis a serem utilizados, com os comprimentos correspondentes e as características geométricas das suas seções transversais; a caracterização teórica dos vínculos, que deverão corresponder à realidade física da estrutura; o dimensionamento, o plano de carga nas fundações, a estimativa aproximada de consumo de aço, etc.

No segundo, tem-se o detalhamento de todos os elementos componentes da estrutura, onde são indicados, por exemplo, os comprimentos das peças, a localização dos furos, os parafusos, as listas de materiais, etc. As peças são mostradas isoladamente ou em conjunto e podem acompanhar medidas não acumuladas e acumuladas.

O terceiro trata-se de uma representação esquemática, sob a forma de diagramas. Descreve o sistema estrutural, a indicação das numerações ou marcas de cada peça, o seu posicionamento e a sequência de montagem. Além de informações complementares para o montador, como: a peça mais pesada, o raio máximo de trabalho do equipamento de montagem, a metodologia de montagem, etc.

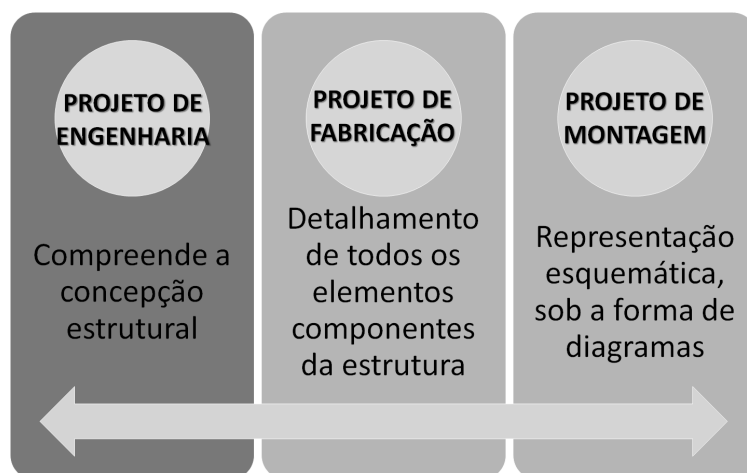


Figura 13: Características dos Projetos de Estrutura em aço segundo Dias (2015), adaptado pela autora.

Para Melhado e Fabrício (1998), os projetos do processo de produção, devem atender a necessidade de antecipação e ser capaz de fazer com que as empresas se apropriem, efetivamente, do domínio técnico de seus processos produtivos. Estes projetos são subdivididos em dois tipos, os projetos da produção e os projetos para produção, que são considerados complementares e inter-relacionados. Os dois tipos de projetos devem ser produzidos de maneira simultânea, com o objetivo de se buscar maior integração do projeto do produto com o processo de produção da estrutura e com as necessidades de obra. Os projetos do produto, devem conter informações geométricas, especificações e detalhes que são exigidos na produção. Os projetos do processo de produção são entendidos como “a atividade de definir os meios específicos a serem usados pelas forças operacionais para alcançar as metas do produto” (JURAN, 1992).

Segundo Melhado e Fabrício (1998), os projetos do processo de produção têm como uma das suas funções ser capaz 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. Os projetos 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.

Para Souza *et al.* (2005a), os projetos são divididos em dois grupos de acordo com sua funcionalidade, sendo eles Projeto do Produto e Projeto para Produção. O primeiro se enquadra no nível conceutivo, ele tem como objetivo definir características e dimensões do produto concebido na forma de registro gráfico-descritivo das especificações técnicas a serem atendidas pelos produtos entregues. O objetivo do projeto do produto é descrever as especificações do produto.

O segundo projeto se encontra no nível produtivo. Ele define como e com quais recursos deverá ser produzido o produto, constituindo-se em uma ferramenta organizacional de caráter essencial. Este projeto tem por objetivo descrever as definições dos materiais e componentes a serem empregados, as definições relacionadas ao planejamento e execução e as definições dos parâmetros para a gestão e controle do processo e da produção.

Segundo Neves, Oliveira e Melhado (2009), o desenvolvimento de um projeto para a produção proporciona uma integração eficiente entre o projeto e a execução da obra. O projeto voltado para a produção visa aumentar a racionalização construtiva, diminuindo os retrabalhos e aumentando a interação entre as fases de concepção-projeto e a execução de obras. Esses autores afirmam que as empresas incorporam esses projetos às obras com o objetivo de melhorar a etapa de execução do serviço e, conseqüentemente, o desempenho e a qualidade do produto que disponibilizam ao mercado.

Com base nas características de cada tipo de projeto apresentadas por ABNT NBR 13531 (1995), Melhado e Fabrício (1998), Oliveira (2001), Souza *et al.* (2005a), ABNT NBR 8800 (2008) e Dias (2015) é possível identificar uma correlação entre as definições de projetos e aplicá-las de maneira direta aos projetos de estrutura em aço. Conforme apresentado na Figura 14, 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.

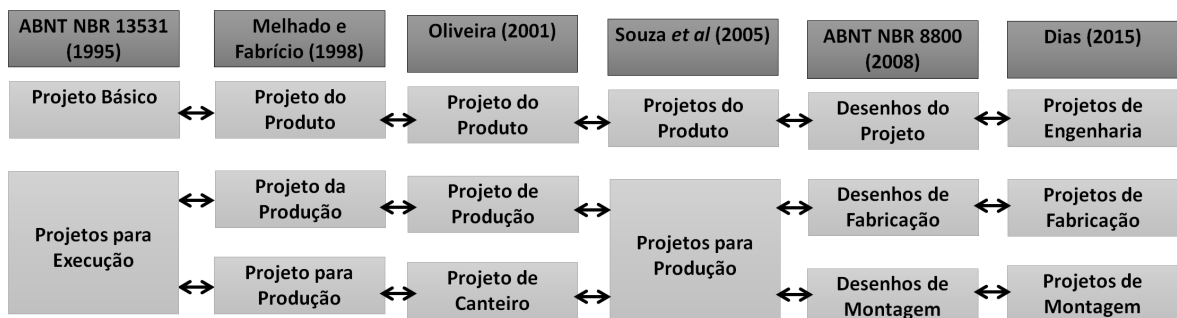


Figura 14: Denominações das Projetos de Estruturas em aço segundo a literatura, adaptado pela autora.

2.3.2 Processo de Projeto

Este item aborda de maneira específica o processo de projeto, que compõe o processo de construção apresentado no item anterior. São apresentados resumos de várias propostas de processo de projeto encontrados na literatura.

Segundo Beurmann (2002) o processo de projeto é uma atividade que tem como informações de entrada as necessidades e os requisitos dos clientes, internos ou externos; e como produto final, o projeto do empreendimento. Este conceito permite que o processo de projeto seja dividido em subprocessos, conforme apresentado na Figura 15.

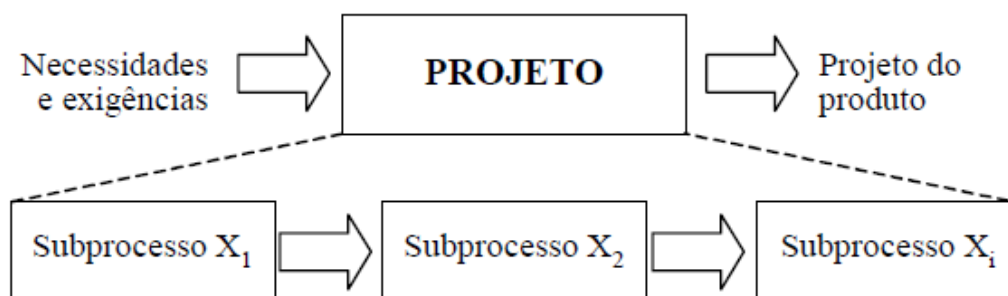


Figura 15: Ilustração esquemática da Visão de conversão no processo de projeto, adaptado de Beurmann (2002).

Para Oliveira (2004), o processo mental de projeto processa-se por meio de aprimoramentos sucessivos das ideias e da compreensão do problema inicial. Em um processo no qual a totalidade das questões projetuais está posta desde o início do projeto, o que evolui é o aprofundamento que vai sendo construído ao longo do caminho.

Para Melhado (2000), o projeto pode ser considerado um processo, composto por um conjunto de dados, ao longo de uma sequência de atividades, que ao final possibilita garantir que os dados de saída sejam um grupo de soluções que correspondam às necessidades dos clientes a quem o produto se destina.

Esse conceito de projeto é entendido sob a ótica da gestão da qualidade e segue a mesma linha de definição de Bauermann (2002) em que o projeto recebe a definição, sob uma visão dinâmica, em que é considerado um “processo através do qual as soluções são elaboradas e necessitam ser compatibilizadas” citando Novaes (2001).

Melhado (2000) propõe que o processo de projeto, segundo a ótica da gestão da qualidade, seja composto por uma “sucessão de etapas de concepção, verificação e validação encadeadas, onde, a grosso modo, os dados de saída de uma etapa se juntam ao conjunto de dados de entrada da próxima”. Nesse processo, as necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros que são parte integrante dos dados de entrada e dos dados de saída do subprocesso.

2.3.2.1 Propostas de Processo de Projeto

Segundo a ABNT NBR 13531 (1995), o processo de elaboração do projeto segue de maneira sucessiva as atividades técnicas descritas conforme Figura 16. A descrição de cada atividade está apresentada na mesma norma.



Figura 16: Processo de Projeto segundo ABNT NBR 13531 (1995).

O trabalho de Bauermann (2002) apresenta um resumo das propostas de processo de projeto descritas por diversos autores, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Propostas para o processo de projeto.

Referência	Etapas do projeto
SANVIDO (1992)	(a) A idéia do edifício (b) Programa; (c) Estudo preliminar; (d) Anteprojeto; (e) Projeto executivo; (f) Detalhamento (g) Desenhos de venda; (h) Desenhos de fabricação e montagem; (i) Desenhos <i>as built</i> .
NOVAES (1996)	(a) Decisão de empreender; (b) Viabilidade econômico-financeira e programa do produto; (c) Estudo preliminar; (d) Anteprojeto; (e) Projetos legais; (f) Projetos executivos; (g) Planejamento da produção; (h) Produção; (i) Entrega do produto; (j) Projetos <i>as built</i> ; (k) Uso e manutenção; (l) Avaliação pós-ocupação.
MELHADO (1997)	(a) Idealização do produto; (b) Estudo preliminar; (c) Anteprojeto; (d) Projeto legal; (e) Projeto executivo; (f) Projeto para produção; (g) Planejamento e execução; (h) Entrega.
TZORTZOPOULOS (1999)	(a) Planejamento e concepção do empreendimento; (b) Estudo preliminar; (c) Anteprojeto; (d) Projeto legal; (e) Projeto executivo; (f) Acompanhamento de obra; (g) Acompanhamento de uso.
NOVAES (2001)	(a) Estudo de viabilidade e concepção do produto e análise crítica; (b) Estudo preliminar produto/produção; compatibilização e análise crítica; (c) Anteprojeto produto/produção; compatibilização e análise crítica; (d) Detalhamento produto/produção; compatibilização e análise crítica; (e) Produção.

Fonte: Beurmann (2002).

Sobre as propostas apresentadas na Tabela 4, todas elas contêm etapas que

produzem os três tipos de projetos necessários para a construção em aço industrializada: projeto do produto, da produção e para produção, salvas as devidas diferenças de quantidade de etapas e das denominações.

Observa-se que apenas o processo proposto por Novaes (2001) apresenta etapas específicas de análise crítica e compatibilização ao longo do processo de projeto, conforme proposto também por Melhado (2000).

Os demais autores, basicamente, listam após a etapa de concepção, a sequência de projetos produzidos até a finalização na produção. Entretanto, não se pode afirmar que estes aspectos não são levados em consideração ao longo do processo, e que são parte integrante da elaboração de cada projeto.

Com base nos dados da Tabela 4, foi elaborado uma compilação do processo de projeto que está apresentada na Figura 17.

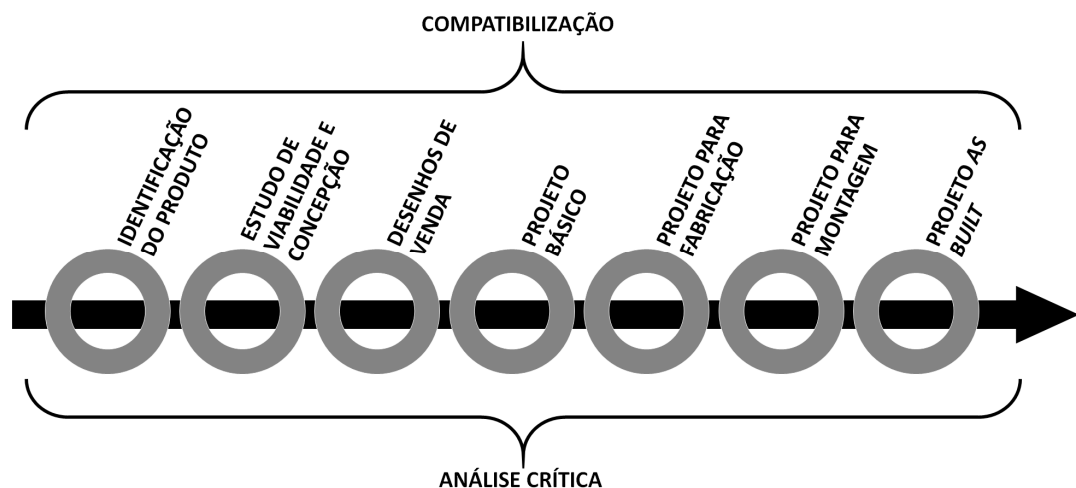


Figura 17: Compilação do Processo de Projeto baseado na Tabela 4.

Pode-se observar na Figura 17 que o processo é assistido pela análise crítica e compatibilização contínua ao longo do fluxo. A compilação engloba as seguintes fases: identificação do produto, estudo de viabilidade e concepção, desenho de venda, projeto básico, projetos para fabricação, projetos para montagem e projetos *as built*.

Neste caso, entende-se que a fase projetos *as built* não faz parte do processo de projeto utilizado nesta pesquisa. O projeto *as built* consiste no registro posterior das informações executadas em canteiro. Este projeto não é utilizado na produção das estruturas metálicas, este apenas registra algo já consolidado e executado em campo.

O trabalho de Beurmann (2002) aponta como processo de projeto de estrutura metálica a sequência de etapas que se inicia no Orçamento do Projeto, seguindo com o Pré-Lançamento, Estudo Preliminar, Executivo e finalizando no Detalhamento, conforme Figura 18. A descrição de cada etapa está apresentada no trabalho da autora.

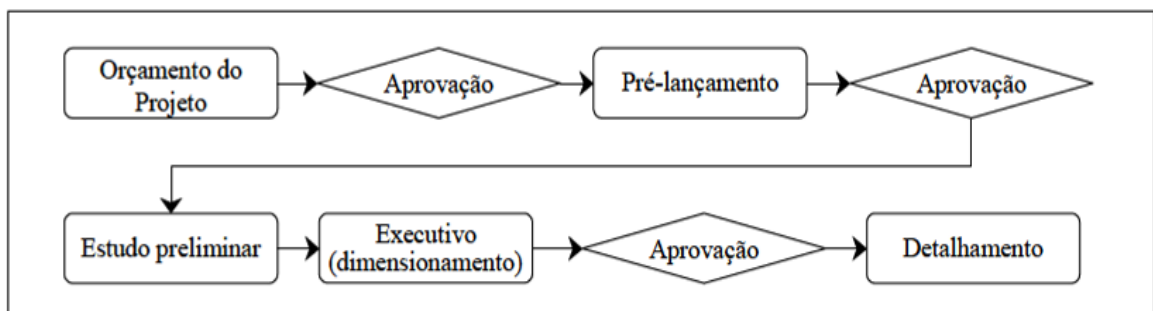


Figura 18: Diagrama das fases do processo de projeto da estrutura metálica, por um escritório especializado em projeto.

Fonte: Beurmann (2002).

Para Souza *et al.* (2005b), o processo de projeto engloba as seguintes etapas: Idealização do Produto, Desenvolvimento do Produto, Formalização, Detalhamento do Produto, Planejamento para a Execução e Entrega Final. A Tabela 5 apresenta as etapas e os produtos dos mesmos, segundo o processo proposto por estes autores.

De maneira geral, observa-se nas propostas de processo de projeto que não existe um padrão na quantidade e na denominação das etapas que compõem o processo dos projetos. Mesmo assim, preserva-se em cada proposta a funcionalidade e sequência lógica das atividades do processo.

Tabela 5: Etapas do processo e produtos segundo Souza *et al.* (2005b).

Etapas	Produtos
Idealização do produto	• Definições Preliminares • Programa de necessidades
Desenvolvimento do produto	• Levantamento de Dados • Estudo Preliminar
Formalização	• Anteprojeto • Projeto Legal • Projeto-básico ou Pré-executivo
Detalhamento do Produto	• Projeto executivo • Projeto para produção
Planejamento para a execução	• Elaboração do plano de ataque • Simulações de soluções alternativas
Entrega Final	• Projeto <i>as-built</i>

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2005b).

2.4 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A denominação engenharia simultânea (ES) foi proposta e caracterizada primeiramente em 1988, num relatório do Institute for Defense Analysis (I.D.A.) do governo americano. A ES trata-se de um conjunto de princípios voltados para o desenvolvimento de produtos de indústrias seriadas.

“A Engenharia Simultânea consiste em conceber de forma sistemática, integrada e simultânea os produtos e os processos que lhes são ligados. Este método conduz os desenvolvedores para considerar todos os elementos do ciclo de vida do projeto, da concepção à disposição aos usuários, e compreende a qualidade, os custos, a programação e a satisfação das necessidades e requerimentos dos usuários.” (NAVARRE, 1993).

O trabalho de Fabrício e Melhado (1998) apresenta diversas definições de ES encontradas na literatura. Ao analisar todas as definições encontradas na literatura, entende-se que é consensual a necessidade da integração e da simultaneidade para aplicação da ES.

Para Fabrício e Melhado (2000), a ES é caracterizada pelo paralelismo das

atividades do processo de desenvolvimento de produto, pela integração no projeto por meio de equipes multidisciplinares e pelo desenvolvimento do processo de produção simultaneamente ao projeto do produto e concepção. A ES também é caracterizada pela presença de um coordenador de projetos, com responsabilidade sobre o processo de desenvolvimento do produto, e pela forte orientação pela satisfação do cliente e do mercado.

Na busca pela melhoria de desempenho do processo de projeto na construção civil, a ES começou a ser aplicada com o objetivo de ampliar sua eficiência produtiva e a qualidade de seus produtos (FABRICIO e MELHADO, 1998).

A aplicação da ES na construção de edifícios é limitada pelas peculiaridades setoriais que necessitam de adaptações e simplificações, de forma a viabilizar sua aplicação. As limitações são referentes à Natureza do Empreendimento, Tipo e característica do produto, Cultura e Aspectos relacionados, Fragmentação e heterogeneidade de Fornecedores, Escala de Produção e Limitações do canteiro. (FABRÍCIO e MELHADO, 2000).

Mas apesar das limitações entende-se que a aplicação da ES é pertinente e possível tanto para a indústria manufatureira quanto para a construção, uma vez que têm os mesmos objetivos. Segundo Tahon (1997) os objetivos são: aumento da produtividade, redução dos prazos de concepção e disposição dos produtos, ampliação da qualidade e redução dos custos.

Segundo Melhado (2000), na construção de edifícios, os princípios da ES poderiam ser aplicados de três formas possíveis, de maneira compatível e não excludente. Primeiramente pode-se citar a cooperação entre empreendedor e a equipe de projeto na etapa do programa.

Outra forma é denominada Projeto Simultâneo, que envolve sistemas de troca de dados e métodos de trabalho conjunto entre os envolvidos da equipe de projeto. A terceira forma seria a integração projeto-produção, onde inclui-se ao detalhamento do projeto, a participação dos fabricantes de sistemas e dos

construtores.

A Tabela 6 foi elaborada com base nos estudos de Melhado (2000) e apresenta de forma detalhada, as características das três formas de aplicação da ES na construção de Edifícios.

Tabela 6: Descrição Detalhada das formas de aplicação da ES na construção de edifícios.

Item	Forma de Aplicação	Descrição Detalhada
1ª	Cooperação entre empreendedor e equipe de projeto	"Envolve a elaboração e a crítica de programas para o produto, atividade fundamental para a geração de referências de análise e validação das soluções que serão desenvolvidas no projeto, facilitando o desempenho da gestão da qualidade."
2ª	Projeto Simultâneo	"É uma das aplicações mais diretas da <i>concurrent engineering</i> , exige a eliminação da sequencialidade no desenvolvimento do projeto e a perfeita integração entre projetistas. Trata-se de uma metodologia que foca simultaneamente os aspectos relativos ao programa, ao produto e à produção."
3ª	Integração projeto-produção	"Projetistas, construtores e fornecedores realizam juntos o estudo das interfaces, antecipação dos conflitos, disseminação das informações entre os responsáveis pela execução da obra e, assim, obtêm uma integração entre as prescrições do projeto e a viabilização dos serviços de execução, favorecendo a retroalimentação da atividade de projeto e a ampliação das competências dos projetistas."

Fonte: Melhado (2000).

2.4.1 Relação entre projeto simultâneo, equipe multidisciplinar e sua relação com a integração do projeto com outras disciplinas

Para Fabrício, Mesquita e Melhado (2002), a tendência da complexidade de projeto dos edifícios resulta no aparecimento de problemas que exigem soluções especializadas, que são obtidas por meio da mobilização de diferentes conhecimentos e profissionais. Desta forma, pode-se afirmar que o projeto dos edifícios contemporâneos é considerado um processo social e multidisciplinar, que é executado por diferentes pessoas detentoras de diferentes conhecimentos e interesses, dentro de um mesmo empreendimento.

A interação e a convivência desse aglomerado de especialistas, denominada aqui equipe multidisciplinar, no ambiente da produção na construção civil, muitas vezes

é negligenciada no nível de gestão. Sendo assim, ela necessita de uma coordenação para que não ocorra dispersão de responsabilidades, entre outras barreiras que acabam por dificultam a tomada de decisões conjuntas. (MELHADO, 2000).

De acordo com este cenário, o projeto é a consolidação conjunta e simultânea dos interesses e limitações dos agentes envolvidos, de maneira antecipada e sistêmica, buscando eficiência dos sistemas de produção e qualidade dos produtos gerados. Sendo assim, o conceito de projeto simultâneo é entendido como uma adaptação do setor da construção à metodologia da ES (FABRÍCIO e MELHADO, 2000).

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.

Segundo Grilo e Melhado (2003), “o termo integração designa a quantidade e qualidade da interação entre os agentes do processo de produção ao longo do empreendimento”. A integração entre os membros da equipe é apontada como o requisito essencial para a melhoria do desempenho e garantia indireta da qualidade do produto. Para o mesmo autor, benefícios consideráveis podem ser alcançados por meio do incentivo à cooperação e à integração, como por exemplo, o aumento da produtividade, a redução de disputas e a introdução de inovações tecnológicas.

Segundo Melhado e Violani (1992), são quatro os principais envolvidos: os projetistas, o usuário, o empreendedor e o construtor, conforme apresentado na Figura 19. Nestes casos, eles são responsáveis respectivamente pela formalização, utilização, fabricação e geração do produto.

Em temos ideais o projeto para produção deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, concomitante aos projetos do produto e considerar a cultura construtiva da empresa construtora e as particularidades da obra. (FABRÍCIO,

2002).

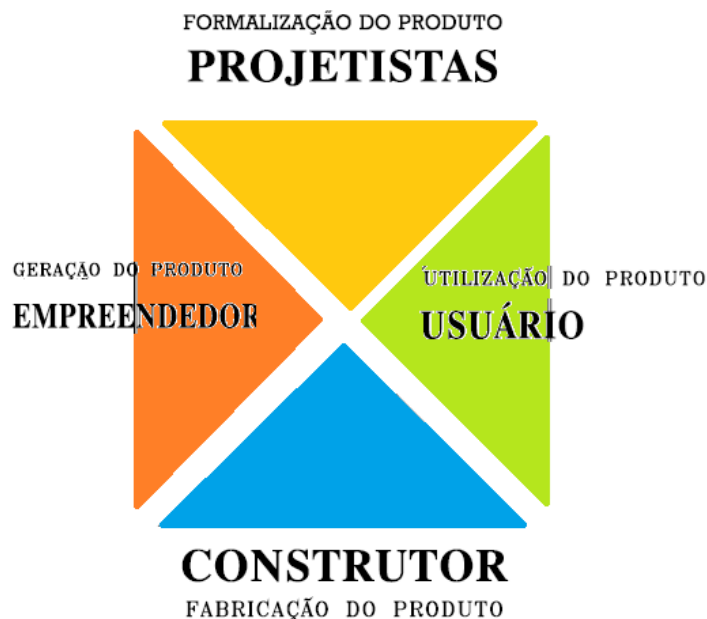


Figura 19: Os principais envolvidos e suas respectivas responsabilidades, adaptado pela autora.

Fonte: MELHADO e VIOLANI, (1992)

2.5 BIM aplicado à construção industrializada

Para Love e Gunasekaran (1997) como condição para a implementação de conceitos de engenharia simultânea tem-se o uso de tecnologias de informação e comunicação e a estruturação de um fluxo de atividades durante o processo de projeto, que configurem um modelo de referência para este processo.

Neste sentido, entende-se que o BIM (*Building Information Modeling*) pode ser apontado como a tecnologia de informação e comunicação que viabiliza e dá suporte aos processos de construção industrializada orientada pela Engenharia Silmultânea.

O modelo BIM é uma representação digital de uma edificação, que combina informações tridimensionais e não-geométricas de um projeto com as durações de atividades ou etapas da construção. O resultado dessa associação é um modelo BIM 4D. Este produto é utilizado para projetar e planejar sistemas de produção de empreendimentos de construção através da visualização do plano de

execução da obra. Estes autores apontam que a aplicação deste sistema pode ser na gestão de sistemas de produção no contexto organizacional de empresas de construção. (BIOTTO, FORMOSO, ISATTO, 2015)

Os autores El Debs e Ferreira (2014) apresentam em seu artigo considerações sobre a aplicação do BIM no processo de elaboração de projeto de sistema pré-fabricado. Este estudo aponta o BIM como uma ferramenta que permite a criação de um protótipo virtual do projeto que são utilizados para verificação do produto final antes de sua fabricação.

Para Silva, Coelho e Melhado (2015), a implantação do BIM encontrou dificuldades de diversas naturezas como, principalmente, pessoas, fatores tecnológicos e fatores de gestão. Apesar das dificuldades, os autores apontam que os projetos industriais podem realmente se beneficiar das novas ferramentas de tecnologia da informação, se estas forem devidamente implementadas. Caso contrário, se não houver planejamento para implantação, alterações no processo de projeto e uma ação de qualificação de profissionais, os resultados previstos tem grandes possibilidades de não serem alcançados.

Para Biotto, Formoso e Isatto (2015) os principais benefícios obtidos pela aplicação da modelagem BIM 4D na gestão de sistemas de produção são o aumento da comunicação e o entendimento das decisões entre os participantes e das inter-relações entre as decisões da gestão da produção. Pode-se citar ainda a possibilidade de simulação de vários cenários alternativos de forma rápida e fácil.

2.6 *Work Structuring* (WS) e *Design for Assembly* (DFA) aplicados à construção industrializada

Este tópico apresenta as definições de *Work Structuring* (WS) e *Design for Assembly* (DFA). Estes conceitos são inseridos uma vez que a implementação deles na construção industrializada potencializa a produção e o desenvolvimento do sistema pré-fabricado. Estes conceitos norteiam e orientam o desenvolvimento do processo de projeto das estruturas em aço industrializadas.

Para Vivan e Paliari (2012), a Engenharia Simultânea (ES) fornece as condições ideais para o desenvolvimento de um tipo específico de projeto que contemple as sequências de montagem de elementos que utilizam peças pré-fabricadas.

Estes projetos podem ser considerados os *Work Structuring* (WS). Para Ballard *et al.* (2001), WS refere-se a projetos que tem informações pertinentes ao sistema de produção. Leva em consideração diversas atividades que dão suporte à obra, como as atividades de montagem. Sua função é projetar o modo como as atividades serão desenvolvidas e executadas.

Da mesma maneira considerado por Vivan e Paliari (2012), com base nos conceitos de WS e nas características de produção da estrutura em aço, considera-se aplicável o *Design for Assembly* (DFA). O DFA é um projeto que define as atividades e as ferramentas necessárias à produção de um produto que utilize peças pré-fabricadas e contempla as atividades necessárias à produção. Implementar o DFA no processo significa projetar a montagem da estrutura em aço. A utilização do DFA possibilita a evolução da forma do produto, visto que o principal propósito deste tipo de projeto é a simplificação de componentes, com a consequente redução do ciclo de produção e de custos.

3 MÉTODO

Neste capítulo é feita uma descrição do método de pesquisa utilizado no trabalho. A Figura 20, apresenta esquematicamente a sequência das etapas desenvolvidas na pesquisa. Cada uma está descrita de maneira detalhada a seguir.

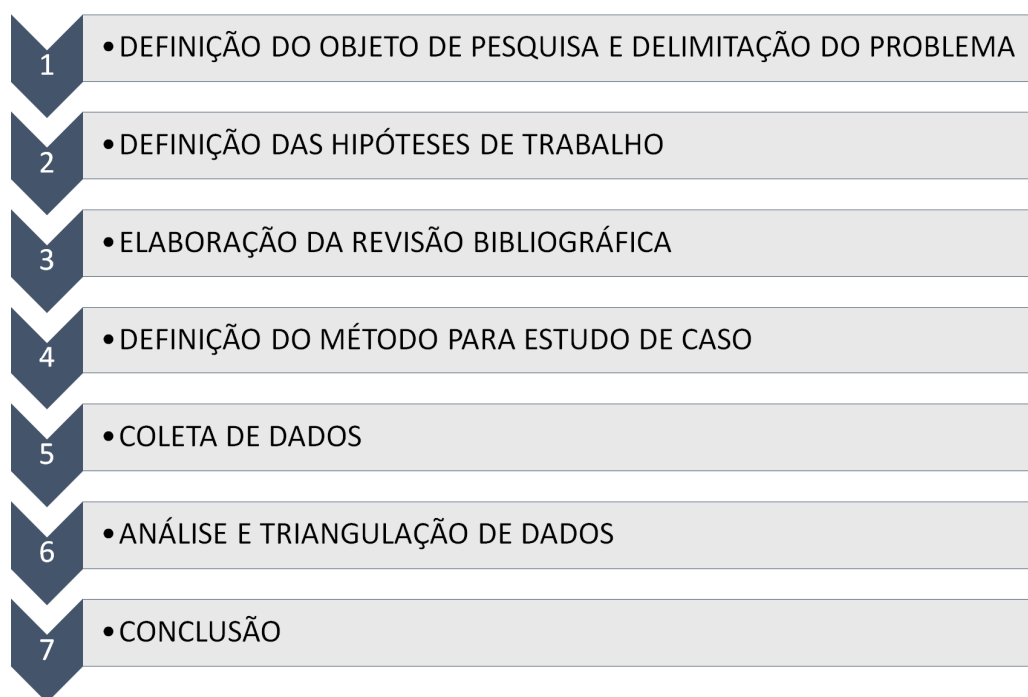


Figura 20: Fluxograma das atividades executadas.

1ª etapa: Definição do objeto de pesquisa e delimitação do problema

Foi definido como objeto de estudo a Análise do Ciclo de Produção Industrializada de Estruturas em aço. A análise foi realizada com foco na 2ª atividade do ciclo: Desenvolvimento do Processo, onde são produzidos os Projetos do Processo de Produção. Delimitou-se a abrangência para obras de estruturas em aço aplicadas à Edifícios de Andares Múltiplos, com foco no Projetos do Processo de Produção.

2ª etapa: Definição das hipóteses de trabalho

Foi levantada a hipótese de que a falta de integração entre o produto e os processos de produção do mesmo, de acordo com os conceitos de Engenharia

Simultânea, têm resultados sub-ótimos. Esses resultados, implicam em retrabalhos, soluções de engenharia ineficazes, impacto em outras áreas correlacionadas, atrasos na entrega do empreendimento, impactos financeiros, entre outros.

Por outro lado, levantou-se a possibilidade de que o processo de projeto e produção de estruturas em aço tem especificidades ligadas aos conceitos de industrialização, que nem sempre se aplicam ao processo de projeto entendido de maneira mais ampla ou geral.

3ª etapa: Elaboração da Revisão Bibliográfica

Segundo Cooper (1984), para determinar, de maneira mais significativa e assertiva, as questões sobre o referido assunto, foi necessário revisar a literatura já escrita. Além do objetivo de embasar a hipótese proposta. Para tanto, foram coletadas informações sobre Caracterização da Construção Civil Industrializada (com foco na importância dos projetos), Caracterização da construção em aço industrializada, conceitos de produto e ciclo de produção, caracterização e tipos de processo da construção em aço industrializada, com foco nos projetos envolvidos no processo. Por fim, pesquisou-se sobre as características do processo dos projetos de estruturas em aço, engenharia simultânea e sua aplicação na construção.

4º etapa: Definição do Método para Estudo de caso

Para Yin (2001), adota-se como estratégia de pesquisa o estudo de caso, em situações, como por exemplo, estudos organizacionais e gerenciais. Para o estudo de caso questiona-se o "como" ou o "por que" sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos inseridos em algum contexto da vida real, sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os comportamentos relevantes. Essas características se aplicam ao objeto de estudo desta pesquisa, e por isso foi escolhido a estratégia de estudo de caso para fins de pesquisa.

O poder diferenciador do estudo de caso é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências - documentos, artefatos, entrevistas e observações - além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional (YIN, 2001).

A pesquisa foi desenvolvida com base em um estudo, baseado no método dos casos reais. A proposta é avaliar o processo de produção com base na realidade do mercado. O método para estudo de caso é composto por cinco passos, conforme está apresentado na Figura 21.

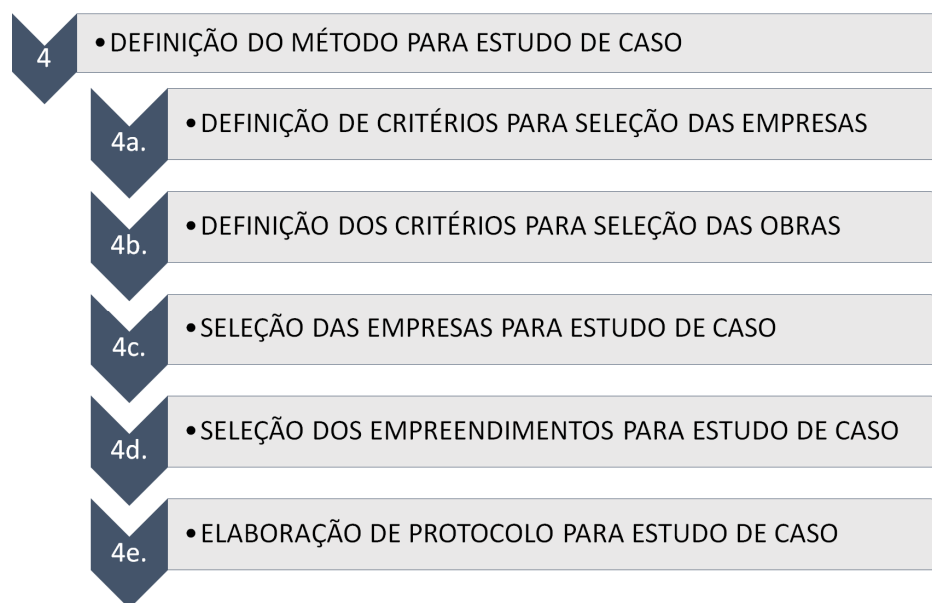


Figura 21: Descrição esquemática do método para estudo de caso.

4a) Definição de Critérios de seleção da empresa objeto do estudo de caso

Para ser selecionada a empresa deveria atender aos seguintes pré-requisitos:

- Ser empresa representativa do segmento de projeto e produção de estruturas em aço em edifícios de andares múltiplos;
- Ter processos e/ou procedimentos já consolidados e documentados na empresa, de forma que rotinas e fluxos de trabalho pudessem ser acompanhados e fossem representativos da realidade da empresa;

- Ter conceitos de Engenharia simultânea implementados nos processos da empresa;
- Disponibilidade de informações documentadas e rastreáveis a respeito do processo de projeto;
- Possibilidade de análise de empreendimentos nos quais pudesse ser analisada a integração entre projeto e execução, em função da atuação da empresa ou de suas associadas desde a etapa de concepção até a de montagem nos canteiros de obras.

4b) Definição dos Critérios de seleção para seleção das obras

Para o estudo de caso, a escolha dos dois empreendimentos, dentre os diversos em produção na empresa selecionada, seguiu os critérios descritos a seguir.

- Os empreendimentos deveriam ter a atividade de projeto executado pela equipe interna da empresa, sem terceirizações, ou pelo menos ter esse processo terceirizado sob controle da empresa em termos de rastreabilidade das informações
- Os empreendimentos de uma mesma empresa deveriam apresentar semelhança nas características técnicas dos empreendimentos, como ocupação e complexidade de projeto, para poderem ser comparados;
- Disponibilidade de informações;
- Os empreendimentos devem ser produzidos segundo o processo implantado na empresa;
- Os empreendimentos devem ter registros documentados a respeito dos processos empregados, bem como de dados técnicos de projeto.

4c) Seleção das Empresas para Estudo de Caso

Nesta etapa foram selecionadas duas empresas, dentre as disponíveis no mercado da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que se encaixaram no perfil desejado para a pesquisa. Elas foram denominadas na pesquisa: Empresa A e Empresa B.

4d) Seleção dos Empreendimentos para estudo de caso

A Empresa A forneceu dados de dois empreendimentos classificados como andares múltiplos semelhantes entre si para estudo de caso. Estes empreendimentos foram denominados, respectivamente neste, Caso A1 e Caso A2.

A Empresa B forneceu dados de dois empreendimentos classificados como andares múltiplos semelhantes entre si para estudo de caso. Os empreendimentos pertencentes à Empresa B foram denominados respectivamente neste, Caso B1 e Caso B2.

As caracterizações dos empreendimentos citados estão descritas no capítulo seguinte.

4e) Elaboração de Protocolo para estudo de caso:

Foi elaborado um protocolo para orientar no desenvolvimento do estudo de caso, conforme apresentado na Figura 22.

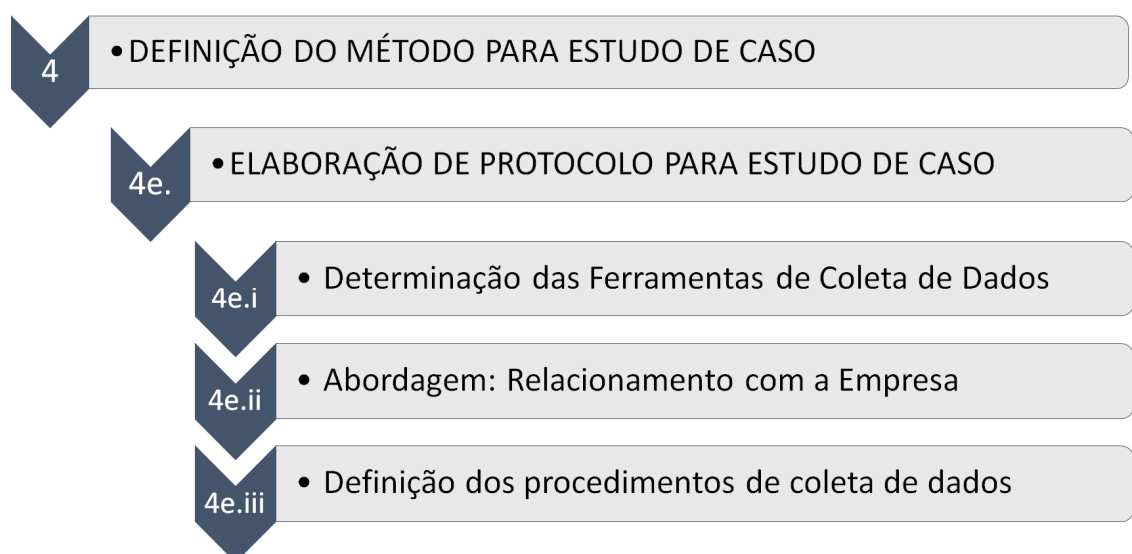


Figura 22: Protocolo para estudo de caso.

4e.i) Determinação das Ferramentas de coleta de dados

Para coleta de dados para esta pesquisa foram elaborados dois questionários diferentes, além de uma ficha de cadastro dos empreendimentos que compõem o estudo.

Ficha de Cadastro (ver anexo): Após seleção dos empreendimentos de acordo com os critérios descritos, foram aplicadas fichas de cadastro para coleta das informações e características principais do empreendimento. Essa Ficha de Cadastro possibilita identificar os aspectos técnicos da obra além das características do perfil do cliente e de outros agentes, internos e externos, envolvidos no empreendimento apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Agentes envolvidos no empreendimento.

Agentes Internos envolvidos	Agentes Externos envolvidos
Fábrica	Financiador (pagador)
Montagem	Empresa gerenciadora
Setor Comercial e Orçamento	Arquiteto
Planejamento, Suprimentos,	Outros especialistas de projeto (ex: fundação, esquadrias, instalações, ar condicionado, etc.)
Auditor Técnico	Consultor Técnico
	Cliente da ocupação (ex: lojistas)

Questionário 1 – Mapeamento do Processo da Empresa (ver anexo): O primeiro questionário, tem objetivo de mapear o processo de um determinado setor, processo esse que faz parte do fluxo de elaboração de projetos de estruturas em aço da empresa estudada.

Questionário 2 – Estudo de Caso por setor: O segundo questionário foi elaborado com base nas respostas do primeiro questionário, ou seja, com base no processo de um determinado setor, com foco nos projetos do processo de produção. Este segundo questionário foi aplicado com o objetivo de fazer uma avaliação comparativa entre o processo informado pelo setor e o processo executado no empreendimento em questão, comparando as fontes de evidências. As respostas dos questionários foram registradas de maneira discursiva, ou por meio de fluxogramas, ou gráficos, etc. Foram anexados aos questionários outros documentos disponibilizados pelo entrevistado que complementaram as informações fornecidas.

4e.ii) Abordagem: Relacionamento com a Empresa selecionada

Para abordagem à empresa que fornece os dados para pesquisa, foram elaborados dois documentos que proporcionassem segurança no relacionamento para ambos os lados.

Estes documentos foram uma Carta de Apresentação e um Termo de Confidencialidade entre as partes envolvidas (ver Anexos 1 e 2). Entende-se que a elaboração de uma carta de apresentação dá credibilidade à pesquisa junto às empresas de estudo. Baseando-se na sugestão de Yin (2001) foi elaborado o padrão apresentado no capítulo dos anexos. Por meio do Termo de Confidencialidade o pesquisador assume formalmente um compromisso de manter tanto a identidade do entrevistado em sigilo quando da apresentação do relatório do estudo de caso e dos resultados finais da pesquisa.

Primeiramente enviou-se um e-mail com a Carta de Apresentação anexada, com uma solicitação para agendamento de horário para apresentação pessoalmente da proposta de pesquisa, juntamente com um convite para participação e colaboração com o estudo. Esta carta foi enviada previamente a todos principais entrevistados e organizações objeto de estudo. Após o aceite da participação, foram pré-agendados as próximas entrevistas, descritas anteriormente.

4e.iii) Definição dos procedimentos de coleta de dados:

As coletas de dados nas empresas, no geral, ocorriam em 04 encontros presenciais. O primeiro ocorria para apresentação da pesquisa, o segundo para aplicação do Questionário de Mapeamento do processo, seleção dos casos e aplicação da Ficha de Cadastro. O terceiro e o quarto encontro, tinha o objetivo de aplicar o Questionário de Estudo de Caso, sendo um dia para cada caso selecionado. Além disso, houve, fora da empresa, a análise dos documentos cedidos.

Como fontes de evidência para os estudos de caso, foram utilizadas basicamente

quatro: a observação direta de rotinas de trabalho por parte da autora, entrevistas com profissionais que trabalharam na área, análise de documentação e o caderno de campo. Dentro de análise de documentação pode-se citar a análise de documentos relativos ao processo de projeto, projetos (desenhos e diagramas) e fluxos de processo.

5ª etapa: Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada de acordo com os procedimentos definidos no protocolo descrito acima.

6º etapa: Análise e triangulação de dados

A Análise dos dados coletados nas entrevistas foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa executou-se a análise entre os casos da mesma empresa, segundo critérios apresentados a seguir. A segunda etapa consiste na triangulação das informações entre os quatro casos. Este método de análise dos dados coletados está apresentado na Figura 23.

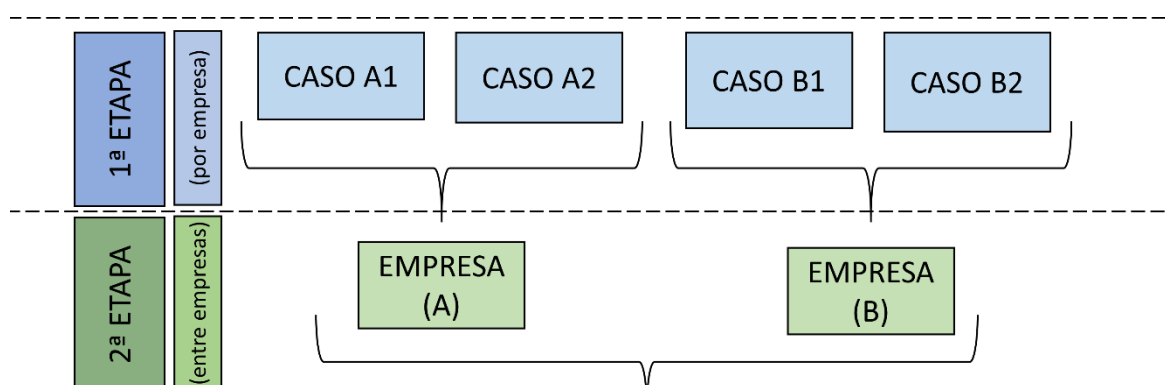


Figura 23: Método de análise dos dados coletados.

Para a 1ª Etapa, a análise dos casos utilizou como critérios de análise:

- 1) Relação fabricante x contratante
- 2) Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem)

- 3) Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades mencionado acima
- 4) Integração dos setores da empresa
- 5) Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

A 2ª Etapa da análise verifica, à luz dos parâmetros mencionados acima, se há indícios de que as características do processo de projeto são pelo menos parcialmente generalizáveis, e que características do processo de projeto e produção estão diretamente associadas a parâmetros organizacionais e comerciais das empresas estudadas.

7ª etapa: Conclusão

Conforme apresentado na Figura 24, a fase da Conclusão aborda as considerações finais acerca das análises feitas dos casos estudados.

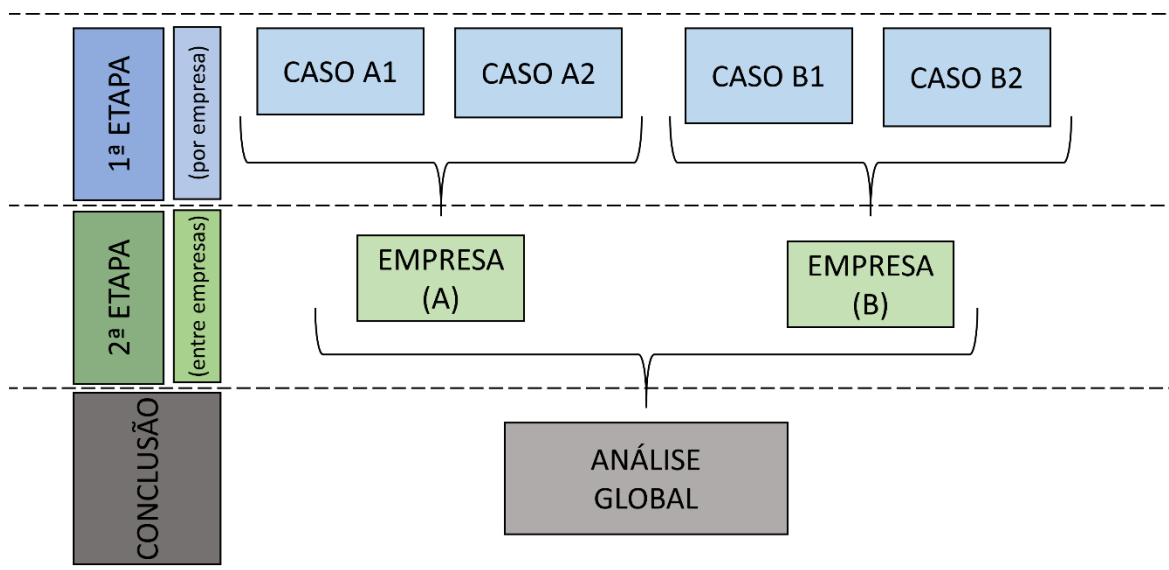


Figura 24: Método de análise dos dados coletados.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS – EMPRESA A

4.1.1 Caracterização da Empresa

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.

A estrutura hierárquica da empresa é composta primeiramente pelo Conselho de Administração. Imediatamente abaixo se encontra a Presidência da empresa, que por sua vez está acima da Diretoria Comercial e Diretoria da Superintendência.

A Diretoria de Superintendência é responsável pelas operações da empresa, e conta com os seguintes subordinados que se encontram no mesmo nível: Gerência de Projetos, Diretoria Técnica, Diretoria Industrial, Gerência de Montagem, Gerência Administrativa Financeira e Gerência de Gente e Gestão.

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 vendida.

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 direcionadas à Gerência de Montagem.

4.1.2 Descrição do Ciclo de produção de estrutura em aço

O Ciclo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa A se desenvolve ao longo de cinco etapas, desde o Orçamento e Venda, na sequência, Engenharia, Detalhamento, Fabricação até a Montagem, conforme apresentado na Figura 25.



Figura 25: O Ciclo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa A.

O setor “Orçamento e Venda”, através de solicitações de orçamento de clientes ou abordagens do mercado (propostas oferecidas sem prévia petição por parte do empreendedor), realiza a análise para a prospecção de novas obras e desenvolvimento de clientes, identifica as necessidades do cliente, analisa a compatibilidade das características da obra com o perfil da respectiva empresa e executa o processo de orçamentação, que resulta na elaboração da Proposta Comercial.

O processo de Engenharia consiste em primeiramente entender a necessidade do produto, ou seja, entender o produto vendido suas características e peculiaridades, além de entender quais são as necessidades do cliente e do orçamento frente o projeto.

Em alguns casos, o próprio cliente desconhece o que ele realmente deseja como produto final. A etapa de Engenharia também consiste na geração de projetos de

estruturas em aço que sejam capazes de atender tecnicamente os objetivos do empreendimento, que apresentem soluções e condições mais simples e possíveis de montagem, que sejam tecnicamente compatíveis com as limitações da planta de fabricação e que apresentem volume de produção capaz de atender as projeções fabris apontadas pelo Planejamento de Produção da empresa.

No setor de engenharia é formado o conceito que orienta toda a produção do empreendimento dentro da empresa. Este conceito é baseado na definição de fases. Essas fases são definidas com base na sequência de montagem da estrutura do empreendimento, nos tipos dos elementos estruturais que compõem o projeto e o volume de produção pré-definido pelo setor de planejamento da empresa.

O Setor de Detalhamento fornece duas contribuições ao processo da empresa. Primeiramente há o envolvimento na fase preparatória, ou seja, ainda na fase de pré-venda, e posteriormente a produção de projetos propriamente dita, após venda concretizada e inserção do empreendimento no processo de produção da empresa.

Este setor é responsável pela produção dos projetos do processo de produção, sendo eles projetos para fabricação e montagem, além de alimentar os demais setores que dão suporte à produção, como por exemplo, planejamento integrado, suprimentos, fabricação, etc.

A quarta etapa corresponde à fabricação das peças em aço concebidas, calculadas e projetadas. A fabricação é um processo da área de diretoria industrial, conforme está apresentado na Figura 26.

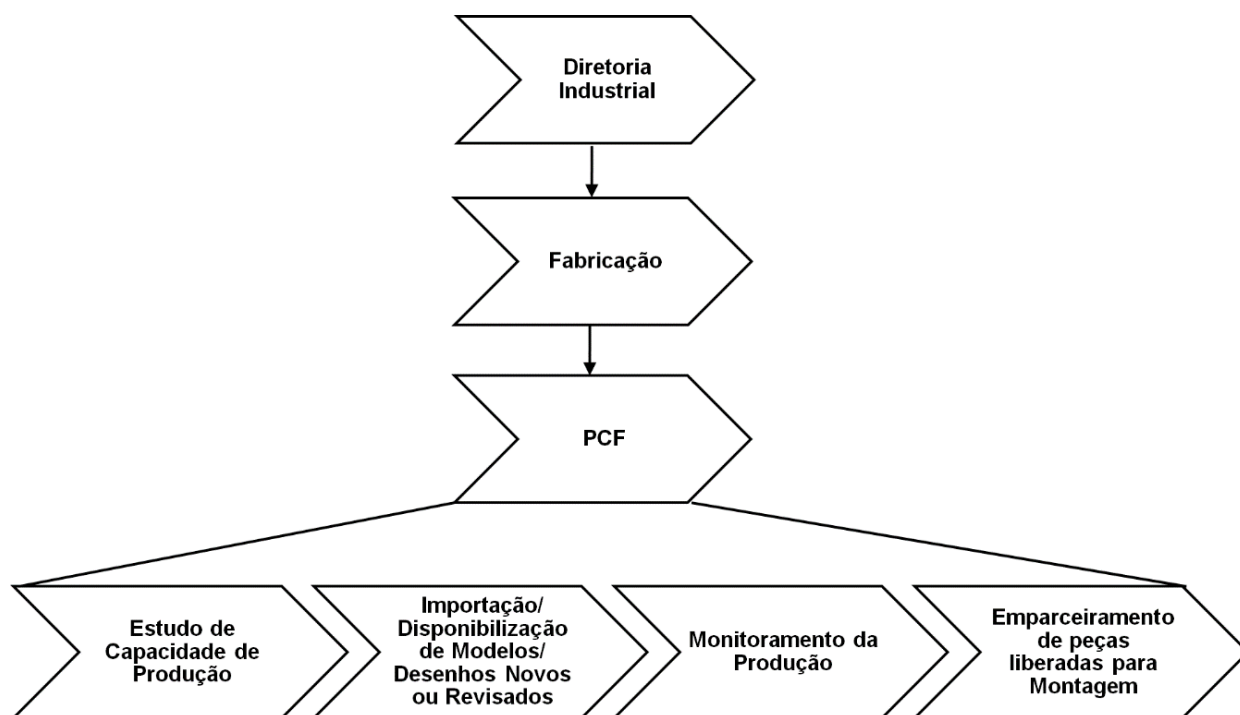


Figura 26: Fluxograma – Mapa do Processo PCF.

Dentro da fabricação tem-se o subprocesso do PCF (Planejamento e Controle de Fabricação) que tem a função de planejar e controlar a produção fabril por meio de relatórios extraídos do Software (no caso, SCIA), que é alimentado pelo PCF e pela Fábrica. Este subprocesso é subdividido em estudo de capacidade de produção, disponibilização dos projetos de fabricação, monitoramento da produção e emparceiramento das peças para a montagem. Com esta sequência objetiva-se otimizar o processo de fabricação, realizando agrupamentos, avaliação de possíveis terceirizações. As terceirizações são serviços designados a serem produzidos externamente pois apresentam baixa produtividade para a empresa.

A sequência de atividades referentes ao subprocesso do PCF está apresentada na Figura 27.

Após recebimento das informações da engenharia e detalhamento, estas são processadas via software (SCIA) e assim faz-se o cálculo da estimativa do tempo de fabricação de cada peça e o planejamento de HH (homem-hora).

O planejamento fabril é elaborado com base na disponibilidade de mão-de-obra, volume de produção, tempo de produção, entre outros. Essas informações são baseadas no histórico de produção da fábrica empresa versus a capacidade produtiva da planta fabril.

Em seguida são geradas as ordens de produção de acordo com a capacidade e hora disponível de cada recurso. Essa estimativa é repassada para o Planejamento Integrado para validação. Caso esteja tudo dentro dos conformes, dá-se a continuidade do processo do setor PCF com a entrega físicas das ordens de produção de fabricação impressas na fábrica. A fabricação só inicia após validação das informações pelo Planejamento Integrado. Após entrega das ordens de produção, seguem atividades destinadas à fabricação, controle de produção.

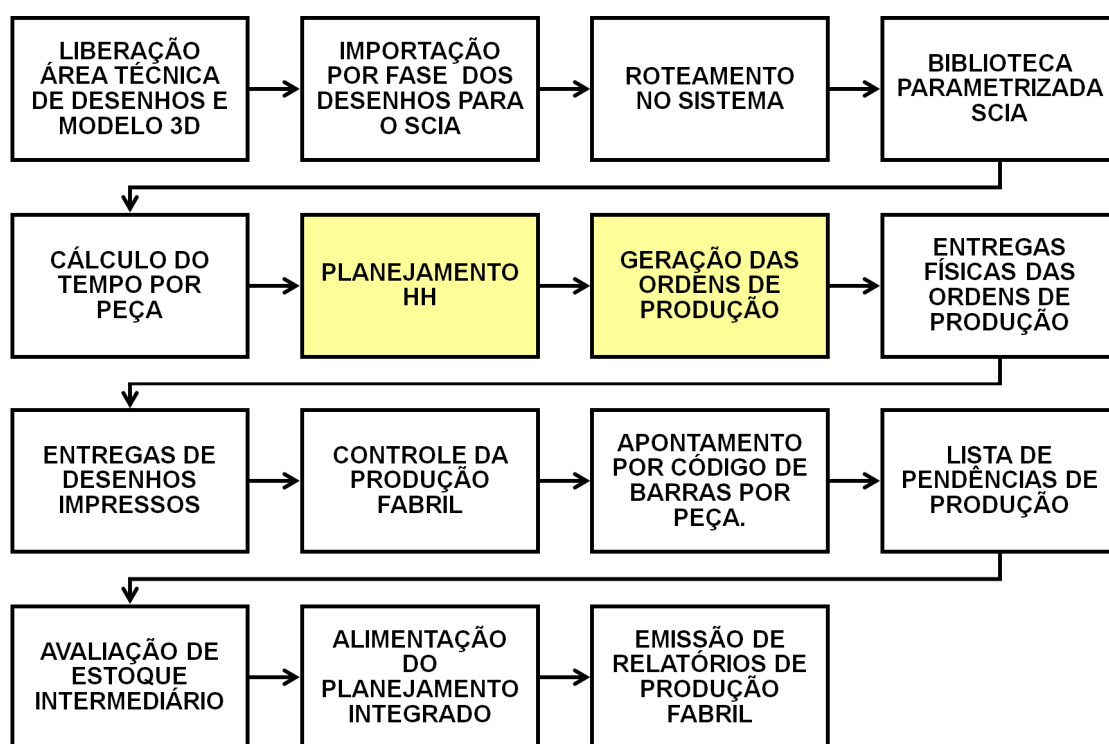


Figura 27: Fluxograma Setor PCF.

A Montagem é a etapa que envolve planejamento das atividades desde a pré-venda até a conclusão dos serviços de montagem no endereço da obra. Entre a assinatura do contrato até a montagem, tem-se atividades de estudos da estratégia de montagem, da equipe, do perfil da obra e do contratante. O

processo está apresentado na Figura 28.

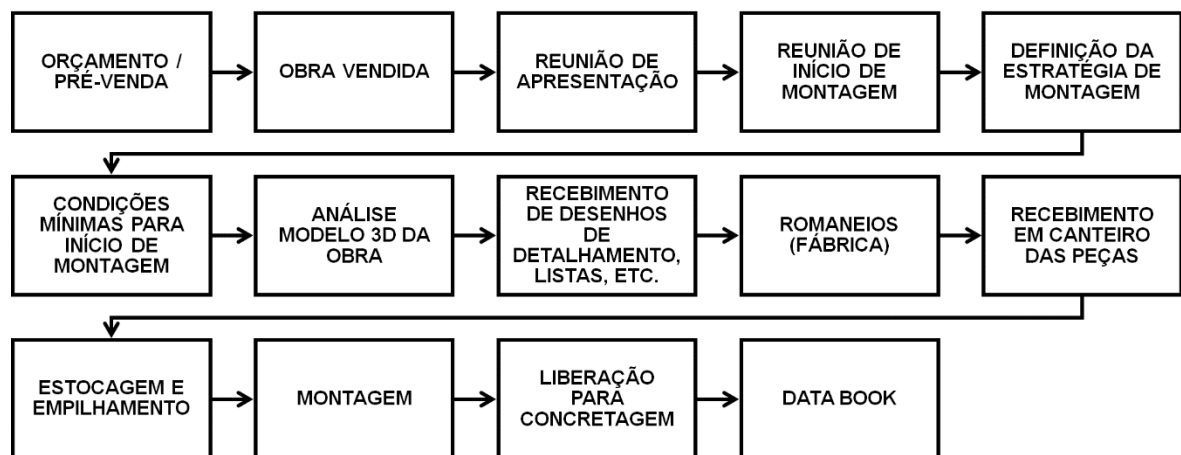


Figura 28: Fluxo do Processo de Montagem.

A intervenção do setor de montagem ocorre em dois momentos, um na pré-venda e outro após a venda. A primeira participação do setor ocorre sob demanda do setor de orçamento, com o objetivo de dar apoio à produção da proposta de venda.

Após a venda, de acordo com as premissas definidas na reunião de apresentação, a equipe de montagem inicia os trabalhos com a reunião de início de montagem. Esta reunião é agendada após a confirmação da data de montagem pela contratante. Após a reunião seguem-se várias atividades para desenvolvimento da estratégia de montagem, planejamento e controle da expedição, recebimento e montagem das peças fabricadas em canteiro.

4.1.3 Processo de Projetos do Processo de Produção de Estrutura em aço

Os fluxos para elaboração dos Projetos da Produção e Projetos para Produção são semelhantes e diferenciam-se nos produtos finais e os receptores desses projetos.

A Figura 29 e Figura 30 apresentam um esquema sintético do fluxo de trabalho dos Projetos da Produção e dos Projetos para Produção respectivamente, que

estão descritos a seguir. É importante destacar que estes fluxos de trabalho ocorrem simultaneamente para cada fase de maneira independente.

Na empresa A, o setor de Detalhamento é responsável pela elaboração dos Projetos do Processo de Produção, sendo eles os projetos para fabricação e projetos para montagem.

O processo se inicia quando a Gerência de Engenharia encaminha o arquivo eletrônico do modelo 3D da estrutura do empreendimento à Gerência de Detalhamento, que realiza um *checklist* de recebimento de documentos, para avaliação da qualidade das informações recebidas.

Dessa forma, dá-se início aos Projetos do Processo de Produção. Não havendo aprovação (algum item relevante do *checklist* não foi respeitado) os arquivos são devolvidos aos responsáveis para correções.

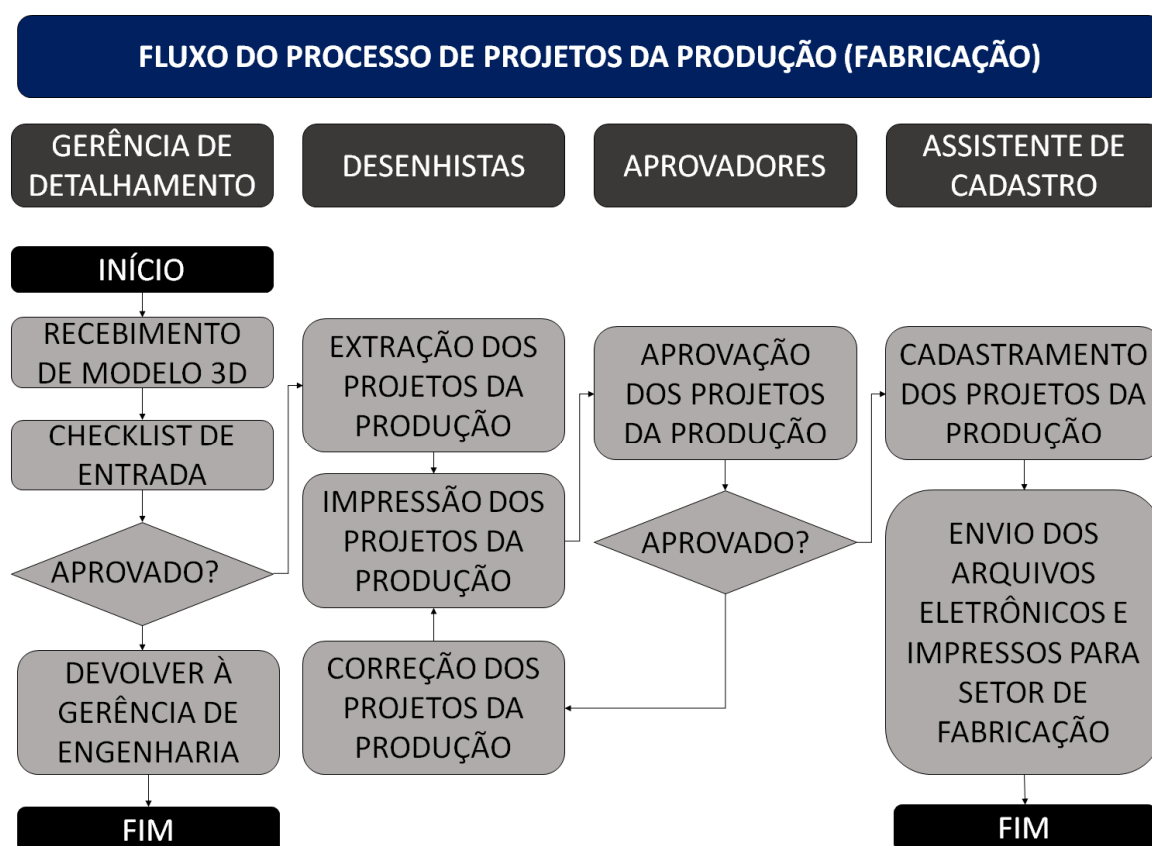


Figura 29: Fluxo do processo de projetos da produção (Fabricação).

Ainda a respeito da Figura 29 e da Figura 30, se houver a aprovação, se inicia o processo de extração dos Desenhos de Detalhamento (Fabricação) e dos Diagramas de Montagem (Montagem) pelos Desenhistas.

Em seguida estes desenhos passam pelos “Aprovadores”, que são projetistas que têm conhecimento técnico e experiência, com capacidade para identificar possíveis erros de elaboração de desenhos, como por exemplo, se há peças com identificação incorreta, se há ausência de cotas, ou outra informação que venha a ser necessária para fabricação das peças. Orientados por um “*checklist* de aprovação”, eles avaliam a qualidade das informações contidas em cada desenho. Em alguns casos, essas verificações podem ser feitas por amostras e não em sua totalidade.

Os *checklists* são uma ferramenta importante para controle e garantia indireta da qualidade dos produtos finais, sejam eles internos ou externos. O processo de aprovação segue os passos do *checklist* de Aprovação para Andares Múltiplos.

Esse *checklist* implica na verificação de todos os desenhos, onde são observadas as informações do carimbo, dos campos com nomes do desenhista, data, tipo de peça, verificação das dimensões da peça principal, como comprimento, recortes e furação, verificação de cotas de ligação, solda, cortes para detalhes, quantidade de parafusos, composição do perfil soldado, dimensões de perfis assimétricos, verificação de notas especiais, de posição de colunas no diagrama de montagem e de listas de parafuso. Como parte dos itens desse *checklist*, é realizada verificação por meio de ferramenta eletrônica denominada IMD (Informações de Modelo e Desenho).

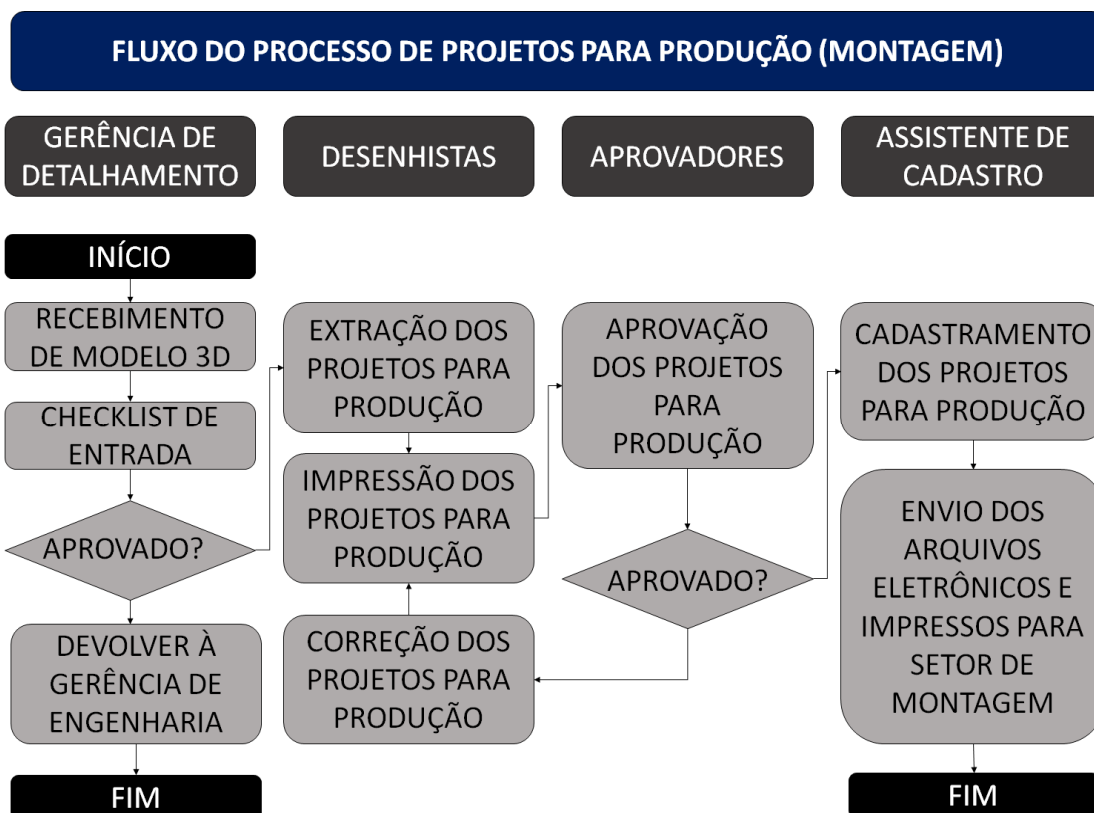


Figura 30: Fluxo do processo de projetos para produção (Montagem).

Após verificação e liberação, os desenhos são encaminhados aos Assistentes de Cadastro que, orientados por um *checklist* de envio, realizam o cadastramento dos Projetos da Produção e dos Projetos para Produção no sistema de controle e disponibilizam os arquivos eletrônicos e/ou físicos ao setor responsável pela fabricação das peças em aço.

O *checklist* de envio para fabricação orienta o processo de verificação de informações básicas, para garantir indiretamente a qualidade dos projetos destinados à produção. O passo-a-passo consiste na certificação dos arquivos e documentos que serão enviados.

Na Tabela 8 estão apresentados os documentos que compõem cada tipo de Projeto do Processo de Produção e a seguir são descritos cada documento que fazem parte dos Projetos para Produção e da Produção, brevemente descritos na sequência.

Tabela 8: Documentos que compõem os Projetos do Processo de Produção.

Tipo de Projeto do Processo de Produção Documentos	Projetos da Produção (Fábrica)	Projetos para Produção (Montagem)
• Diagrama de Montagem		X
• Desenhos de Fabricação	X	
• DSTV com SCRIBING	X	
• Croquis	X	
• Arquivos de interface SCIA	X	
• Lista de Parafusos para montagem e para fabricação	X	X
• Área de Superfície	X	
• Controle de Diagramas de Montagem e Desenhos de Detalhamento	X	X

Desenhos de Fabricação: Projetos de detalhamento de todas as peças em aço, plotados ou eletrônicos, com informações para fabricação, como tipo do aço, locação e identificação de furos nas peças, marca da peça, quantidade de peças da respectiva marca, dimensões do perfil adotado, peso de cada peça, peso calculado total do desenho (cada desenho pode ter mais de uma peça), nome do calculista responsável pelo cálculo, nome da obra, responsáveis pelo detalhamento e verificação e aprovação, entre outras que forem julgadas necessárias.

Diagrama de Montagem: Os diagramas de montagem apresentam cortes, plantas, detalhes com a localização de cada peça em aço fabricada na estrutura calculada, onde ela deve ser devidamente montada. Descrevem os eixos coordenados do projeto, pré-estabelecidos na concepção da solução estrutural, ainda no projeto arquitetônico. Apresenta o tipo de ligação em aço a ser executado, qual parafuso a ser adotado, estruturas pré-existentes na obra, nome do calculista responsável pelo cálculo, nome da obra, responsáveis pelo diagrama, verificação e aprovação, entre outras informações que forem julgadas necessárias.

DSTV com SCRIBING: arquivos eletrônicos que são utilizados nas máquinas de fabricação. Estes arquivos contém as informações de fabricação e projeto na linguagem de processamento das máquinas existentes na fábrica.

Croquis: São desenhos que complementam os desenhos de detalhamento no processo de fabricação, como por exemplo, os croquis de contra flecha. Os processos de contra flecha em uma peça em aço muitas das vezes são artesanais, dessa maneira, necessitam de informações complementares para sua execução.

Arquivos de interface SCIA: Toda a fabricação, o planejamento e a logística são realizados, controlados e medidos, por meio de um software. Este necessita receber arquivos com informações associadas aos projetos de fabricação e montagem dentro dos parâmetros da linguagem do programa. Estes arquivos são denominados de interface SCIA. SCIA é o nome do programa utilizado pela empresa.

Lista de Parafusos para montagem e para fabricação: Listas de quantidades e especificações de parafusos a serem utilizados na fabricação e na montagem são divulgadas para melhor planejamento e logísticas das peças necessárias à fabricação.

Área de Superfície: o setor de pintura necessita receber a informação de área de superfície para realizar seu trabalho, além do setor que executa as proteções passivas das estruturas em aço, quando aplicável ao projeto.

Controle de Diagramas de Montagem e Desenhos de Detalhamento: Todo desenho e diagrama emitidos são controlados por códigos e estes controles são repassados a todos os receptores para controle, inclusive de possíveis revisões.

4.1.4 Caso A1

4.1.4.1 Caracterização do empreendimento

O Caso A1, como indicado anteriormente, refere-se a um shopping vertical, localizado no estado do Rio de Janeiro.

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 ao todo 10 (dez) pavimentos, com uma área total de laje de aproximadamente 30,5mil m². O escopo do contrato englobava, solução estrutural, cálculo, projeto, fabricação e montagem. A Fabricação deste edifício está prevista em contrato para ocorrer em 4 (quatro) meses e a Montagem em 8 (oito) meses. Uma ilustração da estrutura é apresentada Figura 31.

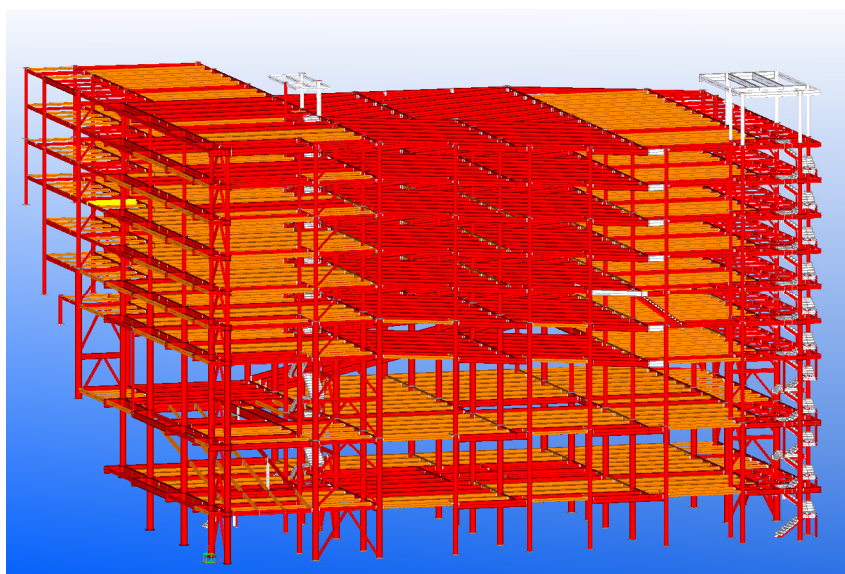


Figura 31: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso A1.

Fonte: Empresa A (2015).

Este empreendimento tinha uma vantagem: o cliente, neste caso, era o próprio arquiteto responsável pelo projeto, além de ser o agente financiador e responsável principal pelas definições de projeto.

O número de agentes envolvidos foi pequeno, e não houve presença de uma empresa gerenciadora na obra. Todos os problemas eram solucionados entre o arquiteto, seus dois filhos, envolvidos diretos com o projeto e, pelo lado da empresa A, tinha-se a Gerente de Engenharia e o engenheiro calculista da obra.

Pode-se destacar que o fato do cliente não ter conhecimento do sistema construtivo metálico industrializado, o que poderia ser uma barreira, entretanto ele estava com total abertura para esta tecnologia, o que para ele era novo.

4.1.4.2 Fluxo do Processo

O caso A1, foi desenvolvido segundo o ciclo de produção da empresa A descrito nos itens 4.1.2 e 4.1.3. Verificou-se que o caso passou por todas as etapas do ciclo, na sua sequência sem alteração das mesmas.

Verificou-se que nas etapas do orçamento, da engenharia, do detalhamento e da fabricação ocorreram interferências por fatores externos e internos que estão descritos a seguir.

No caso do setor de orçamento, as indefinições de projeto por parte do contratante interferiram no desenvolvimento e no nível de maturidade da proposta de venda.

As indefinições foram causadas pela elaboração do orçamento ter sido desenvolvida com base apenas no projeto básico. Essas indefinições foram potencializadas com a ocorrência de uma revisão drástica de projeto básico no decorrer da etapa do orçamento. Estas indefinições não solucionadas pela equipe de orçamento, foram repassadas para o setor de engenharia, que assumiu a responsabilidade de resolvê-las.

No caso do setor de engenharia, houve a necessidade de flexibilização e adequação em função das falhas no fluxo de informações do processo interno, do perfil da contratante e da necessidade de fabricação.

Em função da falha do processo interno, este setor demandou mais esforços para suprir a baixa qualidade das informações repassadas do setor comercial após a venda. Como por exemplo, o fato de iniciar a produção sem o documento padrão, no caso a ficha técnica.

A produção dos projetos ocorreu com base num emaranhado de informações dispostas em diversos documentos desenvolvidos ao longo do orçamento, como por exemplo, na cópia do contrato de venda, histórico de e-mails com os registros

técnicos e planilhas de pesos de estrutura em aço.

A ficha técnica foi disponibilizada posteriormente ao início da produção dos projetos. Mesmo após a venda ainda tiveram algumas indefinições de projeto que impossibilitavam a produção. Apesar de já serem conhecidas, não foram solucionadas na etapa de orçamento e conseqüentemente foram repassadas ao setor de engenharia.

A falta de conhecimento do contratante a respeito do processo de projeto e de fabricação gerou dificuldades de colaboração entre contratante e contratada. Com o objetivo de sanar tal deficiência, o setor de engenharia decidiu apresentar à contratante todas as necessidades básicas para desenvolvimento do processo de projeto.

Com exemplo, citam-se informações técnicas que deveriam ser apresentadas antes do início da produção. Como consequência, houve a necessidade de agilizar o fluxo de trabalho. Dessa forma, alguns procedimentos internos da empresa não foram respeitados. Pode ser destacado a não utilização dos registros padrões referentes à primeira reunião com a contratante, bem como outros procedimentos internos que foram desconsiderados para agilizar os trabalhos ou em função de demandas específicas do cliente.

A dinâmica do mercado impôs mudanças de contratação e de prazos, que foram absorvidas pela empresa. Todas as atividades dessa obra passaram a ser em função do atendimento à demanda fabril, para evitar ociosidade de fábrica. Dentro das limitações impostas pelo cliente, identificou-se a necessidade de liberação de peças fora da sequência de montagem, com o objetivo de abastecer a produção.

O caso A1 demandou um esforço maior para apresentar volume de produção capaz de atender as previsões de fabricação da empresa. Este esforço foi o remanejamento das equipes internas, pagamento de horas extras, maior integração entre os setores de engenharia e de detalhamento e maior flexibilidade no processo.

Esses esforços resultaram em soluções mais eficientes que corrigiram de forma ágil as falhas técnicas que ocorreram na produção dos projetos.

Observou-se um volume reduzido de burocracia, consequentemente houve maior entrosamento dos setores de cálculo e de projeto. O processo foi flexibilizado na medida em que, por exemplo, peças fora da sequência de montagem foram liberadas para fabricação.

No caso do setor de detalhamento, ocorreu uma alteração das premissas que condicionam o funcionamento da empresa, isto é, a necessidade interna de fabricação.

Em função da priorização da demanda de fábrica, foram alterados os conceitos de definição de fases de fabricação, as ferramentas de controle de produção e as formas de entrega dos projetos de fábrica e montagem.

Essas alterações resultaram principalmente em um novo conceito de divisão de fases em função da nova demanda de mercado e de produção da fábrica. As divisões de fase, que norteiam toda a produção da empresa, passaram a depender das liberações do cliente e da capacidade produtiva da equipe de engenharia, que não estava condizente com a sequência de montagem do empreendimento. Em função dessas alterações novas ferramentas de controle de produção foram implementadas e a forma de planejamento da empresa foi adaptada à nova realidade. As entregas dos projetos de fabricação passaram a ser parciais e não concomitante aos projetos de montagem.

No setor de fabricação, foi necessário flexibilizar o fluxo dessa etapa com o objetivo de atender o volume de fábrica. Essa afirmação pode ser verificada no fato de que, ao contrário do descrito no item 4.1.2, a liberação de ordens de produção ocorreu antes da validação do setor de planejamento.

4.1.4.3 Considerações sobre o caso A1

A análise do caso A1 foi desenvolvida com base nos dados obtidos, de acordo com cinco critérios, sendo eles: Relação fabricante x contratante; Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem); Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividade; Integração dos setores da empresa; Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Relação Fabricante x Contratante

Verificou-se que, no caso A1, o perfil da contratante influenciou no desenvolvimento da etapa de orçamento no que tange o nível de maturidade da proposta. Pode-se dizer que o perfil do cliente interferiu também, de maneira indireta, a etapa de engenharia, no momento em que as indefinições foram repassadas para este setor. Este flexibilizou seu fluxo para suprir a demanda de solução das indefinições.

O perfil, a postura e a forma de interação com a contratante modificaram o fluxo de atividades, de maneira que o processo da empresa não pode ser considerado independente da influência do cliente.

A equipe de orçamento teve de se adequar ao perfil da contratante e à relação do mesmo com a contratada. Essa adequação tem o objetivo de obter um maior detalhamento da proposta, maior nível de definição das informações técnicas e melhor interação e integração entre os setores da contratada. A adequação se faz necessária quando o produto não é bem definido pelo cliente, o que torna a etapa de orçamento e engenharia mais trabalhosa, na medida em que, deve levantar as necessidades do cliente, também considerando as limitações da construção industrializada em aço.

Além da empresa ter que se adequar ao perfil da contratante, entende-se que,

como se trata de uma parceria, o cliente deve atender aos princípios mínimos de uma construção industrializada que exige uma fase de concepção de produto mais detalhada.

Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem)

Com base nos dados apresentados, verificou-se que a interferência da alocação de recursos no fluxo das atividades é resultado da influência de três fatores, sendo dois externos, o perfil da contratante e a dinâmica de mercado, e um interno, problema de gestão e interação de setores.

Internamente, os problemas de gestão e interação de setores, principalmente os que fazem parte da concepção do produto, impactam na alocação de recurso, na medida em que exigiram maior habilidade dos profissionais envolvidos na concepção (orçamento e engenharia), para compatibilização e extração de informações técnicas do cliente para produção do projeto.

Na etapa de orçamento, além dos funcionários do quadro fixo do setor, foram envolvidos outros profissionais dos demais setores, como por exemplo o engenheiro da montagem, para verificação de detalhes técnicos e equipamentos de içamento.

A etapa de engenharia foi desenvolvida por uma equipe interna distinta da equipe destinada a orçamentação. As soluções propostas na orçamentação, ainda na fase inicial do projeto, não foram efetivamente empregadas na etapa seguinte. A segmentação interna das informações fez com que, na etapa de produção, o projeto precisasse ser revisto, daí perder-se o potencial de melhoria decorrente da interação entre projeto estrutural e projeto arquitetônico ainda na etapa inicial de concepção do empreendimento.

Sendo assim, de maneira indireta, pode-se afirmar que o perfil da contratante

influenciou na dinâmica das tratativas na etapa concepção por parte do setor de orçamento e de engenharia. O desconhecimento do sistema construtivo por parte da contratante exigiu dos profissionais da empresa uma nova abordagem técnica para maior entendimento do cliente.

A dinâmica de mercado (ou seja, questões de ordem comercial) interferiu intensamente os processos de produção da empresa. No que tange à alocação dos recursos, em função do cenário do mercado, foi necessário remanejamento das equipes internas, pagamento de horas extras e transferência da execução de serviços terceirizados para equipes internas.

É importante ressaltar que a “falta de venda das obras” colaborou com a realocação de recursos pois havia maior “disponibilidade de funcionários”. Dessa maneira, a absorção de retrabalhos por erros operacionais foi feita por esta equipe ociosa”. Dessa maneira não se pode dizer que os setores sabem administrar e absorver os retrabalhos, pois havia “equipe disponível”.

Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades

Verificou-se que o ciclo de produção, 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. O caso A1 sugere que o processo de projeto 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.

A nova dinâmica de mercado exigiu uma alteração do conceito que norteia a produção e impôs mudanças de contratação e de prazos. Estas alterações, descritas no item 4.1.4.2, foram absorvidas pela contratada. Todas as atividades dessa obra passaram a ser em função do atendimento à demanda fabril, para evitar ociosidade de fábrica.

Integração dos setores da empresa

O processo de produção das estruturas implica em um fluxo de atividades que privilegia a integração das etapas de concepção, projeto e produção. Neste sentido torna-se importante a avaliação dos impactos gerados pelo nível de integração dos setores responsáveis por estas etapas.

Na integração entre os setores de orçamento e de engenharia foram identificadas algumas dificuldades em virtude da falha de integração dos setores. Entre os aspectos mais relevantes, destacam-se:

a) conflito de autoridade e fluxo de informações entre a área técnica, responsável pela orçamentação, e o setor de vendas, ou seja, uma dificuldade organizacional interna da empresa.

b) interrupções no fluxo de trabalho de orçamentação em função de demandas inesperadas. Evidenciou-se que várias delas foram resultado de deficiências ou ausência de planejamento da atividade de orçamentação. Entende-se que não se trata de uma questão técnica, mas puramente gerencial, em termos de planejamento e alocação de recursos internos da empresa.

c) Deficiências no fluxo de informações (requisitos do cliente que chegam à orçamentação) e ausência de procedimentos de análise crítica das soluções propostas, o que implicou na ocorrência de erros, por vezes grosseiros, que geraram retrabalhos e atrasos.

Na integração entre os setores de engenharia e detalhamento verificou-se uma integração muito forte entre as equipes. Este fato colaborou com o desenvolvimento dos projetos de fabricação e montagem de maneira coesa, principalmente nas ocorrências de erros técnicos ao longo da produção desses projetos. Entende-se que a interação forte entre os setores colaborou para absorver os possíveis impactos que seriam gerados por causa das falhas operacionais na elaboração dos projetos.

No caso do setor de fabricação não foi identificado nenhum problema significativo.

Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Não identificado o caráter de inovação desse projeto, ele não apresentou diferenças se comparado ao padrão produzido pela empresa A.

4.1.5 Caso A2

4.1.5.1 Caracterização do empreendimento

O caso A2 trata de um edifício comercial, localizado no estado do Rio de Janeiro. O cliente é uma grande empresa do mercado imobiliário, responsável por desenvolver e gerenciar projetos para empreendimentos em todo mundo.

O empreendimento se caracteriza por ser um edifício de andares múltiplos para finalidades comerciais variadas, que compreende 22 pavimentos, além de 5 subsolos, cuja execução não fez parte do escopo da empresa A. A concepção estrutural desta subestrutura foi designada pelo cliente a outra empresa. Ficou a cargo da empresa A o desenvolvimento da estrutura acima dos 5 subsolos.

O sistema estrutural é composto por vigas mistas em perfis I de alma plana. A estabilização é realizada por meio de núcleo de concreto. Os pilares internos localizados no nível do subsolo até o térreo, são em concreto e não fazem parte do escopo do contrato da empresa A. Os pilares internos localizados no térreo até a cobertura são constituídos de perfis tubulares circulares e retangulares preenchidos por concreto. Os pilares inclinados da fachada, localizados no nível do subsolo até a cobertura, são fabricados com perfis tubulares circulares preenchidos por concreto, como ilustrado na Figura 32.

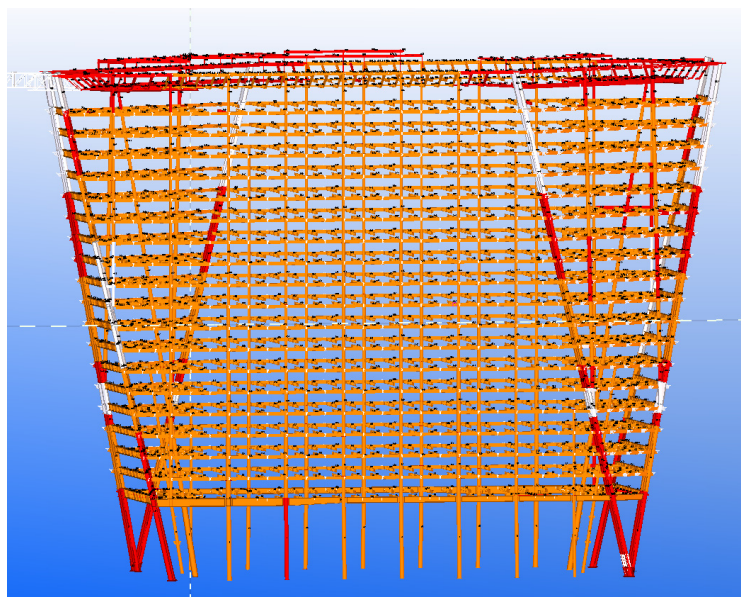


Figura 32: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso A2.

Fonte: Empresa A (2015).

O projeto tem uma área total de laje de aproximadamente 60 mil m² e um volume de concreto total de aproximadamente 10 mil m³. O escopo do contrato englobava o cálculo e detalhamento das estruturas em aço, cálculo dos pilares mistos tubulares e lajes mistas, fornecimento de toda a matéria-prima necessária à fabricação da estrutura, fabricação das estruturas, pintura de fundo das estruturas que não receberam proteção passiva contra incêndio, transporte e montagem das estruturas, montagem das estruturas, fornecimento e instalação de telha fôrma para lajes e seus complementos.

Segundo, o contrato, a fabricação deste edifício está prevista para ocorrer em cinco meses e a montagem em campo em seis meses.

4.1.5.2 Fluxo do Processo

O caso A2, foi desenvolvido segundo o ciclo de produção da empresa A descrito nos itens 4.1.2 e 4.1.3. Verificou-se que o caso passou por todas as etapas do ciclo, na sua sequência sem alteração das mesmas.

Foi observado que nas etapas do orçamento, da engenharia, do detalhamento, da

fabricação e da montagem ocorreram interferências por fatores externos e internos que estão descritos a seguir.

De maneira geral, todo o ciclo de produção de estrutura metálica foi impactado por dois fatores externos principais. Primeiramente pelo cenário do mercado da construção e, em segundo lugar, pelo caráter de ineditismo técnico do empreendimento, desde o ponto de vista da empresa contratada.

O ciclo de produção da estrutura metálica seguido pelo caso A2 foi impactado pelas questões de mercado, da mesma maneira que o caso A1.

Esta influência foi potencializada pelo caráter inédito da complexidade técnica do projeto do caso A2. Entende-se como inédito, pois suas características técnicas de projeto, apesar de se enquadrar nas características de um edifício de andares múltiplos, apresentou soluções de projeto que não haviam sido antes, calculadas, projetadas, executadas e montadas pela empresa A.

Em função deste ineditismo, algumas alterações no ciclo de produção da empresa A foram identificadas, conforme descrito a seguir.

Na etapa de orçamento foi verificada uma alocação de recursos extras em função da complexidade técnica para desenvolvimento do orçamento. Foi designada uma equipe exclusiva, dedicada somente à elaboração do orçamento do caso A2. Os demais profissionais, que compõem a equipe fixa de orçamento, permaneceram com suas funções compartilhando as outras propostas.

A equipe exclusiva do caso A2 era composta de um engenheiro calculista e um modelista que foram transferidos da produção do setor de engenharia para o setor de orçamento. Eles foram designados exclusivamente para elaboração dos materiais para proposta de venda.

À primeira vista, a alocação de novos profissionais, além da equipe fixa, resultaria na redução da produção do setor de engenharia, uma vez que, foi desse setor a

disponibilização de funcionário para o orçamento. Entretanto, em função da redução de volume de projetos vendidos, este deslocamento de mão de obra não afetou a produção do setor de engenharia.

Observou-se outro ponto de alteração em função do ineditismo no setor de orçamento. Esse ineditismo foi observado não só no projeto desenvolvido, mas também no nível de detalhamento das propostas de venda. A equipe de orçamento concentrou os esforços principalmente na fase de elaboração de contrato e proposta, de maneira a deixá-las mais detalhadas possíveis, com um número maior de garantias tanto para contratante quanto para a contratada.

Verificou-se que este caso, não exigiu uma alteração do fluxo normal da etapa de orçamento para executar o processo.

Em função do perfil do cliente, observou-se que o caso A2 exigiu mais dos profissionais no que se trata de habilidades de gestão de informações e negociação. Tratava-se de um contratante que tinha uma equipe inchada de profissionais, com muita experiência de projeto e de negociação. Por este motivo, a equipe de orçamento da contratada teve que se adequar e trabalhar com o mesmo nível de exigência apresentado pelo cliente. A empresa A se adequou ao contratante.

Em função da associação do perfil exigente do cliente e do ineditismo técnico do empreendimento, os produtos externos do orçamento que, são fornecidos ao cliente, tiveram seu padrão de informação alterados. As propostas, os orçamentos, os desenhos de referência, entre outros documentos que compõem a proposta, foram mais detalhados do que normalmente são produzidos para os demais clientes.

Verificou-se que no caso A2, houve uma maior interação na fase de concepção entre os setores de orçamento e engenharia, se comparado ao caso A1. Na etapa de engenharia, ao contrário do que ocorreu no caso A1, o engenheiro calculista responsável pelo orçamento, foi o mesmo que desenvolveu o projeto do

empreendimento após a venda.

Verificou-se que, mesmo após um estudo muito intenso e detalhado do empreendimento na fase de orçamento, o setor de engenharia ainda contou com muitos problemas de compatibilização de informações de projetos, que não foram solucionadas na fase de orçamento.

Entende-se que não se pode apontar que os problemas de compatibilização no setor de engenharia foram resultados de falha no processo ou baixa qualidade das informações passadas na fase de orçamento como no caso A1. Ter associado o fator ineditismo, impacta diretamente na produção das equipes, uma vez que, produzir o que nunca foi desenvolvido, demanda mais tempo, se comparado ao padrão da empresa.

Dessa maneira, não se pode afirmar que o fato do engenheiro calculista responsável pelo empreendimento ser o mesmo, tanto no setor de orçamento quanto no setor de engenharia, colaborou na concepção do projeto, na compatibilização e na solução de pendências de projeto oriundas do orçamento.

Outro importante fato foi a contratação de um consultor especialista externo à equipe de cálculo da empresa A em função do ineditismo técnico no dimensionamento das soluções de projeto do empreendimento. Este profissional contratado foi um custo de mão de obra não considerado no orçamento. Ele tinha a função de acompanhamento, análise e avaliação das soluções técnicas que poderiam ser adotadas no projeto. Pode-se afirmar que o ineditismo impactou negativamente no custo do setor de engenharia.

Em função da alteração do conceito de produção devido à dinâmica do mercado (relação descrita no item 4.1.4), o setor de engenharia desenvolveu ferramentas de controle complementares às existentes no fluxo. Dessa forma seria possível atender o volume de produção necessário da fábrica. Estes novos controles, que tinham o objetivo de registrar e controlar as pendências e aprovações formais, separadas por fases, foram utilizados nas tomadas de decisões de fabricação

antecipada de peças sem aprovação formal da contratante. A criação e a adaptação desses controles, também foram observadas no setor de detalhamento.

Identificou-se que o aumento de formulários e planilhas de controle não resultou em morosidade. Foi observado um volume reduzido de burocracia, e conseqüentemente, um maior entrosamento dos setores de cálculo e de projeto. O processo foi flexibilizado na medida em que, por exemplo, peças fora da sequência de montagem foram liberadas para fabricação.

Da mesma maneira que ocorreu no caso A1, no setor de detalhamento, verificou-se a elaboração dos desenhos de fabricação não concomitantes aos desenhos de montagem.

Entretanto, é importante ressaltar que, para os dois casos da empresa A, apesar da extração desses desenhos não terem sido feitos de maneira simultânea, a elaboração seguiu conceitos de engenharia simultânea. O arquivo eletrônico (modelo 3D), quando disponibilizado para o setor de detalhamento, já possuía todas as informações pertinentes à montagem. Dessa maneira, apenas a impressão dos desenhos foi postergada.

No setor de fabricação observou-se uma alteração na maneira de lançar os dados no sistema do setor de PCF (Planejamento e Controle de Fabricação) em função de erros de informações cometidos pelo setor de detalhamento e de engenharia. Esses erros foram identificados pelo setor de PCF antes de serem repassados à fabricação.

O erro do setor de detalhamento teve que ser absorvido pelo setor de PCF, pois se tratava de uma falha técnica do software utilizado para geração de desenhos de fabricação. Como essa falha de emissão de desenhos não foi solucionada pelo setor responsável pela emissão dos projetos, o setor de PCF acabou por absorver esta demanda. As informações geradas incorretamente pelo software de todos os desenhos de fabricação do empreendimento foram editadas manualmente.

O erro do setor de engenharia identificado pelo setor de PCF na modelagem foi pontual, sem maiores impactos do fluxo do processo e não merece destaque.

No setor de PCF, verificou-se uma grande dificuldade no planejamento dos recursos de produção. Como as soluções estruturais do caso A2 implicaram em soluções de projeto ainda não utilizadas pela empresa, praticamente todas as previsões de produção foram equivocadas.

Um exemplo da consequência do planejamento baseado no histórico de fabricação de produto padrão foi a decisão de terceirizar parcialmente a produção das colunas de maior porte, em função da baixa produtividade em fábrica. Os recursos disponíveis em fábrica não conseguiriam produzir todas as peças a tempo para atendimento do cronograma de venda do caso A2.

A incapacidade de fabricação das referidas peças só foi identificada quando as mesmas já estavam na linha de produção, com as ordens de produção já emitidas e entregues.

O setor de planejamento integrado foi intensamente exigido para conseguir absorver e tratar as complicações diante do ineditismo de fabricação das peças do caso A2.

Os recursos financeiros destinados a fabricação interna tiveram que ser realocados para terceirizações. Estas terceirizações apresentaram um custo mais elevado se comparado ao discriminado no contrato. Ou seja, este fator ineditismo interferiu diretamente nos custos de fabricação e no fluxo de produção, ao ter que transferir a produção para terceiros e programar um novo plano de produção para suprir a demanda da fábrica.

Outra adaptação feita no setor de fabricação foi a criação do mapeamento de peças no pátio. Devido ao fato da empresa A fabricar as peças fora da ordem de montagem, o setor de fabricação criou um controle para armazenar as peças

fabricadas já na ordem de expedição. Esse mapeamento foi feito por meio de planilhas e de maneira física. Foi possível identificar áreas na planta de fabricação com identificação física para os estoques de peças fabricadas separadas por ordem de expedição. Dessa maneira, as peças antes fabricadas fora da ordem de montagem, eram conseqüentemente expedidas para o canteiro de obras na sequência de montagem.

O setor de montagem iniciou as atividades do setor antes da autorização oficial do início da montagem. Em função da fabricação ocorrer antes da expedição para o canteiro de obras, o mesmo teve que criar uma ferramenta para garantir um fluxo de entregas de peças. Esta ferramenta foi o mapeamento de peças fabricadas e organizadas no pátio da fábrica na ordem de envio.

O conceito foi criado e fiscalizado pelo setor de montagem. O setor de fabricação, orientado pelo setor de montagem, executou o armazenamento físico das peças.

Até o momento das entrevistas para coleta de dados, a contratante ainda não havia confirmado a data de início de montagem oficialmente para o setor de montagem. Este, até então, só tinha conhecimento que o cronograma já se encontrava atrasado, quando comparado ao prazo inicial, e aguardava autorização para início da montagem.

4.1.5.3 Considerações sobre o caso A2

A análise do caso A2 foi desenvolvida com base nos dados obtidos, de acordo com cinco critérios, sendo eles: Relação fabricante x contratante; Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem); Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividade; Integração dos setores da empresa; Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Relação fabricante x contratante

Os impactos da relação fabricante x contratante foi observado principalmente nos setores de concepção, no caso o orçamento e a engenharia, conforme observado também no caso A1. Os impactos identificados no caso A1 se aplicam ao caso A2.

É importante destacar também que o nível de exigência do contratante do caso A2 era o oposto do caso A1, mas esse fato não implica em afirmar que os setores de orçamento e engenharia tiveram menos complicações em função disso. Pelo contrário, ambos os setores sofreram adequações para atender ao perfil da contratante nos dois casos.

Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem)

A interferência da alocação de recursos no fluxo das atividades foi observada apenas nos setores de orçamento e engenharia. Essa interferência não foi identificada nos demais setores.

No setor de orçamento foi preciso designar uma equipe extra exclusiva para elaboração do orçamento do caso A2. Essa nova composição de profissionais reduziu o número de funcionários na produção do setor de engenharia. Apesar da redução de colaboradores envolvidos, o setor de engenharia não apresentou alterações no volume produção.

Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades

Os impactos das questões comerciais e de mercado no fluxo foi observado em todos os setores da empresa, conforme descrito na análise do caso A1. Os impactos identificados no caso A1 se aplicam ao caso A2.

Integração dos setores da empresa

No caso A2 foram identificadas as mesmas dificuldades na integração dos setores de orçamento e engenharia descritas no caso A1, exceto pelo item b. Este item, não foi observado pois a equipe era exclusiva.

No caso A2 verificou-se uma integração muito forte entre as equipes dos setores de engenharia e detalhamento, de maneira semelhante ao apontado no caso A1.

É importante destacar a integração dos setores de fabricação e de montagem, que estavam empenhados no mesmo objetivo. O objetivo era fabricar o máximo volume de peças possíveis, atendendo às necessidades de otimização na estocagem, de modo a facilitar a expedição das peças para o canteiro de obras.

Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa

O fator ineditismo impactou em todos os setores do ciclo de produção da empresa A, desde o setor de orçamento até a fabricação. No orçamento, o ineditismo técnico de projeto do empreendimento resultou na alocação de recursos extras e no maior detalhamento dos materiais que compõem a proposta de venda e o contrato. Na engenharia, o fator do ineditismo técnico de projeto resultou no aumento de custo do serviço de cálculo em função da contratação de um novo profissional não contemplado no orçamento.

No setor de PCF, verificou-se uma grande dificuldade no planejamento dos recursos de produção em função da falta de dados no histórico da produção que se aproximasse das características técnicas do projeto em questão.

No setor de fabricação, o fator ineditismo impactou no custo final de fabricação, pois foi necessário terceirizar parcialmente a produção das peças conforme justificado anteriormente.

4.2 RESULTADOS - EMPRESA B

4.2.1 *Caracterização da Empresa*

A empresa B atua há mais de 20 anos no mercado, oferece serviços de cálculo, detalhamento, fabricação e montagem de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos, além de soluções industrializadas, desde engradamentos para telhados até estruturas para conjuntos habitacionais no Brasil. O fluxo do processo de produção de projeto das estruturas em aço se inicia no departamento comercial, onde são fechados os contratos das obras e projetos a serem executados.

Em seguida a engenharia inicia suas atividades de operação, onde os projetos do produto do empreendimento são elaborados. Este setor também é responsável pela produção dos projetos da produção (destinados à fabricação) e dos projetos para produção (destinados à montagem).

Estes projetos são encaminhados à fábrica, setor responsável pela fabricação das peças. Em seguida são direcionadas ao setor de montagem. Paralelamente a empresa possui outros setores com função de dar suporte, ou seja, que não estão atuando diretamente nos projetos do processo. Pode-se citar, como exemplos, o setor de PCP (programação e controle da produção) e o setor de suprimentos.

4.2.2 *Descrição do ciclo de produção*

A empresa B é composta por quatro setores principais, sendo eles, comercial, engenharia, montagem e fábrica. Como setores de apoio apresentam-se PCP (programação e controle da produção) e suprimentos, conforme mostrado na Figura 33.

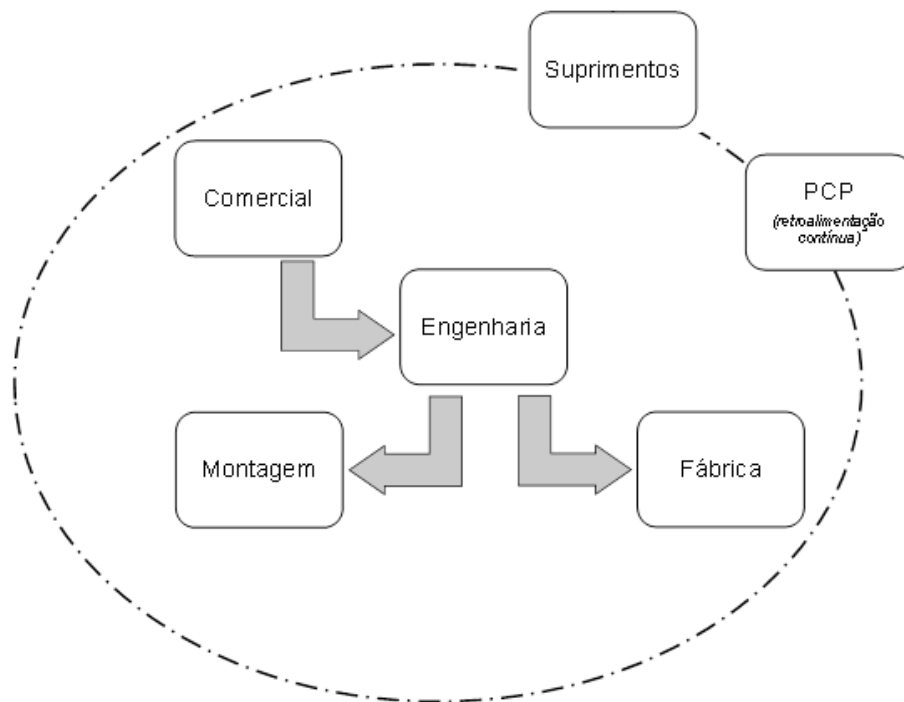


Figura 33: Ciclo de Produção Empresa B.

Uma representação esquemática do ciclo da produção de projeto de estrutura em aço é mostrada na Figura 34. O processo do setor de engenharia se inicia com o envio dos arquivos de referência da obra pelo departamento comercial, que são arquivos de projetos arquitetônicos. Em seguida, inicia-se o estudo da obra que é realizado com base nos arquivos de referência. Executa-se então uma discretização do modelo unifilar para dimensionamento da estrutura.

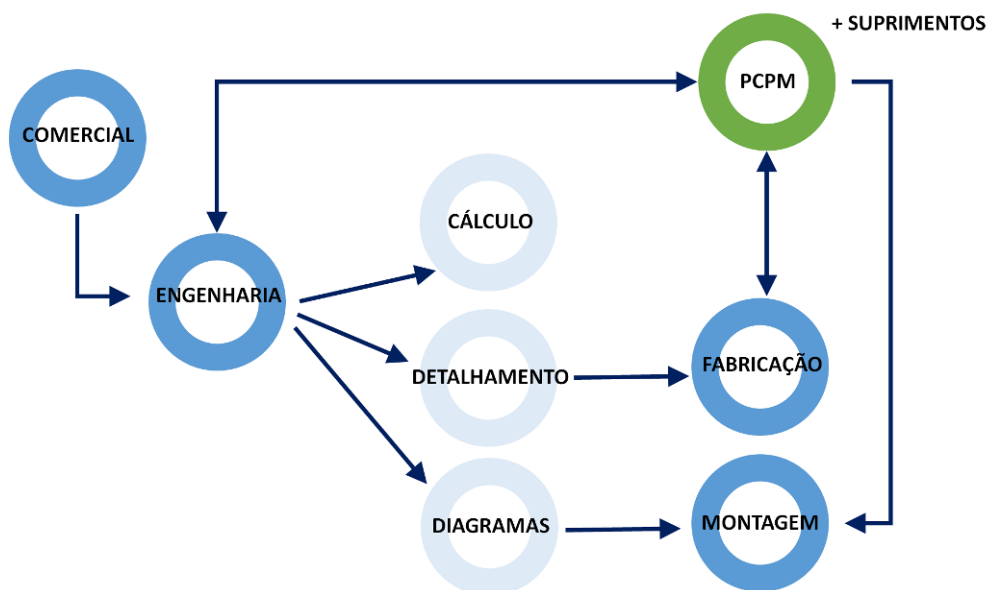


Figura 34: Produção de Projeto de Estrutura em aço.

Após a primeira versão dos perfis, esta é conduzida a uma compatibilização do projeto estrutural com o projeto arquitetônico. Na compatibilização o modelo estrutural é analisado e eventualmente redimensionado. Novamente é feita uma compatibilização com os desenhos de referência e, se o modelo atender aos critérios, parte-se para a próxima etapa.

O próximo passo é a “modelagem para aprovação”, onde é feito um modelo 3D das estruturas com o objetivo de executar os desenhos. Estes desenhos são elaborados para aprovação pela contratante.

Todos os detalhes importantes são modelados e, por sua vez, os desenhos destinados à aprovação são executados. Estes desenhos são enviados para o cliente para comentários. Caso os desenhos retornem comentados, é feita uma análise do comentário, então é analisado o possível impacto de custo, prazo e qualidade do projeto. Dessa forma decide-se pela realização ou não das modificações solicitadas pelo cliente.

Dessa maneira executa-se a modelagem final. Uma vez que os projetos são aprovados, é feita a modelagem final da estrutura, com a inclusão de todos os detalhes construtivos (perfis, parafusos, chapas, telhas, rufos, calhas etc.). O projeto é modelado tridimensionalmente em um software específico para estruturas em aço. Nesta etapa são geradas as listas de aquisição da obra.

Inicia-se então o processo do setor de suprimentos (setor de apoio), onde as listas de aquisição são tratadas e então são geradas as ordens de compra.

No setor de engenharia, após liberação das listas de aquisição, ocorre a produção dos projetos detalhados de fabricação, que são gerados no software específico para detalhamento de estruturas em aço. Em seguida são impressos e enviados à produção.

Simultaneamente ocorre a produção dos diagramas de montagem com base nas informações do modelo 3D, os quais são encaminhados ao setor de montagem.

O setor de fabricação inicia o processo com o recebimento dos desenhos que então são analisados e colocados na sequência de fabricação de acordo com a programação enviada pelo PCP (setor de apoio).

4.2.3 Processo de Projetos do Processo de Produção de Estrutura em aço

Na empresa B, o setor responsável pela elaboração dos projetos do processo de produção (projetos para fabricação e para montagem) é a engenharia. O Fluxo de atividades deste setor está apresentado na Figura 35.

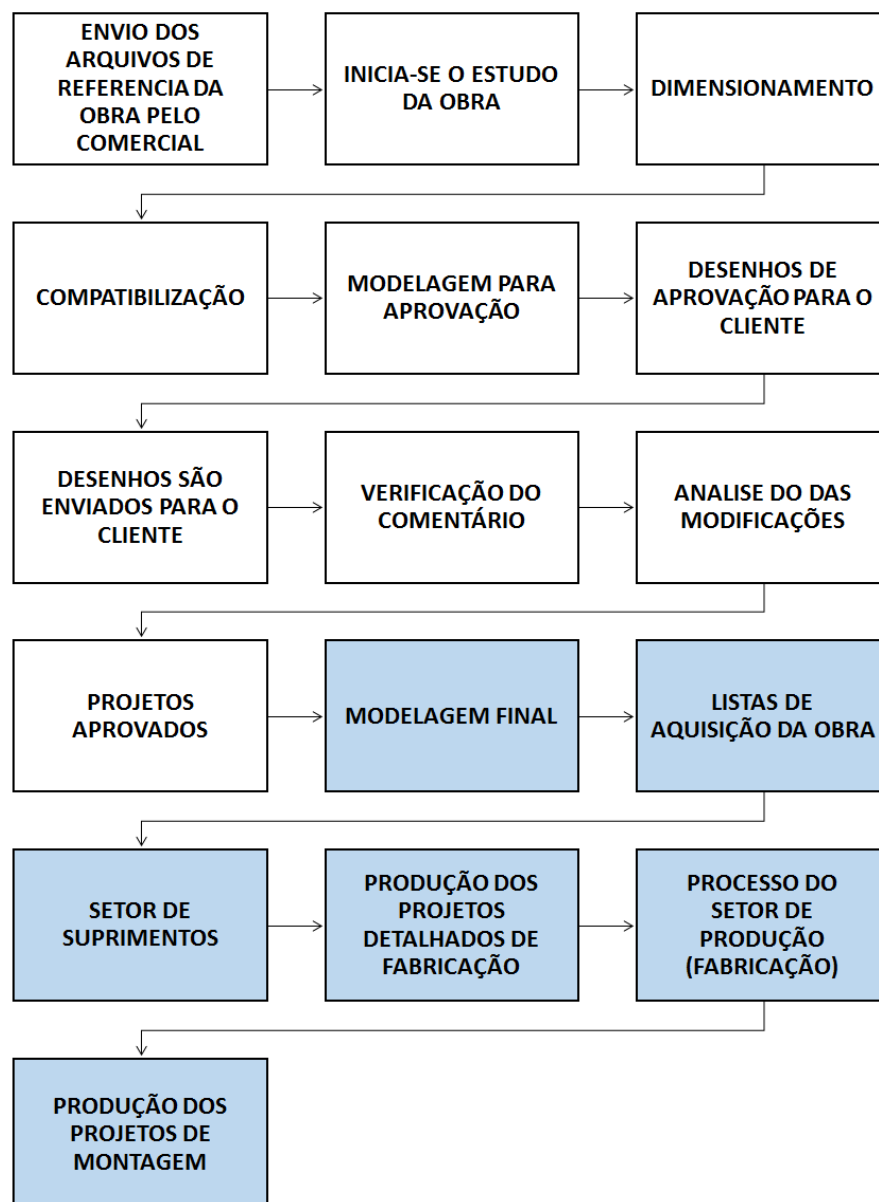


Figura 35: Fluxo de atividades do setor.

O setor de engenharia tem por função transcrever o escopo da obra em listas de aquisições, projetos de fabricação e montagem para os processos de aquisição, produção e montagem das estruturas em aço da obra em questão.

O trabalho do setor de engenharia inicia-se logo após a venda, quando recebe as informações do setor comercial.

As condições básicas para início dos trabalhos do setor de engenharia são: ter o escopo de contrato definido e ter os desenhos de referência fornecidos pelo cliente.

Os produtos finais do setor de engenharia são: os desenhos de aprovação aprovados pelo cliente; as listas de aquisição (enviadas para o setor de suprimentos); os desenhos de fabricação (enviados para o setor de produção); o romaneio geral das peças (enviadas para o setor de produção e montagem) e os desenhos de montagem (enviados para o setor de montagem).

O setor de fabricação inicia o processo com a reunião de planejamento onde são apresentadas todas as obras vendidas, a programação da produção fabril, os tipos de materiais utilizados na fabricação, entre outras informações necessárias à fabricação. Nesta reunião também são entregues desenhos de fabricação impressos de acordo com a programação. Em seguida o setor providencia os planos de corte e informações de pintura quando necessário.

A programação de fábrica é analisada e são emitidas as ordens de serviços que orientam a produção. Após a fabricação, as peças são registradas no diário de produção e em seguida enviadas para o canteiro de obras.

A montagem e a entrega da memória de cálculo não são consideradas produtos externos padrão pela empresa B, pois ocorrem sob demanda. Mas todos os registros do cálculo da obra são de fácil acesso e de rastreamento quando necessário.

4.2.4 Caso B1

4.2.4.1 Caracterização do empreendimento

De acordo com a ficha de cadastro aplicada, o Caso B1 diz respeito a um edifício comercial de cinco pavimentos, localizado na cidade de Belo Horizonte. O edifício é estabilizado por sistemas metálicos e foi calculado como estrutura mista de aço e concreto, nos elementos de lajes. O edifício é constituído por cinco pavimentos, com previsão de expansão de mais três pavimentos e um heliporto. A área total de laje do projeto é de aproximadamente 3.950 m² e volume de aço de aproximadamente 152 mil Kg.

O escopo do contrato engloba, a elaboração de cálculo e projetos da estrutura, a fabricação e a montagem. Uma ilustração da estrutura do caso B1 é apresentada na Figura 36 e na Figura 37.

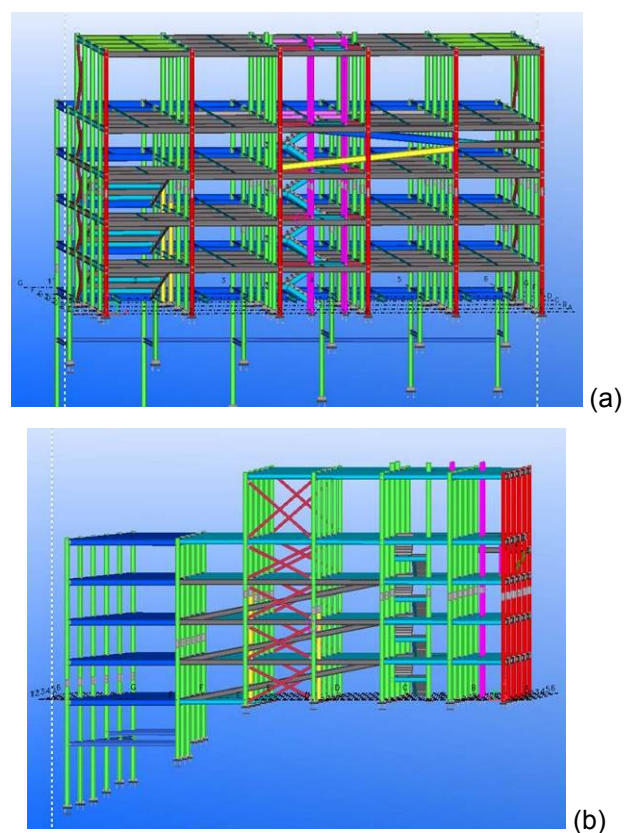


Figura 36: (a) e (b) Perspectivas do sistema estrutural do Edifício Caso B1.

Fonte: Empresa B (2015).

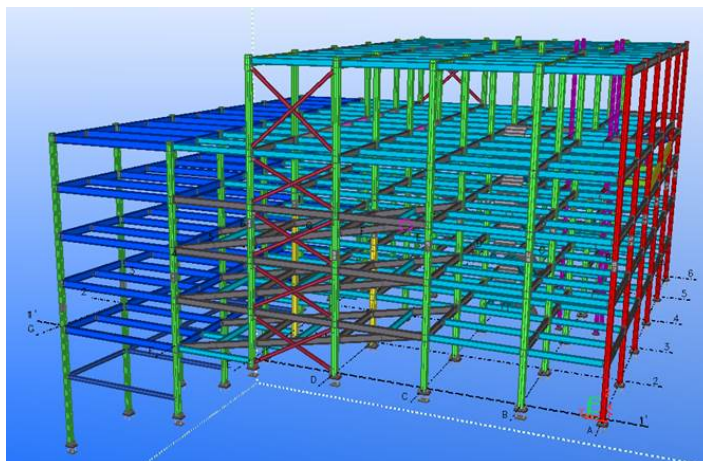


Figura 37: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B1.

Fonte: Empresa B (2015).

O cliente neste caso se tratava da arquiteta e gerenciadora da obra, responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico e da compatibilização entre projetos. A compatibilização do projeto estrutural com as demais especialidades foi realizada em conjunto com a referida arquiteta. Foram envolvidos ao todo três profissionais da empresa B e dois da contratante. A arquiteta representava a figura do coordenador do empreendimento, que tomava as decisões finais referentes ao projeto e compatibilização, de cunho técnico e de custos.

No caso B1 não havia ambiente “intranet”, todos os assuntos referentes a compatibilização de projetos eram tratados via e-mail, reuniões e conversas telefônicas. A contratante do caso B1 não exigiu que fossem entregues os projetos de fabricação e de montagem, sendo assim entende-se que a mesma não acompanhou os processos internos da Empresa B.

4.2.4.2 Fluxo do Processo

O caso B1 foi desenvolvido segundo o ciclo de produção da empresa B descrito nos itens 4.2.2 e 4.2.3. Verificou-se que o caso passou por todas as etapas do ciclo, na sua sequência, sem alteração das mesmas.

Foi observado que nas etapas da engenharia e da fabricação ocorreram interferências por fatores externos e internos que estão descritos a seguir.

O setor de engenharia procedeu com o dimensionamento da estrutura metálica paralelamente à compatibilização de projetos com a arquitetura e demais especialidades.

Neste setor verificou-se alguns problemas em função da relação fabricante versus contratante. O setor encontrou dificuldades na compatibilização, em função da morosidade para respostas aos questionamentos e retornos de compatibilização. Todos os registros e cobranças de pendências eram feitas por e-mail. Em função dessa demora, a reunião de compatibilização que no início ocorria duas vezes por mês, passou a ocorrer de 3 a 4 vezes por mês

A arquiteta apresentava retorno demorado para aprovação dos projetos para compatibilização. Aparentemente não tinha conhecimento da real importância da aprovação em tempo hábil para atender os prazos para fabricação e montagem. Com a demora do retorno dos questionamentos, conseqüentemente, as etapas de cálculo, de fabricação e de montagem atrasavam.

É importante destacar que não houve incompatibilidade de informações especificadas versus as utilizadas na produção das estruturas metálicas. Este fato demonstra a qualidade das informações passadas pelo setor comercial, após a venda, ao setor de engenharia.

No setor de engenharia houve interrupção da produção e revisão de desenhos em função de erros cometidos pelas empresas terceirizadas sob responsabilidade da contratante. Foram consideradas revisões e permitiram-se pleitos de aditivos contratuais após todas as alterações de projeto aprovadas para fabricação. Esta interrupção e este retrabalho foram custeados pela contratante na forma de um aditivo contratual.

As referidas revisões impactaram os setores de fabricação e de montagem, uma vez que algumas peças revisadas já haviam sido fabricadas e outras já haviam sido expedidas para o canteiro de obras.

No processo de revisão de projeto a dificuldade maior era de conseguir localizar em qual setor a peça se encontrava. Algumas peças já haviam sido entregues em obra, outras estavam no meio do fluxo de produção fabril. Nesse caso, havia uma interrupção da linha de produção em função das alterações de projeto.

Dessa maneira foi preciso criar novas formas de controle para fazer a gestão das informações de peças revisadas. Todas as informações de revisão, após confirmação do setor de engenharia, eram repassadas a todos os setores por meio de e-mails, telefonemas e desenhos impressos entregues em fábrica.

Entende-se que os procedimentos utilizados foram eficientes no controle de revisões, pois, na fabricação não foram registrados erros em função de projetos desatualizados.

O setor de engenharia é composto por profissionais fortemente integrados na cultura da empresa, na sua maioria lá trabalhando há anos. Além disso, a empresa tem uma grande facilidade de diálogo entre os setores e funcionários. Apesar não estar tudo controlado por meio de *check list*, as informações se difundem e todos sabem o status das alterações dos projetos do empreendimento. As áreas estão fortemente conectadas e em sintonia. Este cenário contribui para o andamento da produção do empreendimento nas empresas.

No setor de fabricação foram registrados problemas de disponibilidade de matéria prima no pátio, que não chegaram a impactar na produção. Nesses casos foram utilizados estoques de outras obras que estavam sendo produzidas simultaneamente.

A maior dificuldade no setor de fabricação foi a adaptação da produção a uma nova máquina que começou a ser utilizada na época da fabricação das peças dessa obra. Essa máquina resultava em erros na fabricação das peças. Como a equipe responsável pelo setor não conseguiu resolver esse problema técnico, foi preciso executar manualmente as furações que seriam feitas de forma

mecanizada. Esse fato interferiu no volume e no planejamento da produção.

Apesar de existir uma série de conferências ao longo da linha de produção, foram identificados registros de peças recebidas em canteiro com erros de fabricação e com informações diferentes do projeto. Dentre os erros de fabricação identificados, podem-se destacar peças sem furação e sem marcação. Ambas praticamente impossibilitam a montagem, pois sem furação não se tem como promover as ligações entre peças e sem marcação não é possível identificar e localizar o componente.

Outro problema no setor de fabricação foi o acúmulo de peças em função da não autorização de expedição para a obra. O setor teve que adequar o estoque físico das peças fabricadas até a autorização para envio. Chegou a ser cogitada a possibilidade de alugar um outro espaço apenas para armazenamento das peças. Entretanto, esta solução não foi implementada, pois a contratante autorizou as entregas a tempo.

A etapa de montagem seguiu o processo informado pela empresa B, sem alterações ou outros impactos significantes ao trabalho.

4.2.4.3 Considerações sobre o caso B1

A análise do caso B1 foi desenvolvida com base nos dados obtidos, de acordo com cinco critérios, sendo eles: Relação fabricante x contratante; Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem); Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividade; Integração dos setores da empresa; Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Relação fabricante x contratante

No caso B1 a relação fabricante e contratante foi abalada em função da postura

adotada pela contratante. O setor de Engenharia resultou em atrasos na compatibilização e, conseqüentemente, na liberação para fabricação das peças.

Os atrasos e os erros ocorridos nas obras civis iniciais, que eram de responsabilidade do cliente, interferiram nos setores de engenharia, de fabricação e de montagem. Todos os setores tiveram que processar revisões nos projetos em função da contratante, sob uma dinâmica de fluxo diferente, com mais controle e gestão de informações.

Dessa forma, entende-se que pequenas revisões nos projetos não precisam ser tratadas por um fluxo projetual diferenciado. Entretanto, alterações que impactam na concepção do produto e que, principalmente, representam grandes volumes de fabricação de peças devem ser tratadas de maneira diferenciada. Neste caso, a gestão de informações e os registros de alterações devem ser mais rigorosos.

Se os projetos sofrerem grandes alterações o ciclo deve ser encerrado e reiniciado a partir do setor de orçamento para reavaliação e concepção de um novo produto.

A relação fabricante versus contratante também interferiu na logística da fábrica, pois, com os atrasos por parte do cliente, as peças fabricadas ficavam impossibilitadas de serem expedidas. Dessa maneira, foi necessário criar novas ferramentas de controle e um novo fluxo de trabalho para atender a demanda de estoque, o que não ocorre normalmente.

Esse tratamento de estoque de peças fabricadas não precisa ser implementado no ciclo de produção, uma vez que as peças são fabricadas para serem transportadas diretamente para montagem da obra. Por essa mesma razão, as peças são fabricadas na sequência de montagem. Essa alteração do fluxo da etapa de fabricação ocorreu apenas em função dos atrasos por parte do cliente.

Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem)

Não foi identificada interferência no fluxo das atividades em função de alocação de recursos no caso B1.

Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades

Não foram identificados impactos da dinâmica de mercado nesta obra. Apesar do mercado estar retraído no momento da produção, a empresa ainda tinha um volume de produção que atendia a capacidade da fábrica. Dessa maneira, não foi preciso antecipar a fabricação para atender ao volume de produção fabril.

Integração dos setores da empresa

No caso B1 não foram identificados problemas de integração entre setores. O fato de não ter havido incompatibilidades de informações contratadas versus as utilizadas na produção da estrutura em aço, como também na negociação dos aditivos de contrato por causa das revisões dos projetos, demonstra a integração existente entre os profissionais dos setores de orçamento e de engenharia.

Constatou-se que tanto os setores quanto os funcionários estão intimamente integrados na cultura da empresa e possuem grande facilidade na troca de informações. Entende-se que, dessa forma, as áreas estão fortemente conectadas e em sintonia.

O fluxo de informações entre os setores de engenharia e fabricação pode ser considerado eficiente, pois, mesmo com um alto volume de revisão de peças, não foram registrados erros de fabricação.

Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa

Não foi identificado um caráter de inovação dos projetos, pois não apresentaram diferenças se comparados aos padrões correntes da empresa B.

4.2.5 Caso B2

4.2.5.1 Caracterização do empreendimento

O Caso B2, refere-se a um edifício comercial horizontal de dois pavimentos, com 3.168 m², localizado em Contagem.

O empreendimento foi concebido em estrutura mista de aço e concreto, com sistema de contraventamento para sua estabilização. O edifício tem dois pavimentos, com pé direito de 3,0 m. O projeto foi calculado para receber ampliação de 100% da estrutura nas extremidades adjacentes.

O escopo do contrato englobou as elaborações dos cálculos e projetos da estrutura, além da fabricação e montagem. O prazo de execução e de entrega do empreendimento foi previsto para vinte semanas.

O cliente desta obra tem como característica ser um empreendedor que desenvolve o empreendimento sem planejamento, sem projetos contratados, sem cronograma, etc. Na contratação ainda não havia projeto arquitetônico, mas foram informadas as premissas para desenvolvimento como, por exemplo, o pé-direito, o número de pavimentos e a finalidade da construção. Dessa forma, o caso B2 foi considerado um desafio para adequação da construção às premissas exigidas pela construção industrializada em aço.

Na compatibilização foram envolvidos três profissionais, sendo dois da empresa B e um do cliente. Neste caso não houve compatibilização com outras especialidades. As demais especialidades foram desenvolvidas com base no projeto da estrutura em aço. Não havia a presença de um coordenador específico

da obra responsável pelo empreendimento, apenas o cliente que tomava todas as decisões. O contratante se apresentou indeciso, necessitando do suporte do setor de engenharia da empresa B para definir suas decisões relacionadas à concepção e ao projeto estrutural. Uma ilustração da estrutura do caso B2 é indicada na Figura 38 e Figura 39.

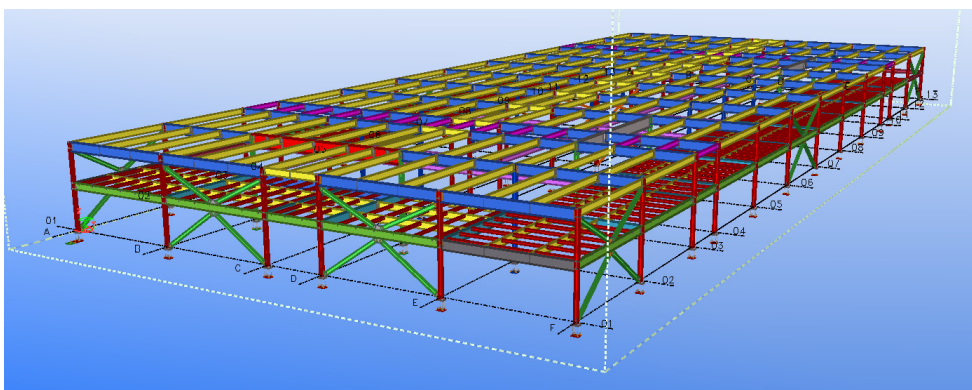


Figura 38: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B2.

Fonte: Empresa B (2016).

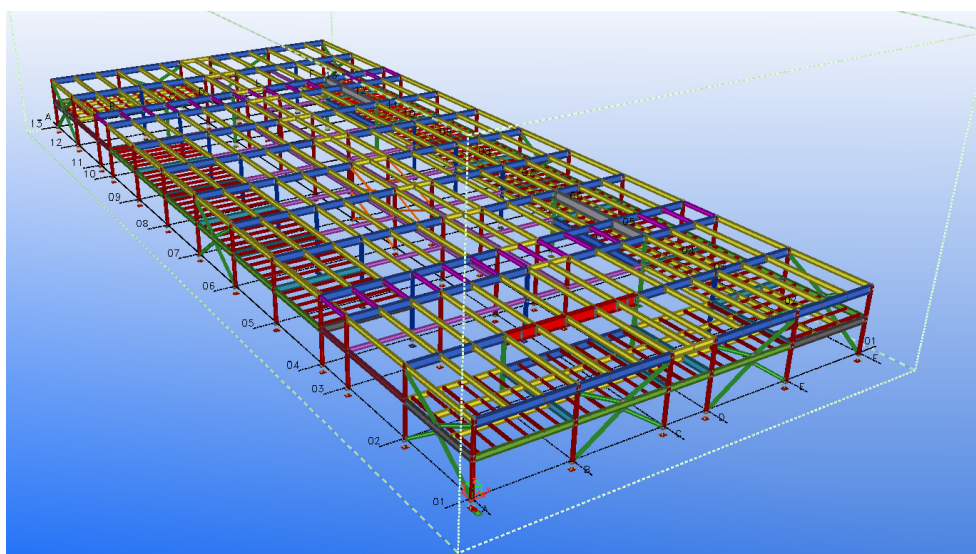


Figura 39: Perspectiva do sistema estrutural do Edifício Caso B2.

Fonte: Empresa B (2016).

4.2.5.2 Fluxo do Processo

Na etapa do setor comercial foi necessária uma abordagem diferenciada para suprir a falta de informações iniciais para concepção do produto. O contratante

não dispunha de projetos para orientar a elaboração da proposta e viabilizar a produção. Foram disponibilizadas pelo contratante apenas premissas como, por exemplo, limite de pé-direito, locação dos eixos das colunas, número de pavimentos, tipo de estrutura, mezanino com piso-wall e dimensões externas do edifício. Essas premissas são informações essenciais que servem de base para o estudo do projeto da estrutura metálica.

O setor de engenharia foi solicitado a interagir com o setor comercial para a elaboração da proposta, uma vez que o projeto existia apenas em forma de premissas. Para elaboração da proposta neste nível são necessários profissionais com conhecimentos técnicos para desenvolvimento do projeto básico.

O perfil do cliente interferiu nos meios de registros e gestão da informação nos setores comercial, engenharia e montagem, uma vez que o mesmo apresentava as informações em caráter informal. Um exemplo da adequação foi a aceitação de todas as tratativas e definições a serem realizadas por meio de contato ao telefone. Por consequência, a empresa B, por seu próprio interesse e não por exigência do cliente, decidiu registrar todas as conversas telefônicas através de e-mails, como garantia de registro das negociações.

O envolvimento precoce do setor de engenharia no setor comercial provocou a redução do prazo de produção dos projetos e a eliminação de atividades do setor de engenharia. Algumas atividades que, de acordo com o processo da empresa B, deveriam ser desenvolvidas pelo setor de engenharia foram antecipadas para o setor comercial como, por exemplo, a modelagem 3D do projeto estrutural. Essa otimização foi possível por causa do envolvimento simultâneo dos setores comercial e de engenharia ainda na fase de concepção dos projetos.

No setor de engenharia não foi preciso passar pelas atividades de compatibilização e aprovação, pois isto já havia sido realizado pelo setor comercial. Pode-se citar o fato de que a fase de “modelagem para aprovação” foi eliminada e seguiu-se diretamente para a “modelagem final”. Dessa maneira, o setor seguiu apenas com as atividades de extração e desenho de fabricação e

montagem. Verificou-se que no caso B2 o processo de modelagem e extração de desenhos ocorreu de maneira mais que rápida que o normalmente observado pela empresa.

É importante destacar que a compatibilização de projetos foi facilitada pelo fato de não ter envolvimento com outras especialidades como, por exemplo, projeto de instalações, esquadrias e ar condicionado. Todos estes projetos foram contratados posteriormente à elaboração do projeto estrutural. Dessa maneira, estes projetos se adequaram ao projeto de estruturas em aço.

A Tabela 9 mostra de maneira quantitativa o tempo gasto no desenvolvimento de cada etapa do processo. Identificou-se que o tempo despendido no orçamento e na compatibilização foi maior, se comparado ao tempo gasto nas etapas seguintes. Observa-se que na etapa de orçamento foram necessários cinco meses para conclusão da venda, ao ponto que as etapas de projeto, fabricação e montagem exigiram tempo menor, respectivamente, dois, três e dois meses.

Tabela 9: Duração de algumas atividades desenvolvidas no caso B2.

Atividade	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
Orçamento									
Projeto									
Fabricação									
Montagem									

Apesar dos atrasos em função das obras civis iniciais de responsabilidade da contratante, a etapa de fabricação permaneceu com o cronograma inicial. Dessa maneira, antes mesmo de iniciar os serviços de fundação na obra, cerca de 80% das peças do caso B2 já estavam fabricadas. Este fato resultou no acúmulo de peças no pátio de estoque da fábrica e no canteiro de obras.

As providências tomadas em relação ao controle de peças fabricadas foram semelhantes às descritas no caso B1.

Não houve registro de revisão de projeto neste empreendimento, fato este que pode ser associado a baixa complexidade técnica de cálculo, fabricação e montagem, além da falta de outros projetos para compatibilização e do maior prazo consumido ao longo da concepção do produto.

A etapa da fabricação ocorreu normalmente, conforme descrito no processo da empresa B, exceto pelo controle de peças fabricadas e estocadas no pátio da fábrica. O mesmo se aplicar no setor de montagem da obra.

Segundo o responsável técnico em campo, não houve ocorrências que interferiram no processo de montagem. A Figura 40 mostra detalhes do canteiro de obras durante a montagem das estruturas em aço do caso B2.



Figura 40: Foto do canteiro de obras durante a montagem das estruturas em aço do caso B2.

Fonte: Empresa B (2016).

4.2.5.3 Considerações sobre o caso B2

A análise do caso B2 foi desenvolvida com base nos dados obtidos, de acordo com cinco critérios, sendo eles: Relação fabricante x contratante; Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação

– montagem); Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividade; Integração dos setores da empresa; Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa.

Relação fabricante x contratante

No setor de orçamento, em função do perfil da contratante, foi necessária uma abordagem diferenciada para suprir a falta de informações iniciais para a concepção do produto. Este fato também interferiu nos meios de registros e gestão da informação dos setores comercial, engenharia e montagem, uma vez que o mesmo apresentava caráter informal.

Devido ao perfil postergador do contratante, as obras civis sofreram atrasos que impactaram no início da montagem. Este fato interferiu no processo do setor de fabricação, pois foram necessárias medidas de controle de estoque. Aproximadamente 80% das peças do caso B2 foram fabricadas antes do início da montagem da estrutura.

Impacto da alocação de recursos no fluxo das atividades do ciclo de vida (projeto – fabricação – montagem)

A interferência no processo, em função de alocação de recursos, foi observada no setor de engenharia quando solicitado a participar do setor comercial na elaboração da proposta. Não foram observadas interferências nos demais setores.

Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades

Não foram identificados impactos da dinâmica de mercado nesta obra. Apesar do mercado estar retraído no momento da produção, a empresa ainda tinha volume de produção que atendia a capacidade da fábrica.

Integração dos setores da empresa

A integração foi muito observada entre os setores comercial e de engenharia. O envolvimento precoce do setor de engenharia no setor comercial proporcionou a redução do prazo de produção dos projetos e a eliminação de atividades do setor de engenharia. O setor de engenharia não precisou passar pelas atividades de compatibilização e aprovação, pois isto já havia sido realizado pelo setor comercial.

Pode-se afirmar que essa integração favoreceu um maior nível de maturidade do projeto após a venda. Fato este que pode ser exemplificado pela não ocorrência de revisões nos projetos. A equipe foi assertiva na definição do produto junto à contratante, entendendo as necessidades e limitações da mesma.

Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa

Não foi identificado um caráter de inovação dos projetos, não apresentando diferenças se comparado ao produto padrão produzido pela empresa B.

Entretanto, é importante ressaltar o fato de que a concepção e a elaboração dos projetos não tiveram o envolvimento com outras especialidades, contrariando as premissas do conceito de engenharia simultânea quando aplicado às estruturas em aço.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 FATORES EXTERNOS AO CICLO

5.1.1 Impacto das questões comerciais e financeiras no fluxo de atividades

Diante dos dados apresentados nos casos das duas empresas, entende-se que o ciclo de produção está vinculado à imposição do mercado. Este é caracterizado, no momento da pesquisa, por se apresentar retraído, com redução de investimentos, sob uma dinâmica exígua de contratação e prazos.

A falta de volume de projeto disponível para produção na empresa A (potencializada pela retração do mercado da construção) a obrigou tomar decisões de fabricação, como exemplo, alteração do conceito de fases, produção de peças fora da sequência de montagem e produção sem aprovação formal das contratantes para atender às necessidades de fabricação, assumindo riscos previamente analisados.

5.1.2 Nível de inovação dos projetos no âmbito da empresa

Verificou-se que quando o projeto apresenta padrões técnicos de cálculo, fabricação e montagem similares aos produtos já fabricados pelas empresas, não há alteração significantes no fluxo de cada etapa do ciclo de produção. Pode-se considerar este fato um facilitador para desenvolvimento da produção.

Entretanto, quando o empreendimento apresenta alguma característica que se diferencia do padrão já produzido pela empresa, algumas etapas do ciclo sofrem interferências e adaptações. Pode-se destacar a alocação de recursos e as modificações nas ferramentas de controle e de registros de informações.

Em função do eventual caráter inédito do empreendimento, verificou-se que as etapas e sua sequência não são alteradas, nem suas funções. Verifica-se que apenas seus subprocessos sofrem alterações e/ou complementações para ter

garantia de qualidade do produto, frente ao número maior de variáveis envolvidas.

Ou seja, entende-se que o caráter de ineditismo técnico interfere no ciclo de produção de projetos de estruturas em aço. Para projetos mais inovadores, entende-se que o fluxo do processo não precisaria ser alterado. Entretanto, a empresa deveria investir em ferramentas mais completas, flexíveis e integradas para controle e registro das informações internas e externas.

5.1.3 *Relação fabricante x contratante*

Verificou-se que as características dos perfis dos contratantes interferem no processo do projeto de estrutura em aço, principalmente nas formas e ferramentas de registros e controle.

A empresa é obrigada a se adaptar às condições oferecidas pelo contratante. Caso ela não se adapte ao perfil do cliente a venda não é efetivada. Se o contratante não envia aprovação formalizada de projetos, apenas autorizando informalmente a fabricação, como ocorreu no caso B2, a empresa tem, por consequência, que se adaptar e buscar novas formas de registro e controle das informações. Pode ser citado o exemplo ocorrido no caso A1, que em função do desconhecimento total do cliente sobre o processo do produto adquirido, levou a empresa a optar por abrir mão das formalidades das reuniões iniciais e adotar uma postura de conquista da confiança e apresentação detalhada sobre as necessidades e limitações do processo da estrutura em aço.

Apesar das empresas terem que se adequar às características e limitações do cliente, o mesmo deve atender aos princípios mínimos de uma construção industrializada como, por exemplo, a liberação de informação antecipada já compatibilizada, para viabilização da fabricação. A construção industrializada exige uma fase concepção de produto mais detalhada e compatibilizada com as demais especialidades. Verificou-se nos casos estudados que a falta de compatibilização e envolvimento das especialidades ainda na fase de orçamento e concepção do produto gera atrasos.

O fato da empresa contratante adotar ou não os conceitos de engenharia simultânea influenciam, por exemplo, na antecipação de informações para viabilização da construção em aço. Pode-se verificar este ponto conforme descrito no caso B1, onde a postergação das decisões e a morosidade nas respostas sugeriram que o cliente não estava totalmente envolvido pela cultura da construção em aço industrializada.

Foi observado que o compromisso e o interesse do cliente também influenciam no fluxo do processo. A contratada pode se esforçar em tentar demonstrar as necessidades da construção industrializada, mas caso o contratante esteja preso aos conceitos de engenharia não industrializada as potencialidades e o ciclo de produção não ocorrem de maneira eficiente.

Verificou-se nos dois casos da empresa A que a identificação do perfil do cliente e adaptação da abordagem, ferramentas e formas de controle, são medidas adotadas em prol de atender às necessidades básicas para viabilização da construção industrializada em aço. As mesmas considerações podem ser feitas nos casos da empresa B.

Pode-se afirmar, para as duas empresas, que o processo da contratada não foi alterado, com nenhuma etapa sendo eliminada em função do perfil do cliente. Entende-se que esse fator influencia no andamento, dificultando ou não a conclusão do processo, mas não impedindo ou inviabilizando o mesmo.

5.2 FATORES INTERNOS – ANÁLISE DO CICLO E SUAS ETAPAS

5.2.1 Análise do ciclo de produção de estruturas em aço

A análise do ciclo de produção de estruturas em aço foi baseada na proposta elaborada com base na consolidação de todos os processos da construção apresentados no item 2.2.3. A proposta está descrita a seguir.

De uma maneira geral, todas as propostas se assemelham. É importante salientar

que as propostas apresentadas não contêm fases específicas após o término da execução como, por exemplo, uso e ocupação e manutenção. Entretanto, não se pode afirmar que estes aspectos não são levados em consideração no desenvolvimento do produto ao longo do processo.

A Figura 41 apresenta o ciclo proposto no presente trabalho. Este é dividido em dois processos, projeto e execução. O primeiro inicia no contato com cliente e finaliza na elaboração dos projetos de montagem. O segundo inicia na fabricação e termina da montagem das peças em campo.

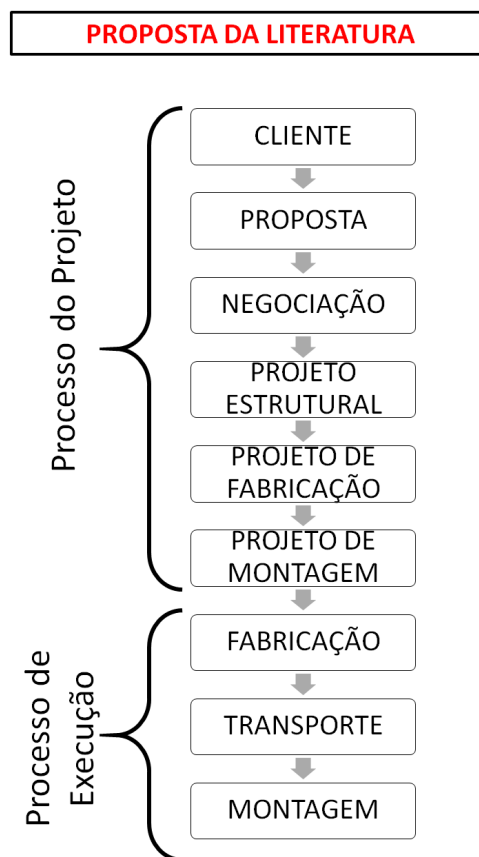


Figura 41: Proposta do ciclo de produção de estruturas em aço – compilação dos processo descritos no item 2.2.3.

Nas coletas de dados identificou-se que o processo de produção da empresa A constitui-se de seis etapas, identificadas por códigos sequenciais, sendo elas: orçamento e vendas, engenharia, detalhamento, PCF (programação e controle da produção), fabricação e montagem. Aparentemente, o processo da empresa A se apresenta incompleto se comparado ao proposto acima. Entretanto, identificou-se

que não houve eliminação de nenhuma etapa do processo. Entende-se que as atividades separadas acima se encontram como partes integrantes de outras etapas. Dessa maneira, não houve detrimento do processo, nem eliminação de funções. As etapas foram renomeadas e adaptadas à cultura e limitações estruturais da empresa A.

Conforme Figura 42, a etapa A.1 engloba as três primeiras etapas do modelo proposto (cliente, proposta e negociação), a A.2 é responsável pelo projeto estrutural e o detalhamento (A.3) executa os projetos de fabricação e montagem. As etapas A.4, A.5 e A.6 executam as atividades do processo de execução.

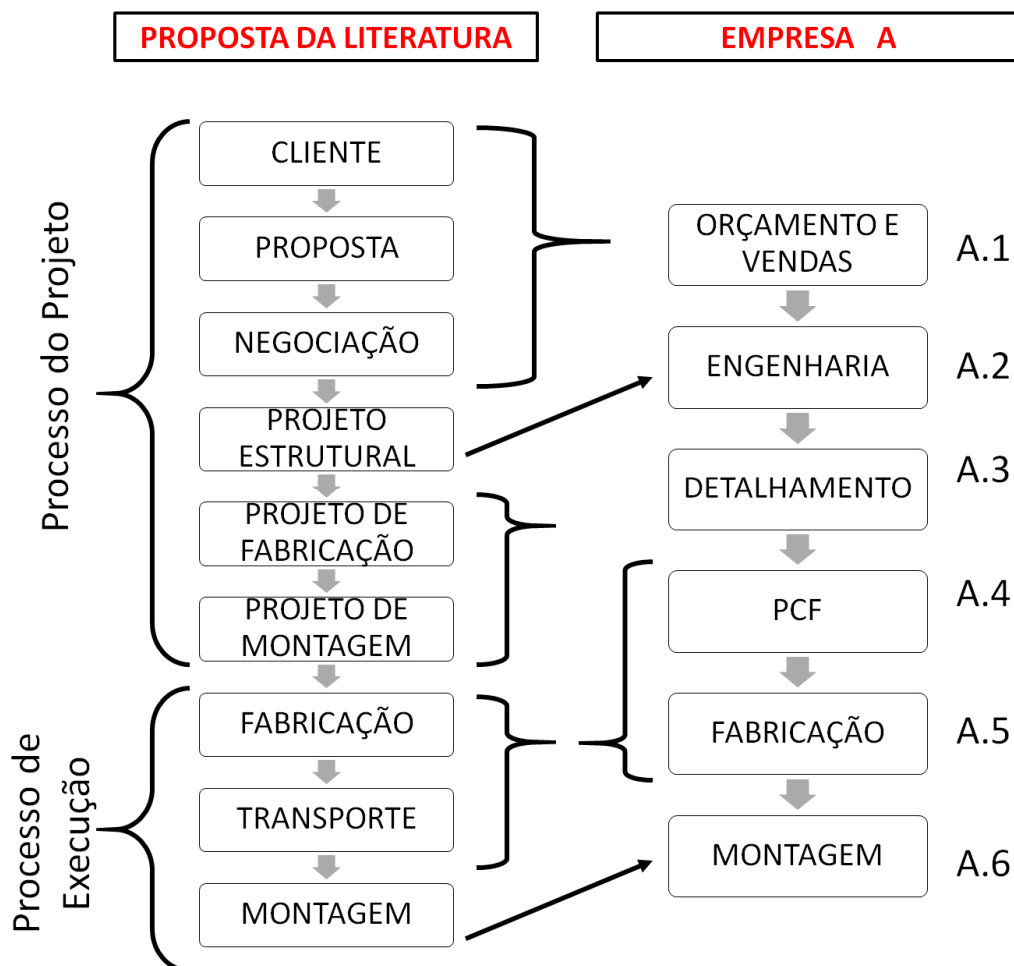


Figura 42: Processo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa A.

Na coleta de dados identificou-se que o ciclo de produção da empresa B constitui-se de seis etapas, também identificadas por códigos sequenciais, onde quatro

têm funções principais e as outras duas são consideradas como de apoio. São elas, comercial, engenharia, suprimentos, fábrica, montagem, sendo etapas de apoio, as de suprimentos e PCP (programação e controle da produção).

Para análise do ciclo da empresa B, seguiu-se o raciocínio aplicado à análise da empresa A. Quando comparados o ciclo da empresa B e o ciclo proposto, conforme Figura 43, verifica-se que, aparentemente, o ciclo da empresa B se apresenta incompleto por apresentar menor número de etapas. Porém, verificou-se que essa redução não implicou em eliminação de nenhuma etapa do processo, observando-se apenas fusão de etapas.

Dessa maneira não houve detrimento do ciclo, nem eliminação de funções. As etapas foram renomeadas e adaptadas à cultura e às limitações estruturais da empresa B.

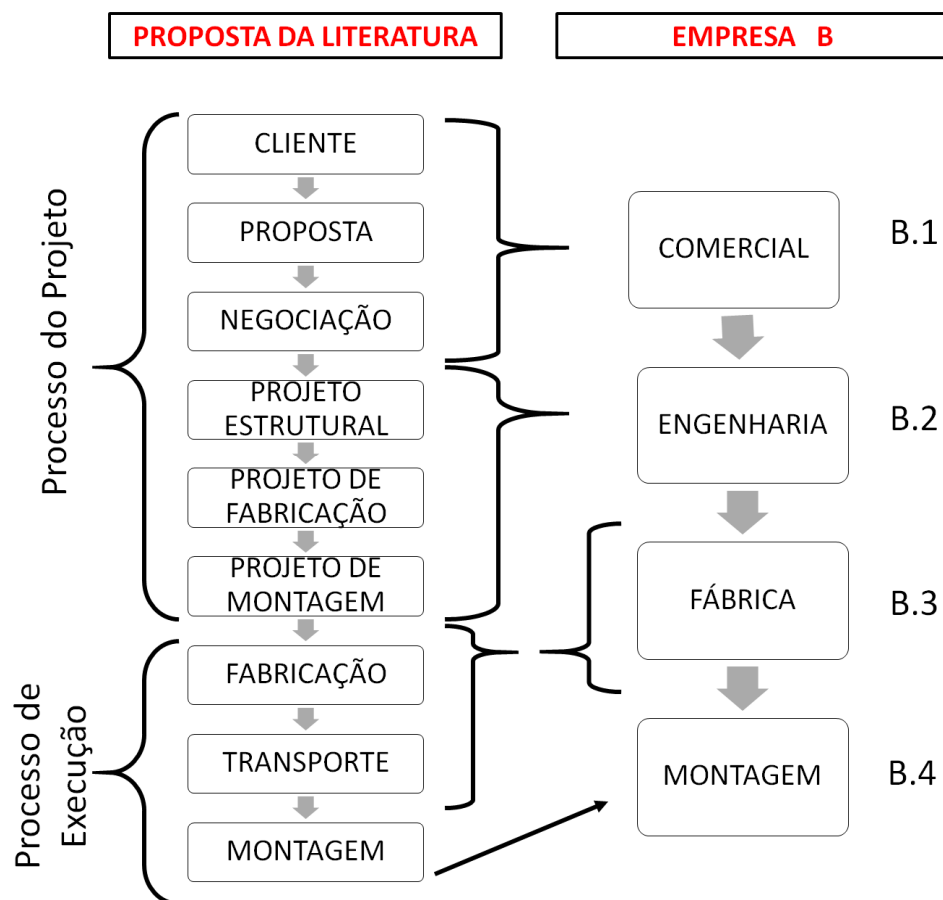


Figura 43: Processo de Produção de Projeto de Estrutura em aço da Empresa B.

A etapa B.1 engloba as três primeiras etapas do modelo proposto (cliente,

proposta e negociação), a B.2 é responsável pelas elaborações dos projetos estrutural, de fabricação e de montagem. As etapas B.3 e B.4 executam as atividades referentes ao processo de execução.

O ciclo proposto neste trabalho é coincidente ao da empresa A e da empresa B. Não foi identificada alteração na sequência e na funcionalidade de cada etapa pertencente ao ciclo. Nenhuma etapa foi eliminada ou acrescentada ao processo das empresas se comparada a proposta deste trabalho.

O estudo mostra que ocorrem adaptações de cada etapa que não interferem e não alteram o ciclo de produção. Estas adaptações se limitam a procedimentos e ferramentas que auxiliam e complementam a gestão das informações.

Com base nos estudos apresentados, as adaptações das etapas ocorrem de acordo com a influência do perfil e da relação da contratante com a contratada, do grau de ineditismo técnico do projeto e da imposição do mercado.

Pode-se afirmar que as características do processo de projeto são parcialmente generalizáveis. A essência do ciclo é mantida e somente etapas são adaptadas em função da complexidade técnica do projeto, do nível de detalhamento e definição do produto ainda no orçamento, do perfil do cliente e do estado do mercado da construção.

Mesmo com a constante adaptação é possível manter um padrão no ciclo de produção e, ainda assim, existir uma sequência de trabalho lógica para projeto de estrutura em aço integrada. Entende-se que, em função das diferenças apresentadas, não é necessário alterar o processo de projeto.

Em ambas as empresas, verificou-se a aplicação da gestão do conhecimento, padronização de processo e adoção de uma cultura de integração de projetos, conforme apontado na literatura.

Pode-se afirmar que os ciclos de produção das empresas aplicam os conceitos de

engenharia simultânea. A cooperação entre empreendedor e equipe de projeto pode ser identificada nos setores responsáveis pelo orçamento, cálculo e projeto. A contratante e os setores se envolvem conjuntamente com o objetivo de definição do produto e entendimento das necessidades básicas da construção industrializada.

A elaboração do projeto simultâneo pode ser identificada nos ciclos das empresas quando estas envolvem ainda na fase de orçamento todos os demais setores que compõem o ciclo de produção. Verifica-se esta aplicação também na elaboração dos projetos de estruturas metálicas, quando estes são extraídos de um arquivo eletrônico em 3 dimensões que contém todas as informações do produto, de fabricação e de montagem.

A integração projeto-produção é identificada no momento em que 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.

5.2.2 Análise do produto (projetos)

Com base nos dados coletados, as características dos projetos descritas pelas empresas A e B são coincidentes com as definições dos autores do item 2.3.1. Neste caso, o projeto é considerado como produto, que é constituído pelo conjunto de documentos com elementos descritivos, gráficos e de linguagem adequados ao atendimento das necessidades de produção. Entende-se produção como sendo as etapas de fabricação e montagem.

Como mostra a Figura 44, as duas empresas produzem e utilizam os projetos do produto e os projetos destinados à produção de estruturas em aço, conforme descrito na literatura.

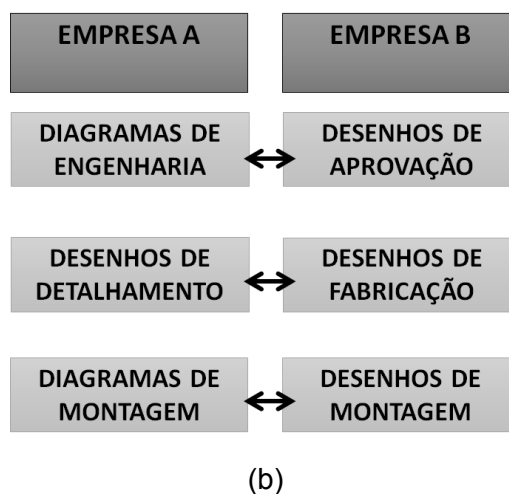
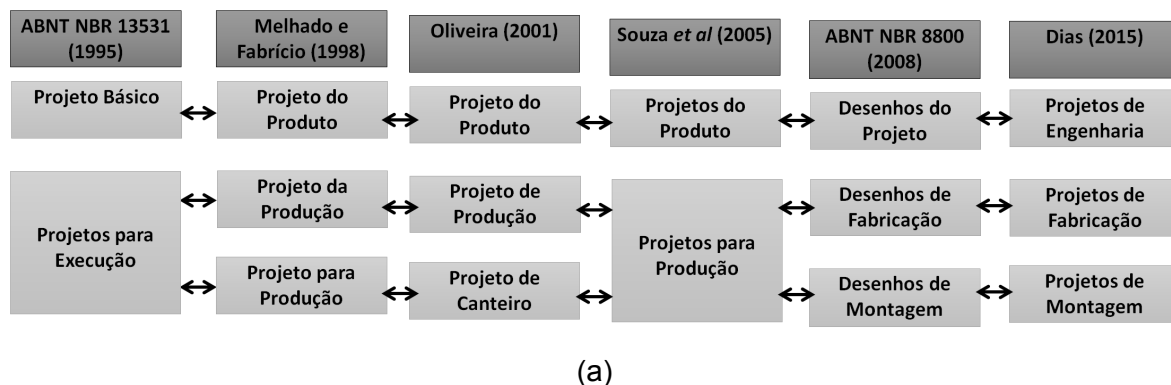


Figura 44: Esquema de comparação das nomenclaturas dos projetos de estruturas metálicas. (a) Projeto de acordo com autores apresentados no item 2.3.1. (b) Projetos de acordo com as empresas entrevistadas.

Apesar de cada um possuir nomenclaturas diferentes, as funções e as informações contidas em cada projeto são compatíveis e coincidentes com as descritas na literatura.

A literatura aponta a elaboração e a utilização desses três projetos (do produto, de produção e para produção) como boa prática na produção de estruturas em aço. Dessa maneira, entende-se que estes podem ser utilizados em processos de outras empresas semelhantes de mesmo produto.

Verificou-se também que sem estes projetos, seriam inviáveis a fabricação e a montagem da estrutura em aço. Esta afirmação aplica-se à produção com equipe interna ou externa (terceirizada) à empresa.

5.3 PROPOSTA DE MELHORIA

No caso da Empresa A, com o intuito de que a produção dos projetos do processo de produção seja elaborados simultaneamente com os projetos do produto, sugere-se a união das etapas de engenharia e detalhamento em uma única. Dessa maneira, o processo teria uma característica maior de equipe multidisciplinar trabalhando de maneira simultânea na produção dos projetos, com um maior envolvimento entre os modelistas, desenhistas e calculistas.

Os formulários e reuniões formais com o objetivo de passagem de informação para o setor seguinte seriam substituídos por registros de informações pertinentes e importantes ao empreendimento. Dessa maneira, haveria um envolvimento maior de todos os colaboradores desde o início.

6 CONCLUSÕES

Os dados apresentados apontam que o ciclo de produção das empresas A e B estão de acordo com o proposto neste trabalho. Estes ciclos também atendem às premissas de engenharia simultânea. Os projetos de estruturas em aço de cada empresa estão coerentes com o apontado pela literatura. Ambas as empresas têm os projetos do produto, de fabricação e de montagem, com as correspondentes funções, cada qual com sua nomenclatura.

Com base nos estudos apresentados, verificou-se que o cenário de mercado da construção civil em que a empresa está inserida impacta profundamente o seu conceito de produção.

O ciclo de produção, ainda que estruturado e organizado, passa a ser adaptado à realidade do mercado, quando este apresenta retraído e com redução de investimentos, com baixa demanda e maior oferta. Todas as etapas que compõem o ciclo de produção passaram a ocorrer em função do atendimento à demanda fabril, para evitar ociosidade de fábrica.

Além do cenário de mercado, tem-se a interferência da relação contratante e fabricante, do ineditismo técnico do empreendimento e da alocação de recursos no fluxo. Estes fatores interferem nas etapas que compõem o ciclo de produção de maneira limitada, sob a forma de procedimentos e ferramentas que auxiliam e complementam a gestão das informações.

É importante ressaltar, em relação ao caráter inovador do projeto, que uma empresa que não inova e que não apresenta aspectos de personalização do produto passa a perder mercado, uma vez que o mesmo impõe esta necessidade ao produto.

Dessa forma, o ciclo de produção não precisa ser alterado. A empresa deve investir em ferramentas mais complexas, flexíveis e integradas, para controle e registro das informações internas e externas.

É interessante salientar que o maior controle de informações deve estar associado à manutenção do bom relacionamento com o cliente. Tornar a gestão de informações mais eficiente, por meio de ferramentas mais integradas e complexas, não implica no enrijecimento das tratativas com a contratante. Por este motivo, entende-se que essas ferramentas devem ser flexíveis para atender às necessidades específicas de cada empreendimento e cliente.

Em função das diferenças apontadas, não é necessário alterar o ciclo de produção. Mesmo com a constante adaptação é possível manter um padrão neste ciclo e, ainda assim, atender às diversas demandas de mercado e de complexidade técnica de projetos.

Estes fatos sugerem que as empresas estão em acordo com as boas práticas apontadas na literatura e podem servir como uma referência para serem empregadas em outros empreendimentos semelhantes.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Identificação das ferramentas disponíveis no mercado que se encaixam na necessidade do processo de projeto e de produção de estruturas em aço industrializadas.
- Verificação das diretrizes para aplicação das inovações tecnológicas destinadas à gestão das informações de projeto.
- Identificação e verificação das melhorias no processo de projeto nas empresas de construção em aço industrializada após a implementação de ferramentas de gestão de informações como, por exemplo, o BIM.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. S.; TOLEDO, J. C. 'Qualidade Total do Produto'. Produção. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 21-37, out. 1991.

AQUINO, J. P. R.; MELHADO, S. B. 'O estabelecimento de parcerias entre empresas construtoras: projetistas e fornecedores como instrumento de melhoria no uso de projetos para produção na construção de edifícios'. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 3., 2003, Belo Horizonte.

AQUINO, J. P. R.; MELHADO, S. B.. 'Perspectivas da utilização generalizada de projetos para produção na construção de edifícios'. In: Workshop Nacional Gestão de Processos de Projeto na Construção de Edifícios. 2001. São Carlos. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro. ABNT, 10p., 1995.

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. ABNT, 237p., 2008.

BAÍÁ, J. L. 'Sistema de gestão da qualidade em empresas de projeto: aplicação ao caso das empresas de arquitetura. 1998. 244f. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

BAÍÁ, J. L. ; MELHADO, S. B. 'A postura atual das empresas de projeto em relação à gestão da qualidade'. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 7., 1998. ENTAC 98 - Qualidade no Processo Construtivo: anais.. Florianópolis. v. 2. p. 325-332.

BALLARD, G. et al. Production System Design: work structuring revisited. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., Singapore, 2001. Proceedings... Singapore: IGLC, 2001. *apud*. VIVAN, A. L., PALIARI, J. C. 'Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame' . Artigo para Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115, out./dez. 2012. (ISSN 1678-8621)

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. ; PINHO, F. O. , PINHO, M. O. 'Edifícios de Múltiplos Andares em aço'. Ed. PINI, 2ª Ed., 2008, 556 p.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200015>

BOBROFF (1999) Réunion organisée le 22 octobre 1999 par le LET sur sa recherche : maîtrise d'ouvrage et architecture - quelques observations. Paris, não publicado. 7p. *apud* MELHADO, S. B. 'Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios'. 2001. Tese – Concurso Livre-Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BORSATO, K. T., 'Arquitetura em aço e o processo de projeto'. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2009.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability: a primer. 2.ed. Austin, 1987. (CII publication n. 3-1) *apud* MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. 'O conceito de Projeto na Construção de Edifícios: diretrizes para sua Elaboração e Controle. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Depto de Engenharia e Construção Civil. São Paulo – 1995. (BT/PCC/139).

CLARO, C. T., 'Metodologia de Fiscalização de Obra'. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009. 118p.

CODEME Engenharia. Segmentos de atuação – Edifícios Comerciais. Disponível em : <<http://www.codeme.com.br/>> Acesso em 07 jun. 2016.

COELHO, R. A. 'Sistema construtivo integrado em estrutura em aço. 2003. Dissertação – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003.

COOPER, H. M. 'The integrative research review'. 1984. Beverly Hills, CA: Sage. *apud*. YIN, R. K. 'Estudo de caso: planejamento e métodos'. Ed. Bookman, 2ª ed. Porto Alegre, 2001, 206p.

DIAS, L. A. M., 'Estruturas de Aço: conceitos, técnicas e linguagens', 10ª edição, São Paulo, Ed. Ziguarte, 2015, 300p.

EL DEBS, L. de C.; FERREIRA, S. L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 41-60, abr./jun. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

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.l.], v. 20, n. 33, p. 228-248, jun. 2013.

FABRICIO, M. M. 'Projeto simultâneo na construção de edifícios'. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. (Tese de Doutorado em Engenharia). 350p.

FABRICIO, M. M. 'Processos construtivos flexíveis: projeto da produção'. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).

FABRÍCIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. 'Estudo da seqüência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas'. XVIII ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) – Niterói – Rio de Janeiro, 1998

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. 'Projeto simultâneo e a qualidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento'. VIII ENTAC (Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído) – Salvador – Bahia, 2000

FABRICIO, M.; MELHADO, S. 'Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios.' In: Seminário Internacional: Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. Anais: FAU-USP, São Paulo, 1998.

FABRICIO, M.; MESQUITA, M. J.; MELHADO, S. B. Colaboração simultânea em diferentes tipos de empreendimentos de construção de edifícios. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 9., 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 1513-1522.

FERREIRA, A. B. "Produto total projeto total: processo para qualidade do projeto a partir da voz do cliente". São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GALLE, P. Candidate Worldviews For Design Theory. Design Studeis. v. 29, n. 3, p. 267-303, 2008. *apud*. VIVAN, A. L., PALIARI, J. C. 'Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame' . Artigo para Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115, out./dez. 2012. (ISSN 1678-8621).

GRILO, L. M. ; MELHADO, S. B. 'A integração entre os agentes do processo de produção e o desempenho da indústria da construção de edifícios'.In: Workshop brasileiro de gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 3., 2003, Belo Horizonte, Minas Gerais.

GRILO, L. M. ; PENA, M. D.; SANTOS, L. A. ; FILIPI, G. ; MELHADO, S. B. . 'Implementação da gestão da qualidade em empresas de projeto.' Revista da ANTAC, 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 em aço.' Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010. 96p.

JOUINI, S.; MILDLER C. L'ingénierie concourante dans le bâtiment. Paris, Plan Construction et Architecture / GREMAP, 1996.

JURAN, J. M. 'A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade de produtos e serviços'. Traduzido por: Nivaldo Montigelli Jr. São Paulo: Pioneira, 1992. Traduzido de: Juran on quality by design.

KOSKELA, L. 'Process improvement and automation in construction: opposing or complementing approaches?'. 9th International Symposium on Automation and robotics in construction. June 3-5, Tokyo, Japan. 1992.

LOVE, P.; GUNASEKARAN, A. Concurrent engineering in the constructin Industry. Concurrent Engineering, v. 5, n. 2, p. 155-162, jun 1997.

MELHADO, S. B. 'Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios'. 2001. Tese – Concurso Livre-Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELHADO, S. B. 'A qualidade na construção de edifícios e o tratamento das interfaces entre os sistemas de gestão dos diversos agentes'. VIII ENTAC (Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído) – Salvador – Bahia, 2000.

MELHADO, S. B. 'Metodologia de projeto voltada à qualidade na Construção de edifícios'. Artigo para VII ENTAC (Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído) - Qualidade no processo construtivo. Florianópolis – Santa Catarina. 1998.

MELHADO, S. B. 'O processo de projeto no contexto da busca de competitividade. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO . TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo. Anais... [S.l: s.n.], 1997. v. 1, p. 7-51. *apud*. 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.

MELHADO, S. B. 'Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção'. 1994. Tese – Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. 'O conceito de Projeto na Construção de Edifícios: diretrizes para sua Elaboração e Controle. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Depto de Engenharia e Construção Civil. São Paulo – 1995. (BT/PCC/139)

MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M., Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. 1998. Artigo para VII-ENTAC (Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído) - Qualidade no processo construtivo. Florianópolis – Santa Catarina. 1998.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. 'A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios'. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1992. (TT/PCC/02)

MESEGUER, A. Controle e garantia da qualidade na construção. Tradução de Roberto José Falcão Bauer, Antônio Carmina Filho, Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo : Sinduscon-SP, Projeto, PW, 1991. *apud*. MORAES, F. R. Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica . uma visão segundo a nova filosofia de produção. 2000. 212 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2000.

MORAES, F. R. Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica . uma visão segundo a nova filosofia de produção. 2000. 212 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2000.

MOTTEU, H.; CNUUDE, M. . 'La gestion de la qualité durant la construction: action menee en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction" '. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.265-76. *apud* MELHADO, S. B. 'Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção'. 1994. Tese – Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NAVARRE, C. Gestion 2000, n° 6, dezembro, 1993. *apud*. JOUINI, S.; MILDLER C. L'ingénierie concourante dans le bâtiment. Paris, Plan Construction et Architecture / GREMAP, 1996.

NEVES, M. L. R., OLIVEIRA, K. P. S., MELHADO, S. B. 'Interface projeto-obra: estudo de caso sobre alvenaria de vedação'. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios (SBQP 2009). São Carlos, São Paulo, 2009. p. 382-392.

NOVAES, C. C. A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Qualidade no Processo Construtivo. Florianópolis, 1998. Anais. Santa Catarina, 1998. p. 169-176.

NOVAES, C. C. 'Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais'. 1996. 336p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,. 1996. *apud*. MORAES, F. R. Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica . uma visão segundo a nova filosofia de produção. 2000. 212 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2000.

NOVAES, C. C.. Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios. In: Workshop nacional gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos, São Paulo.

OLIVEIRA, O. J., 'Gestão do processo de projeto na construção de edifícios'. Integração. Revista Integração. Ano X. n. 38. pp. 201-217. Jul./Ago./Set. 2004.

OLIVEIRA, O. J. 'Influências do projeto de produção e do projeto de canteiro no sistema logístico da construção de edifícios'. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, Anais. São Carlos. USP, 2001.

OLIVEIRA, O. ; FABRICIO, M. M. ; MELHADO, S. B. . Improvement of the design process in the building construction.. In: CIB World Building Congress, 2004, Toronto. CIB World Building Congress. Toronto, 2004

OLIVEIRA, O. J.; MELHADO, S. B. 'Proposta de um modelo de gestão para pequenas empresas de projetos de edifícios' Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. v. 3, n. 2, pp. 106-126. Novembro/2008.

PRINS, M.; KRUIJNE, K. The Management of Design Process Integration and Design Integration. In: CIB W096 Architectural Management; CIB TG49 Architectural Engineering Conference; BRAZILIAN WORKSHOP ON BUILDING DESIGN MANAGEMENT, 8., São Paulo, 2008. Proceedings... São Paulo, 2008. *apud*. VIVAN, A. L., PALIARI, J. C. 'Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame' . Artigo para Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115, out./dez. 2012. (ISSN 1678-8621)

SALES, U. C. ; SOUZA, H. A. ; NEVES, F. A. . 'Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço'. Rem, Rev. Esc. Minas [on line], Ouro Preto, v. 54,n. 4,dez. 2001.

SANVIDO, V. E. Linking levels of abstraction of a building design. Building and Environmental, Grã Bretanha, v.27, n. 2, p. 195-208, 1992. *apud*. 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.

SOUZA, A. L. R.; AQUINO, J.; FRANCO, L. S.; FABRÍCIO, M.; PEÑA, M. D.; MELHADO, S. B. 'Integração concepção – projeto – execução de obras'. In: MELHADO,S. B. (Org.). 'Coordenação de Projetos de Edificações'. São Paulo: O nome da Rosa, 2005a. p. 49-68.

SOUZA, A. L. R.; GRILO, L.; MESQUITA, M. J.; MELHADO, S. B. 'O Processo de Projeto e sua Gestão'. In: MELHADO, S. B. (Org.). 'Coordenação de Projetos de Edificações'. São Paulo: O nome da Rosa, 2005b. p. 25-48.

SILVA, M. A. C. 'Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com emprego do conceito de custos ao longo da vida útil'. 1996. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, T.F.; COELHO, K.M.; MELHADO, S.. Projetos industriais – barreiras para a implementação da Modelagem da Informação da Construção. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-7.

SLACK, N.; JOHNSTON, R.; BRANDON-JONES, A. A. 'Administração da produção'. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 1999. apud AQUINO, J. P. R.; MELHADO, S. B. 'O estabelecimento de parcerias entre empresas construtoras: projetistas e fornecedores como instrumento de melhoria no uso de projetos para produção na construção de edifícios'. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2003, Belo Horizonte.

TAHON, C. 'Le pilotage simultané d'un projet de construction'. Collection Recherche, Paris, 1997 (n.87). apud. FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. 'Projeto simultâneo e a qualidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento'. VIII ENTAC (Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído) – Salvador – Bahia, 2000

TEIXEIRA, R. B. 'Análise da Gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas'. 2007. Dissertação – Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

TEIXEIRA, R. B.; STARLING, C. D. M. ; ANDERY, P. R. P. . 'Contribuição ao estudo do processo de projeto de edifícios em construções em aço: contratação e definições'. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 3, n.1, maio/2008.

TEIXEIRA, R. ; STARLING, C. D. M. ; ANDERY, P. R. P. . Análise do processo de projeto de um empreendimento em estrutura metálica de aço. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba, PR.

TZORTZOPOULUS, P. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999. *apud*. BAUERMAN, 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.

VIVAN, A. L., PALIARI, J. C. 'Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame' . Artigo para Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115, out./dez. 2012. (ISSN 1678-8621)

XAVIER, J. P. M. Influência de projetos e detalhes arquitetônicos em patologias de estruturas: estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil - UnB. 2010. xvi, 138 f., il.

YIN, R. K. 'Estudo de caso: planejamento e métodos'. Ed. Bookman, 2ª ed. Porto Alegre, 2001, 206p.

ANEXOS

Anexo 1: Carta de Apresentação

Anexo 2: Termo de Confidencialidade

Anexo 3: Questionário para Mapeamento do Fluxo do Processo de Produção por setor

Anexo 4: Ficha de cadastro do Empreendimento escolhido para estudo de caso

Anexo 1: Carta de Apresentação

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção
Curso de Mestrado em Construção Civil
Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte - MG

O intuito desta carta é apresentar RENATA JARDIM MARTINI, mestranda em Gestão da Construção pela Universidade Federal de Minas Gerais e Engenheiro Civil atuante nas áreas de planejamento e gestão de projetos. Para desenvolvimento da dissertação de mestrado é necessária a realização de estudos de caso para caracterização do processo integrado de produção de estruturas em aço para edifícios de andares múltiplos, levando em conta características específicas do processo de projeto e produção de estruturas em aço. Neste caso, o termo “produção de estruturas” é entendido como a simultaneidade dos Projetos do Produto e dos Projetos do Processo de Produção, que engloba os Projetos da Produção (destinados à fabricação) e Projetos para Produção (destinados à montagem).

Em suma, o estudo de caso prevê a identificação das deficiências no processo de projeto, em especial na integração entre as etapas de concepção de produção, e o impacto dessas questões na garantia do desempenho. À luz dos casos estudados e com base em princípios de engenharia simultânea, serão propostas diretrizes para melhoria do processo de projeto.

Esta carta é dirigida a instituição objeto de pesquisa e a cada um dos

entrevistados. Solicitamos que dediquem o seu tempo, experiência e paciência aos entrevistadores. Sua cooperação é essencial para que os estudos de caso guiem e apoiem a análise final da pesquisa.

Em nome do Curso de Mestrado em Construção Civil, desejo expressar nossa gratidão por sua assistência. Caso queira, os resultados dos questionários e o relatório do estudo de caso serão encaminhados através dos contatos fornecidos.

Agradecemos mais uma vez por nos ceder um pouco do seu tempo e conhecimento.

Sinceramente,

Prof. Dr. Cícero Murta Starling
Professor Associado 4 - M.Sc., D.Sc. - UFMG

Paulo Roberto Pereira Andery
Coordenador do Curso de Mestrado em Construção Civil - UFMG

Renata Jardim Martini
Mestranda do Curso de Mestrado em Construção Civil – DEMC - UFMG

Anexo 2: Termo de Confidencialidade

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____.

Eu, RENATA JARDIM MARTINI, brasileira, solteira, engenheira civil, portadora do RG nº. _____, CPF nº _____, residente e domiciliado à _____, venho por meio do presente termo, comprometer-me a não associar ou relacionar, direta ou indiretamente, de forma escrita, verbal ou de qualquer outra forma, o nome ou a identidade de _____

_____ (nome completo do entrevistado) à minha pesquisa de mestrado iniciada em 2014, sob orientação do Prof. Dr. Cícero Murta Starling e do Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery, ligada ao Curso de Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, seja durante ou após a realização da mesma.

O entrevistador compromete-se a manter sigilo em relação às informações consideradas confidenciais a que poderá ter acesso na qualidade de avaliador (receptor da informação) na defesa da Dissertação de Mestrado intitulada Processo Integrado de Projeto, Fabricação e Montagem de Estrutura em aço em Edifícios de Andares Múltiplos com foco nos Projetos do Processo de Produção: Projetos da Produção e Projetos para Produção desenvolvida pela acadêmica Renata Jardim Martini, do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

Agradecemos mais uma vez por ceder um pouco do seu tempo e conhecimento.
Atenciosamente e sinceramente,

Eng^a. Renata Jardim Martini

Mestranda do Curso de Mestrado em Construção Civil – DEMC - UFMG

Anexo 3: Questionário para Mapeamento do Fluxo do Processo de Produção por setor

Este questionário foi elaborado pela aluna Renata Jardim Martini (entrevistador) para realização de entrevista com objetivo de coletar dados para pesquisa de mestrado pelo Departamento de Engenharia de Materiais e Construção com orientação do Prof. Dr. Cícero Murta Starling e do Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery. Todas as informações fornecidas pelo entrevistado serão utilizadas apenas para fins de estudo científico.

Data da entrevista: _____

Local da entrevista: _____

Razão Social: _____

Nome do Entrevistador: _____

Nome do Entrevistado: _____

Cargo dentro da empresa: _____

Contato do Entrevistado: _____

Questão 01: Quais são as etapas/fases e qual é sequência de produção de projetos de estrutura em aço na empresa? (Descrever desde a entrada da obra até a entrega da estrutura montada).

Questão 02: Você é o responsável por qual etapa do processo dentro da empresa?

Questão 03: Defina a função do seu setor?

Questão 04: Quando e como o Processo de produção do setor se inicia?

Questão 05: Quais são as condições básicas para início dos trabalhos? Quais são as informações necessárias para começar o processo?

Questão 06: Como se desenvolve o processo do setor? (Descrever a sequência das atividades do setor. Com foco no projeto do processo de produção)

Questão 07: Quais são os produtos finais interno e externo do setor? (Qual é o produto resultado desse processo, tanto de uso interno da empresa quanto para envio para cliente externo ao processo da empresa).

Anexo 4: Ficha de cadastro do Empreendimento escolhido para estudo de caso

Este formulário foi elaborado pela aluna Renata Jardim Martini (entrevistador) para realização de entrevista com objetivo de coletar dados para pesquisa de mestrado pelo Departamento de Engenharia de Materiais e Construção com orientação do Prof. Dr. Cícero Murta Starling e do Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery. Todas as informações fornecidas pelo entrevistado serão utilizadas apenas para fins de estudo científico.

SEGMENTO: Edifícios de Andares Múltiplos

IDENTIFICAÇÃO NA PESQUISA: _____

PARTE 1: INFORMAÇÕES SOBRE O CLIENTE E EMPREENDIMENTO

DESCREVA O PERFIL DO CLIENTE:

DESCREVA AS CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO:

DESCREVA O ESCOPO DA CONTRATAÇÃO:

DESCREVA A EQUIPE ENVOLVIDA NA COMPATIBILIZAÇÃO, NAS DECISÕES PARA DEFINIÇÕES DE PROJETO. (QUAL O NÚMERO DE PESSOAS ENVOLVIDAS? HAVIA PRESENÇA DE GERENCIADORA? DESCREVER AS PARTICULARIDADES DESSA EQUIPE, AS DIFICULDADES ENCONTRADAS)

HAVIA A PRESENÇA DA FIGURA DO COORDENADOR ESPECÍFICO OU ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO?

QUAL ERA O NÍVEL DE INTERFERÊNCIA DELE? ELE TOMAVA AS DECISÕES OU REPASSAVA A RESPONSABILIDADE DAS DECISÕES PARA TERCEIROS?

QUAL É O NÍVEL DE ACOMPANHAMENTO DOS PROCESSOS DA EMPRESA PELO CLIENTE?

PARTE 2: INFORMAÇÕES TÉCNICAS DA OBRA

LOCALIZAÇÃO: _____

USO/OCUPAÇÃO:

- () Edifício Comercial; () Shopping Vertical; () Shopping Horizontal
() Outros: (descrever) _____

CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO:

- () Estrutura mista (aço e concreto):
 () Laje ; () Viga ; () Coluna
 () Outros: _____
() Pilares Tubulares
() Sistema de Estabilização:
 () Metálico ; () Núcleo de concreto
 () Outros: _____

ÁREA DE LAJE: _____

Nº DE PAVIMENTOS: _____

PÉ DIREITO DOS PAVIMENTOS: _____

VOLUME DE CONCRETO: _____

VOLUME DE AÇO: _____

PRAZO DE EXECUÇÃO E ENTREGA DO EMPREENDIMENTO:_____

Fabricação: _____ meses

Montagem: _____ meses

DEMAIS CONSIDERAÇÕES E OBSERVAÇÕES:

[illegible]