



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

JOÃO BOSCO PINHEIRO DANTAS FILHO

OPORTUNIDADES DE MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETO DE
ARQUITETURA SOB A PERSPECTIVA DO LEAN DESIGN

FORTALEZA

2016

JOÃO BOSCO PINHEIRO DANTAS FILHO

**OPORTUNIDADES DE MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETO DE
ARQUITETURA SOB A PERSPECTIVA DO LEAN DESIGN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D213o Dantas Filho, João Bosco Pinheiro.
Oportunidades de melhoria no processo de projeto de arquitetura sob a perspectiva do Lean Design /
João Bosco Pinheiro Dantas Filho. – 2016.
155 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Processo de projeto de arquitetura. 2. Lean Design. 3. Desperdícios. I. Título.

CDD 624.1

JOÃO BOSCO PINHEIRO DANTAS FILHO

**OPORTUNIDADES DE MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETO DE
ARQUITETURA SOB A PERSPECTIVA DO LEAN DESIGN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Mariana Monteiro Xavier de Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luiz Fernando Mahlmann Heineck
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^a. Dr^a. Patricia Tzortzopoulos Fazenda
University of Huddersfield

A minha querida esposa Georgia.

Aos meus filhos João Pedro e Rafael.

Aos meus irmãos Carolina e Rodrigo.

Aos meus pais Bosco e Luzia.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. José de Paula Barros Neto, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Mariana Monteiro Xavier de Lima e Patricia Tzortzopoulos Fazenda pelas valiosas colaborações e sugestões.

Às empresas que participaram dos estudos de caso deste trabalho e disponibilizaram recursos humanos e documentação.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos professores Alexandre Araújo Bertini, Antônio Eduardo Bezerra Cabral, Daniel Ribeiro Cardoso, José de Paula Barros Neto, Luiz Fernando Mahlmann Heineck e Vanessa Ribeiro Campos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil (PEC/UFC) pelo conhecimento dispensado nas disciplinas ministradas.

Aos professores Daniel Ribeiro Cardoso e Alexandre Araujo Bertini pelas contribuições realizadas no exame de qualificação.

Aos professores Patrícia Tzortzopoulos e Mike Kagioglou pelos comentários realizados no evento *Meeting University of Huddersfield* realizado na UFC.

“Seja a mudança que você gostaria de ver no
mundo.”

Mahatma Gandhi

“Nossa única certeza é que as coisas
mudarão.”

Philip Kotler

RESUMO

O gerenciamento de projetos deficiente foi identificado como sendo um fator importante na redução do desempenho global dos projetos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Estudos verificaram que a integração entre processos de projeto e processos de construção tornou-se um requisito importante para melhorar o desempenho da construção e consideraram que a filosofia *Lean* tem o potencial para melhor integrar as atividades de projeto e construção, desempenhando o papel de contribuir para a melhoria dos fluxos produtivos. O objetivo geral deste trabalho é, portanto, propor melhorias para o processo de projeto de edificações levando em consideração a perspectiva do *lean design*. Para alcançar este objetivo realizou-se a investigação do processo de projeto de edifícios em empresas de arquitetura, construiu-se a estrutura dos processos a partir de ferramentas baseadas em *lean design* e se identificou os principais desperdícios nos processos de projeto. A pesquisa foi do tipo qualitativa e a estratégia de pesquisa foi o estudo de caso múltiplo, com caráter exploratório-descritivo. Neste trabalho foram realizados ao todo cinco estudos de caso, dos quais quatro foram em empresas de arquitetura. Foram realizadas vinte e três entrevistas com quatorze profissionais das empresas. Foram entrevistados profissionais membros das empresas representantes do nível estratégico, tático e operacional, envolvidos diretamente na realização das atividades de projeto. Os resultados demonstram os desperdícios identificados nos estudos de caso como sendo espera, *making-do* e *work-in-process*. As mudanças propostas baseadas nos problemas identificados focam essencialmente quatro aspectos sintetizados a seguir: (1) Elaboração de requisitos de estrutura e instalações para ser utilizado como entrada da etapa de definição do projeto de arquitetura; (2) Planejamento das esperas internas para que estas sejam minimizadas à quantidade necessária sem afetar o tempo total do projeto; (3) Liberar o projeto arquitetônico para início simultâneo dos projetos de estrutura e instalações; (4) Compatibilizar projetos de estrutura e instalações com o projeto de arquitetura simultaneamente a fim de reduzir o número de passos do processo. Consideram-se as principais contribuições deste trabalho a identificação dos desperdícios de processo de projeto, as oportunidades de melhorias propostas para as empresas baseadas em problemas reais identificados pelos estudos de caso e a estruturação da metodologia para aplicação das ferramentas *lean* de diagnóstico no contexto de escritórios de projeto de arquitetura.

Palavras-chave: Lean Design. Processo de projeto.

ABSTRACT

The poor management projects has been identified as an important factor in reducing the overall performance and efficiency of projects in the Architecture, Engineering and Construction industry. Studies have found that the integration between design processes and construction processes has become an important requirement to improve building performance and consider the Lean philosophy has the potential to better integrate the design and construction activities. The Lean philosophy, has the role of contributing to the improvement of production flows, while the BIM platform helps paradigm shift in the way of working the design and construction processes. The aim of this study is therefore to propose improvements to the building design process taking into account the perspective of lean design. To accomplish this there was the investigation of the building design process in architectural firms and virtual construction firms associated with building design process, built the structure of processes from tools based on lean design, and identified the main waste in design and virtual construction processes. The research was the qualitative type and search strategy was the multiple case study with exploratory and descriptive. This work carried out in all five case studies, four of which were in architectural firms and one was in a virtual building office. Twenty-three interviews with fourteen respondents of the survey were carried out. Were professional members interviewed representatives of companies of strategic, tactical and operational level, directly involved in carrying out the project activities and virtual construction. The results demonstrate the waste identified in the case studies as: waiting, making-of and work-in-process. The proposed changes based on identified problems that focus on four main aspects summarized below: (1) Development of structure requirements and facilities to be used as input stage of defining the architectural design; (2) Plan the internal waits for these to be minimized to the amount needed without affecting the total project time; (3) Release the architectural design for simultaneous early structure projects and facilities; (4) Reconcile structure projects and facilities with the architectural design simultaneously in order to reduce the number of process steps. Considered to be the main contributions of this study to identify the design process waste, the opportunities for improvement proposals for companies based on real problems identified by the case studies, and the structuring of the methodology for the application of lean diagnostic tools in the context of architecture design and virtual construction firms.

Keywords: Lean Design. Design Process. Virtual Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de fluxograma para projeto de edificação.....	28
Figura 2 – Modelo de Fluxograma para projeto de projeto Melhado (1994).....	29
Figura 3 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto Tzortzopoulos (1999).....	31
Figura 4 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Fabricio (2002).	32
Figura 5 – Representação gráfica das fases do processo de projeto de Romano (2003).	33
Figura 6 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Rodríguez (2005).....	34
Figura 7 – Modelo de processo de projeto de Cambiaghi e Amá (2006).....	34
Figura 8 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Manzione (2013).	36
Figura 9 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Pereira (2014).....	37
Figura 10 – Modelo de fluxo para projeto enxuto	38
Figura 11 – Diagrama de um fluxo de trabalho BIM.	40
Figura 13 – Exemplo de Diagrama <i>Swim lane</i>	48
Figura 14 – Exemplo de mapa do fluxo de valor de processo de projeto.	52
Figura 15 – Exemplo de MFV de linha de produção de barra de chocolate.	54
Figura 16 – Quadro de interação entre processo de projeto e processo de construção.	56
Figura 17 – Modelo de diagnóstico e avaliação do processo de projeto.	57
Figura 17 – Delineamento da pesquisa.....	63
Figura 18 – Protocolo do estudo de caso	64
Figura 19 – Análise das entregas estudo de caso piloto	74
Figura 21 – Swim lane do processo de projeto do estudo de caso piloto	77
Figura 22 – MFV do estado atual do estudo de caso piloto	79
Figura 23 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso piloto.....	81
Figura 24 – MFV do estado futuro do estudo de caso piloto	83
Figura 25 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa B.....	88
Figura 27 – <i>Swim lane</i> do estudo de caso da empresa B	91
Figura 28 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa B	93
Figura 29 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa B	95
Figura 30 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa B	97
Figura 31 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa C.....	101
Figura 33 – <i>Swim lane</i> do estudo de caso da empresa C	104
Figura 34 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa C	107

Figura 35 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa C	109
Figura 36 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa C	111
Figura 37 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa D.....	114
Figura 39 – Swim lane do estudo de caso da empresa D	117
Figura 40 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa D.....	119
Figura 41 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa D	121
Figura 42 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa D.....	123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Benchmarking interno do estudo de caso piloto	75
Gráfico 2– Benchmarking interno do estudo de caso da empresa B	89
Gráfico 3– Benchmarking interno do estudo de caso da empresa C	102
Gráfico 4 – Benchmarking interno do estudo de caso da empresa D.....	115
Gráfico 5– Benchmarking externo das empresas do estudo de caso múltiplo	128
Gráfico 6– Benchmarking externo de solução de interfaces	129
Gráfico 7– Quantidade de trocas por etapa	130
Gráfico 8– Tipos de trocas por empresa.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coleta de dados de tempo do processo	85
Tabela 2 – Comparação dos parâmetros dos estudos de caso de arquitetura	125
Tabela 3 – Comparação dos tempos de ciclo dos estudos de caso de arquitetura.....	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Conceitos de projeto	26
Quadro 2 – Desperdícios da produção enxuta	44
Quadro 3 – Princípios da produção enxuta em gerenciamento de projetos	45
Quadro 4 – Ferramentas da construção enxuta.....	46
Quadro 5 – Exemplo de Quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”	47
Quadro 6 – Termos de produção enxuta para gerenciamento de fluxos de trabalho.....	51
Quadro 7 – Os quatro tipos de planejamento baseados em LPS	56
Quadro 8 – SIPOC do processo de arquitetura.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações
AP	Anteprojeto
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EP	Estudo Preliminar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGLC	International Group for Lean Construction
LBMS	Location-Based Management System
LPS	Last Planner System
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PB	Projeto Básico
PE	Projeto Executivo
PL	Projeto Legal
SIPOC	Suppliers, Inputs, Processes, Outputs, Customers
WIP	Work-in-process
TC	Tempo de Ciclo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	Contextualização.....	20
1.2	Justificativa.....	20
1.3	Problema e Questão de pesquisa	22
1.4	Objetivos	23
1.4.1	<i>Objetivo geral</i>	23
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	23
1.5	Delimitação do trabalho	23
1.6	Estrutura da Dissertação.....	24
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	O processo de projeto	25
2.1.1	<i>Conceitos e definições</i>	25
2.1.2	<i>Estado da arte de pesquisas em processo de projeto</i>	29
2.2	Produção enxuta em projetos e construção	43
2.2.1	<i>Conceitos e definições</i>	43
2.2.2	<i>Ferramentas da Produção enxuta</i>	46
2.2.2.1	<i>Quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”</i>	47
2.2.2.2	<i>Diagrama Swim lane</i>	47
2.2.2.3	<i>Benchmarking</i>	48
2.2.2.4	<i>Mapa do fluxo de valor (MFV)</i>	50
2.2.3	<i>Lean Design no processo de projeto</i>	55
2.3	Referencial teórico	58
3	METODOLOGIA	59
3.1	Enquadramento metodológico.....	59

3.2	Delineamento	61
3.3	Detalhamento	63
3.4	Generalização de estudos de caso	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	69
4.1	Informações preliminares	69
4.1.1	<i>Quadro SIPOC de processo de projeto de arquitetura</i>	69
4.2	Estudo de caso piloto: Empresa A.....	72
4.2.1	<i>Análise da linha do tempo</i>	72
4.2.1.1	<i>Análise das entregas na linha do tempo.....</i>	73
4.2.1.2	<i>Análise dos tempos de ciclo</i>	75
4.2.2	<i>Swim lane</i>	75
4.2.3	<i>Mapeamento do fluxo de valor.....</i>	78
4.2.3.1	<i>Análise do mapa do estado atual</i>	78
4.2.3.2	<i>Análise do mapa com oportunidades de melhorias</i>	80
4.2.3.3	<i>Análise do mapa do estado futuro.....</i>	82
4.2.4	<i>Síntese do estudo de caso piloto.....</i>	84
4.2.5	<i>Contribuições do estudo de caso piloto para pesquisa</i>	84
4.3	Estudo de caso: Empresa B.....	86
4.3.1	<i>Análise da linha do tempo</i>	86
4.3.1.1	<i>Análise das entregas na linha do tempo.....</i>	87
4.3.1.2	<i>Análise dos tempos de ciclo</i>	89
4.3.2	<i>Swim lane</i>	89
4.3.3	<i>Mapeamento do fluxo de valor.....</i>	92
4.3.3.1	<i>Análise do mapa do estado atual</i>	92
4.3.3.2	<i>Análise do mapa com oportunidades de melhorias</i>	94
4.3.3.3	<i>Análise do mapa do estado futuro.....</i>	96
4.3.4	<i>Síntese do estudo de caso da empresa B</i>	98

4.4	Estudo de caso: Empresa C.....	98
4.4.1	<i>Análise da linha do tempo</i>	98
4.4.1.1	<i>Análise das entregas na linha do tempo.....</i>	100
4.4.1.2	<i>Análise dos tempos de ciclo</i>	102
4.4.2	<i>Swim lane</i>	102
4.4.3	<i>Mapeamento do fluxo de valor</i>	105
4.4.3.1	<i>Análise do mapa do estado atual</i>	105
4.4.3.2	<i>Análise do mapa com oportunidades de melhorias</i>	108
4.4.3.3	<i>Análise do mapa do estado futuro.....</i>	110
4.4.4	<i>Síntese do estudo de caso da empresa C</i>	112
4.5	Estudo de caso: Empresa D.....	112
4.5.1	<i>Análise da linha do tempo</i>	112
4.5.1.1	<i>Análise dos tempos de ciclo</i>	115
4.5.2	<i>Swim lane</i>	115
4.5.3	<i>Mapeamento do fluxo de valor</i>	118
4.5.3.1	<i>Análise do mapa do estado atual</i>	118
4.5.3.2	<i>Análise do mapa com oportunidades de melhorias</i>	120
4.5.3.3	<i>Análise do mapa do estado futuro.....</i>	122
4.5.4	<i>Síntese do estudo de caso da empresa D</i>	124
5	ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO	125
5.1	Comparação dos estudos de caso.....	125
5.2	Análise da linha do tempo	126
5.3	Análise do fluxo de informações	129
5.4	Mapeamento do fluxo de valor	131
5.4.1.1	<i>Análise cruzada dos mapas de estado atual.....</i>	131
5.4.1.2	<i>Análise cruzada dos mapas de oportunidades de melhoria.....</i>	132
5.4.1.3	<i>Análise cruzada dos mapas de estado futuro.....</i>	133

6	CONCLUSÕES	134
6.1	Conclusões sobre os objetivos da pesquisa	134
6.2	Recomendações de melhorias no processo de projeto de arquitetura	134
6.3	Limitações do trabalho	135
6.4	Pesquisas futuras.....	136
6.5	Considerações finais	137
	REFERÊNCIAS	138
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	146

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa foca na melhoria de processos de projeto de edificações. Neste trabalho identificaram-se os desperdícios que reduzem o desempenho do processo de projeto de arquitetura. Isso foi possível por meio da aplicação de ferramentas de diagnóstico de processos desenvolvidas pela construção enxuta e baseadas no sistema de produção enxuta. A partir deste diagnóstico foi possível a proposição de recomendações para implementação de mudanças no processo de projeto a fim de explorar as oportunidades de melhoria associadas aos desperdícios identificados.

1.1 Contextualização

O processo de projeto é entendido neste trabalho como o conjunto de ações necessárias à formulação do elenco de documentos que registrará a concepção física do empreendimento, sendo esta resultante dos requisitos de clientes e usuários.

O gerenciamento de projetos deficiente, por sua vez, foi identificado como sendo um fator importante na redução do desempenho global e na eficiência dos projetos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC (LOVE; LI, 2000; TILLEY; MCFALLAN; SINCLAIR, 2002; LOVE; EDWARDS, 2004).

Falhas de projeto são tidas como causa de 46% de problemas patológicos de edifícios (MELHADO, 1994; CASTELLS, 2001; FABRICIO, 2002). Estudos levantaram que 40% das patologias constatadas nos edifícios construídos poderiam ter sido evitadas na fase de projetos (GRANDISKI, 2004; apud BERTEZINI, 2006). E são observados vários tipos de falhas de projetos: (1) incompatibilidade entre projetos, (2) falta de especificações de materiais e componentes, (3) detalhamento inadequado (MOURA, 2005).

1.2 Justificativa

A influência, tanto técnica quanto econômica, do projeto de edificações no produto final da construção é de extrema importância. Durante a elaboração do projeto ocorre a determinação e representação prévia do objeto a ser construído, especificamente, dos atributos funcionais,

INTRODUÇÃO

formais e técnicos dos elementos da edificação a construir, inclusive, de suas instalações prediais (ABNT, 1995a).

Porém, observa-se que o processo de projeto de edificações é de difícil gestão, pois milhares de decisões são tomadas com numerosas interdependências, em um ambiente altamente incerto (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999). Deste modo, escolhas devem ser feitas entre vários requisitos concorrentes durante o processo de projeto, muitas vezes com informações inadequadas, baixo orçamento e pressão de cronograma (FREIRE; ALARCÓN, 2002). Este problema é agravado pela natureza complexa da indústria da AEC, figurada pela existência de vários interesses conflitantes e processos de gestão fragmentados (HORSTMAN; WITTEVEEN, 2013). Esta natureza complexa tem sido constantemente apontada como a principal razão para a dificuldade em sustentar melhorias significativas nesta área (AOUAD et al., 1994; apud TZORTZOPOULOS, 2004).

São exemplos de problemas associados a fase de desenvolvimento de projetos identificados na literatura: má comunicação, a falta de documentação adequada, deficiência ou falta de informações de entrada, a alocação de recursos desequilibrado, a falta de coordenação entre as disciplinas, e tomada de decisão irregular (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1997; BALLARD; KOSKELA, 1998).

Estudos verificaram que a integração entre processos de projeto e processos de construção tornou-se um requisito para melhorar o desempenho da construção e consideraram que a produção enxuta tem o potencial para melhor integrar as atividades de projeto e construção (JØRGENSEN; EMMITT, 2009).

A adaptação dos princípios da produção enxuta em processos de construção gerou a construção enxuta (originalmente em inglês: *lean construction*) e em processos de projeto, o processo de projeto enxuto (originalmente em inglês: *lean design*). Este último trata de gerenciar a complexidade do processo de projeto com o objetivo de reduzir o desperdício e alavancar as atividades que agregam valor (RISCHMOLLER; ALARCÓN; KOSKELA, 2006).

Estudos demonstram ainda que o *Lean Design* incorpora novas formas de visualizar o processo de projeto e isso aumenta o entendimento e compreensão de como ele funciona (FREIRE; ALARCÓN, 2002). Isso se dá pela aplicação prática de três perspectivas no processo de projeto: conversão, o fluxo e a geração de valor (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999; KOSKELA, 2000).

Segundo Freire e Alarcón (2002), a perspectiva do processo de projeto como conversão é fundamental para descobrir quais tarefas são necessárias em uma empresa de projeto, enquanto que visualizar o processo de projeto como um fluxo de informações proporciona a redução de desperdícios, minimizando a quantidade de tempo processando informações. E ainda, no projeto a geração de valor enfatiza a obtenção dos requisitos do cliente.

Esta abordagem motiva a implementação de ferramentas para integrar estes aspectos de gerenciamento frequentemente negligenciados. Baseado nela é proposta uma metodologia de melhoria de processo que permite a detecção e análise destes aspectos gerenciais (FREIRE; ALARCÓN, 2002).

Freire e Alarcón (2002), por sua vez, implementaram com sucesso uma metodologia de melhoria baseada em *lean design* em empresas de engenharia. Com isso, conseguiram identificar e reduzir erros de projeto, tempo de espera no processo e, por fim, aumentar a produtividade da empresa. Além desta contribuição, não se identificou na revisão de literatura a realização de um trabalho que aplique uma metodologia de melhoria baseada em *lean design* em empresas de arquitetura. Dessa forma, visualiza-se a lacuna do conhecimento para a qual foi orientada a contribuição científica da pesquisa desenvolvida neste trabalho.

Esta lacuna do conhecimento justifica a importância teórica do trabalho, e enquanto que a visualização de oportunidades de melhoria em processos de projeto justifica a importância prática. Isso porque as equipes de projetos que atuam no mercado poderão visualizar nos resultados desta pesquisa: (1) os principais desperdícios nesses processos; (2) como estes se encontram estruturados; e (3) propostas de melhoria para seus processos.

Como a revisão de literatura não se ateve apenas a análise de trabalhos nacionais, as lacunas do conhecimento identificadas são baseadas na produção científica internacional dos temas abordados.

1.3 Problema e Questão de pesquisa

Entende-se que o problema para o qual se buscou contribuir foi evidenciado nas secções contextualização e justificativa. Trata-se do problema de falhas do processo de elaboração de projetos de edifícios que podem levar a uma série de problemas de incompatibilidades entre elementos construtivos e gerar reflexos negativos na qualidade do produto final.

INTRODUÇÃO

Diante deste problema, a questão de pesquisa que norteou o objetivo geral deste trabalho é: “Como melhorar o processo de elaboração de projetos de edifícios? ” Ao longo do desenvolvimento da investigação outras questões secundárias tiveram que ser respondidas para que a questão de pesquisa pudesse ser alcançada, são elas: “Como se encontra estruturado o processo de projeto de arquitetura? ” e “Quais os eventuais desperdícios do processo de projeto de arquitetura?”.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho, que responde à questão de pesquisa, é propor melhorias para o processo de projeto de arquitetura levando em consideração a perspectiva do *lean design*.

1.4.2 *Objetivos específicos*

Os objetivos específicos respondem às questões secundárias e somados contribuem para o alcance do objetivo geral, são eles:

- a) Investigar o processo de projeto de edifícios em empresas de arquitetura associado ao processo de projeto de edifícios;
- b) Construir a estrutura dos processos a partir de ferramentas baseadas em *lean design*;
- c) Identificar os principais desperdícios nos processos de projeto;

1.5 Delimitação do trabalho

O foco desta pesquisa é o processo de projeto de arquitetura, assunto central do trabalho. Como o projeto de uma edificação não se resume apenas ao projeto de arquitetura são observadas as interações do projeto de arquitetura com projetos de estrutura e instalações. A análise do problema se deu a partir de uma abordagem qualitativa por meio da realização de estudos de caso múltiplos. Dessa forma, não se utilizou lógica da amostragem comumente utilizada em pesquisas quantitativas. Este trabalho seguiu a lógica da replicação: foram selecionadas cinco empresas de forma a demonstrar resultados semelhantes, sem pretensões de generalização. O

limite da investigação é o fluxo dos processos de arquitetura de empreendimentos residenciais multifamiliares. O ponto de vista da pesquisa é o da empresa de arquitetura.

1.6 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos conforme descrito a seguir.

O capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, demonstrando o contexto onde está inserido, os motivos que justificam a pesquisa, o problema para o qual se busca encontrar uma solução, o objetivo que se pretende alcançar, os objetivos específicos que devem ser cumpridos para alcançar o objetivo geral, os limites da investigação e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura para os principais termos pesquisados. Para identificação de lacunas para as quais se pretende contribuir considera-se indispensável obter-se uma boa ideia do estado atual dos conhecimentos sobre os temas estudados.

O capítulo 3 descreve a metodologia científica na qual se baseiam os procedimentos realizados, o enquadramento epistemológico que norteia a geração de conhecimento, o delineamento da pesquisa que explica a lógica e descreve as etapas e o detalhamento do método de coleta de dados, análise dos dados e estratégia de pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta os resultados dos estudos de caso e revelando os achados da pesquisa e as evidências empíricas que serão usadas para sustentar as conclusões.

No capítulo 5 é realizada a análise cruzada de casos que se configura uma discussão dos resultados por meio de uma análise comparativa a fim de evidenciar replicações e são apontadas relações entre os fatos verificados e o referencial teórico

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho evidenciando as conquistas alcançadas e o que isso representa do ponto de vista teórico e prático. Neste capítulo final apresentam-se ainda as limitações da pesquisa, as proposições de trabalhos futuros de modo a progredir no campo do conhecimento e são realizadas considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados os principais tópicos de pesquisa investigados em que se baseia esta dissertação. Inicialmente são esclarecidos conceitos e definições relacionadas ao processo de projeto, para isso, é realizada uma revisão de literatura sobre a abordagem desse tema por diversos pesquisadores brasileiros ao longo de vinte anos. Na seção seguinte são apresentados conceitos de produção enxuta (*lean production*), construção enxuta (*lean construction*) e projeto enxuto (*lean design*), e ferramentas da produção enxuta, e ainda é realizada uma revisão sobre a interferência do *Lean design* no processo de projeto. Por fim é apresentada uma síntese da base conceitual da abordagem desta dissertação.

A revisão de literatura destacou os termos processo de projeto, *lean construction*, *lean design*, e *lean tools*. Foi realizado o levantamento de artigos nas seguintes bases de dados: a plataforma *Research Gate*; a plataforma *Science Direct*, Anais de congresso do Grupo Internacional de Construção Enxuta (IGLC) e Revista Ambiente Construído. Os trabalhos selecionados para o tema processo de projeto restringem-se à dissertações e teses e representam o histórico de desenvolvimento de pesquisa nacional neste tema.

2.1 O processo de projeto

Nesta sessão são esclarecidos conceitos relacionados ao processo de projetos e apresenta-se a revisão de literatura realizada para este tema.

2.1.1 Conceitos e definições

Reconhecem-se dois padrões básicos nas descrições de processo de projeto: o processo criativo e o processo gerencial, sendo que, o primeiro descreve uma sequência de tomada decisões de cada projetista; enquanto que o segundo divide o tempo total para a tomada de decisões em fases (MARKUS; ARCH, 1973; apud TZORTZOPOULOS, 1999).

O foco deste trabalho está no processo de projeto sob a perspectiva do processo gerencial, dessa forma, o recorte temático não inclui uma abordagem baseada na perspectiva do processo criativo. Analisam-se as relações entre participantes e suas interdependências no processo de projeto. A interconexão de atividades necessárias para o desenvolvimento de projeto de

REVISÃO DE LITERATURA

edifícios envolve ações combinadas entre pessoas, tecnologia, situações e decisões e estas ações combinadas tornam único e complexo o produto da construção (EMUZE; SAURIN, 2016).

Contribuindo para projetistas lidarem com esta complexidade a NBR 13.531 (ABNT, 1995a) fixou as atividades técnicas de projeto de arquitetura e de engenharia exigíveis para a construção de edificações. Ela estabelece etapas e discute a programação e o sequenciamento das atividades técnicas de projeto configurando-se como um modelo de referência de processo de projeto para profissionais tanto no ensino superior quanto no mercado. Esta norma completou vinte anos em vigor em 2015 e pode ser considerada uma das publicações seminais mais influentes na área de processos de projeto de arquitetura e de engenharia para construção de edificações.

No Quadro 1 a seguir apresentam-se alguns conceitos definidos na norma.

Conceitos	Definição
Elaboração de projeto	Determinação e representação prévias do objeto mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura e da engenharia.
Etapas das atividades técnicas do projeto de	Partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes
Informações do projeto	Informações do projeto devem registrar, quando couber, para a caracterização de cada produto ou objeto, os atributos funcionais, formais e técnicos considerados, contendo as seguintes exigências prescritivas e de desempenho

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995)

No anexo da NBR 13531 é apresentado um exemplo de fluxograma de processo de projeto que naquela data já apresentava características de práticas aprimoradas em processos de projetos que foram defendidas nos anos seguintes por muitos pesquisadores. Porém, como a norma apresentou o fluxograma apenas como exemplo e não discutiu seus elementos as práticas aprimoradas que estavam contidas ali não tiveram destaque.

De acordo com a ABNT (1995),

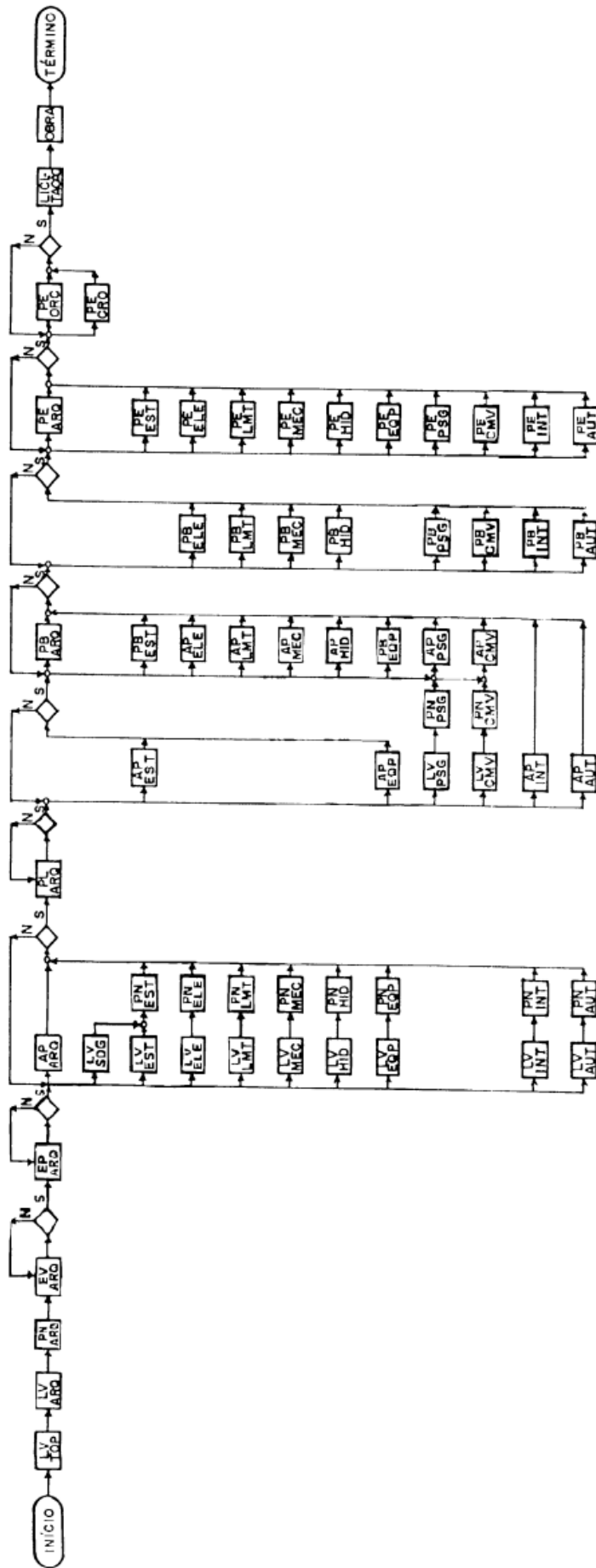
Este fluxograma representa, a título de exemplo, a sequência de atividades técnicas necessárias à elaboração de determinado projeto de edificação. A especificidade das condições construtivas, tecnológicas e econômicas de cada edificação e projeto irá impor a inclusão, exclusão, deslocamento, agrupamento ou desmembramento de etapas e/ou atividades técnicas do projeto (ABNT, 1995a).

De fato não existe um consenso em relação a estas subdivisões, nem em termos do número, nem em relação ao conteúdo das ações ou informações definidas (TZORTZOPOULOS, 1999).

Na figura 1 a seguir é possível observar que o exemplo da NBR 13531 propõe uma interação do estudo preliminar do projeto de arquitetura com os projetos de estrutura, elétrica, luminotécnico, mecânico, equipamentos, arquitetura de interiores e automação. Cada um desses projetistas interage realizando duas operações: o levantamento das informações de referência para os projetos e o programa de necessidades de seus projetos. Dessa forma, o projeto de arquitetura é capaz de seguir para a próxima etapa com os requisitos dos projetos que serão seus clientes internos.

Outro ponto interessante que pode ser observado é o desenvolvimento do anteprojeto de estrutura após a aprovação do projeto legal de arquitetura e de forma antecessora de outras disciplinas, por exemplo, elétrico, hidráulico, luminotécnico, mecânico.

Figura 1 – Exemplo de fluxograma para projeto de edificação



Legendas:	Atividades técnicas do projeto	Etapas do projeto:	
TOP	Topografia	LV	Levantamentos
SDG	Sondagem	PN	Programa de necessidades
ARC	Arquitetura	EV	Estudo de viabilidade
EST	Estrutura	EP	Estudo preliminar
ELE	Instalações elétricas	AP	Anteprojeto
LMT	Luminotécnica	PL	Projeto legal
MEC	Instalações mecânicas	PB	Projeto básico
HID	Instalações hidráulicas e sanitárias	PE	Projeto para execução

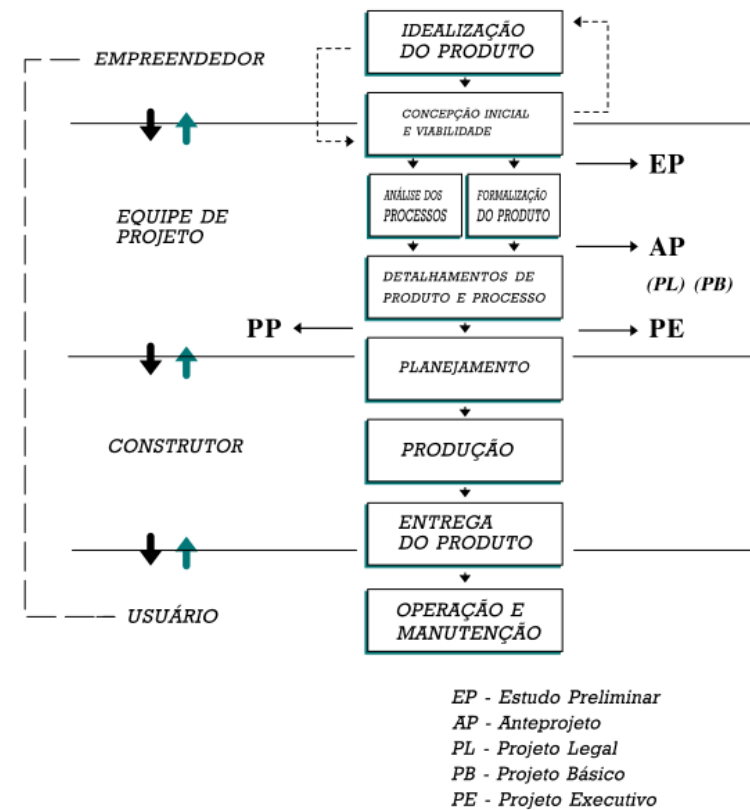
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995).

2.1.2 Estado da arte de pesquisas em processo de projeto

O tema processo de projeto foi estudado por diversos pesquisadores brasileiros ao longo dos anos. É possível compreender o estado da arte considerando o recorte temporal de um período de 20 anos e baseando-se em 30 trabalhos, entre eles teses, dissertações e artigos de periódicos. A partir dessa revisão de literatura lacunas passíveis de contribuição puderam ser identificadas. Os primeiros trabalhos foram realizados numa época em que aparentemente não haviam padrões ou roteiros de atividades ou um processo de projeto previamente desenhado (GUS, 1996; apud ROMANO, 2003). Estes trabalhos se concentraram em contribuir para a estruturação de documentação e definição de padrões e ferramentas gerenciais (GUS, 1996; apud TZORTZOPOULOS, 1999).

A figura 2 apresenta a proposta para o processo de desenvolvimento do projeto defendida por Melhado (1994) onde pode ser observado um sequenciamento de etapas e participantes. Porém observa-se um certo grau de generalidade do modelo, mas condizente com a contribuição que se demandava naquele período.

Figura 2 – Modelo de Fluxograma para projeto de projeto Melhado (1994).



Fonte: Melhado (1994).

REVISÃO DE LITERATURA

Naquele período havia entrado em vigor há apenas pouco tempo a NBR 13.531 (ABNT, 1995a). Esta fixou as atividades técnicas de projeto de arquitetura e de engenharia exigíveis para a construção de edificações e a NBR 13.532 (ABNT, 1995b) que fixou as condições exigíveis para a elaboração de projetos de arquitetura para a construção de edificações.

Com o objetivo de contribuir para a melhoria dos processos de projeto estudaram-se diretrizes para modelos de processos à luz da produção enxuta e da gestão da qualidade (TZORTZOPOULOS, 1999). Considera-se este um importante trabalho seminal, um trabalho de que outros trabalhos vêm. Trata-se de uma pesquisa de vanguarda, uma referência para outros trabalhos que foram realizados nos anos seguintes.

A figura 3 a seguir demonstra o fluxo de trabalho defendido no trabalho de Tzortzopoulos (1999) onde podem ser observadas as etapas, o sequenciamento e o envolvimento das partes interessadas, denominadas naquele trabalho de intervenientes. É possível observar também que existe na etapa de estudo preliminar a atuação como consultor dos seguintes intervenientes: gerente de produção, projetistas de estrutura, de instalações elétricas, de instalações hidráulicas, e outros. Considera-se este envolvimento precoce dos projetos de engenharia uma evidencia de práticas aprimoradas em processos de projetos, pois considerar os requisitos destes projetistas contribui para que a etapa seguinte produza um projeto mais assertivo e com menos retrabalho. Quando comparado com o exemplo de fluxo da NBR 13531 (ABNT, 1995a) é possível verificar um avanço, pois o modelo de Tzortzopoulos (1999) propõem um envolvimento ainda mais precoce que o anterior.

Figura 3 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto Tzortzopoulos (1999).

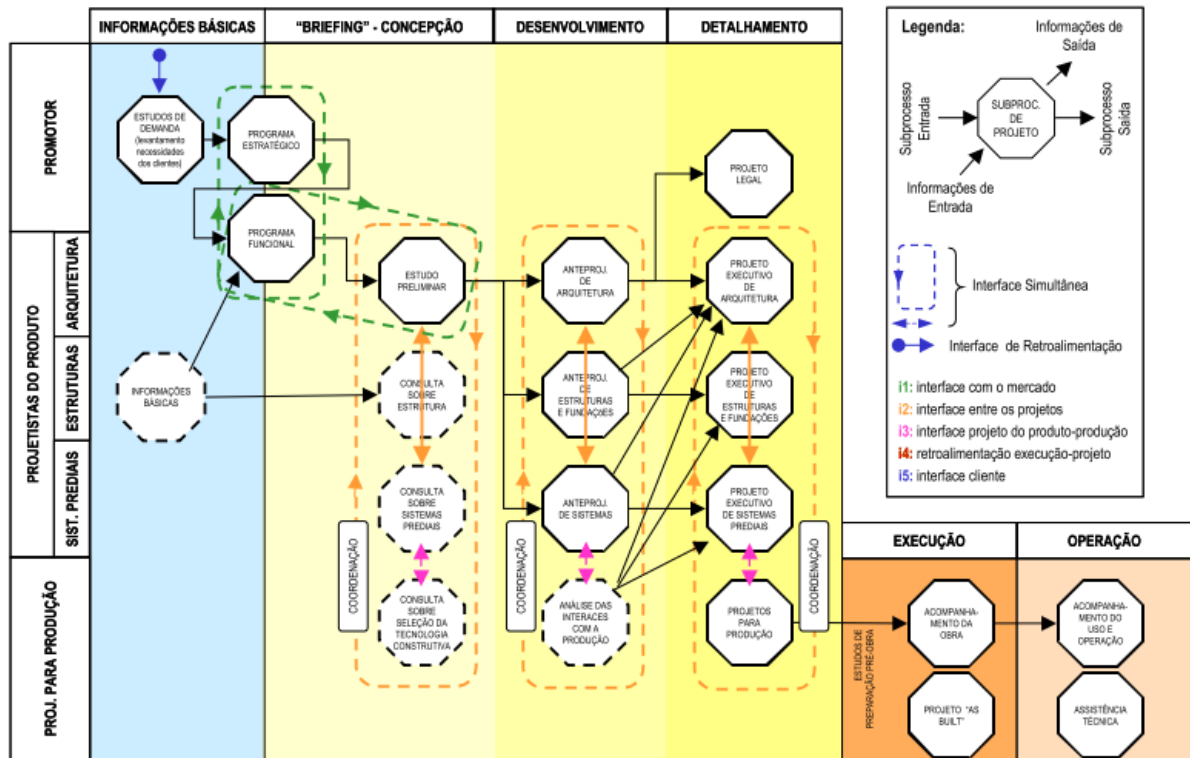


Fonte: Tzortzopoulos (1999).

Muitos autores contribuíram e propuseram modelos de processo de projeto (FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003; RODRÍGUEZ, 2005; CAMBIAGHI; AMÁ, 2006; MANZIONE, 2013; PEREIRA, 2014) os quais é interessante analisar e verificar suas etapas, seu sequenciamento e sua evolução.

Fabricio (2002) desenvolve sua tese destacando o conceito de projeto simultâneo como uma adaptação da engenharia simultânea em processos de projeto. A figura 4 apresenta o modelo genérico para organização do processo de projeto defendido em seu trabalho. Destaca-se a simultaneidade dos projetos de arquitetura com estrutura e instalações prediais. Já na etapa de concepção ocorre uma consulta sobre sistemas de estrutura, sistemas de instalações prediais e sobre a seleção da tecnologia construtiva. Esse arranjo de interações que também pode ser observado no trabalho de Tzortzopoulos (1999) configura-se com a solução do fluxo de trabalho para viabilizar o projeto simultâneo.

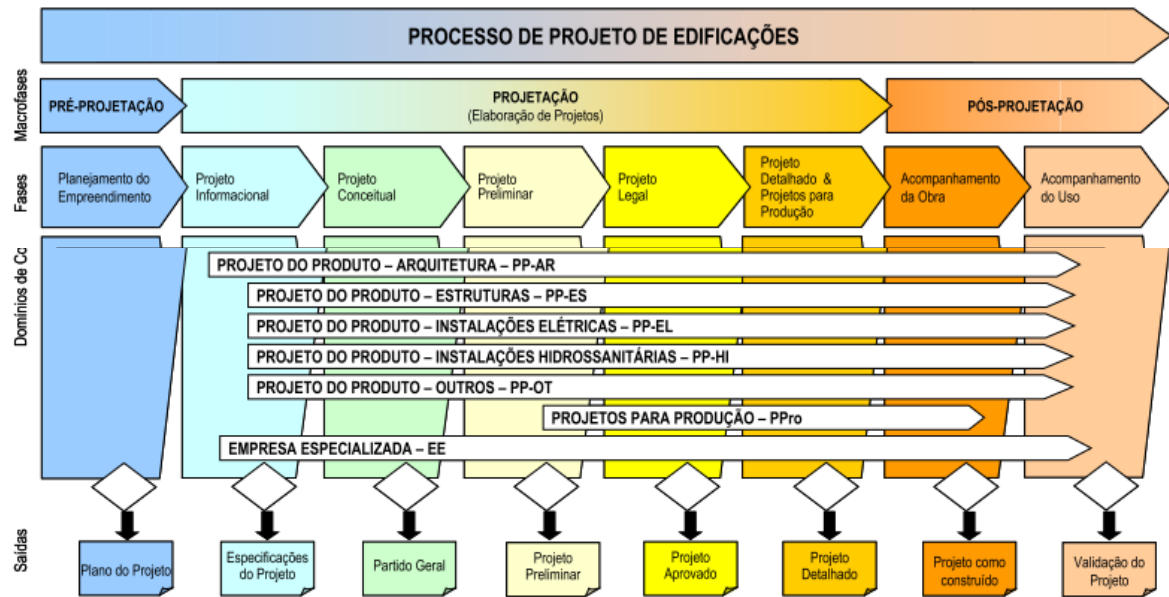
Figura 4 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Fabricio (2002).



Fonte: Fabricio (2002).

Romano (2003) defende um modelo de processo de projeto com referência nos modelos anteriores, caracterizado pela simultaneidade dos projetos de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias já na primeira etapa de projeto. Porém com fases adicionais que somam oito ao todo e que são: planejamento do empreendimento, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, projeto legal, projeto detalhado, acompanhamento da obra e acompanha neto do uso.

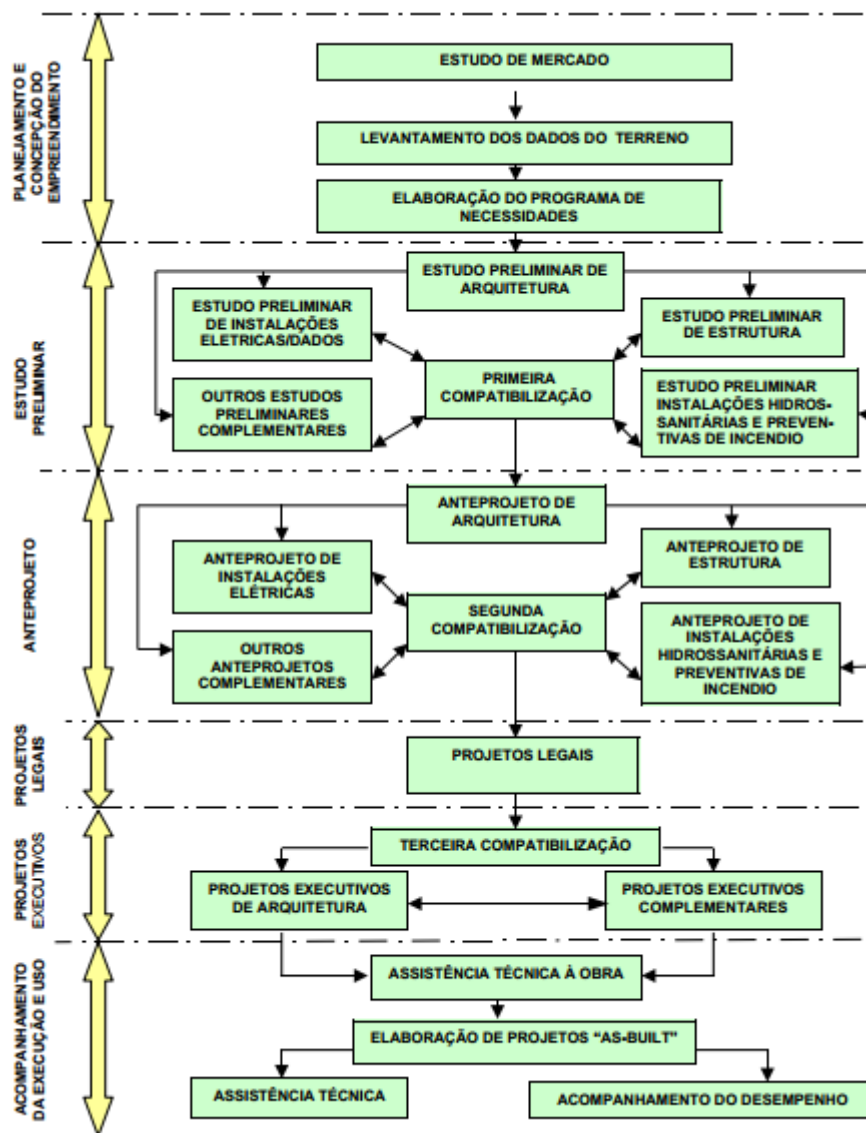
Figura 5 – Representação gráfica das fases do processo de projeto de Romano (2003).



Fonte: Romano (2003) adaptado pelo autor.

A figura 6 demonstra o fluxo de trabalho proposto no trabalho de Rodríguez (2005), considerado pelo autor como referência, pois cada projeto tem características particulares que podem determinar fluxogramas diferenciados. Neste modelo elaborado dez anos depois NBR 13531 (ABNT, 1995a) ser publicada é possível observar o envolvimento precoce na fase de estudo preliminar dos projetos de estrutura, instalações elétricas/dados, instalações hidrossanitárias e combate a incêndio. É defendido ainda uma atividade de compatibilização que ocorre já na etapa estudo preliminar e se repete em anteprojeto e projeto executivo. No trabalho de Tzortzopoulos (1999) a compatibilização foi considerada uma atividade intrínseca do projeto, sendo parte de seu desenvolvimento e não uma atividade extra como destaca o modelo de Rodríguez (2005).

Figura 6 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Rodríguez (2005).



Fonte: Rodríguez (2005).

A figura 7 demonstra as etapas e o sequenciamento propostos por Cambiaghi e Amá (2006). Observa-se que novas nomenclaturas foram inseridas a fim de diferenciar o nome da etapa das saídas de cada uma delas, são elas: concepção do produto, definição do produto, identificação e solução de interfaces, detalhamento das especialidades, pós-entrega do projeto e pós entrega da obra.

Figura 7 – Modelo de processo de projeto de Cambiaghi e Amá (2006).



Fonte: Desenhado pelo autor baseado em Cambiaghi e Amá (2006).

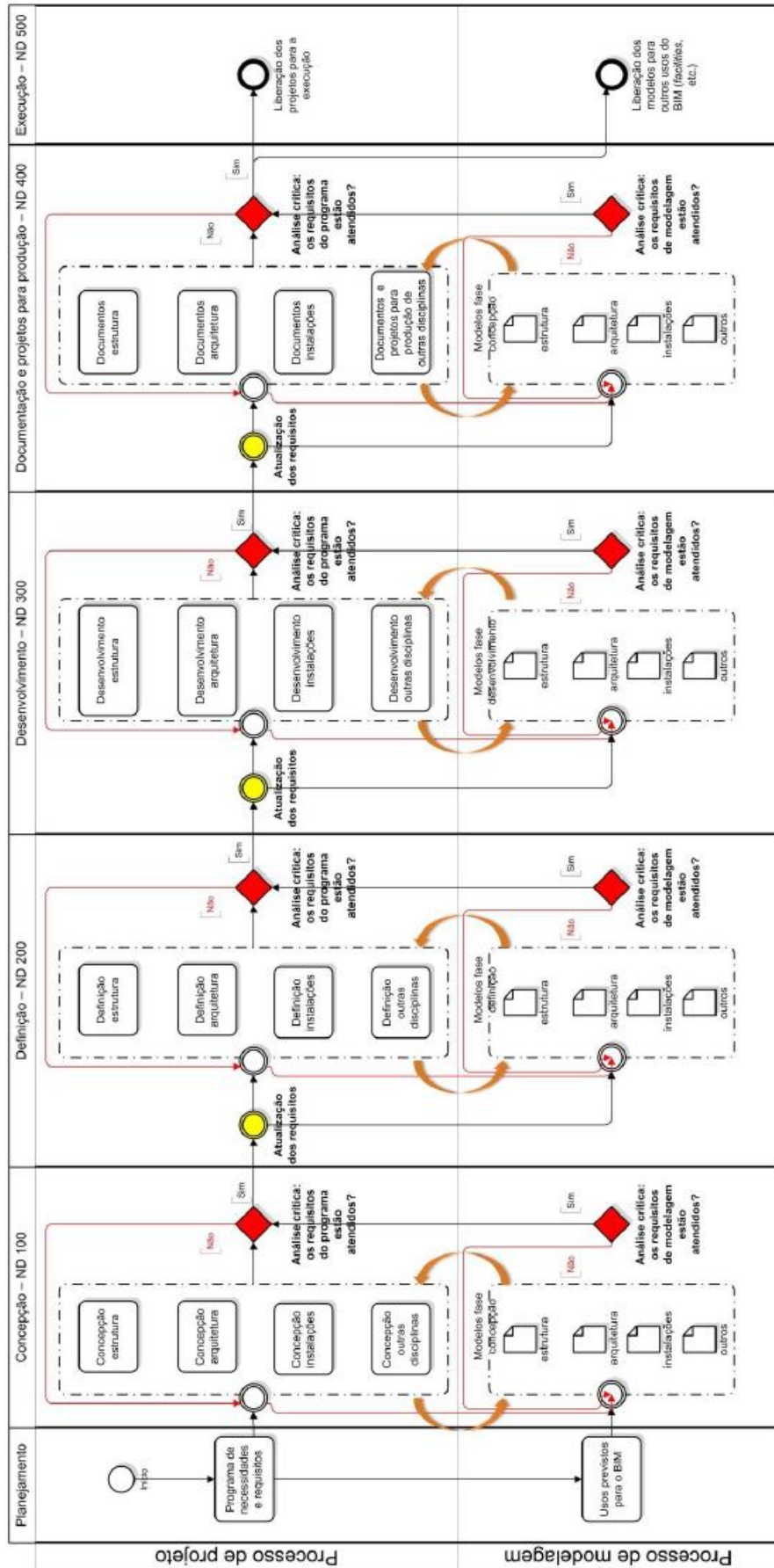
REVISÃO DE LITERATURA

A figura 8 demonstra a proposição de um fluxo de processos de projeto colaborativo com o uso do BIM (MANZIONE, 2013). Neste fluxo pode-se observar como as etapas estão denominadas: (1) planejamento, (2) concepção, (3) definição, (4) desenvolvimento, (5) documentação e (6) execução. Apresenta-se aqui de forma original uma etapa nova (planejamento) predecessora as etapas que ocorriam em outros modelos de processo. As etapas concepção e definição possuem equivalência com a denominação proposta em trabalho anterior (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006). Verifica-se que cada etapa possui uma operação denominada análise crítica, que pode ser entendida como uma compatibilização citada em pesquisas anteriores (RODRÍGUEZ, 2005). A fase de desenvolvimento, por sua vez, pode ser compreendida como a fase de solução de interfaces proposta por Cambiaghi e Amá (2006).

Observou-se a proposição do envolvimento precoce dos projetos de engenharia na fase de concepção, que por sua vez pode ser compreendida como a fase de estudo preliminar em outros modelos (TZORTZOPOULOS, 1999; RODRÍGUEZ, 2005). Alinhado com o trabalho de Rodríguez (2005), Manzione (2013) propõe que a compatibilização seja realizada pelo coordenador de projetos. Isto diverge do modelo proposto no trabalho de Tzortzopoulos (1999), que considera essa atribuição dos projetistas.

Este macro fluxo proposto por Manzione (2013) aparentemente considera a ocorrência de dois processos em paralelo: o processo de projeto e o processo de modelagem. Porém a partir da análise dos fluxos de cada etapa é possível concluir que na verdade a modelagem ocorre não em paralelo, mas é realizada durante a elaboração do projeto de cada projetista.

Figura 8 – Modelo de fluxograma para projeto de Manzione (2013).

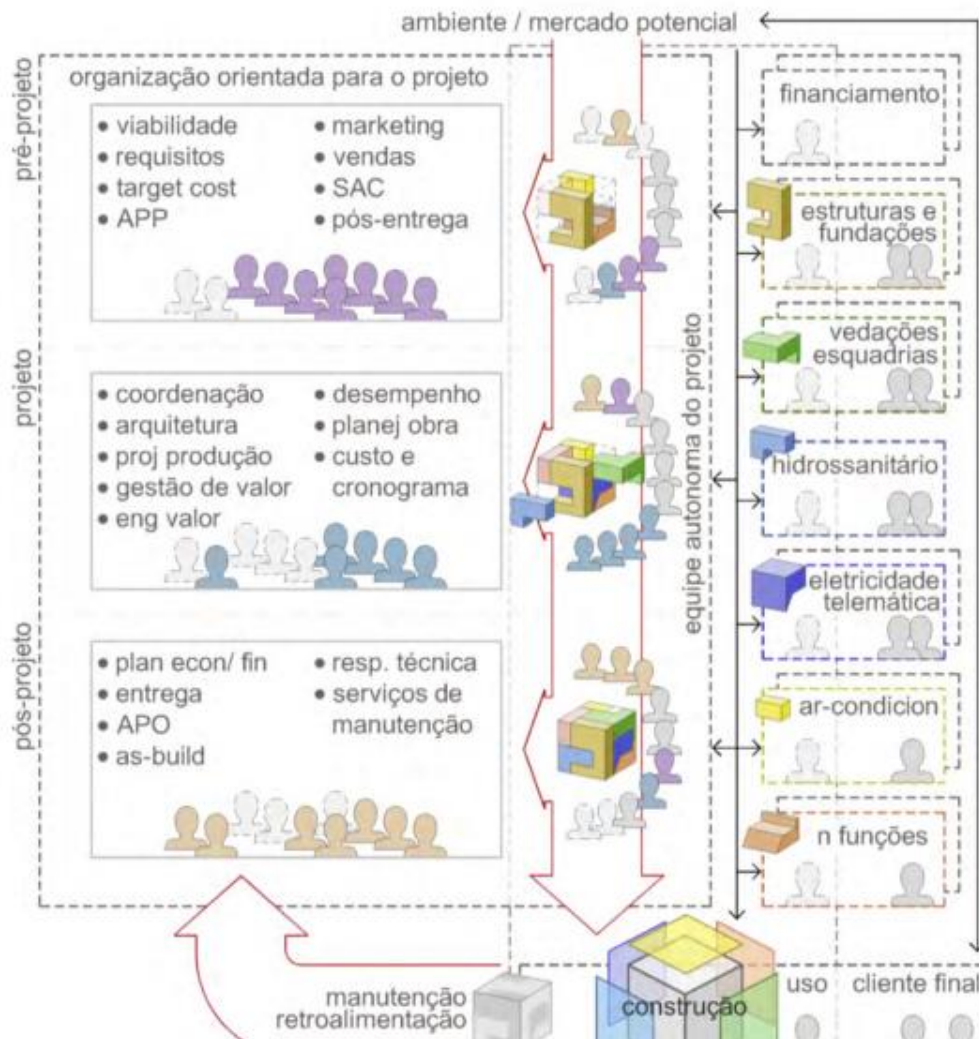


Fonte: Manzione (2013).

REVISÃO DE LITERATURA

Apesar de não propor um modelo de processo de projeto Pereira (2014) propõe um arranjo organizacional que busca contribuir para a referida interação entre projetistas que atende condições teóricas e constatações empíricas (figura 9). Este trabalho, juntamente com o trabalho de Lins (2013) dão destaque para a integração do processo de projeto que tem sido considerada como uma inovação em gerenciamento de processos e possui evidências de sua importância sendo defendidas nos primeiros modelos propostos por autores brasileiros.

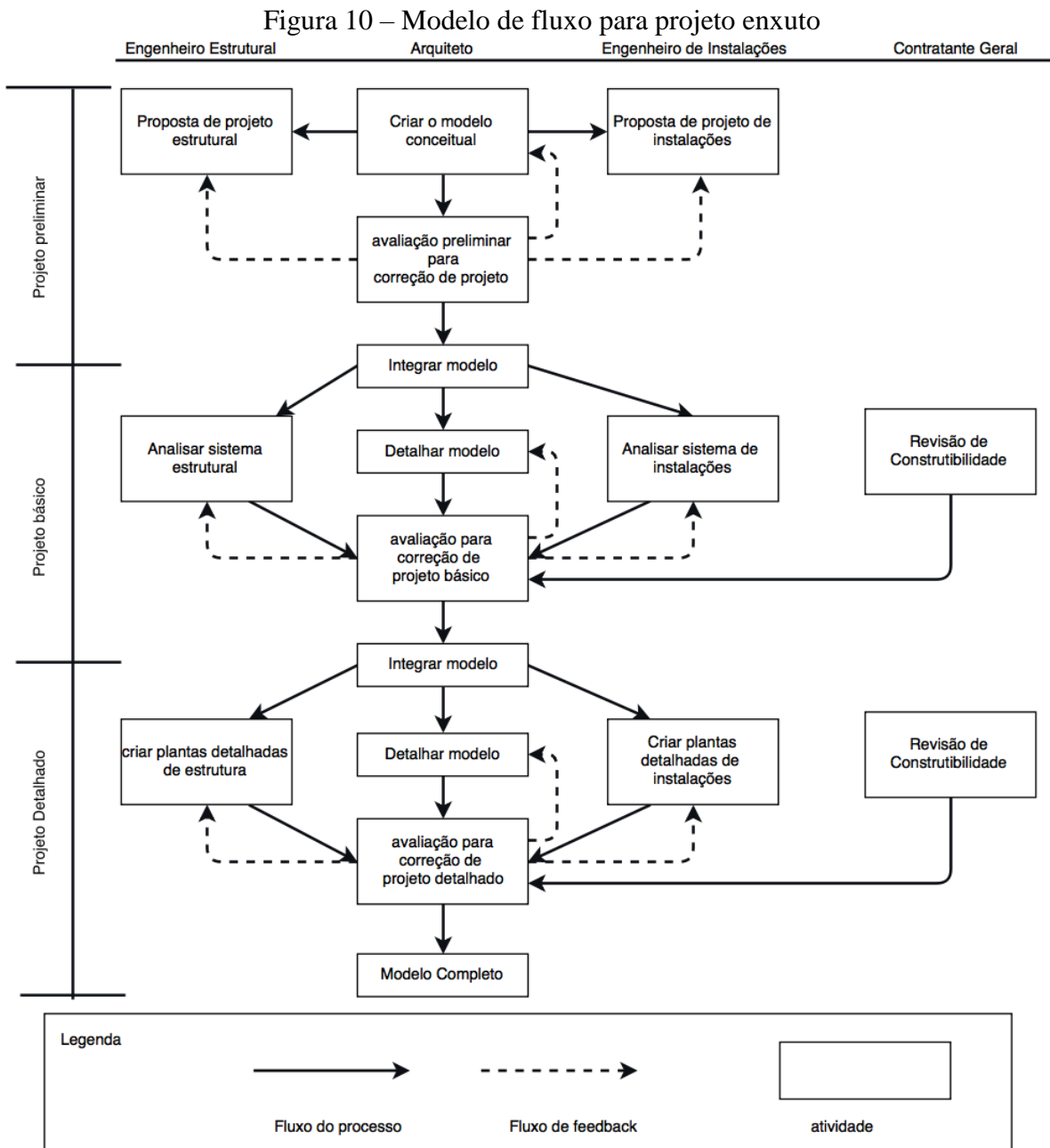
Figura 9 – Modelo de fluxograma para projeto de projeto de Pereira (2014)



Fonte: Pereira (2014).

Com o objetivo de tornar o processo enxuto Ko e Chung (2014) analisaram os processos de planejamento e projeto o que permitiu a identificação de desperdícios. Como apresentado na

figura 10 foi proposto um novo fluxo a partir a utilização de conceitos da produção enxuta¹ para melhorar o fluxo de trabalho, reduzir erros, aumentar a confiabilidade do projeto na medida que os membros das equipes de projeto recebem feedback sobre cada etapa de projeto realizada o que permite a melhoria contínua (KO; CHUNG, 2014).



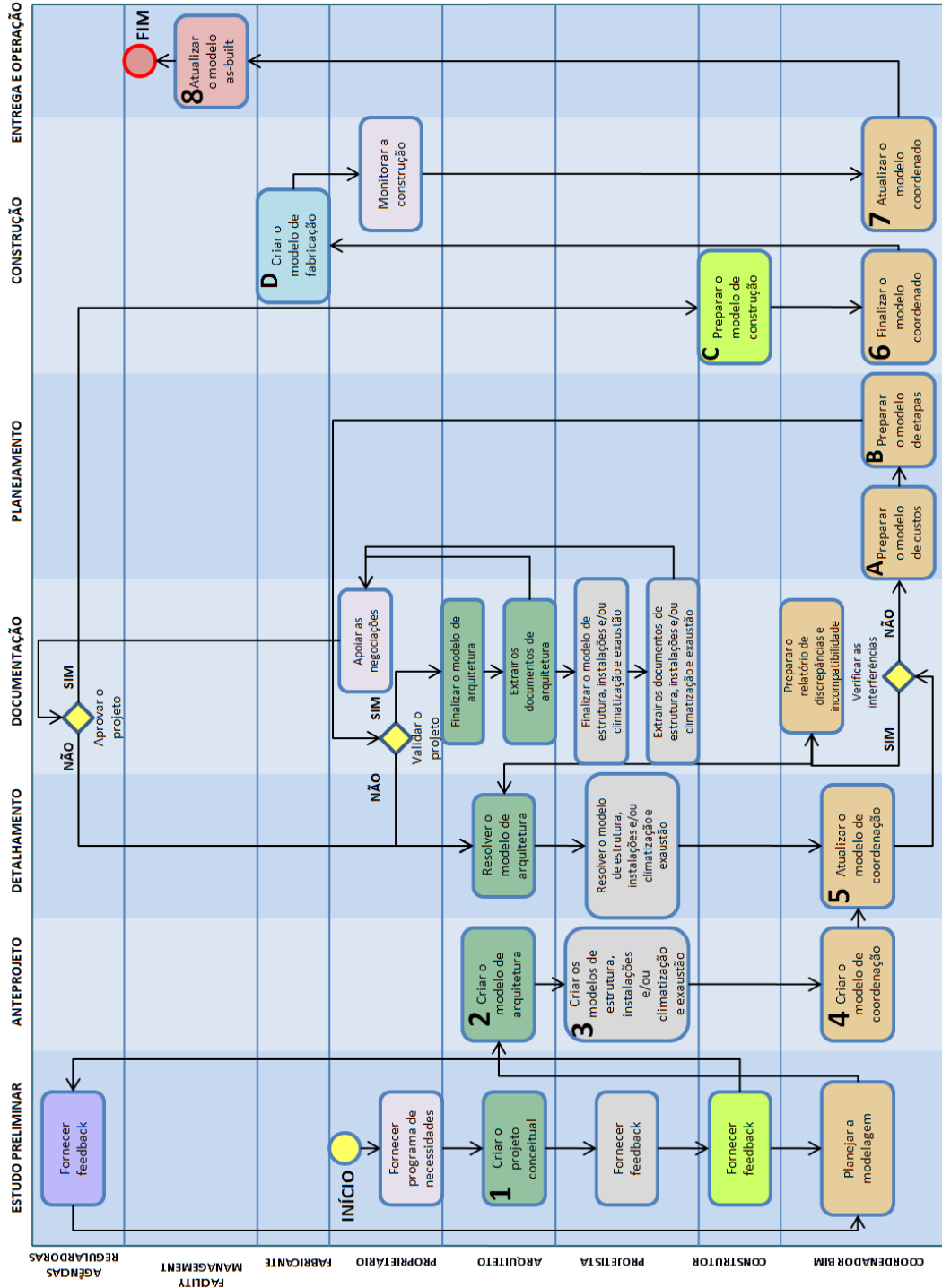
Fonte: Elaborado pelo autor baseado em (Ko e Chung (2014))

¹ Conceitos da produção enxuta serão detalhados no item 2.2 da Revisão de Literatura.

REVISÃO DE LITERATURA

Barison e Santos (2016) propõem um fluxo de trabalho por meio de um mapa de processo de projeto. Observa-se que o referido fluxo de trabalho (figura 11) é desempenhado durante o desenvolvimento das atividades que constituem o processo de projeto. É possível ainda visualizar a participação precoce dos demais projetistas na etapa de estudo preliminar.

Figura 11 – Diagrama de um fluxo de trabalho BIM.



Fonte: Barison e Santos (2016).

Muitos autores buscaram contribuir em processos de projeto por meio da gestão da qualidade (CASTELLS, 2001; MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003; BERTEZINI, 2006; MANSO; MITIDIERI FILHO, 2007; BRAGA, 2011; PEREIRA, 2014). Outros realizaram trabalhos que focaram na contribuição do pensamento enxuto para o processo de projeto (MOURA, 2005; RODRÍGUEZ, 2005; MACHADO, 2006; BISIO, 2011; LEITE, 2014; IOPPI, 2015).

Por meio desta revisão de literatura identificou-se o primeiro trabalho em processo de projeto que estudou a interferência da tecnologia, do projeto digital e da terceira dimensão em Freitas (2000), uma perspectiva que é bastante relevante atualmente, apesar de ser baseada em uma nova tecnologia diferente daquela do ano 2000.

Observou-se ainda os primeiros trabalhos que estudaram processos de projetos simultâneos (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; PEREIRA, 2003). Considera-se estes trabalhos como seminais pois inseriram o conceito da engenharia simultânea no processo de projeto brasileiro e influenciaram trabalhos até 2006 (MOURA, 2005; MACHADO, 2006; MANZIONE, 2006). Em seguida, como uma evolução conceitual, passou a emergir um novo termo nos últimos 7 anos: o processo de projeto integrado (FIGUEIREDO, 2009; BOTTEGA, 2012; LINS, 2013; SANTOS, 2014; VEIGA; ANDERY, 2014; IOPPI, 2015). Este conceito, apesar da relevância e de ter ganhado destaque no ambiente acadêmico com a produção de vários trabalhos nos últimos anos é algo que a prática projetual e o mercado de projetos carece de evolução e amadurecimento.

Verificou-se ainda outro trabalho seminal que levou a discussão do processo de projeto para um patamar de perspectivas mais amplas na qual ele está contido: o processo de desenvolvimento do produto em empresas de construção (TZORTZOPOULOS, 2004). A partir daí outros pesquisadores focaram suas análises em contribuições para o gerenciamento em processo de desenvolvimento do produto (MOURA, 2005; BERTEZINI, 2006; MACHADO, 2006; SAMPAIO, 2010; LEITE, 2014). Neste recorte temático são estudadas as relações entre etapas que vão além daquelas do processo de projeto.

Considera-se inovador um trabalho que focou a etapa de compatibilização e deu destaque para a construtibilidade (RODRÍGUEZ, 2005). Este conceito é pouco abordado nas universidades apesar da relevância. Novamente a etapa compatibilização foi destacada e associada a necessidade de competências de gerenciamento e rastreabilidade de informações

REVISÃO DE LITERATURA

(GUIMARÃES; AMORIM, 2006). Neste trabalho os autores defendem a rastreabilidade de informações como sendo a causa maior de perda de produtividade e de valor agregado nos escritórios de projeto.

Observou-se ainda o primeiro trabalho que buscou identificar os problemas que os profissionais enfrentam durante o processo de projeto (FLORIO, 2011). O diferencial está no fato de não abordar problemas de projeto, tais como erros, divergência de informações ou falta de compatibilização. Neste caso a abordagem de problema foca nos profissionais e problemas que enfrentam ao desenvolverem os projetos, dos quais podemos citar: dificuldade de libertarem-se de ideias fixas; dificuldade de testar alternativas de um novo ponto de vista; dificuldade em julgar e avaliar comparativamente as ideias produzidas. Ou seja, o foco é no profissional e não no projeto.

Entre tantos trabalhos que propuseram modelos de processo de projeto observa-se a relevância de uma iniciativa promovida pela AsBEA que apesar de focar no escopo de contratação do arquiteto acaba por propor fases que se configuram como uma base de um modelo de processo de projeto de arquitetura (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006). Na NBR 13.532/2005 as etapas são denominadas pelos mesmos nomes dos seus produtos finais, por exemplo: estudo preliminar; anteprojeto de arquitetura; projeto legal; projeto para execução. Observa-se que esta terminologia é a mais aceita e usada no meio profissional. Já o Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo foca na distinção entre atividades, dados necessários e produtos gerados, dessa forma, adota a distinção entre o nome da fase e o produto gerado.

Em síntese observou-se que os trabalhos trabalharam a associação de processo de projeto com a modelagem do processo (19 trabalhos), gestão da qualidade (8 trabalhos), processo de desenvolvimento do produto (7 trabalhos), projeto simultâneo ou integrado (12 trabalhos) e pensamento enxuto (8 trabalhos).

Observa-se o avanço da modelagem do processo e os escritórios já internalizaram e possuem seus processos estruturados. A gestão da qualidade no contexto do processo de projeto, apesar da relevância, perdeu destaque nos últimos. Os estudos de processo de desenvolvimento de produto evidenciam a necessidade de uma análise do processo de projeto sob uma perspectiva mais ampla. Isso é reforçado pela quantidade de trabalhos que abordaram o projeto simultâneo e a integração de projeto, isso porque, a melhoria do processo de projeto depende da compreensão e melhoria da integração de cada processo necessário para o desenvolvimento do produto de construção.

Nesse contexto o pensamento enxuto se apresenta como uma grande potencialidade de contribuir com sua metodologia de diagnóstico e melhoria de processos. Reside aqui a lacuna de conhecimento para qual se pretende contribuir. Isso porque a produção acadêmica em processo de projeto associado ao pensamento enxuto, apesar de ter ganhado força nos últimos 5 anos, teve intervalos sem produção (de 2000 a 2004 e de 2007 a 2010). Além disso, a metodologia e as ferramentas de diagnóstico e melhoria promovidas pela construção enxuta não foram plenamente experimentadas, utilizadas e adaptadas para o contexto do processo de projeto. Já foi demonstrado por um grande número de trabalhos práticos e estudos de caso acadêmicos que essas ferramentas podem ajudar a construção dado a contribuição para o processo produtivo na indústria. Supõem-se que essas ferramentas podem ajudar no processo de projeto dado a contribuição na construção.

2.2 Produção enxuta em projetos e construção

2.2.1 Conceitos e definições

A produção enxuta desenvolvida a partir do Sistema Toyota de Produção foi adaptada para construção por Koskela em 1992 dando origem a construção enxuta, sendo termo originalmente em inglês *lean construction*. Para construção enxuta cada processo de produção passa a ser entendido como um conjunto de atividades de transporte, espera, processamento e inspeção.

A introdução de conceitos da produção enxuta no setor da construção foca em aliviar problemas de projeto e construção e em propagar a eficiência de decisões e ações (EMUZE; SAURIN, 2016). Muitas definições e aplicações são orientados para criar valor e eliminar desperdícios, dessa forma, aparentemente esses são os objetivos centrais das ações da construção enxuta (EMUZE; SAURIN, 2016).

A introdução de princípios de produção enxuta para o processo de projeto produziu o projeto enxuto, ou originalmente em inglês *lean design*, um paradigma pelo qual o processo de projeto pode ser feito mais eficientemente e alcançando resultados de melhor qualidade (TILLEY, 2005). *Lean Design* promove pontos de vista diferentes para modelar, analisar e compreender o processo de projeto que, sob este paradigma, é considerado como um grupo de três modelos distintos: a conversão, fluxo e geração de valor (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999; FREIRE; ALARCÓN, 2002).

REVISÃO DE LITERATURA

Visualizar o projeto apenas como um modelo de conversão é a perspectiva tradicional na qual ele é dividido em sub processos e cada um deles é realizado por um especialista que transforma as suas percepções sobre os requisitos do cliente em decisões de projeto (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999; TZORTZOPOULOS et al., 2005).

O *lean design* permite que o processo seja visto de outra perspectiva, não só como um modelo tradicionalmente de conversão, mas sim como um modelo de fluxo e valor, o que permite descobrir e analisar aspectos comumente desconsiderados (FREIRE; ALARCÓN, 2000).

Na visão de projeto como fluxo, a ideia básica é eliminar o desperdício, como retrabalho desnecessário e reduzir o tempo de espera para obter informações. Enquanto que na visão de projeto como geração de valor, o objetivo é conseguir o melhor valor possível a partir da perspectiva do cliente. (TZORTZOPOULOS et al., 2005)

O quadro 2 apresenta uma visão geral de oito tipos de desperdícios considerados pela produção enxuta e que podem ser encontrados em processos de projeto e construção.

Quadro 2 – Desperdícios da produção enxuta

N.	Desperdício	Análise
1.	Processamento sem valor agregado	Esforço realizado durante os processos da linha de produção que não agrega valor do ponto de vista do cliente
2.	Excesso de movimento	Movimento de pessoas que não agregam valor
3.	Estoque	Mais materiais, peças ou produtos disponíveis do que o cliente necessita no momento
4.	Espera	Tempo ocioso pelo fato de materiais, pessoas, equipamentos ou informações não estarem prontos
5	Superprodução	Produzir mais do que cliente necessita no momento
6	Transporte	Movimento do produto que não agrega valor
7	Defeitos	Trabalho que contém erros, insumo necessário.
8	Improvisação (<i>Making-do</i>)	Situação onde uma tarefa é iniciada sem todas as entradas ² padrão necessárias. Ou quando uma tarefa é continuada apesar de que uma das entradas padrão tenha sua disponibilidade cessada.

Fonte: Adaptado de Koskela, 2004; Shingo, 1996 apud Lima et al., 2016

² O termo entrada refere-se a todo tipo de entrada necessária para realização de uma atividade, podem ser materiais, máquinas, ferramentas, condições climáticas, instruções, pessoal (KOSKELA, 2004)

REVISÃO DE LITERATURA

Vários autores forneceram listas dos princípios da produção enxuta que devem ser considerados pelos profissionais comprometidos em realizar suas atividades de gerenciamento de forma mais eficiente e assertiva. O quadro 3 a seguir apresenta uma lista que foi compilada para a análise da aplicação desses princípios especificamente em gerenciamento de processos de projetos (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999).

Quadro 3 – Princípios da produção enxuta em gerenciamento de projetos

Nº	Princípios da produção enxuta	Tarefa
1	Reduzir a quota de atividades de não adição de valor	Recolher de antemão informações de entrada para processos; Identificar pontos no processo com forte interação entre projetistas
2	Aumentar a produção de valor por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente	Identificar requisitos de clientes por meio de coleta de dados, análise e feedback.
3	Reduzir a variabilidade do processo	Definição do processo, incluindo as atividades que devem ser executadas, as suas relações de precedência, papéis e responsabilidades e fluxo de informações principal
4	Reduzir tempos de ciclo	Forçar a definição de ciclos dentro do processo, tais como conjuntos de tarefas de projeto, feedback de clientes, feedback de produção e avaliações do projeto
5	Simplificar e minimizar o número de passos, peças e as ligações do processo	Detalhar entradas, sub tarefas e produtos das tarefas de projeto a fim de agrupa-las em grupos maiores de atividades de projeto
6	Aumentar a flexibilidade do produto	Definir e planejar as atividades em que o cliente pode enviar pedidos de alterações de projeto.
7	Aumentar a transparência do processo	Criar representação explícita e relativamente simples do processo de projeto
8	Foco no processo completo	Definir estágios de aprovação apoiados por listas de verificação e indicadores de desempenho.
9	Instituir a melhoria contínua no processo	Forma deliberada, institucionalizada e sistemática de melhoria que vai além da mera aprendizagem.
10	Melhoria no balanceamento do fluxo por meio da melhoria da conversão	Integrar o gerenciamento da conversão com o gerenciamento do fluxo.
11	Benchmarking	Realizar avaliação comparativa tanto interna quanto externa.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Tzortzopoulos e Formoso, 1999.

2.2.2 Ferramentas da Produção enxuta

As ferramentas *Lean* são desenvolvidas e aplicadas com sucesso na indústria da construção em todo o mundo. Tais ferramentas quando aplicadas podem gerar benefícios na medida que melhoram a organização empresarial, o desempenho, e a competitividade (O’CONNOR; SWAIN, 2013).

Para maximizar os ganhos possíveis em um projeto de construção, o *Lean* deve ser aplicado por todas as partes interessadas e em todas as fases, aspectos e atividades de ponta a ponta do ciclo de vida do projeto (O’CONNOR; SWAIN, 2013). As ferramentas podem ser agrupadas em dois tipos: de diagnóstico e de melhoria.

Quadro 4 – Ferramentas da construção enxuta

Para Diagnóstico		Para Melhoria	
1	Vá ver	1	Hoshin kanri
2	MFV - atual	2	MFV - futuro
3	Análise dos 8 desperdícios	3	Teoria das restrições
4	Análise de restrições	4	Projeto de processos
5	Benchmarking	5	Planejamento dos marcos de entrega
6	Ferramentas da qualidade	6	Gestão de valor
7	Amostragem de atividade	7	Análise do efeito de modo falha
8	Análise de perda de produção	8	Padronização de projeto
9	Análise de um dia na vida	9	Colaboração
10	Diagrama Swim lane	10	PDCA
11	“Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”	11	Gestão visual
		12	Padronização de operações
		13	Plano para proteger
		14	5S
		15	Projeto para fabricação e montagem
		16	Organização no local de trabalho
		17	Resolução de problemas estruturada
		18	Linha de balanço

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em O’Connor e Swain (2013).

As ferramentas de diagnóstico são compatíveis com a atividade de descrever e por isso foram adotadas neste trabalho como metodologia de coleta de dados, das quais destaca-se: “Vá ver”, mapeamento do fluxo de valor, Diagrama Swim lane, quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”, análise dos oito desperdícios, uso das sete ferramentas da qualidade, análise de restrições e benchmarking de qualidade.

2.2.2.1 Quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”

O quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”, originalmente em inglês *Supplier, input, process, output, customer (SIPOC) map*, permite a descrição de cada processo, sua sequência, suas entradas e saídas, seus fornecedores e clientes. Fornece por meio de um quadro a estruturação dos elementos constituintes de um processo, sintetizando a descrição e facilitando a compreensão. É um processo de caracterização mais detalhado para ajudar a projetar um processo centrado no cliente (O’CONNOR; SWAIN, 2013).

Observou-se na revisão de literatura a utilização de uma versão diferente que destacava entrada-processo-saída descrevendo em mais detalhes as atividades representadas nos fluxogramas, explicitando as entradas e saídas para cada um deles (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999).

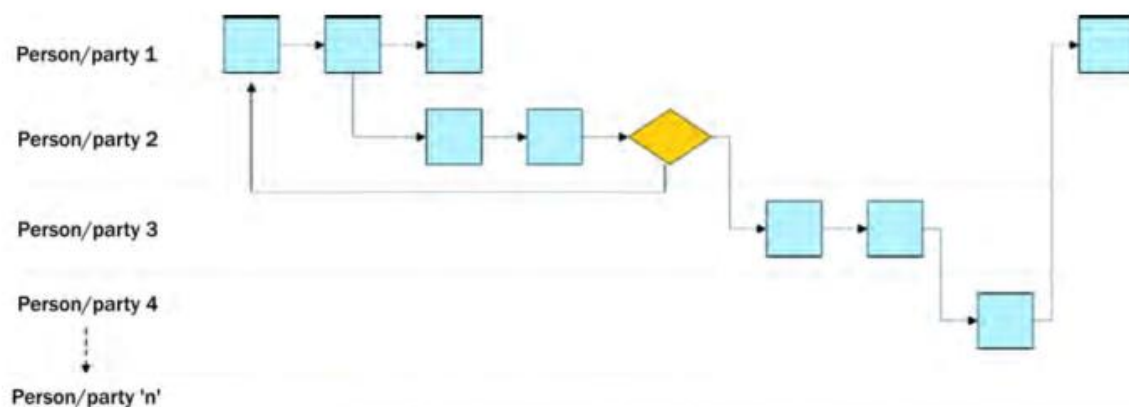
Quadro 5 – Exemplo de Quadro “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente”

Fornecedor	Entrada	Processo	Saída	Cliente
Registrar quem são os fornecedores	Registrar as informações ou documentos necessários para iniciar o processo	Indicar o processo	Registrar os resultados do processo	Registrar os clientes (possivelmente clientes internos) desse processo

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de O’Connor e Swain (2013).

2.2.2.2 Diagrama Swim lane

A aplicação do Diagrama *Swim lane* possibilita através de caixas representar os processos, por meio de diamantes pontos de decisão são representados, enquanto que setas são utilizadas para mostrar como funciona o fluxo de informações (Figura 13). Além disso, possibilita a visualização das trocas entre participantes situados a esquerda da figura.

Figura 12 – Exemplo de Diagrama *Swim lane*.

Fonte: O'Connor e Swain (2013).

2.2.2.3 Benchmarking

Benchmarking objetiva avaliar comparativamente para o estabelecimento de um exemplo de qualidade no local de trabalho, que seja um exemplo claro, inequívoco e real (O'CONNOR; SWAIN, 2013). É um método de melhoria organizacional sistemático de comparação objetiva de processos e produtos, internamente e entre empresas para estimular a melhoria (MAROSSZEKY; KARIM, 1997).

A empresa Xerox citada por Alarcón e Serpell (1996) definiu benchmarking como um processo contínuo de comparação de produtos, serviços e práticas com os melhores concorrentes ou com os líderes da indústria. Enquanto que a empresa AT& T definiu benchmarking como,

Um processo em que as empresas estão focadas para estudar as principais áreas de melhoria em suas operações, identificar e estudar as melhores práticas dos outros em suas áreas e colocar em marcha novos processos e sistemas para melhorar a sua produtividade e qualidade (ALARCÓN; SERPELL, 1996).

Macneil et al (1992) citados por Marosszeky e Karim (1997) definem três categorias de Benchmarking: (1) interno quando se faz comparações entre as partes de uma organização; (2) competitivo quando se faz comparação com empresas similares; (3) processual quando se faz comparação de atividades ou processos semelhantes entre empresas de setores diferentes.

Segundo Watson (1994) citado por Alarcón e Serpell (1996) a utilização desta ferramenta de melhoria contribui para a empresa nos seguintes pontos: (a) para entender os próprios processos e detectar seus pontos fracos e fortes; (b) para entender os líderes ou concorrentes e identificar, compreender e comparar as melhores práticas; (c) para incorporar o melhor; copiar, modificar

REVISÃO DE LITERATURA

ou para incorporar as melhores práticas em seus próprios processos; (d) para obter superioridade, combinando a sua própria forças com as melhores práticas existentes.

Womack et al (1990) citado por Marosszeky e Karim (1997) apresentam o vasto âmbito de aplicação de uma análise comparativa: tempo em desenvolvimento; tempo em produção; tempo em retrabalho; custo de desenvolvimento; defeitos em pré-venda; defeitos em pós-venda; produtividade, entre outros.

O uso dessa ferramenta pode conduzir a construção tradicional para a construção enxuta, na medida que contribui para a melhoria de processo com base em comparações de desempenho internas ou externas; contribui para a melhoria dos produtos com base em critérios objetivos de medição e contribui para reduzir o retrabalho e o desperdício.

A avaliação comparativa demanda a implementação de sistemas de medição de desempenho adaptados ao contexto. Dessa forma, são propostos indicadores adaptados a construção: tempo de retrabalho, desperdício, transporte, tempo de ciclo, tempo médio de atraso e erros de projeto (ALARCON et al., 2001).

Apesar de inúmeras iniciativas de modelos de medição de desempenho propostos no período de 1996 a 2013, a indústria da construção ainda necessita de modelos de medição que ofereçam diretrizes operacionais mais contundentes (CÂNDIDO; LIMA; BARROS NETO, 2016).

Estudos recentes apresentam métricas de medição de desempenho para o benchmarking baseado nas cinco principais fases do desenvolvimento do produto da construção, são elas: planejamento, projeto, construção e comissionamento (YUN et al., 2016). Destas métricas destacam-se aquelas da fase de projeto por serem o tema dessa dissertação,

Custo total do projeto; orçamento da fase inicial; custo da fase atual; duração total do projeto; data de início planejada; data de início real da fase; data de término da fase atual; capacidade de produção; área bruta de construção; tamanho da equipe de gestão de projetos; tamanho da equipe de projetos e horas de trabalho de projeto (YUN et al., 2016).

Comparar empresas permite identificar as melhores práticas e oportunidades de melhoria, mas não permite determinar a causa raiz das diferenças. Dessa forma, para identificar as práticas que corroboram para essas diferenças é necessário complementar a análise comparativa com uma aferição qualitativa e, com isso, fornecer informações para explicar as diferenças (RAMIREZ; ALARCON; KNIGHTS, 2003).

2.2.2.4 *Mapa do fluxo de valor (MFV)*

Mike Rother e John Shook (2003) explicam como criar mapas para cada tipo de fluxo de valor e mostram como esse mapa pode ensinar gestores, engenheiros, colaboradores da produção, planejadores, fornecedores e consumidores a ver valor, diferenciar valor de desperdício e eliminar desperdícios. Mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta qualitativa pelo qual se descreve em detalhes como a instalação deve funcionar de modo a criar o fluxo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Graças a sua versatilidade, o MFV pode ser aplicado a praticamente qualquer fluxo de valor. A revisão de literatura para esta técnica demonstrou sua aplicação em fluxos de hospitais (HENRIQUE et al., 2015), em empresa calçadista (LIMA et al., 2016), em empresas de construção (BULHÕES; PICCHI; GRANJA, 2005; PASQUALINI; ZAWISLAK, 2005; KO; TSAI, 2013), em processos de projeto habitacionais (LEITE; NETO, 2013; KO; CHUNG, 2014), em processos de usinagem (VENKATARAMAN et al., 2014), em linha de montagem automatizada (AZIZI; MANOHARAN, 2015) e em desenvolvimento de produtos de software (ALI; PETERSEN; DE FRANÇA, 2015).

A prática de mapeamento de fluxo de valor permite que se aprenda a ver o chão de fábrica de uma forma que suporte a produção enxuta (ROTHER; SHOOK, 2003). Mas a compreensão e utilização de MFV requer o conhecimento de alguns termos descritos no quadro 6 baseados na produção enxuta.

Quadro 6 – Termos de produção enxuta para gerenciamento de fluxos de trabalho

N.	Desperdício	Descrição
1.	Fluxo de trabalho	Movimento de informação e materiais ao longo de uma rede de especialistas interdependentes (EMUZE; SAURIN, 2016)
2.	Valor	Inerente a um produto, a julgar pelo cliente. É criado por meio de uma combinação de ações, algumas das quais produzem valor percebido pelos clientes e algumas das quais são meramente necessárias dada a configuração atual do processo de concepção e produção.
3.	Atividade que acrescenta valor	Qualquer atividade que o cliente julgue como de valor. Tarefas que se excluídas do processo afetam o valor do produto deixando ele menos valioso. Por exemplo: etapas de projeto e fabricação.
4.	Atividade que não acrescenta valor	Qualquer atividade que acrescenta custo, mas nenhum valor para o produto ou serviço do ponto de vista do cliente. Por exemplo: retrabalho.
5.	Tempo de ciclo	Tempo necessário para produzir uma parte ou completar um processo calculado por meio de uma medição real.
6.	Tempo de ciclo com valor agregado	O tempo que transforma o produto de uma forma que o cliente está realmente disposto a pagar.
7.	Tempo de ciclo sem valor agregado	O tempo gasto em atividades que agregam custos, mas nenhum valor a partir da perspectiva do cliente. Por exemplo: armazenagem, inspeção e retrabalho.
8.	<i>Lead Time</i>	Tempo que o cliente tem de esperar para obter produto. Incluindo esperas, atrasos de processamento e atrasos quando os pedidos excedem a capacidade de produção.
9.	<i>Takt time</i>	Tempo de produção disponível dividido pela demanda dos clientes. A finalidade do tempo do ciclo é para coincidir precisamente a produção com a demanda. Ele fornece os “batimentos cardíacos” de um sistema de produção enxuta. Em alguns casos pode ser entendido como a média de tempo das atividades de um processo (HICKS et al., 2015)

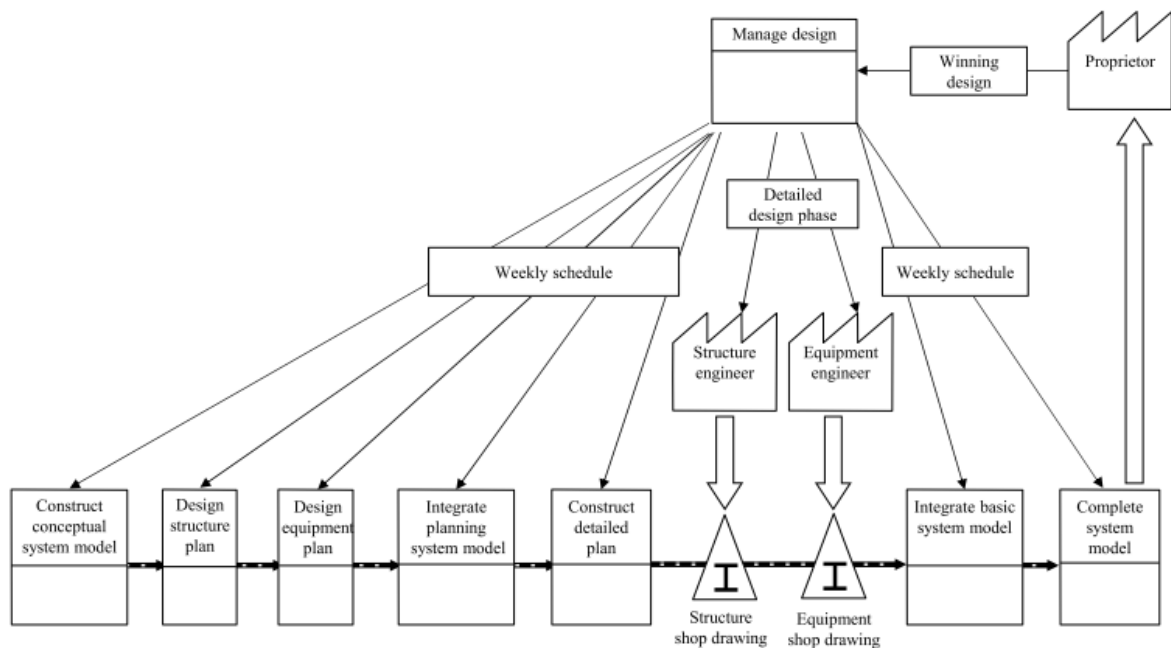
Fonte: Adaptado de Shook e Marchwinski (2014)

O MFV compreende o levantamento de todas as ações para trazer um produto tanto da matéria-prima para o cliente, quanto da concepção ao lançamento (ROTHER; SHOOK, 2003). Essa é uma técnica Lean qualitativa usada para analisar e projetar o fluxo de materiais e informações necessárias para entregar um produto, serviço ou projeto para um consumidor. O MFV concentra-se em analisar a variável tempo de cada processo, além de proporcionar a visualização do fluxo e processos do início ao fim do desenvolvimento de um produto.

Um exemplo de um mapa do estado atual é apresentado na figura 13. Trata-se de um mapa do fluxo de valor de processo de projeto de edificação, cujo foco se dá no projeto de arquitetura. A sequência de atividades situadas na base do mapa se refere ao fluxo de trabalho do arquiteto e as atividades situadas acima deste fluxo ocorrem externamente. É possível observar que o

arquiteto é o responsável pelas primeiras tarefas e às executa de forma independente, enquanto que os engenheiros responsáveis pelos projetos estrutural e de equipamentos devem esperar a conclusão destas tarefas predecessoras antes de analisar e dar sua contribuição. Diante desta situação Ko e Chung (2014) propuseram um novo fluxo com a mudança envolvendo os engenheiros no início do processo de projeto, já na primeira atividade.

Figura 13 – Exemplo de mapa do fluxo de valor de processo de projeto.



Fonte: Ko e Chung (2014)

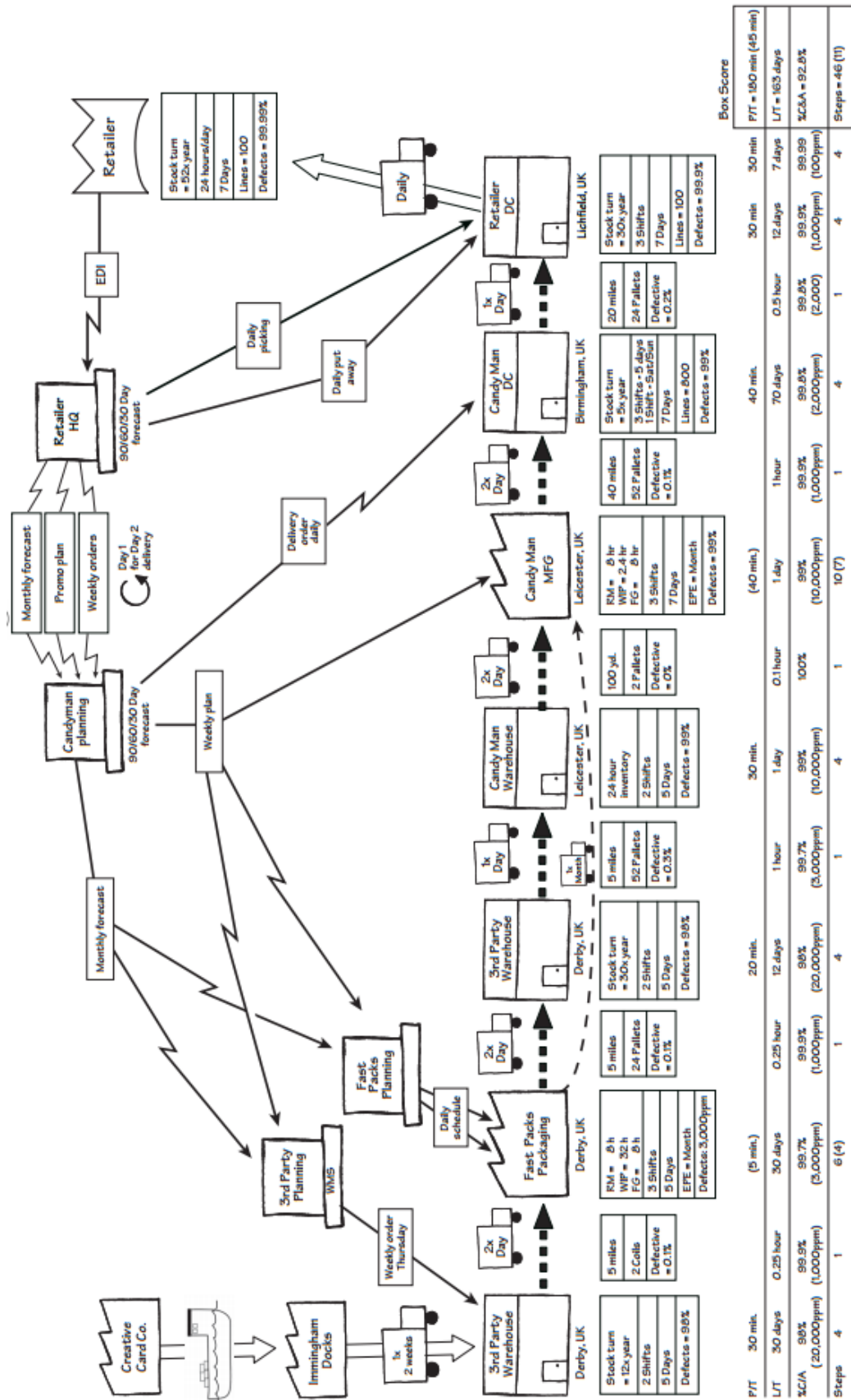
Desenhar o mapa do estado atual coletando dados no local de trabalho é o primeiro passo de uma metodologia que utiliza o MFV. Esse mapa do estado atual será a linha de base para desenhar um mapa do estado futuro que deverá conter ideias e recomendações que visam melhorar situações indesejadas identificadas no estado atual. O passo final é escrever o plano de implementação que descreve como alcançar o estado futuro.

A figura 15 demonstra um exemplo de mapa do fluxo de valor de linha de produção industrial de barra de chocolate. Os símbolos setas situadas na porção superior representam o fluxo de informações, enquanto que os ícones, setas e as caixas de informações situadas na porção inferior do mapa representam o fluxo do produto. As caixas de informações contêm dados detalhados de cada processo e as informações mais importantes são resumidas nas linhas situadas na base do mapa. Finalmente a ficha técnica é apresentada no canto inferior direito e

REVISÃO DE LITERATURA

sintetiza o estado atual do processo mapeado. Dessa forma fica evidente a real situação do processo de produção, especialmente indicando o tempo demandado por cada processo e entre eles. Essa metodologia permite análises dos participantes comprometidos com a melhoria dos processos.

Figura 14 – Exemplo de MFV de linha de produção de barra de chocolate.



Fonte: Lean Enterprise Institute (LEI).

2.2.3 *Lean Design no processo de projeto*

Tzortzopoulos e Formoso (1999) discutem a aplicação de alguns conceitos e princípios do *Lean Construction* no processo de projeto e apontam algumas lacunas no conhecimento sobre a aplicação dessa teoria ao processo de projeto e sugerem novas pesquisas que abordem os seguintes tópicos: projeto como geração de valor, tempo de ciclo, as atividades de espera em projeto; redução da variabilidade do processo e redução do tempo de ciclo.

A integração do projeto e da construção com a filosofia Lean é possível se a noção de "cliente final" for redefinida para representar um conjunto de intervenientes de construção e o valor precisa ser definido com referência à perspectiva de todo ciclo de vida (JØRGENSEN; EMMITT, 2009). São considerados como intervenientes de construção o cliente, os usuários da construção, os profissionais da construção e as demais partes interessadas.

Observa-se que o retrabalho em processos de projeto está associado a um fluxo de informações ineficientes ao longo do processo, enquanto que um fluxo de informações transparente ajuda a identificar as causas dos desalinhamentos entre o planejado e o real (HICKETHIER; TOMMELEIN; GEHBAUER, 2012). Observa-se ainda que a identificação das causas melhora a qualidade do planejamento do processo de projeto.

É necessário melhorar a confiabilidade do planejamento em processos de projeto, dessa forma, estudou-se o gerenciamento do fluxo de trabalho e melhorias para o sistema de controle da produção como meio para obter melhor confiabilidade foram propostas (BALLARD, 2000). Neste contexto foi criado o *Last Planner System* (LPS) que contribui para redução de desperdícios de projetos na medida que se propõe a estabilizar o fluxo de trabalho (EMUZE; SAURIN, 2016). Um fluxo de trabalho estabilizado resulta na redução da variabilidade e no aumento de produtividade (TOMMELEIN et al., 1999; EMUZE; SAURIN, 2016).

O quadro 4 resume os quatro tipos de planejamento e o que deve estar em foco ao se realizar cada um deles em um processo de projeto.

Quadro 7 – Os quatro tipos de planejamento baseados em LPS

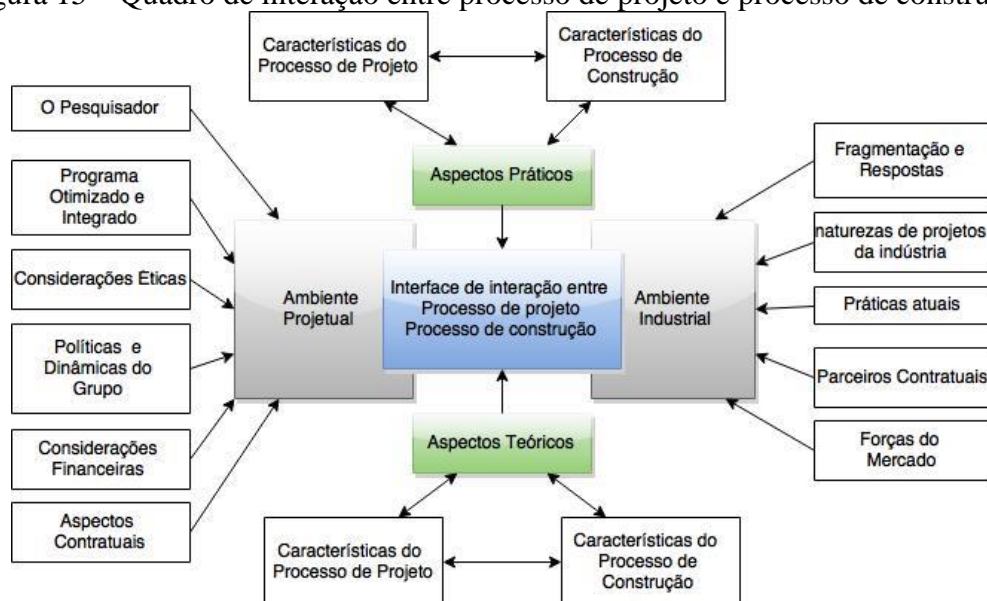
Nº	Tipo	Descrição
1	Longo prazo	Contém as datas das entregas, os prazos e metas de todo o projeto
2	Médio prazo	Identifica a sequência e duração das atividades e as trocas entre equipes. Interdependências em relações entre atividades. Deve envolver os subcontratados
3	Curto prazo	Verifica e certifica se atividades podem ser concluídas. Busca remover obstáculos. Verifica a prontidão de atividades. Verifica a disponibilidade de inputs necessários Verifica conformidade de condições pré-estabelecidas.
4	Semanal	Contém o trabalho para ser feito na próxima semana Propõe o uso de indicador Percentual de Programação Concluída

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Emuze e Saurin (2016).

Os processos de projeto e construção foram comparados visando a compreensão teórica da relação entre eles e foi observada uma diferença em virtude da natureza cíclica do processo de projeto e da natureza sequencial da construção (MITCHELL et al., 2011). Essa dicotomia pode ser a origem de alguns dos problemas que ocorrem na prática, pois a mesma tem impacto no fluxo de trabalho e de informações (MITCHELL et al., 2011).

Um quadro teórico (Figura 16) para compreensão da área de pesquisa e um guia para coleta de dados em futuras pesquisas e apresentado abaixo.

Figura 15 – Quadro de interação entre processo de projeto e processo de construção.



Fonte: Mitchell *et al.* (2009) adaptado pelo autor.

Este trabalho situa-se no ambiente projetual, assim como aquele do quadro teórico de Mitchell et al. (2009), o que gera os temas a serem estudados: o programa otimizado e integrado; as considerações éticas; as políticas e dinâmicas de grupo; as considerações financeiras e os aspectos contratuais.

Um conjunto de práticas do *Lean Design* melhoraram o processo de projeto na medida que minimizaram o desperdício e maximizaram a eficiência (LEE; TOMMELEIN; BALLARD, 2010). Isso foi demonstrado por meio de uma abordagem retrospectiva de um estudo de caso. Ao observar a ineficiência de um processo de projeto real foi apresentado como ele poderia ter sido diferente por meio da inclusão das seguintes práticas: análise sistemática de restrição de projeto; escolha por vantagens; projeto baseado em conjunto; parceria funcional cruzada e projeto valor alvo.

Freire e Alarcón (2002), por sua vez, observam que a teoria do *Lean Design* (projeto enxuto) promove diferentes visões para modelar, analisar e compreender o processo de projeto. Eles propõem uma metodologia de melhoria do processo de projeto baseada nos conceitos Lean: conversão, fluxo e geração de valor. Neste sentido, eles propõem graficamente as cinco variáveis envolvidas com este processo como mostra a Figura 17.

Figura 16 – Modelo de diagnóstico e avaliação do processo de projeto.



Fonte: Freire e Alarcón (2002) adaptado pelo autor.

Ao aplicarem este modelo em uma empresa reduzem-se erros, tempos de ciclo e parte das atividades sem agregação de valor, aumentando assim a produtividade. Juntamente com o sucesso dos resultados os autores destacam que uma implementação imediata dos conceitos de projeto Lean não é fácil, pois pessoas em geral se sentem controladas e não gostam de especificar o que fazem e como distribuem seu tempo, e que deve ser um processo de mudança gradual.

2.3 Referencial teórico

Foi escolhido um padrão entre a diversidade de modelos de processos de projeto, em primeiro lugar por ter sido um modelo que surgiu da coleta de dados em campo, em segundo lugar porque foi observado como aplicável ao processo de projeto das empresas dos estudos de caso. A partir desse modelo foram definidas as seguintes etapas do processo de projeto: (a) concepção; (b) definição; (c) solução de interfaces e (d) detalhamento, promovidas pela Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA) por meio do Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006). Não foram incluídas as etapas pós-entrega do projeto e pós-entrega da obra por não fazerem parte do recorte temático deste trabalho.

Destaca-se que a proposta deste trabalho está alinhada com a proposição do Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo, especialmente quando Cambiaghi e Amá (2006) defendem que a proposta é substituir os termos estudos preliminares, anteprojeto, pré-forma e projeto executivo que comparecem em momentos distintos em cada especialidade e geram interpretações diferentes, por concepção, definição, soluções de interfaces do produto vinculando-os à fases e objetivos do trabalho (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006).

As ferramentas da construção enxuta aplicadas neste estudo são o quadro SIPOC, o mapa Swim Lane, o Mapeamento do Fluxo de Valor, promovidas pela Associação de Pesquisa e Informação da Indústria da Construção, originalmente em inglês *Construction Industry Research and Information Association* (CIRIA) por meio da publicação *Implementação de Lean na Construção Civil: Ferramentas e Técnicas de Lean - uma Introdução* (O'CONNOR; SWAIN, 2013). Estas ferramentas foram usadas para estudar o processo de projeto em escritórios de arquitetura a fim de se realizar o diagnóstico para identificar as oportunidades de melhoria.

3 METODOLOGIA

3.1 Enquadramento metodológico

Inicialmente realiza-se a identificação da dimensão epistemológica que move a investigação para garantir a coerência na produção do conhecimento conforme defendido por Faria (2012). A epistemologia foca em como o conhecimento científico é construído, enquanto que a dimensão epistemológica identifica diferentes formas de abordagem do conhecimento, bem como diferentes perspectivas acerca do processo de produção do conhecimento científico (FARIA, 2012).

A pesquisa se enquadra em um paradigma epistemológico estruturalista. Isso porque a concepção do conhecimento que se pretende gerar está nas relações e não nos elementos, na estrutura e não nos fenômenos, na totalidade e não nas partes (FARIA, 2012). O estruturalismo propõe a investigação de um fenômeno concreto, atingindo o nível do abstrato pela representação de um modelo representativo do objeto de estudo para retornar ao concreto com uma realidade estruturada (GIL, 2008).

Os objetivos da pesquisa, descritivos por natureza, estão de acordo com o enquadramento epistemológico, conforme sintetiza Faria (2012) como sendo o objetivo deste método,

Construir um modelo da realidade estudada que deve ser de tal maneira eficaz que seu funcionamento possa dar conta de todos os fatos observados, que permita em sua utilização fazer a previsão dos comportamentos da estrutura construída pelo modelo por meio de simulações, pois todo o modelo pertence a um grupo de transformações (FARIA, 2012).

Para Gil (2008), as bases lógicas da investigação científica são proporcionadas por métodos que possibilitam ao pesquisador decidir acerca do alcance de sua investigação, das regras de explicação dos fatos e da validade de suas generalizações. Este autor defende que tais métodos se vinculam a uma das correntes filosóficas que se propõem a explicar como se processa o conhecimento da realidade conforme a descrição a seguir:

O método dedutivo relaciona-se ao racionalismo, o indutivo ao empirismo, o hipotético-dedutivo ao neopositivismo, o dialético ao materialismo dialético e o fenomenológico, naturalmente, à fenomenologia (GIL, 2008).

METODOLOGIA

Porém, os métodos apresentados por Gil (2008) não são vinculados a corrente filosófica do paradigma epistemológico deste trabalho, conforme o enquadramento realizado no início desta seção.

Foi realizada uma investigação estruturalista que possui seu método próprio. Segundo Lèvi-Strauss (1967), citado por Gil (2008), os fatos são observados e descritos sem permitir que preconceitos teóricos alterem sua natureza e importância, além de exigir o estudo das conexões essenciais das estruturas e relações com o exterior.

Deste modo, estudar como funciona esses processos possibilita propor melhorias e promover benefícios para as partes interessadas. Dessa forma, desenvolve-se uma pesquisa aplicada que tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos (GIL, 2008).

Segundo Yin (2001) existem cinco estratégias de pesquisa principais nas ciências sociais: experimentos, levantamentos, análise de arquivos, pesquisas históricas e estudos de caso. A escolha da estratégia de uma pesquisa depende de três condições: (1) no tipo de questão de pesquisa proposto, (2) na extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais efetivos e (3) no grau de enfoque em acontecimentos históricos em oposição a acontecimentos contemporâneos (YIN, 2001). Considerando as três condições define-se a estratégia de pesquisa deste trabalho como estudo de caso. Primeiro porque são colocadas questões do tipo “como” e “por quê”; segundo porque não se exige controle sobre eventos comportamentais e terceiro porque são focalizados acontecimentos contemporâneos.

Segundo Yin (2001), estudo de caso é,

[...] uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. [...] enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados (YIN, 2001).

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas e solicitou-se a gravação para posterior transcrição e análise de conteúdo. A coleta de dados incluiu ainda a análise documental de pastas e arquivos de projeto em formato digital localizados em servidores de computador das empresas dos estudos de caso.

Pode-se dizer que o enquadramento metodológico, o método de investigação e a estratégia de pesquisa interferem na escolha da natureza dos procedimentos de análise dos dados. Dessa

forma, os procedimentos analíticos são de natureza qualitativa. Técnicas qualitativas reconhecem que os atores sociais produzem conhecimentos e práticas por meio das experiências sociais (VASCONCELOS; ARCOVERDE, 2007). A técnica qualitativa utilizada foi a análise de conteúdo. A análise dos dados focou o reconhecimento de padrões, no qual se comparou um padrão empírico obtido por meio do estudo de caso com outro de base prognóstica obtido na revisão de literatura.

3.2 Delineamento

Neste trabalho, o foco está no processo de projeto, sendo este a unidade de análise e o sujeito da pesquisa em primeiro grau de importância.

Participaram da pesquisa cinco empresas nas quais trabalhavam os informantes da pesquisa. Foram entrevistados quatorze profissionais desde o nível estratégico ao operacional, sendo que todos envolvidos diretamente na realização das atividades dos processos de projeto. Foram realizadas vinte e três entrevistas no total distribuídas entre as cinco empresas participantes do estudo de caso múltiplo. O roteiro de entrevista utilizado encontra-se disponível no apêndice A.

Neste trabalho foram realizados ao todo quatro estudos de caso. Um deles foi considerado como estudo de caso piloto e contribuiu para a revisão do método de coleta de dados. Foram realizados ainda outros três estudos de caso em empresas de desenvolvimento de projeto de arquitetura.

As condições externas não produziram muita variação no fenômeno que foi estudado em cada empresa de estudo de caso. Pode-se dizer que isso está relacionado com a seleção dos casos que priorizou empresas estabelecidas no mercado e lideradas por profissionais de longa experiência. Dessa forma, obteve-se o número de quatro replicações teóricas, representando a saturação dos dados, que foi considerado suficiente. Isso porque, quando não se acredita que as condições externas produzam muita variação no fenômeno que está sendo estudado, é necessário um número menor de replicações teóricas (YIN, 2001). Além disso, após a realização de quatro estudos de caso, verificou-se que as questões de pesquisa foram respondidas satisfatoriamente e a adição de novos casos não contribuiria com informações relevantes ao tema estudado, pois os padrões de comportamento das variáveis de análise encontravam-se convergentes (FRATANTONIO, 2008)

METODOLOGIA

Dessa forma, o número de casos estudados foi considerado suficiente para o estudo. Vale registrar que não foi utilizada uma lógica de amostragem, sendo considerados irrelevantes os critérios típicos adotados em relação ao tamanho da amostragem.

Para maximizar a utilidade das informações que um caso pudesse fornecer aos objetivos da pesquisa, a seleção do estudo de caso ocorreu por meio de da seleção orientada pela informação (TAKAHASHI, 2013). Foram estabelecidos previamente os requisitos de escolha do estudo de caso, que deveria ser uma empresa estabilizada no mercado com um portfólio especializado em projeto de arquitetura.

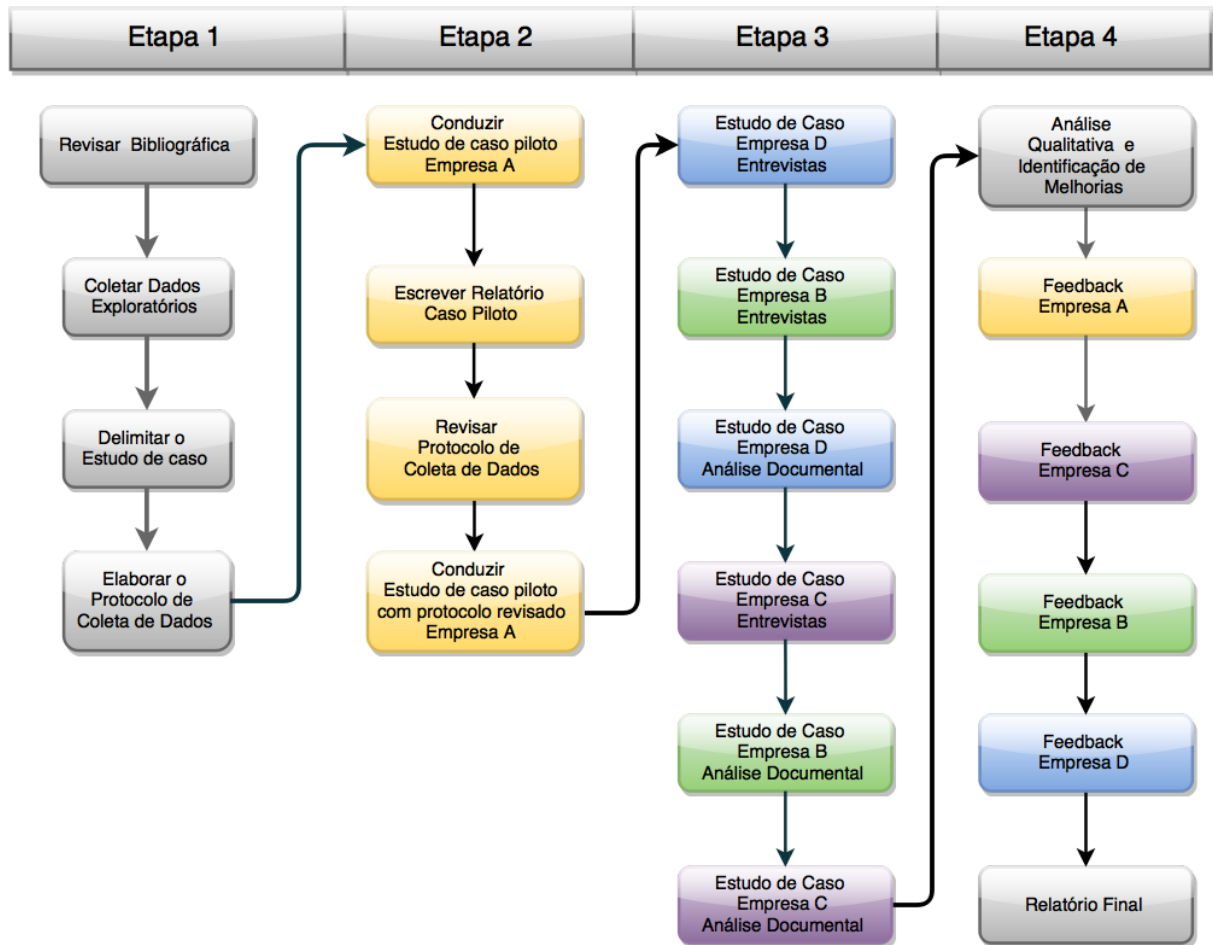
A figura 18 demonstra as etapas que compõem o delineamento da pesquisa. Na etapa 1, o autor realizou a revisão de literatura e foi a campo a fim de obter a visão geral dos profissionais que atuam no mercado de arquitetura. Em seguida, realizou-se a delimitação do estudo de caso com a escolha da unidade de análise e das variáveis de pesquisa. Posteriormente, foi realizada a elaboração do protocolo de coleta. Apesar da revisão de literatura ser apresentada no início da pesquisa esta atividade não cessou até a conclusão do trabalho.

Com isso, iniciou-se a Etapa 2 quando se conduziu o estudo de caso piloto com objetivo exploratório em uma empresa com prestação de serviços de projetos de arquitetura no portfólio de serviços. O estudo de caso piloto possibilitou a análise crítica do protocolo de coleta de dados. Isso resultou na inclusão de novas técnicas padronizadas que permitissem a coleta de dados qualitativos que não foram possíveis de serem coletados no primeiro estudo. Neste momento foi inserido na metodologia ferramentas de diagnóstico de processos promovidas pela *lean construction*. Retornou-se ainda para a empresa do estudo de caso piloto a fim de realizar o estudo de caso completo contribuindo não apenas para o desenvolvimento da experiência do pesquisado na tarefa de coleta de dados, mas proporcionando dados qualitativos que pudessem ser analisados para contribuir para o objetivo da pesquisa.

Na Etapa 3 realizou-se o estudo de caso múltiplo com outras três empresas especializada em desenvolvimento de projetos de arquitetura. Os resultados gerados pela análise qualitativa foram apresentados para os entrevistados visando obter a validação da perspectiva obtida dos processos.

Finalmente, na Etapa 4, se realizou nova busca na literatura a fim de melhorar a análise dos dados e escrever o relatório final.

Figura 17 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

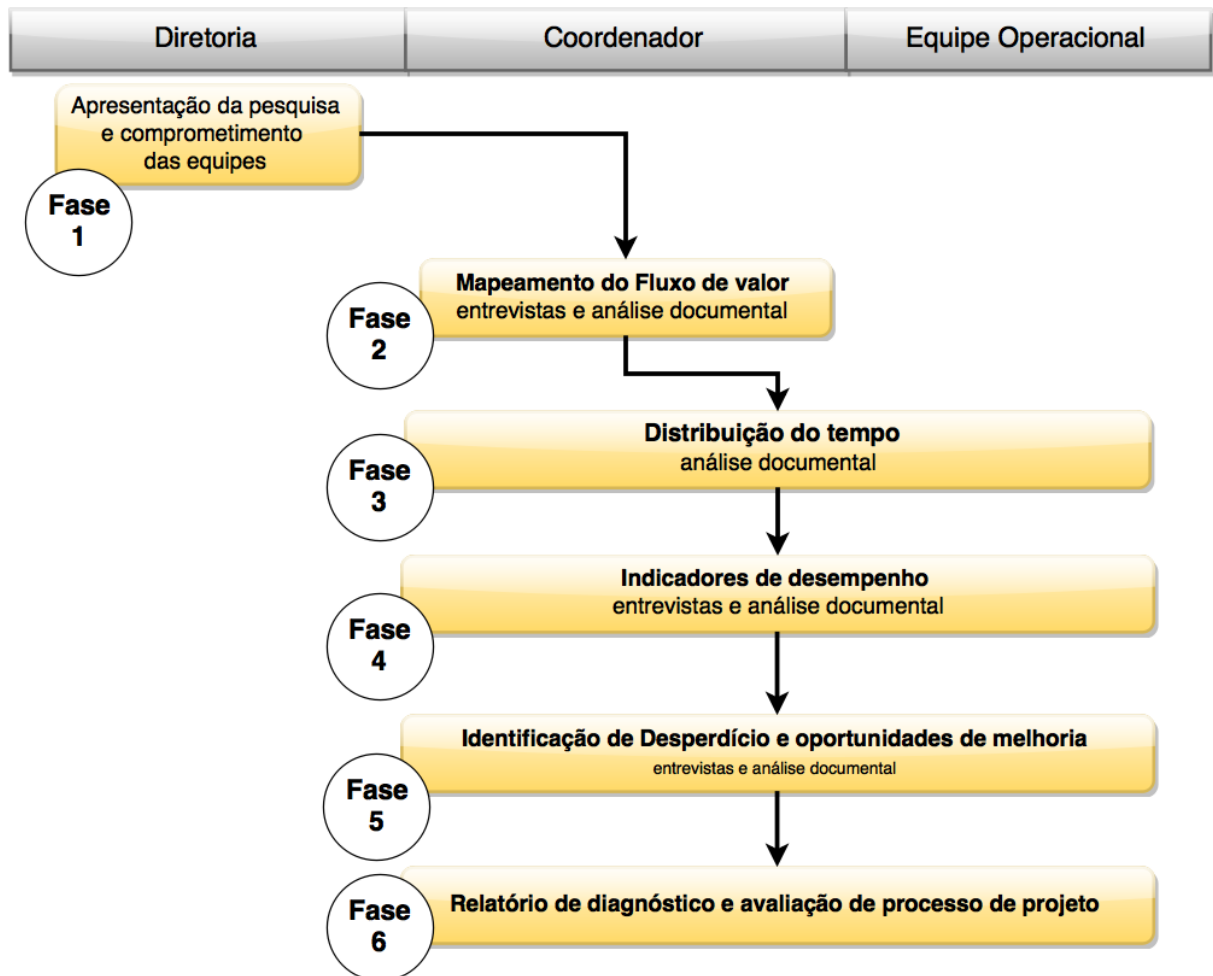
O delineamento estabelece relação com os objetivos da pesquisa na medida que são realizadas atividades que visam cumprir o que foi estabelecido como objetivo. A seleção dos casos optou por empresas de arquitetura com processos de projeto de edifícios. Durante o desenvolvimento dos estudos de caso coletaram-se informações com o objetivo de construir a estrutura dos processos. A análise dos processos focou a visualização das variáveis na linha do tempo e no fluxo de informações e no fluxo de valor entre os principais participantes. Buscou-se definir os desperdícios dos processos e identificar as oportunidades de melhoria.

3.3 Detalhamento

Previamente à realização dos estudos de caso elaborou-se um protocolo de estudo de caso e conduziu-se o estudo caso piloto. Segundo Yin (2001), um protocolo é uma maneira especialmente eficaz de lidar com o problema e aumentar a confiabilidade dos estudos de caso.

O protocolo de estudo de caso desenvolvido para esta pesquisa foi composto por seis fases.

Figura 18 – Protocolo do estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, na fase 1, foi realizada uma apresentação da pesquisa para o diretor da empresa do estudo de caso a fim de se obter a autorização e o comprometimento da equipe com a pesquisa.

Em seguida, na fase 2, foram realizadas entrevistas com os profissionais que participaram diretamente do projeto desenvolvido escolhido como objeto do estudo de caso. Neste momento, os dados coletados contribuíram para identificação da estrutura do processo de projeto e foram registradas as percepções dos entrevistados acerca dos principais desperdícios, problemas e oportunidades de melhoria.

METODOLOGIA

Posteriormente, foram realizadas visitas de análise documental, na fase 3, onde a pasta virtual contendo todas os documentos e informações de projeto foi analisada para coleta de dados que possibilitassem a visualização da distribuição do tempo no processo de projeto.

Na fase 4 realizou-se a análise e estruturação dos dados coletados sob a perspectiva das ferramentas do *lean design*. Neste passo foi realizada uma triangulação entre as informações coletadas nas entrevistas e aquelas resultantes da análise documental. Neste momento, foi possível realizar a identificação de desperdícios e a visualização de oportunidades de melhoria.

Estas informações coletadas e estruturadas foram apresentadas em nova entrevista com cada empresa participante da pesquisa, na fase 5, permitindo a validação dos resultados e, especialmente, dos desperdícios e das oportunidades de melhoria relatadas.

Por fim, na fase 6 foi realizado o desenvolvimento do relatório do estudo de caso e para cada estudo de caso foi desenvolvido um relatório completo.

Durante a fase 3 o pesquisador precisou ter acesso aos documentos relacionados ao projeto selecionado para a realização do estudo de caso. Por se tratarem de informações sigilosas não foram realizadas cópias dos arquivos, sejam impressas ou versões digitais. A coleta de dados e a análise destes documentos ocorreu simultaneamente dentro da empresa.

Foram realizadas visitas com o objetivo de acessar dos documentos diretamente nos computadores das empresas. Estando no local de trabalho, foi possível analisar e identificar o conteúdo e a data de liberação dos documentos de projetos. Neste momento as variáveis que estavam sendo avaliadas eram as datas associadas a etapa do processo de projeto que aquele documento estava relacionado. Dessa forma, sem que documentos sigilosos saíssem da empresa, foi possível a construção de uma linha do tempo e o cálculo do tempo transcorrido entre cada documento.

O Apêndice A apresenta o instrumento de coleta de dados que se trata de um roteiro de entrevista. As perguntas estão divididas em: (a) perfil do entrevistado; (b) mapeamento do fluxo de valor; (c) distribuição do tempo; (d) indicadores de desempenho; (e) identificação de desperdício e oportunidades de melhoria. Este roteiro de entrevista foi apresentado no passo 1 do protocolo do estudo de caso, para ser possível a visualização do que seria coletado de informações e com isso ser autorizada a pesquisa.

O roteiro de entrevista foi aplicado durante a realização do passo 2 do protocolo do estudo de caso, sendo que foram perguntadas, exclusivamente, as questões dos itens (a) perfil do entrevistado; (b) mapeamento do fluxo de valor.

METODOLOGIA

Em seguida foi realizada uma análise documental que possibilitou o pesquisador responder as questões do item (c) relacionadas a distribuição do tempo. Dessa forma, foram concluídos os passos 3 e 4 do protocolo.

O roteiro de entrevista, disponível do apêndice A, foi utilizado novamente no passo 5 do protocolo em nova entrevista, especialmente os itens (d) indicadores de desempenho e (e) identificação de desperdício e oportunidades de melhoria.

Adotaram-se algumas ferramentas promovidas pelo *Lean Construction* com enfoque no diagnóstico do processo. São elas: Mapeamento do Fluxo de valor (MFV); Diagrama “Fornecedor-entrada-processo-saída-cliente” (originalmente em inglês: *SIPOC Map*), Diagrama *Swim lane*. Justifica-se o uso dessas técnicas padronizadas para a coleta de dados, pois esta pesquisa tem como objetivo primordial a descrição das características de determinado fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008).

Conforme descrito na seção delineamento um dos estudos de caso foi realizado na condição de estudo de caso piloto. A realização deste trabalho contribuiu para aprimorar os planos para coleta de dados tanto em relação ao conteúdo dos dados quanto aos procedimentos que deveriam ser seguidos, conforme defendido por Yin (2001).

Considerou-se importante a estruturação da metodologia para que os resultados da pesquisa pudessem ser generalizados para outras situações e assim ter validade externa conforme defendido por Gil (2008). Visando alcançar a validade externa a pesquisa utilizou a lógica da replicação em estudos de caso múltiplo. Após a realização do estudo de caso piloto o instrumento de coleta foi aplicado em outras três empresas com o objetivo de testar a teoria por meio da replicação das descobertas, conforme defendido por Yin (2001).

Neste trabalho, utilizam-se as etapas de projeto de arquitetura do Manual de Escopo da AsBEA (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006) para analisar o processo de projeto de arquitetura. Somado a este, os desperdícios da produção enxuta de Koskela (2004); Shingo (1996) apud Lima et al., (2016) foram considerados referências para análise dos dados qualitativos coletados.

3.4 Generalização de estudos de caso

Neste trabalho realiza-se a diferenciação de dois tipos de generalização para possibilitar a compreensão de como os resultados e conclusões encontradas podem ser aplicadas a outros casos.

METODOLOGIA

O tipo mais comum de se generalizar denomina-se generalização estatística, neste caso faz-se inferências sobre a população, baseando-se em dados empíricos coletados sobre a amostragem, onde pesquisadores têm acesso a fórmulas para se determinar o grau de certeza. É comum em levantamentos e parte integrante da generalização em experimentos, mas por outro lado este tipo não é aplicável para generalizar resultados de estudos de caso (YIN, 2001).

O segundo tipo é denominado generalização analítica, na qual se utiliza uma teoria previamente desenvolvida como modelo para se comparar os resultados empíricos do estudo de caso, sendo que é para este tipo que se deve direcionar ao se realizar estudos de caso. Em pesquisas baseadas nessa tipologia tenta-se generalizar um conjunto particular de resultados para alguma teoria mais abrangente (YIN, 2001).

Dessa forma, observa-se que a generalização é possível para pesquisas de estudos de caso, mas obviamente não a generalização estatística. Muitas pesquisas de estudo de caso revisadas registraram que não tinham a pretensão de generalizar as conclusões obtidas (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; FONTENELLE, 2002; LINS, 2013; MANZIONE, 2013). Destes trabalhos, pode-se concluir que os pesquisadores se referem, apesar de não declaradamente a generalização estatística, mas é importante compreender que este não é o único tipo de generalização.

Observou-se também entre os trabalhos revisados aquele que se posicionou adequadamente em relação ao conceito da generalização em pesquisas de estudos de caso. Neste caso o método de generalização apropriado para os estudos de caso é a generalização analítica (BRAGA, 2011). De acordo com Yin (2001, p. 29) “os estudos de caso, da mesma forma que os experimentos, são generalizáveis a proposições teóricas e não a populações ou universos. ”.

Outra questão que deve ser esclarecida refere-se ao fato de ser incorreto se fazer analogia entre casos, abordados em pesquisas de estudos de casos, com amostragens e universos, abordados em levantamentos (YIN, 2001). Isso porque casos servem de base para generalização analítica, enquanto que amostragens e universos servem de base para generalização estatística. A lógica da escolha pela realização de estudos de caso múltiplos é da replicação, e não da amostragem. Segundo Yin (2001, p. 68), se forem obtidos resultados semelhantes a partir dos três casos, diz-se que ocorreu uma replicação.

Vale esclarecer também que a lógica da replicação é diferente da lógica da amostragem. A Lógica da amostragem pressupõe que um grupo menor de respondentes represente um grupo maior e exige o computo do universo e um procedimento estatístico (YIN, 2001). Por outro

METODOLOGIA

lado, a lógica da replicação demanda três etapas: uma etapa inicial que consiste no desenvolvimento de teoria, seleção dos casos e o desenho do protocolo de coleta de dados; uma segunda etapa onde se realiza cada estudo de caso que resulta em um relatório indicando como e por que se demonstrou (ou não) uma proposição em especial e com informações que necessitam de replicação por outros casos individuais; e uma etapa final onde se realiza a análise cruzada de casos e se propõem conclusões (YIN, 2001).

Entre os mal-entendidos sobre pesquisas de estudos de caso destaca-se aquele associado ao conceito focado nesta seção e estudado por Flyvbjerg (2006): não se pode generalizar a partir de um único caso, portanto, o estudo de caso único não pode contribuir para o desenvolvimento científico.

Este mal-entendido é resolvido de acordo com Flyvbjerg (2006, p. 228),

Pode-se, muitas vezes generalizar com base em um único caso, e o estudo de caso pode ser central para o desenvolvimento científico por meio de generalização como complemento ou alternativa para outros métodos. Mas generalização formal é supervalorizada como fonte de desenvolvimento científico, ao passo que "a força do exemplo" é subestimado. (FLYVBJERG, 2006)

O processo coletivo de acumulação de conhecimento em um determinado campo pode receber contribuições de pesquisas puramente descritivas, fenomenológicas e sem qualquer tentativa de generalização (FLYVBJERG, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez sistematizado o entendimento da metodologia de pesquisa e detalhado como a base empírica foi obtida apresenta-se neste capítulo os resultados da pesquisa que são essa base empírica. Este capítulo foca em descrever os dados coletados e sua análise. Inicialmente se apresenta um quadro com referência em uma base teórica prognóstica que se mostrou eficiente para analisar o processo de projeto das empresas. Em seguida é realizada uma descrição do estudo de caso piloto e de cada estudo de caso. A redação apresenta, para cada estudo de caso, os resultados obtidos por meio de cada ferramenta de diagnóstico da construção enxuta, descrevendo as datas das entregas, os tempos entre entregas, o fluxo da informação, a análise comparativa de tempos internos, o mapeamento do fluxo de valor, o plano para implementação e o feedback da empresa. Isso uma análise cruzada em diferentes contextos sobre como funcionam os processos de projeto e quais oportunidades de melhoria podem ser propostas.

4.1 Informações preliminares

Os resultados serão apresentados para cada estudo de caso por meio de técnicas padronizadas de coleta de dados e ao final será realizada uma análise cruzada dos estudos de caso. Para cada caso individual, o relatório deve indicar como e por que se demonstrou (ou não) uma proposição em especial (YIN, 2001).

Preliminarmente apresenta-se a base linha de base para análise dos escritórios de arquitetura.

4.1.1 *Quadro SIPOC de processo de projeto de arquitetura*

O quadro 1 descreve o processo de projeto de arquitetura, onde é possível identificar seus fornecedores e entradas; resultados e clientes. A nomenclatura apresentada a seguir representa o que de fato se faz durante o processo de projeto de arquitetura, apesar dos escritórios não adotarem formalmente. Geralmente adota-se o nome do produto da etapa e como nome da etapa, na qual são geradas várias versões.

Quadro 8 – SIPOC do processo de arquitetura

Fornecedores	Entrada	Processo	Resultados	Clientes
Empreendedor Consultor especializado Combate a incêndio	Planta de localização Dados legais do terreno Escrituras Características específicas do local Topografia Requisitos do cliente Informação conceitual da tipologia do produto pretendido	Concepção	Programa de necessidades Estudo de viabilidade Estudo Preliminar	Empreendedor
Empreendedor Projetistas Estrutura Instalações Consultor especializado Elevadores Sistema Construtivo Paisagismo Acústica Legal	Aprovação formal da fase anterior Acrescentar requisitos de cliente Requisitos de projetos de estrutura e sistemas prediais	Definição	Lançamento preliminar das estruturas Conceituação dos espaços técnicos Anteprojeto Projeto Legal	Empreendedor Projetistas Estrutura Instalações
Empreendedor Projetistas Estrutura Instalações Paisagismo Interiores	Aprovação formal da fase anterior Escolha dos acabamentos propostos Pré-Formas Sistemas prediais Preliminares Salas Técnicas Shafts Verticais	Solução de Interfaces	Projeto básico	Empreendedor Projetistas Estrutura Instalações
Empreendedor Projetistas Estrutura Instalações	Aprovação de todos os acabamentos propostos Projetos de Estrutura e instalações revisados	Detalhamento	Projeto executivo	Empreendedor

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em (Cambiaghi e Amá (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo inicial denominado Concepção é aquele com grande relação com o contratante, nomeado aqui como Empreendedor, e desempenha o papel de fornecedor e cliente. Muitas informações são requisitos de entrada para este processo e referem-se aos dados do terreno (matrícula, topografia) e requisitos do cliente por meio do *briefing* inicial. *Briefing* é uma etapa em que os clientes expressam e articulam os seus desejos, ou seja, os valores são explorados e expressos, nos quais as equipes de projeto se baseiam para desenvolver seus projetos (EL REIFI; EMMITT; RUIKAR, 2013). São resultados deste processo o estudo de viabilidade e o estudo preliminar se são passíveis da aprovação do empreendedor e que por sua vez demanda ajuste gerando várias versões de projetos de arquitetura.

Em seguida ocorre o processo de Definição, etapa em que se realizam o anteprojeto e o projeto legal. Observa-se no referencial teórico que são consideradas entradas para esta etapa os requisitos dos projetos de instalações e estrutural. Porém, observaram-se casos (empresa A e empresa D) que apenas uma das disciplinas, ora estrutura ora instalações, é considerada, enquanto que outros casos não consideram essas entradas (empresa B e empresa C) e desenvolvem a Definição como apenas as entradas do processo de Concepção.

Considera-se esta situação como uma evidencia, presente nos estudos de caso realizados nas empresas A, B, C e D, do desperdício denominado improvisação, originalmente em inglês *making-do*. Improvisação ocorre quando uma tarefa é iniciada sem todas as entradas padrão necessárias, isso gera aumento do tempo de processamento e variabilidade, o que repercute, respectivamente em redução de produtividade e longos tempos de ciclo (KOSKELA, 2004).

Posteriormente ocorre o processo Solução de Interfaces que resulta no projeto básico. Vale destacar que o projeto básico se configura como um projeto de alto grau de desenvolvimento que resulta de uma série de modificações em função da compatibilização entre o projeto de arquitetura, de estrutura e sistemas prediais.

A NBR 13531 estabelece que o projeto básico contém informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação dos serviços de obra correspondentes (ABNT, 1995a).

A lei federal nº 8.666 (1993) define projeto básico como:

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do

empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução (BRASIL, 1993).

Por fim, considerando o recorte temático do presente trabalho, se desenvolve o Detalhamento do projeto. Nesta etapa são detalhados todos os elementos do empreendimento de modo a gerar um conjunto de referências suficientes para a perfeita caracterização das obras/serviços a serem executadas (CAMBIAGHI; AMÁ, 2006). São entradas para este processo os projetos de estrutura e sistemas prediais revisados seguindo as recomendações do projetista de arquitetura realizadas na etapa anterior. Este é o motivo pelo qual arquitetos entrevistados defendem que o projeto de arquitetura é entregue por último, depois das correções de instalações prediais e estrutura.

4.2 Estudo de caso piloto: Empresa A

A empresa A foi fundada há mais de sete anos e conta com a direção de profissional de arquitetura com mais de 30 anos de experiência profissional. Seu campo de atuação inclui projetos para construção civil nas áreas residencial, comercial, arquitetura de interiores, projetos urbanísticos, turísticos e de lazer.

A equipe de projeto inclui profissionais no cargo de arquiteto diretor, arquiteto coordenador, arquiteto colaborador para elaboração de estudo de viabilidade e estudo preliminar, arquiteto colaborador na elaboração de projeto legal e projeto executivo, arquiteto júnior colaborando com a elaboração do projeto legal, compatibilização e projeto executivo e estagiário de arquitetura.

O projeto escolhido para realização do estudo de caso foi o projeto de arquitetura de um edifício residencial de 36 apartamentos distribuídos em doze pavimentos, contendo um subsolo, um térreo garagem, um pavimento garagem, um salão de festas e área de lazer. A área de projeto corresponde a pouco mais de 5.500 m². Trata-se de uma obra projetada para ser construída no município de Sobral, situado a pouco mais de 200 km da capital do Ceará.

4.2.1 Análise da linha do tempo

A concepção do projeto é a fase de menor quantidade de dias transcorridos (21 dias). Enquanto que as etapas definição e detalhamento somam mais de 90% do tempo do projeto. Durante a

RESULTADOS E DISCUSSÕES

etapa definição os arquitetos emitem várias versões de projeto para adequar aos requisitos de estrutura e instalações e a solicitações de modificação em função de pedidos do contratante ou de notificações do órgão municipal.

Ficou claro o sequenciamento das etapas na medida que apenas com a aprovação do projeto legal foi iniciado o detalhamento.

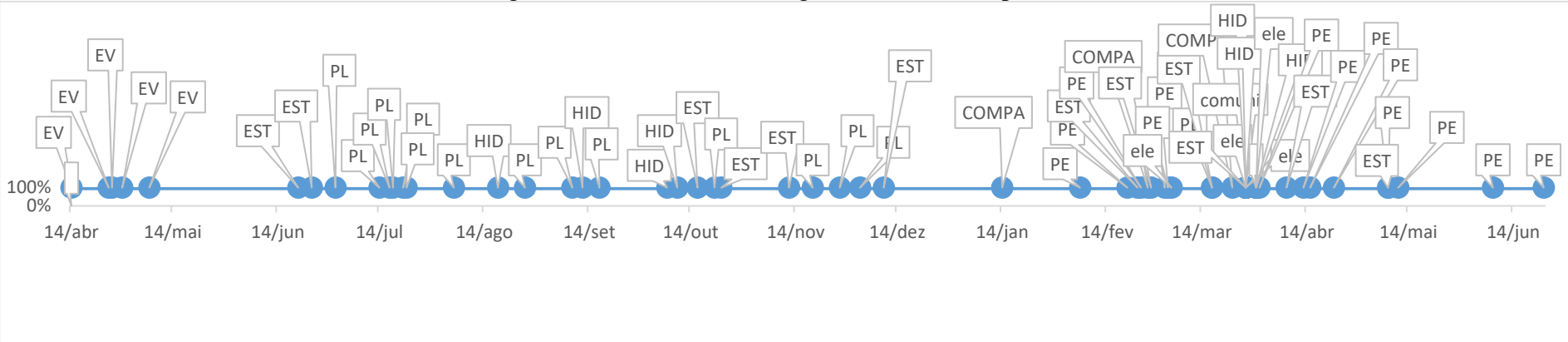
Durante o detalhamento, etapa denominada pela empresa estudo de caso como projeto executivo, são realizadas as compatibilizações de projeto de arquitetura com instalações e estrutura. Dessa forma, observa-se que a empresa na verdade está realizando a solução de interfaces. Durante este processo também são geradas várias versões de projeto.

4.2.1.1 Análise das entregas na linha do tempo

No início da linha do tempo da figura 19 verifica-se uma concentração de versões de Estudo de viabilidade (EV). Em seguida ocorre um intervalo seguido de entregas de projeto estrutural (EST). Imediatamente ocorrem entregas de projeto legal (PL) que representam a conclusão de cada documento que compõe o conjunto documental do projeto legal. Em seguida, versões de projeto hidráulico (HID) são intercaladas com projeto legal (PL). Aproximadamente no meio da linha do tempo novos documentos de projeto estrutural são entregues seguidos de novas versões de projeto legal. Após um intervalo inicia-se um trecho da linha do tempo com a maior concentração de entregas de projetos. Surge então a primeira compatibilização (COMPA) seguida de versões de projeto executivo (PE), projeto estrutural (EST), projeto elétrico (ELE), projeto hidráulico (HID) e outras versões de compatibilização.

No final da linha do tempo são geradas versões de projeto executivo.

Figura 19 – Análise das entregas estudo de caso piloto



Fonte: Elaborado pelo autor.

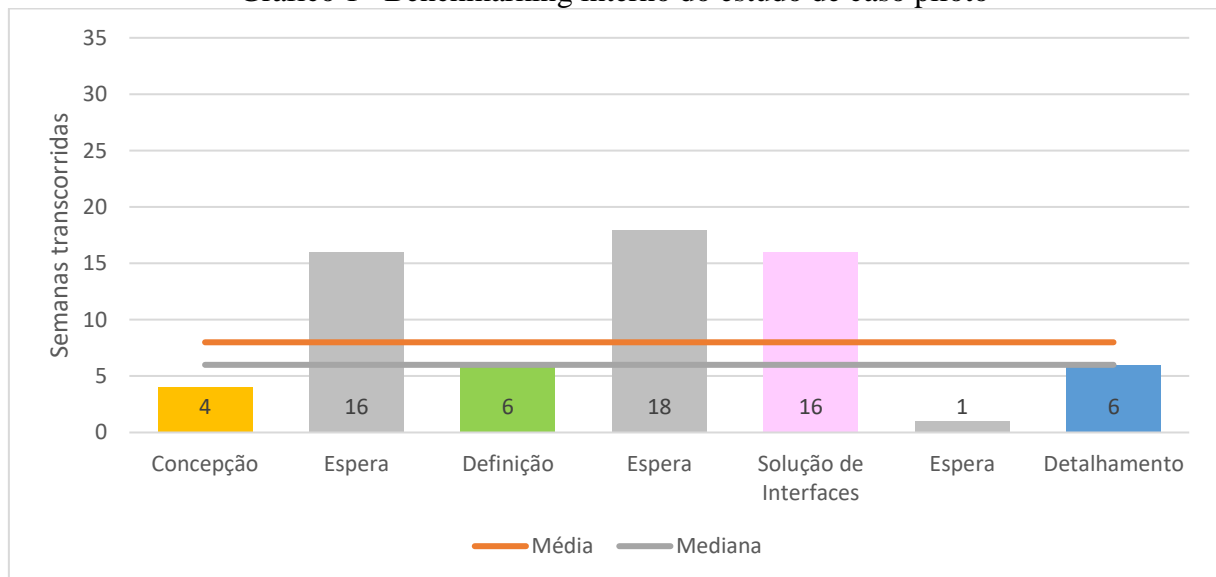
RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.2.1.2 Análise dos tempos de ciclo

O gráfico 1 apresenta a análise comparativa dos tempos necessários para realização de cada processo ou sub processo baseados nos dados coletados na empresa do estudo de caso piloto. Obteve-se os tempos de realização de cada atividade, através da análise das datas de emissão de documentos.

Dentre os processos aquele que demanda mais tempo é o de solução de interfaces. Observa-se que duas esperas, sendo uma anterior a definição e outra anterior a solução de interfaces, demandam mais tempo que os demais: concepção, definição e detalhamento.

Gráfico 1– Benchmarking interno do estudo de caso piloto



Fonte: Elaborado pelo autor.

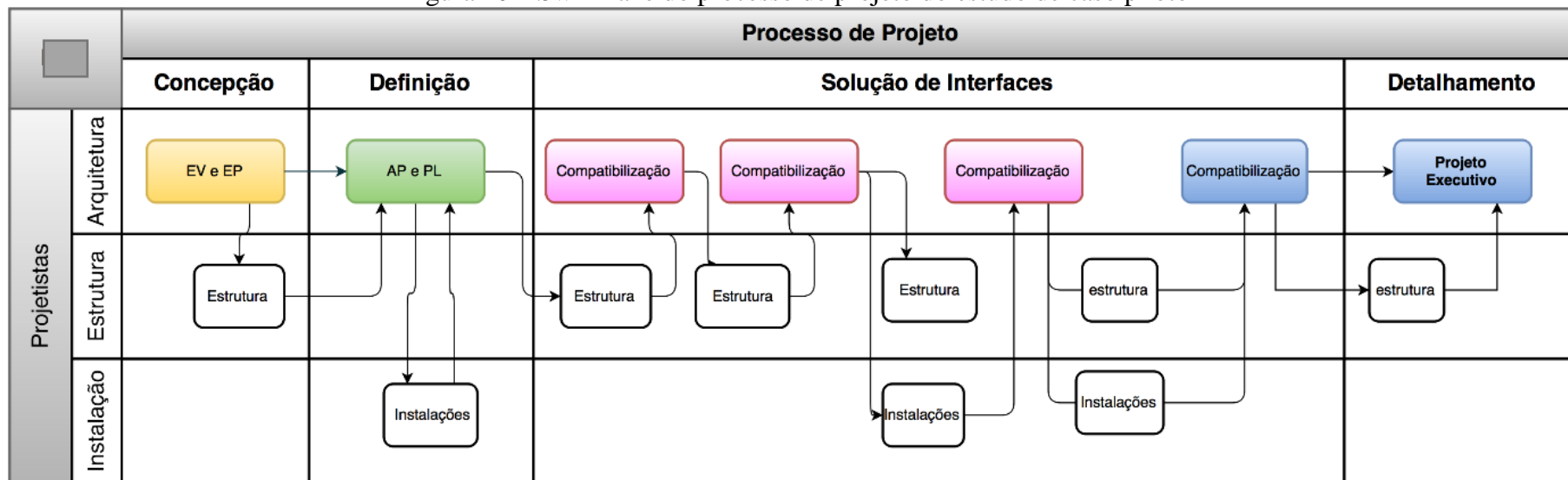
4.2.2 Swim lane

O *swim lane* do processo de projeto evidencia o fluxo de informações e as trocas entre os principais participantes ao longo das etapas (figura 21). Observa-se que após o processo de concepção com a conclusão do estudo de viabilidade e estudo preliminar o projeto é encaminhado para o projetista de estrutura. A etapa seguinte de definição amadurece o projeto com requisitos estes requisitos e troca mais uma vez, porém com outro participante, o projetista de instalações. Ao final da definição é produzido o anteprojeto e o projeto legal tendo sido consideradas informações de estrutura e instalações. Considera-se esta como uma prática

RESULTADOS E DISCUSSÕES

aprimorada em processo de projeto. Em seguida o projeto é enviado novamente para estrutura e ocorrem dois ciclos de troca entre arquitetura e estrutura. Na terceira troca o projeto segue em paralelo tanto para estrutura quanto para instalações contendo pedidos de modificação em função da coordenação das três disciplinas. Consideras estas trocas que ocorrem em dois ciclos as mais produtivas capazes de resolver realmente as questões de projeto por se basearem em uma visão completa de solução de interfaces. Após este esforço o projeto seguiu para detalhamento, mas devido inconsistências entre o levantamento e o terreno real modificações foi solicitada pelo cliente gerando uma nova troca com o projetista estrutural. E por fim foi concluído do detalhamento.

Figura 20 – Swim lane do processo de projeto do estudo de caso piloto



Fonte: Elaborado pelo autor.

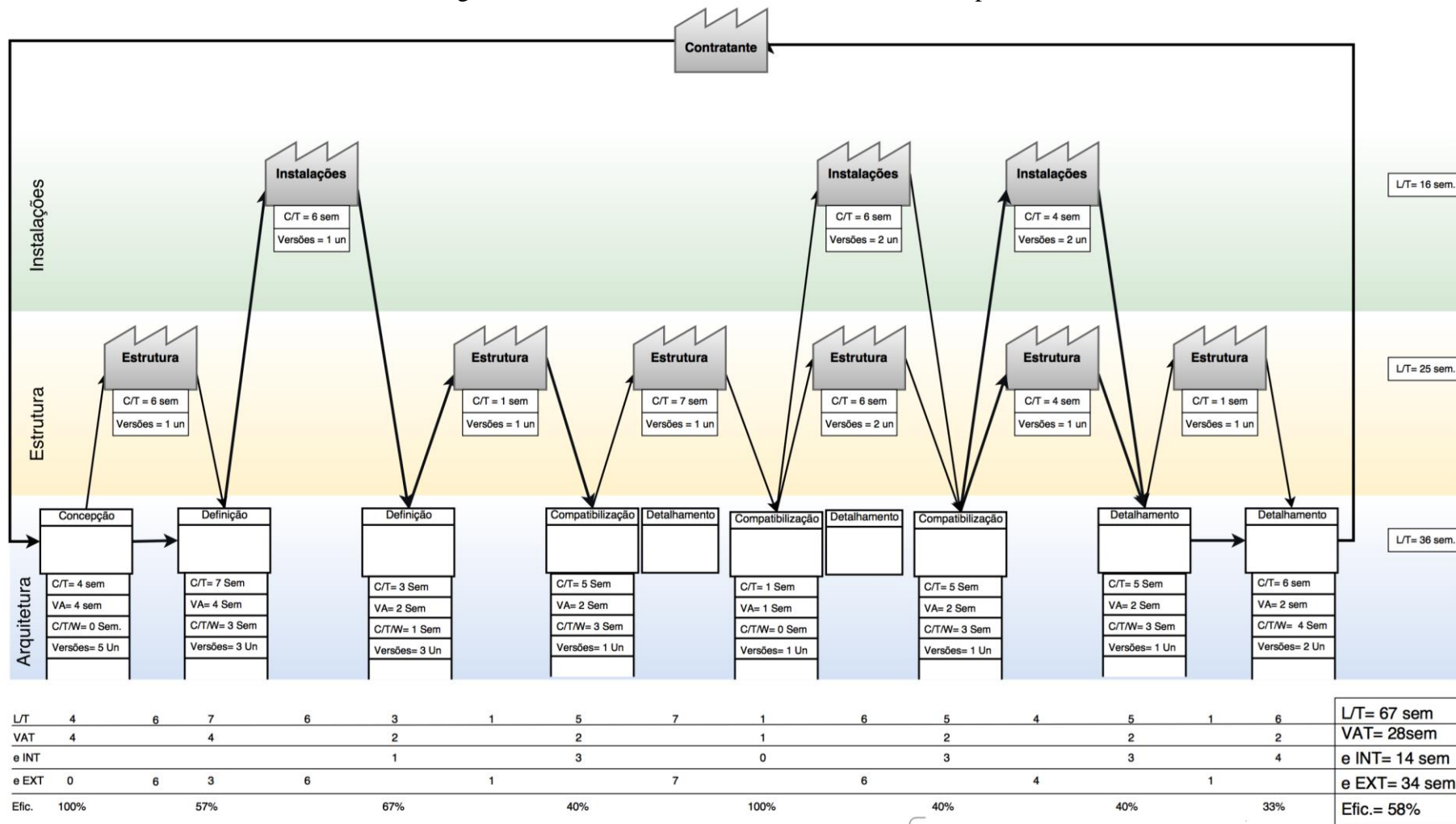
4.2.3 Mapeamento do fluxo de valor

4.2.3.1 Análise do mapa do estado atual

No mapa do fluxo de valor do estado atual (figura 22) é possível observar no canto inferior direito o quadro que informa que o Tempo de ciclo com valor agregado é 28 semanas, Lead Time é igual a 67 semanas, estão está claro que a parcela de Tempo de ciclo com valor agregado é muito menor. Existem desperdícios em tempo de ciclo de espera ao longo de todos os processos variando de 1 a 7 semanas e divididos em 3 tipos: interno; estrutura e instalações. Isso leva ao aumento, em parte desnecessário, do tempo de ciclo dos processos. O tempo de ciclo de espera interna é um tempo necessário, até certo ponto, para que o escritório de arquitetura possa terminar a atividade que desenvolve no evento da chegada de novas informações de projeto, mas deve ser planejado para que não se torne excessivo e contribua para que o tempo de ciclo da atividade a qual está associado não exceda a média de tempo das atividades do processo do processo. A principal restrição é o processo compatibilização devido a evidencia do desperdício *making-do* gerando retrabalho e vários ciclos ineficientes de trocas entre os participantes. Cada troca entre participantes gera um tempo de ciclo de espera externo e outro interno. Dessa forma, verifica-se a necessidade de planejar essas trocas a fim de serem minimizadas as esperas inerentes. Considera-se positivas as trocas realizadas com estrutura e instalações no início do processo para que o desenvolvimento da atividade definição possa considerar suas informações. Mas o fluxo realizado com uma troca inicial para estrutura e uma segunda troca para instalações contribuem para o aumento do tempo de ciclo de espera externo e para o aumento do tempo de ciclo do processo definição. Verifica-se aí uma oportunidade de melhoria na medida que o envio seja feito simultaneamente para estrutura e instalações.

A média dos tempos de ciclo dos processos equivale-se ao valor de 4,5 semanas. Estão acima deste referencial os tempos de ciclo dos processos: definição 1, compatibilização 1, compatibilização 3 e detalhamento. Nestes casos verifica-se que o tempo de ciclo de valor agregado encontrava-se abaixo da a média de tempo das atividades do processo e a atividade excedeu esse referencial em função de esperas internas. Dessa forma, verifica-se que estes processos demandam melhorias.

Figura 21 – MFV do estado atual do estudo de caso piloto



Tempo de ciclo de espera interno= 14 sem (21%)

Tempo de ciclo de espera externo= 34 sem (51%)

T/C/E/E estrutura= 25 sem (37%)
 T/C/E/E instalações= 16 sem (24%)
 T/C/E/E cliente= 0 sem (5%)

Média= 4,5 sem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3.2 *Análise do mapa com oportunidades de melhorias*

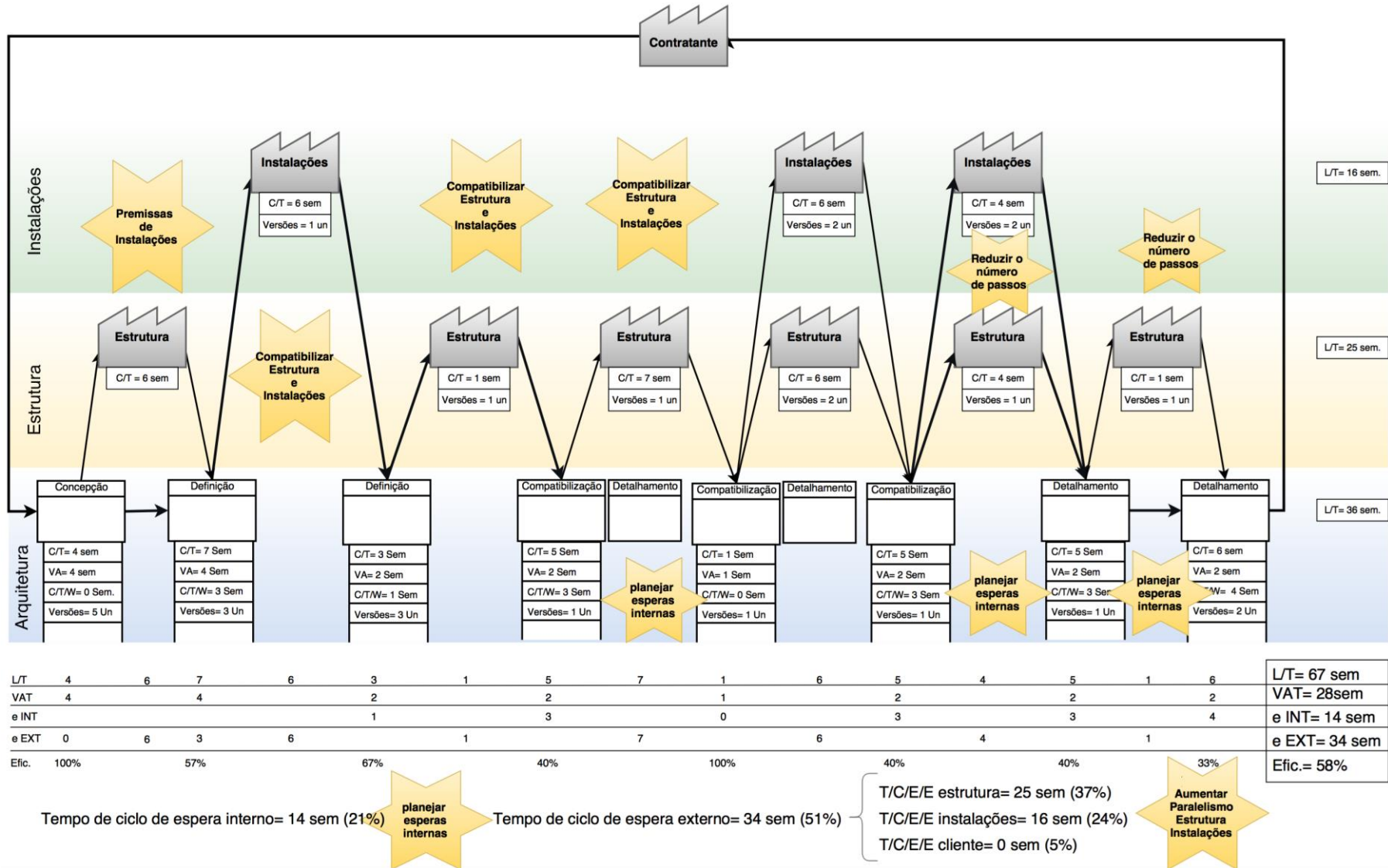
O mapa de oportunidades de melhorias foi desenhado para apresentar as sugestões e recomendações propostas para a melhoria do estado atual da produção (figura 23).

No fluxo propõe-se o encaminhamento para o projetista de instalações preparar as premissas de instalações simultaneamente ao projetista de estrutura. Propõe-se também que seja realizado o esforço de compatibilização simultâneo das disciplinas de estrutura e instalações dessa forma espera-se reduzir o número de passos referentes a cada troca entre projetistas e assim reduzir tempos de espera externos e internos.

Verifica-se a necessidade de planejar as esperas internas a fim de minimizar esse tipo de desperdício que aumenta o lead time. O recorte temático do trabalho não permite a proposição de interferência nos escritórios de instalações e estrutura, mas verifica-se que existe a possibilidade de eles trabalharem em paralelo a partir do encaminhamento do projeto de arquitetura que orientaria este fluxo simultâneo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 22 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso piloto



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3.3 *Análise do mapa do estado futuro*

Desenhou-se então o mapa do estado futuro (figura 24) respeitando-se as restrições e a tecnologia da empresa do estudo de caso piloto.

A partir da implementação das melhorias propostas espera-se que o lead time do processo reduza para 45 semanas, o equivalente a uma redução de 33%.

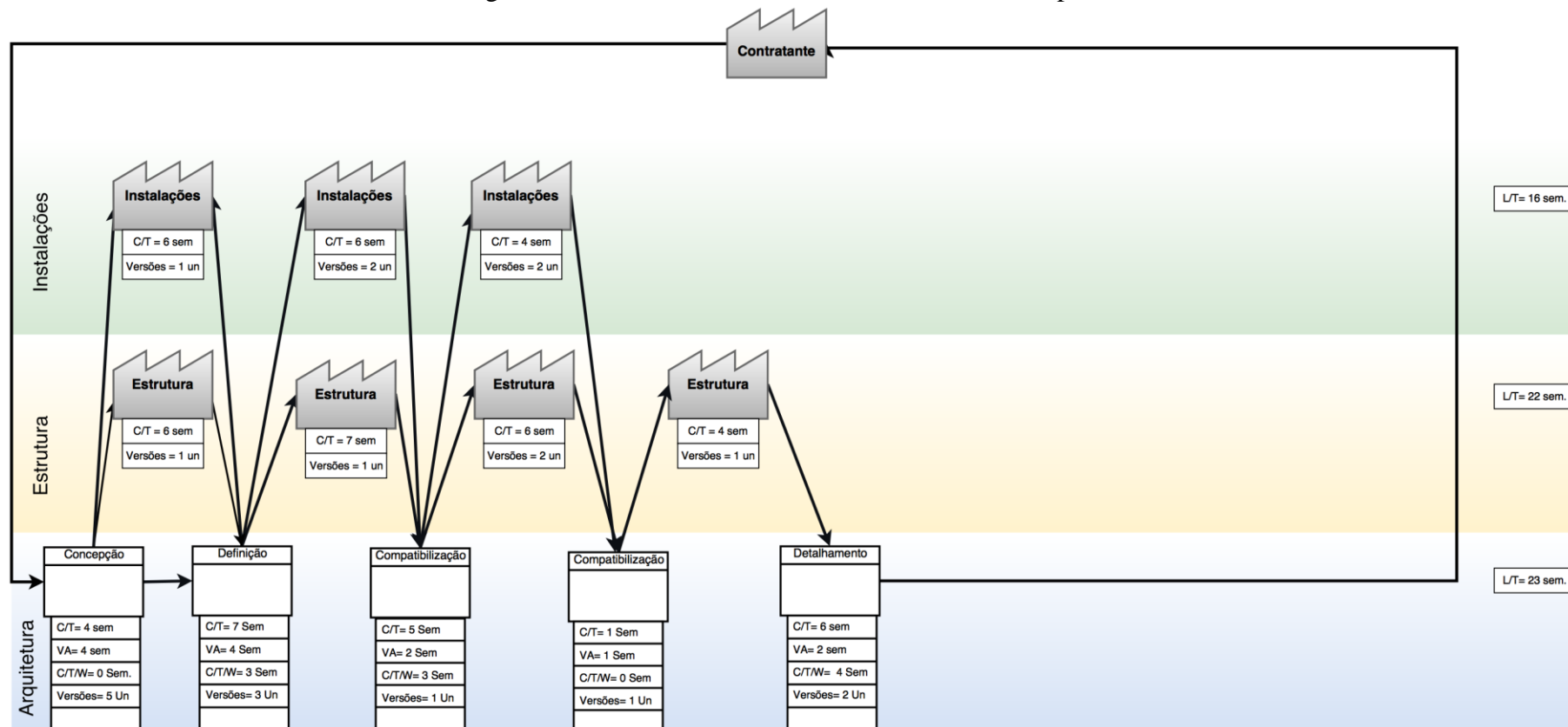
O novo fluxo ocorre o envio do projeto da atividade concepção para os projetistas de estrutura e instalações isso possibilitou a eliminação de um passo adicional que havia de definição na medida que a atividade pode ser realizada com todas as informações, eliminando assim o desperdício *making-do*.

O fluxo proposto possibilita a redução das esperas externas em 26% apenas orientando que os projetistas de estrutura e instalações trabalhem paralelo por meio do envio simultâneo das informações de arquitetura. A importância do planejamento das esperas internas possibilita o estabelecimento de limites para o tempo de ciclo de espera.

Nesta proposta estabeleceu-se o limite de duas semanas para que os arquitetos concluam as atividades que desenvolvem e retomem o projeto em espera. Essa proposta é realizada para que a média de tempo das atividades do processo fique equivalente ao somatório do tempo de ciclo de valor agregado com o tempo de ciclo de espera proposto.

Este planejamento que pode reduzir as esperas internas em até 57%.

Figura 23 – MFV do estado futuro do estudo de caso piloto



L/T	4	6	7	6	4	4	4	4	4	L/T= 45 sem
VAT	4		4		2		2		2	VAT= 14 sem
e INT					2		2		2	e INT= 6 sem
e EXT	0	6	3	6		4		4		e EXT= 25 sem
Efic.	100%		57%		50%		50%		50%	Efic.= 70%

Tempo de ciclo de espera interno= 6 sem (13%)

Tempo de ciclo de espera externo= 25 sem (56%)

T/C/E/E estrutura= 16 sem (36%)
 T/C/E/E instalações= 6 sem (13%)
 T/C/E/E cliente= 0 sem (0%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.4 Síntese do estudo de caso piloto

Apresentaram-se, de forma justa e rigorosa, os dados empíricos obtidos por meio da pesquisa no estudo de caso piloto.

O estudo de caso piloto demonstrou a existências de desperdícios do processo de projeto semelhantes aqueles que ocorrem no processo de construção conforme observado na literatura. Deixou em evidência desperdícios de espera, *making-do* e *work-in-process* nos processos de projeto. Evidenciou ainda a contribuição das ferramentas *lean* para o diagnóstico do processo de projeto. E permitiu o estudo propositivo de oportunidades de melhoria a luz do *lean design*. Verifica-se então a possibilidade de visualizar a replicação destes resultados em outros estudos de caso onde se espera que apresentem questões semelhantes.

4.2.5 Contribuições do estudo de caso piloto para pesquisa

O estudo de caso piloto permitiu o teste da ferramenta de pesquisa adotada e desenvolvida para este trabalho, fornecendo a base para o aprimoramento dos planos para coleta de dados tanto em relação ao conteúdo dos dados quanto aos procedimentos que devem ser seguidos. Ele forneceu uma visão considerável das questões básicas que estavam sendo estudadas (processo de projeto, ferramentas de diagnóstico *Lean*).

O método de coleta de dados pelo qual se obteve os resultados do estudo de caso piloto não estava plenamente desenhado no início da pesquisa. Na verdade, algumas técnicas foram testadas e não produziram resultados esperados ou foram incapazes de produzir dados que contribuíssem para a pesquisa.

Inicialmente adotou-se um protocolo de coleta de dados obtido na revisão de literatura (FREIRE; ALARCÓN, 2000, 2002). Porém, não se obteve sucesso na aplicação, isso se deu devido ao fato daquela pesquisa de referência utilizar as estratégias pesquisa-ação e observação participante, enquanto nesta se utiliza o estudo de caso. No caso da pesquisa com o uso das estratégias de pesquisa-ação e observação participante o pesquisador tem a oportunidade de coletar informações e dados de execução de atividades em tempo real. Nesta pesquisa de estudo de caso o pesquisador analisa eventos que já ocorreram referentes a processos de projeto já concluídos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As evidências documentais que haviam nos escritórios para permitir a análise dos eventos já ocorridos são as versões de projeto de cada etapa. Tais evidências permitem a análises dos tempos transcorridos ao longo da conclusão de cada etapa, mas não ilustram o que ocorre no escritório para o desenvolvimento de cada versão do projeto.

A tabela 2 representa o instrumento de coleta aplicado ao estudo de caso piloto que focava na etapa concepção. Nesta tabela se esperava coletar todos os tempos das atividades necessárias para elaboração de cada versão do estudo de viabilidade e as esperas que houvessem entre cada atividade. Havia uma expectativa positiva com relação a coleta de informações pois o tempo total transcorrido para elaboração de cada versão havia sido adquirido por meio da coleta das datas das entregas realizada por meio da análise documental. Porém, a distribuição do tempo em cada atividade (coleta de dados, projeto, revisão, correção, emissão) não poderia ser realizada por meio da análise documental, enquanto que nas entrevistas demonstrou-se ser impreciso. Neste momento verificou-se que o método que havia sido executado por meio da observação participante não poderia ser reproduzido por meio de uma pesquisa de estudo de caso com confiabilidade.

Tabela 1 – Coleta de dados de tempo do processo

		Concepção					
	Atividade	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	Total
1	Espera	0					0
2	Coleta de dados	3					3
3	Espera		5		0	2	7
4	Projeto		5			5	10
5	Espera						0
6	Revisão				1		1
7	Espera						0
8	Correção			1	1		2
9	Espera						
10	Emissão						
	Tempo total	3	10	1	2	7	23
	Tempo efetivamente trabalhado	3	5	1	2	5	16
	Tempo espera	0	5	0	0	2	7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Então revisou-se o instrumento de coleta com foco nas etapas e na metodologia que coleta eficaz aos dados que se poderia coletar com confiabilidade numa pesquisa de estudo de caso realizada após os fatos estudados terem ocorrido. Ganhou destaque o desperdício do tipo espera

entre das versões de projeto e desenvolveu-se uma análise do fluxo de informações para verificar se a qual quantidade da espera seria externa ou interna ao escritório de arquitetura.

4.3 Estudo de caso: Empresa B

A empresa B desenvolve projetos de arquitetura para edifícios residenciais, comerciais e públicos com quatro décadas de experiência profissional.

A equipe do projeto estudado é formada por profissionais nos cargos de: arquiteto diretor, arquiteto coordenador, arquiteto colaborador, estagiário de arquitetura e desenhistas. Estes profissionais participaram da elaboração de todos os produtos do projeto estudado. Fizeram parte do processo de projeto as seguintes etapas, segundo declarações obtidas em entrevistas com os participantes: estudo de viabilidade, projeto básico, projeto legal, projeto executivo.

O projeto escolhido para elaboração do estudo de caso foi um projeto de arquitetura para um edifício residencial de 88 apartamentos distribuídos em vinte e dois pavimentos tipos, contendo dois subsolos, térreo, mezanino e área de lazer. A área de projeto equivale a pouco mais de 18.300 m². Trata-se de uma obra projetada para ser construída em Fortaleza – CE.

4.3.1 Análise da linha do tempo

O somatório dos dias transcorridos de cada etapa totaliza um valor superior aos dias transcorridos da prestação de serviço. Isso evidencia que as etapas não são totalmente sequenciais, na medida que ocorrem alterações de projeto que interferem no documento de outra etapa.

A etapa de concepção é aquela com o menor tempo transcorrido equivalente a aproximadamente 20% do total. O processo de definição gera o projeto legal que é enviado ao órgão municipal que sofre alterações ao longo de todo o processo de projeto, seja por solicitação da análise municipal, seja por solicitação do cliente, seja em função de compatibilizações de projeto. A solução de interfaces desenvolve-se ao longo de 293 dias úteis e equivale a 49% da prestação de serviços. Está incluso o tempo dos escritórios de estrutura e instalações desenvolverem seus projetos e o tempo de análise de interferências pela empresa de arquitetura. Em seguida ao longo de 223 dias desenvolveu-se o detalhamento dos projetos, porém foi constatado que parte deste tempo são realizadas atividades de solução de interfaces e aguarda-

RESULTADOS E DISCUSSÕES

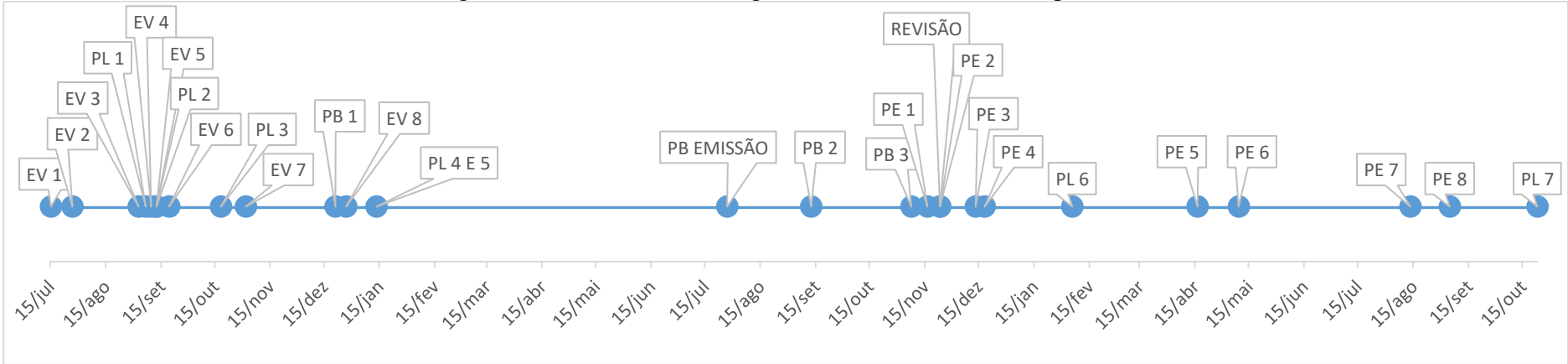
se versões de projetos de estrutura e instalações. Enquanto que apenas uma parte referente ao esforço final se caracteriza como detalhamento.

4.3.1.1 Análise das entregas na linha do tempo

O início da linha do tempo é marcado com a entrega de uma série de três versões de estudo de viabilidade seguida de um período de cinco meses de versões alternadas de projeto legal e novas versões de estudo de viabilidade (figura 25).

Após um intervalo de seis meses sem entregas de projeto de arquitetura inicia-se uma sequência de emissões de versões de projeto básico que representam a solução de interfaces e em seguida ocorre uma sequência de emissões de projeto executivo com intervalos longos de um a dois meses entre versões. Caracterizando assim a existência de espera entre entregas que pode ser interna ou externa.

Figura 24 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa B

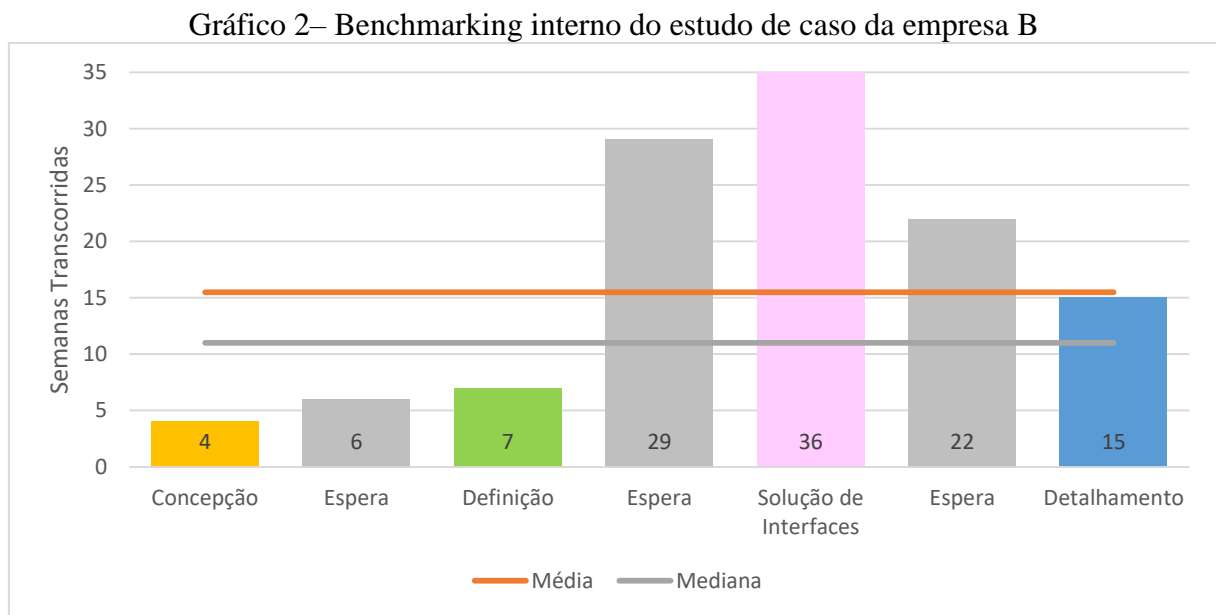


Fonte: Elaborado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1.2 Análise dos tempos de ciclo

O gráfico 2 demonstra as diferenças entre os tempos de cada atividade. Observe-se que as atividades iniciais de concepção e definição, inclusive a espera que ocorre entre elas, possuem o menor tempos de ciclo do processo. São inferiores à média e mediana dos tempos das atividades. Estas atividades, comparativamente rápidas, antecedem a maior espera e a atividade de maior tempo, que é a solução de interfaces. Atividade crítica com tempo maior que o dobro da média de tempo das atividades do processo. O tempo da atividade de detalhamento apresenta-se de acordo com a média de tempo das atividades do processo, mas a espera entre solução de interfaces e detalhamento encontra-se aparentemente excessiva na medida que excede a média dos tempos de ciclo. .



Fonte: Elaborado pelo autor.

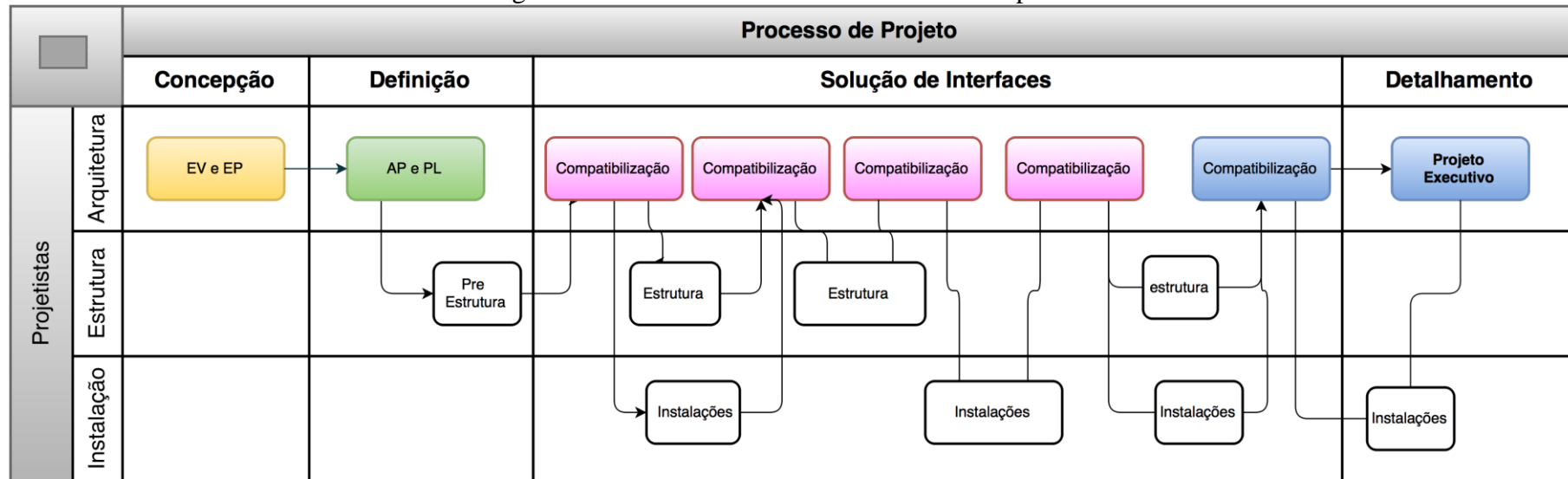
4.3.2 Swim lane

O fluxo de informações fica evidenciado demonstrando que o projeto segue da concepção para a definição sem a participação de projetistas de estrutura e instalações (figura 27). Após a conclusão da definição com o envio do anteprojeto e do projeto legal é realizada a primeira troca com os projetistas, iniciando pelo projeto estrutural. Após a realização da primeira compatibilização, ocorre uma troca com os projetistas de estrutura e instalações. A segunda compatibilização que poderia ser realizada considerando os projetos de estrutura e instalações

RESULTADOS E DISCUSSÕES

é de fato feita considerando apenas estrutura. E depois novo esforço é feito para compatibilizar instalações. Nesse momento o fluxo evidencia desperdícios de *making-do* e retrabalho na medida que são realizados ciclos de compatibilização que não consideram todas as informações necessárias o que leva a necessidade de novas modificações de cada disciplina. Na sequência é realizada nova compatibilização e emitidas solicitações de modificação para estrutura e instalações. Por fim, verificou-se a necessidade de mais uma troca com o projeto de instalações e, depois de mais uma entrega desse, foi concluído o detalhamento do projeto de arquitetura.

Figura 25 – Swim lane do estudo de caso da empresa B



Fonte: Elaborado pelo autor.

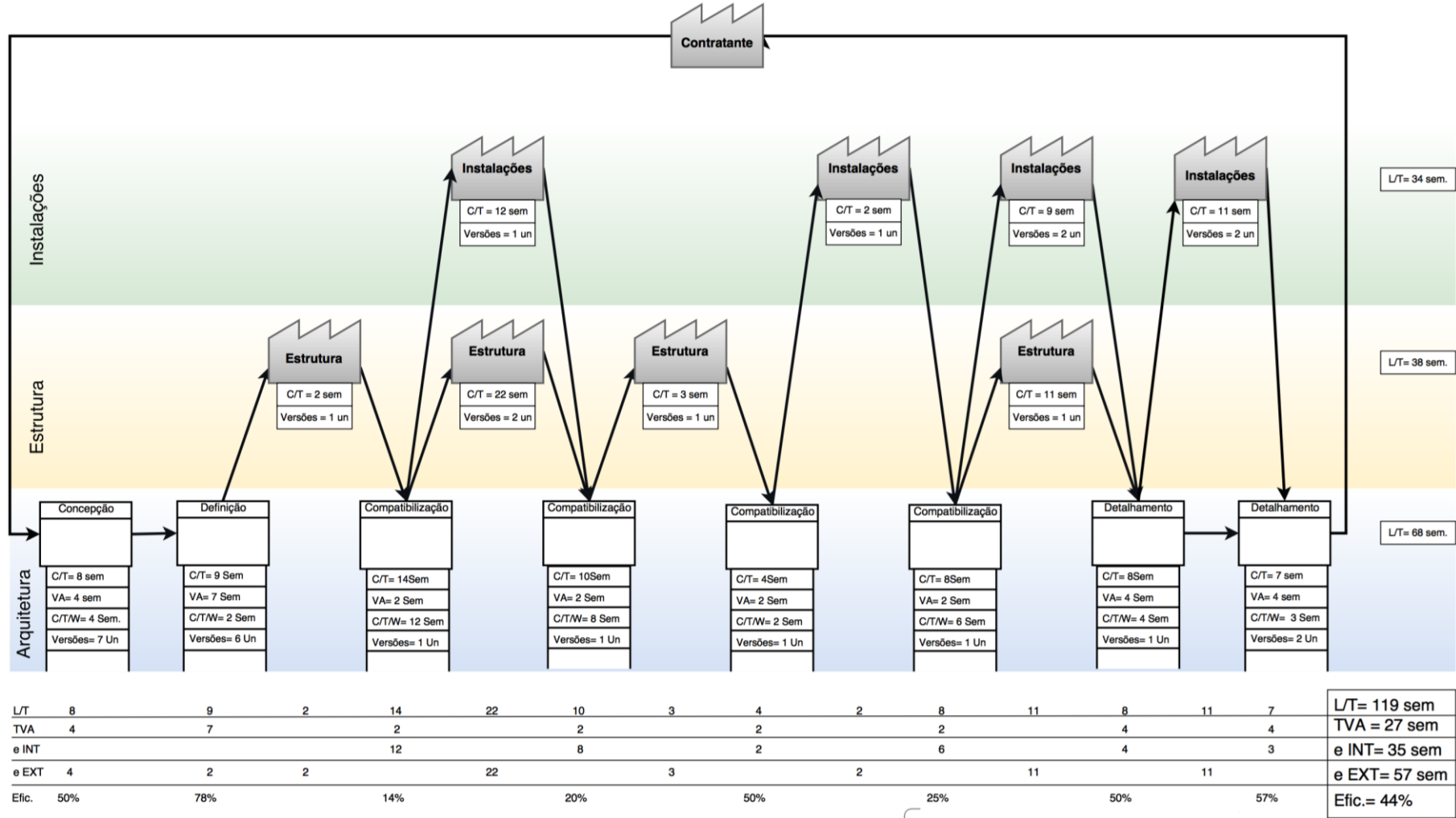
4.3.3 Mapeamento do fluxo de valor

4.3.3.1 Análise do mapa do estado atual

No quadro resumo do MFV do estado atual situado no canto inferior direito da figura 28 é possível observar a grande diferença entre o tempo de ciclo de valor agregado que é 27 semanas com o lead time (L/T) que equivale a 119 semanas. Verifica-se que mais de 70% do tempo total equivale a tempo de ciclo de espera, seja ela interna ou externa, com grandeza variando de duas a doze semanas. Calculando a média de tempo das atividades do processo obtêm-se o valor de 8,5 semanas. Os tempos de ciclo de grandeza superior a média de tempo das atividades do processo representam expõem os processos críticos que estão passíveis de melhorias, são eles: definição, compatibilização 1 e compatibilização 2. Nestes casos verifica-se que o tempo de ciclo de valor agregado encontrava-se abaixo da média de tempo das atividades do processo e a atividade excedeu esse referencial em função de esperas internas. Verificou-se ainda que algumas esperas externas excediam este referencial, mas como não se pretende interferir no processo de projeto dos escritórios de estrutura e instalações, verifica-se que o escritório de arquitetura tem a possibilidade de enviar o projeto simultaneamente e assim fazer com que esta espera ocorra em paralelo.

O fluxo demonstra as consecutivas repetições da atividade compatibilização são evidências do desperdício *making-do* no momento que realizam a solução de interfaces com a interação de apenas uma disciplina. Observa-se também que cada troca causa um tempo de ciclo de espera externa e interna, isso corrobora para a necessidade de redução do número de trocas. E para que não haja queda na qualidade do projeto verifica-se que isto pode ser alcançado com a compatibilização de duas disciplinas ao invés de compatibilizar separadamente projetos de estrutura e instalações. Verifica-se a evidência prática no estudo de caso da possibilidade deste tipo de fluxo, pois o mesmo ocorre duas vezes no fluxo.

Figura 26 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa B



Tempo de ciclo de espera interno= 35 sem (29%)

Tempo de ciclo de espera externo= 57 sem (48%)

T/C/E/E estrutura= 32,5 sem (27%)
 T/C/E/E instalações= 18,5 sem (16%)
 T/C/E/E cliente= 6 sem (5%)

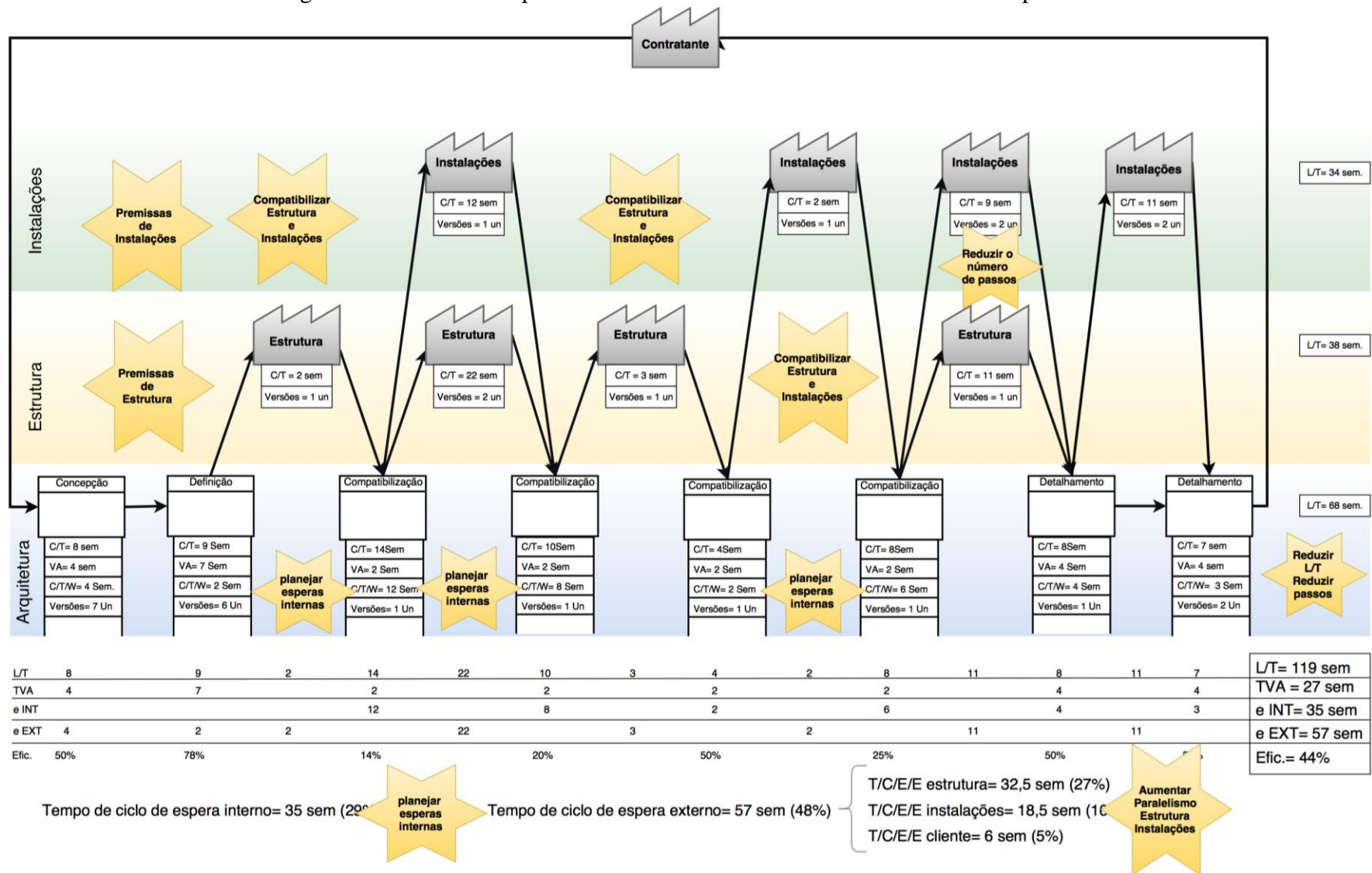
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3.2 *Análise do mapa com oportunidades de melhorias*

Por meio do mapa de melhorias (figura 29) destaca-se as propostas e recomendações para implementação de mudanças visando combater as questões identificadas como desperdício.

Logo no início do fluxo se propõe que seja produzido pelos escritórios de projeto estrutural e de instalações informações denominadas como premissas de projeto. E baseadas nelas o escritório de arquitetura possa desenvolver a definição do projeto. Nesta etapa seria produzido um projeto mais eficiente o que poderia proporcionar uma redução nas trocas necessárias do processo de solução de interfaces. Identificaram-se alguns ciclos onde o projetista de arquitetura faz o envio para apenas um dos outros projetis, e outros ciclos onde é realizado o envio simultâneo tanto para estrutura, quanto para instalações. Recomenda-se a padronização do envio simultâneo e com isso possa ser realizado o esforço de solução de interfaces de ambos. Isso contribui para diminuição de passos, e diminuição de tempos de espera. Propõe-se ainda o planejamento das esperas internas para que o tempo de ciclo das atividades não seja tão afetado como está sendo no estado atual pelas esperas.

Figura 27 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa B

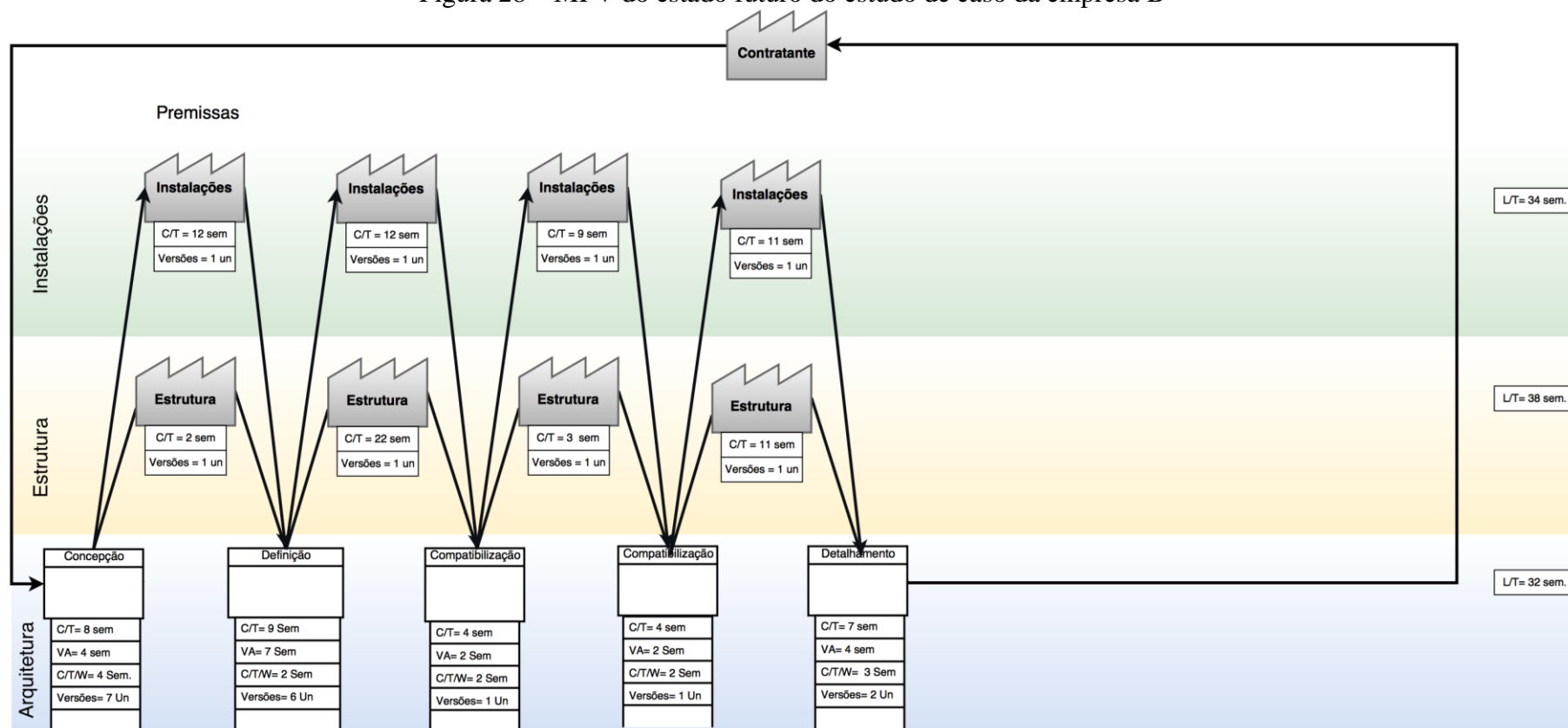


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3.3 *Análise do mapa do estado futuro*

O fluxo proposto no MFV do estado futuro combate principalmente as ineficientes trocas entre arquitetura e apenas uma disciplina (figura 30). Verifica-se a possibilidade de reduzir o número de passos e o lead time do processo de projeto, sem interferir nos escritórios de estrutura e instalações. O envio simultâneo promove que estes projetistas trabalhem em paralelo e mesmo que os seus tempos de ciclo não sejam sincronizados com a média de tempo das atividades do processo observa-se ganhos de tempo, pois o tempo transcorrido não é equivalente ao somatório do tempo de projetos dos dois escritórios, mas sim equivale ao tempo de maior duração. O envio simultâneo possibilita a compatibilização simultânea o que eleva o nível da eficiência do processo de compatibilização e combate desperdícios de *making-do* e retrabalho. Além de minimizar as esperas externas e internas inerentes a cada troca de projeto. Propõe-se o planejamento das esperas internas de modo que o tempo de ciclo não exceda a média de tempo das atividades do processo, baseado nisso foi definido o tempo de duas semanas para que o arquiteto possa terminar as atividades que desenvolve e retome o projeto que estava em espera. As implementações das melhorias propostas podem produzir um estado futuro com a redução de 28% do tempo total, conforme demonstrado.

Figura 28 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa B



L/T	8	12	9	22	4	9	4	11	7	L/T= 86 sem
VAT	4		7		2		2		4	VAT= 19 sem
e INT					2		2		3	e INT= 9 sem
e EXT	4	12	2	22		9		11		e EXT= 54 sem
Efic.	50%		78%		50%		50%		57%	Efic.= 68%

Tempo de ciclo de espera interno= 9 sem (10%)

Tempo de ciclo de espera externo= 54 sem (63%)

T/C/E/E estrutura= 27,5 sem (32%)
 T/C/E/E instalações= 26,5 sem (31%)
 T/C/E/E cliente= 4 sem (5%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.4 Síntese do estudo de caso da empresa B

O estudo de caso demonstrou a aplicabilidade das ferramentas lean no diagnóstico do processo de projeto.

Uma série de questões puderam ser expostas por meio dos resultados, em especial, os principais desperdícios do fluxo do processo de projeto.

A metodologia adotada permitiu mapear-se como funciona o processo de projeto. Questões relatadas nas entrevistas semi estruturadas como espera e retrabalho ficaram evidenciadas pelas figuras elaboradas a partir da análise documental.

Ficou explícito como ocorrem as esperas. E verificou-se a presença do desperdício *making-do*. A análise baseada em localização deixou evidente o *work-in-process* no processo de projeto.

Identificaram-se oportunidades de melhoria capazes de trazer grande contribuição prática para o estudo de caso.

4.4 Estudo de caso: Empresa C

A empresa C possui mais de vinte e cinco anos de experiência e desenvolve projetos de arquitetura voltados para o mercado imobiliário, edificações públicas, hotelaria e urbanismo.

A equipe de projeto é formada por quatro experientes profissionais arquitetos, dois quais, dois arquitetos que desenvolvem o estudo preliminar e o projeto legal, enquanto outros dois desenvolvem a compatibilização de projetos e o projeto executivo.

O projeto escolhido para a realização do estudo de caso foi um projeto de arquitetura de um edifício residencial de 46 apartamentos distribuído em vinte e três pavimentos tipos, contendo um subsolo, térreo, mezanino, um salão de festa e uma área de lazer. A área de projeto equivale a pouco mais de 17.500 m². Trata-se de uma obra projetada para ser construída no município de Fortaleza - CE.

4.4.1 Análise da linha do tempo

Verificou-se que o total de dias transcorridos entre as datas de entrega de projeto inicial e final foi inferior ao somatório de dias de cada etapa. Dessa forma, verifica-se que as etapas não

RESULTADOS E DISCUSSÕES

totalmente sequenciais e versões atualizadas são geradas para documentos gerados em uma etapa anterior ao longo do processo de projeto.

A etapa concepção representa apenas 10% do tempo da prestação de serviços. Porém a quantidade de versões de projeto geradas nesta etapa evidencia que se trata de uma etapa de grande esforço do projeto de arquitetura a fim de adequar o projeto às necessidades do contratante.

A definição do projeto apesar de representar 30% do tempo do projeto é aquela que a empresa consegue realizar o menor número de versões (2 versões). Este tempo refere-se em parte ao desenvolvimento do projeto legal internamente e da análise de projeto pelo órgão municipal.

A etapa de maior tempo transcorrido é a solução de interfaces. Neste estudo de caso verificou-se um grande intervalo de tempo entre as versões de projeto que evidencia a possibilidade do projeto ter ficado parado aguardando o posicionamento do contratante sobre uma definição de projeto que interferia na estrutura e no sistema de instalações prediais.

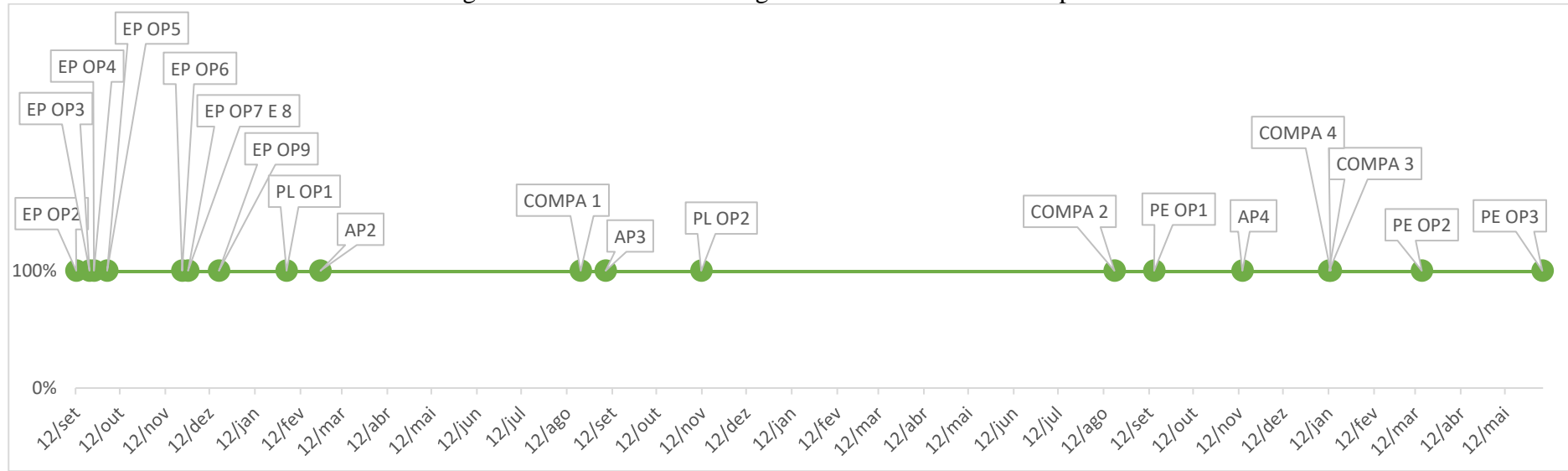
No processo detalhamento verificou-se um intervalo longo que caracterizou tempo externo aguardando desenvolvimento de projetos de estrutura e instalações equivalente a aproximadamente 70% do tempo da etapa.

4.4.1.1 Análise das entregas na linha do tempo

A linha do tempo inicia com uma série de versões de estudo preliminar (EP), sendo que algumas com datas muito próximas e outras com intervalos de espera que podem chegar a um mês (figura 31). Essas esperas representam o tempo aguardando definição do cliente sobre as versões de projeto apresentadas. Após um pequeno intervalo de tempo é gerada a primeira versão do projeto legal (PL) que é enviada ao órgão municipal. Logo em seguida é emitido o anteprojeto (AP) e enviado ao projetista estrutural. Após um longo intervalo de cinco meses é emitida a primeira versão de compatibilização (COMPA). Parte deste tempo representa o esforço externo do projetista estrutural e emitir a versão do projeto, inclui o tempo de espera do cliente em aprovar ou pedir revisões e inclui ainda o tempo do escritório de arquitetura em emitir seu relatório para compatibilização do projeto de arquitetura com o de estrutura. Nesse momento é gerada ainda uma versão nova para o anteprojeto (AP) que é submetida ao contratante, mas também é enviada para o projetista estrutural. Aproximadamente no meio da linha do tempo é notório o início de um longo intervalo de tempo transcorrido que ocorreu no estudo de caso sem entrega de projetos. Verifica-se que aparentemente o projeto ficou parado aguardando o posicionamento do cliente. Em seguida, inicia-se uma fase com várias versões de compatibilização (COMPA) e de projeto executivo. Sendo que esta fase final é marcada por entregas espaçadas por um mês de diferença o que representa uma espera por informações de projeto estrutural ou instalações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

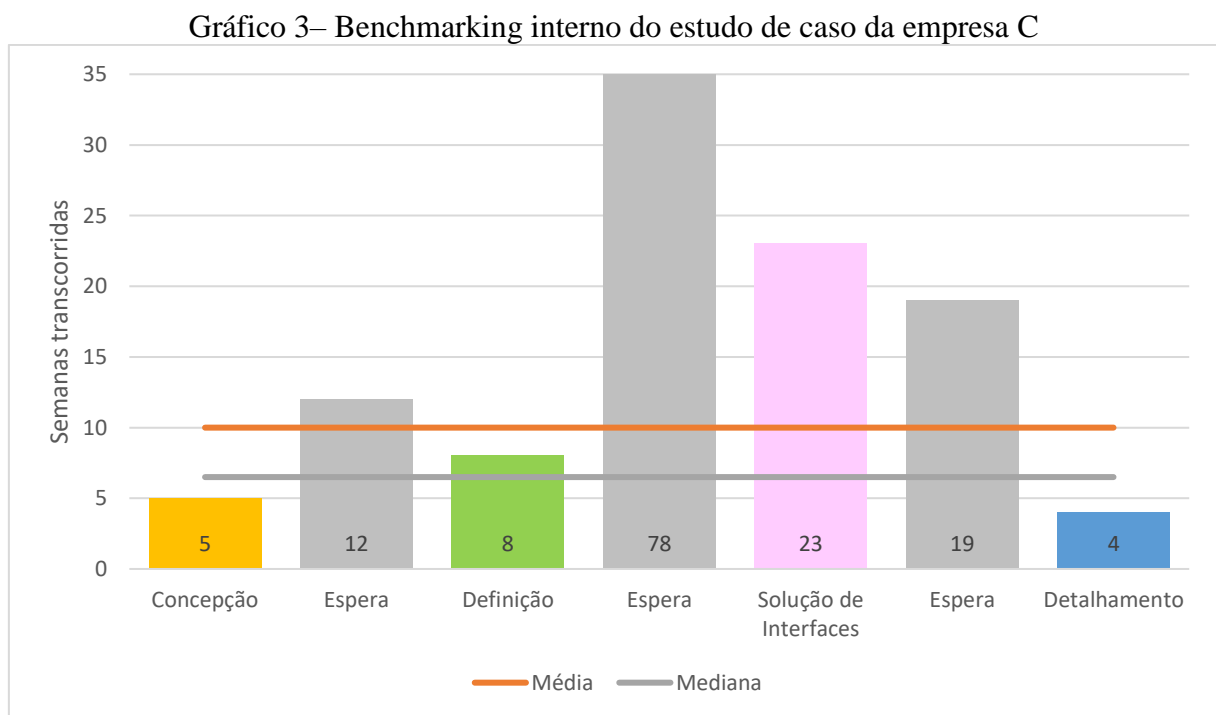
Figura 29 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa C



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.1.2 Análise dos tempos de ciclo

Realizando-se uma análise comparativa entre os tempos de ciclo é possível notar uma grande diferença entre eles (gráfico 3). Destaca-se a grande espera que ocorreu entre as atividades de definição e solução de interfaces, cuja a grandeza excede a marcação do eixo vertical. Optou-se por apresentar o gráfico dessa forma para que fosse possível observar as diferenças entre as demais atividades que ficariam mascaradas pela grandeza da referida espera. Evidencia-se então a atividade de solução de interfaces como aquela de maior tempo de ciclo, seguida pela espera que antecede o detalhamento. É possível notar também que a espera entre concepção e definição excede o limite do tak time. Enquanto que as atividades de concepção, definição e detalhamento se encontram equilibradas com a mediana dos tempos.



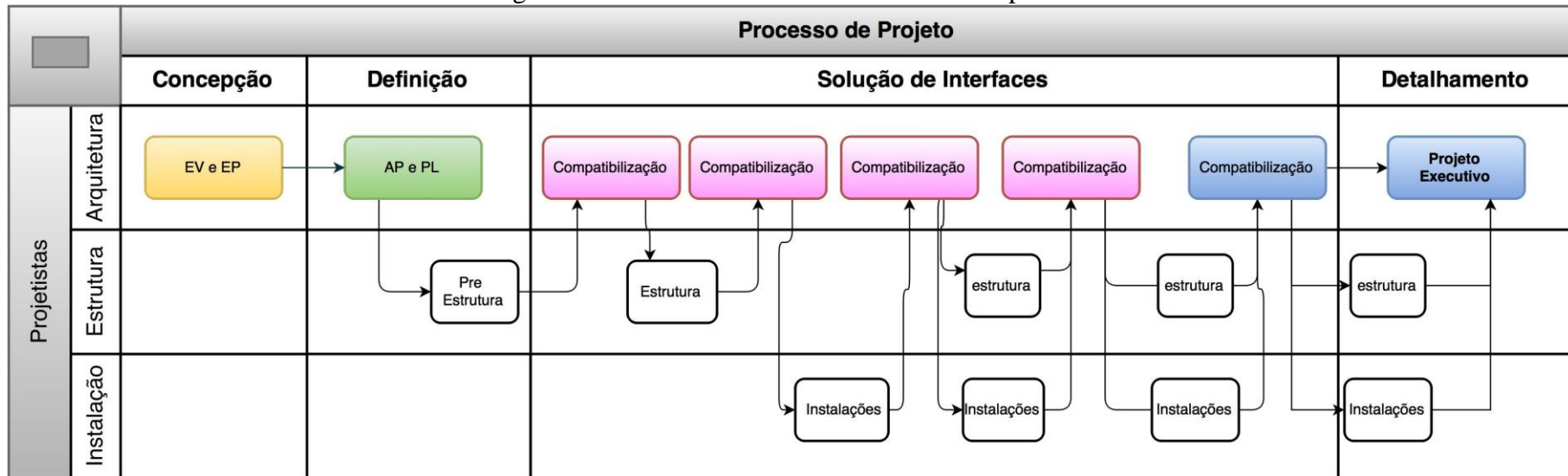
4.4.2 Swim lane

O swim lane demonstra que o projeto segue da etapa concepção para definição sem haverem trocas com os demais projetistas (figura 33). Após a conclusão do anteprojeto e do projeto legal o projeto é encaminhado para a primeira troca com o projetista de estrutura. Em seguida ocorre a primeira compatibilização e o projeto retorna para o desenvolvimento de nova versão do

RESULTADOS E DISCUSSÕES

projeto estrutural. Só então após um segundo esforço de solução de interfaces o projeto é enviado para o desenvolvimento dos projetos de instalações. Somam-se então três ciclos de trocas com esforços de solução de interfaces que consideram arquitetura com apenas uma disciplina. Estes ciclos são evidências de desperdícios do tipo *making-do* na medida que são realizadas atividades em considerar todas as informações necessárias. São ciclos de trabalhos ineficientes que deixam questões sem serem analisadas o que gera retrabalho e aumento do tempo de processo de projeto. Posteriormente inicia-se uma sequência de três ciclos de trocas entre arquitetura e ambos os outros projetos. considera-se que aí está a evidência de uma sequência de interações que permite uma solução de interfaces mais abrangente que conduz o projeto para o amadurecimento. Finalmente o projeto segue para detalhamento final.

Figura 30 –Swim lane do estudo de caso da empresa C



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3 Mapeamento do fluxo de valor

4.4.3.1 Análise do mapa do estado atual

O MFV do estado atual deixa evidente a grande diferença entre as 23 semanas de tempo de ciclo de valor agregado e as 149 semanas do tempo total do projeto, o que pode ser observado no quadro resumo situado no canto inferior direito (figura 34).

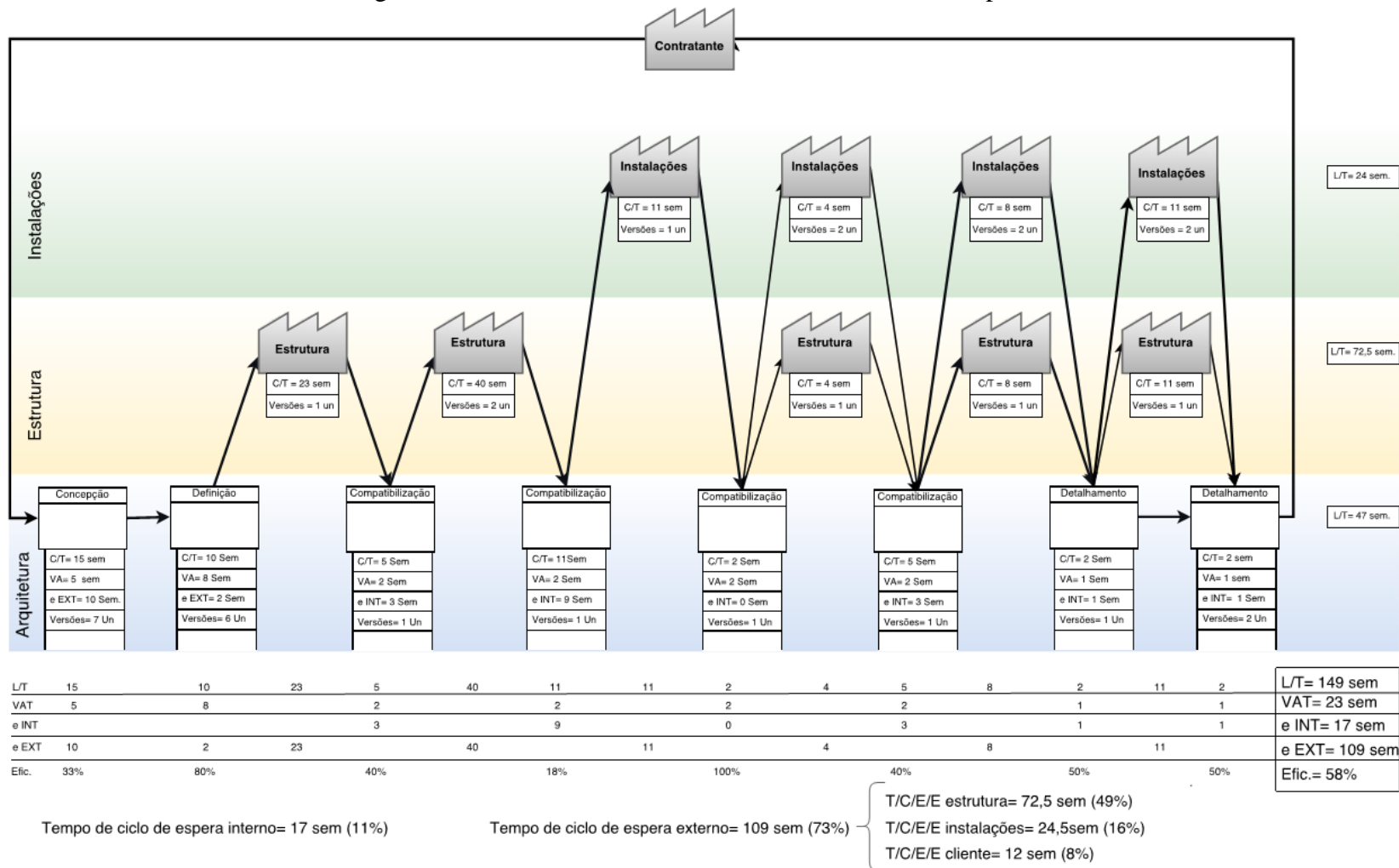
Isso demonstra que o escritório de arquitetura utiliza apenas 15% do tempo total para agregar valor ao projeto e os outros 85% do tempo o projeto está em espera, ora aguardando posicionamento do cliente, ora em desenvolvimento de projetos de estrutura ou instalações e ora em espera interna do escritório de arquitetura. O mapeamento do fluxo de valor contribui para apresentar como o processo de projeto funcionou neste estudo de caso. O fluxo demonstra por meio das repedias atividades de compatibilização que a etapa de solução de interfaces é a principal restrição do processo de projeto. Observa-se dois momentos distintos, primeiramente são realizadas trocas com apenas um dos projetistas, ou estrutura ou instalações. Em seguida, ocorrem uma sequência de trocas simultâneas que culminam na resolução das questões e o seguimento do projeto para detalhamento. Considerando a média de tempo das atividades do processo de arquitetura destacam-se três que tiveram tempos de ciclo superiores a esse referencial, são eles: concepção, definição e compatibilização 2. Analisando-se estes processos verifica-se que o tempo de ciclo de valor agregado de concepção e compatibilização encontram-se abaixo do desse referencial, porém a espera que ocorreu durante o desenvolvimento aumentou o tempo do processo. Por outro lado, verificou-se que a definição realmente demandou um tempo maior que a média dos demais, mesmo excluindo-se a espera que ocorreu naquela atividade.

O tempo de ciclo de espera externo, apesar de necessário para análise e aprovação do cliente e desenvolvimento dos projetos de estrutura e instalações demonstrou-se muito excessivo. As duas primeiras trocas realizadas com o projetista de estrutura consumiram, respectivamente, 23 e 40 semanas, que somadas representam 42% do tempo total do processo de projeto. Considera-se estes eventos como críticos e os principais causadores do longo tempo do processo de projeto. Não foram investigados profundamente por terem sido classificados como fora do recorte temático, na medida que ocorreram na interface do projeto de estrutura com o contratante.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Porém se verifica a evidência de *making-do* nas trocas com apenas um projetista, tendo origem no envio do projeto de arquitetura. Considera-se uma boa prática o fluxo do envio simultâneo e dessa forma, observa-se a oportunidade de modificar o fluxo.

Figura 31 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa C



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3.2 *Análise do mapa com oportunidades de melhorias*

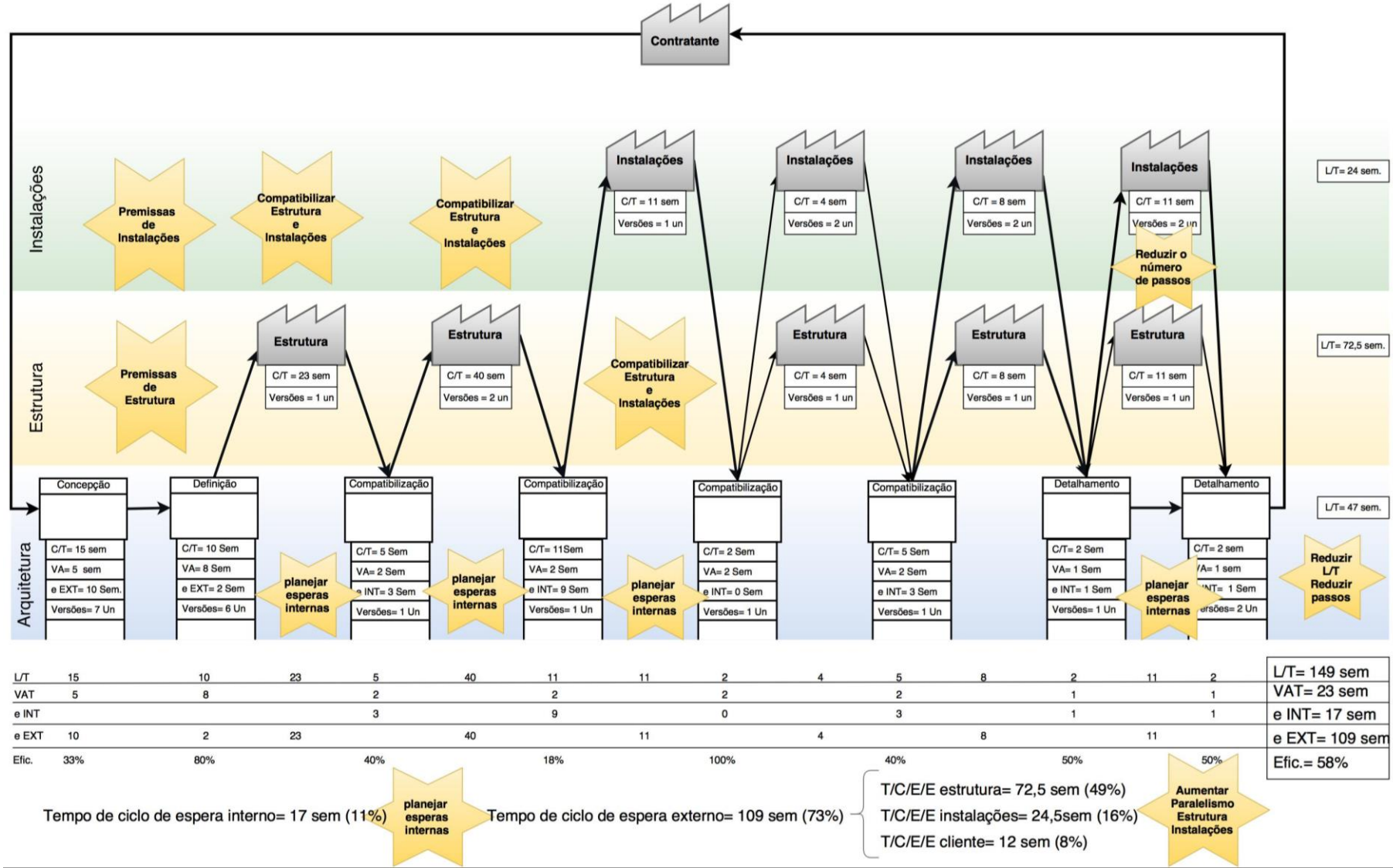
As oportunidades de melhoria apresentadas na figura 35 destacam a necessidade de repensar o fluxo de informações e a partir disso obter melhorias no processo de projeto.

Propõe-se que sejam emitidas as premissas de estrutura e instalações após a aprovação da concepção do projeto. Dessa forma a etapa definição pode ser realizada considerando estas informações. Em seguida verifica-se a oportunidade da troca simultânea de arquitetura para estrutura e instalações desenvolverem seus projetos. Com isso se espera reduzir o número de passos, especialmente as esperas externas por apenas um projetista e esperas internas de compatibilização de arquitetura com apenas um projeto.

Apesar do principal problema estar relacionado com esperas externas verifica-se a possibilidade da realização de planejamento do tempo de ciclo das esperas internas, pois eles variam de 1 a 9 semanas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 32 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa C



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3.3 *Análise do mapa do estado futuro*

O mapa de fluxo proposto para o estado futuro expressa as oportunidades de melhoria sugeridas e apresenta os possíveis ganhos desde que implementadas as modificações no processo de projeto (figura 36).

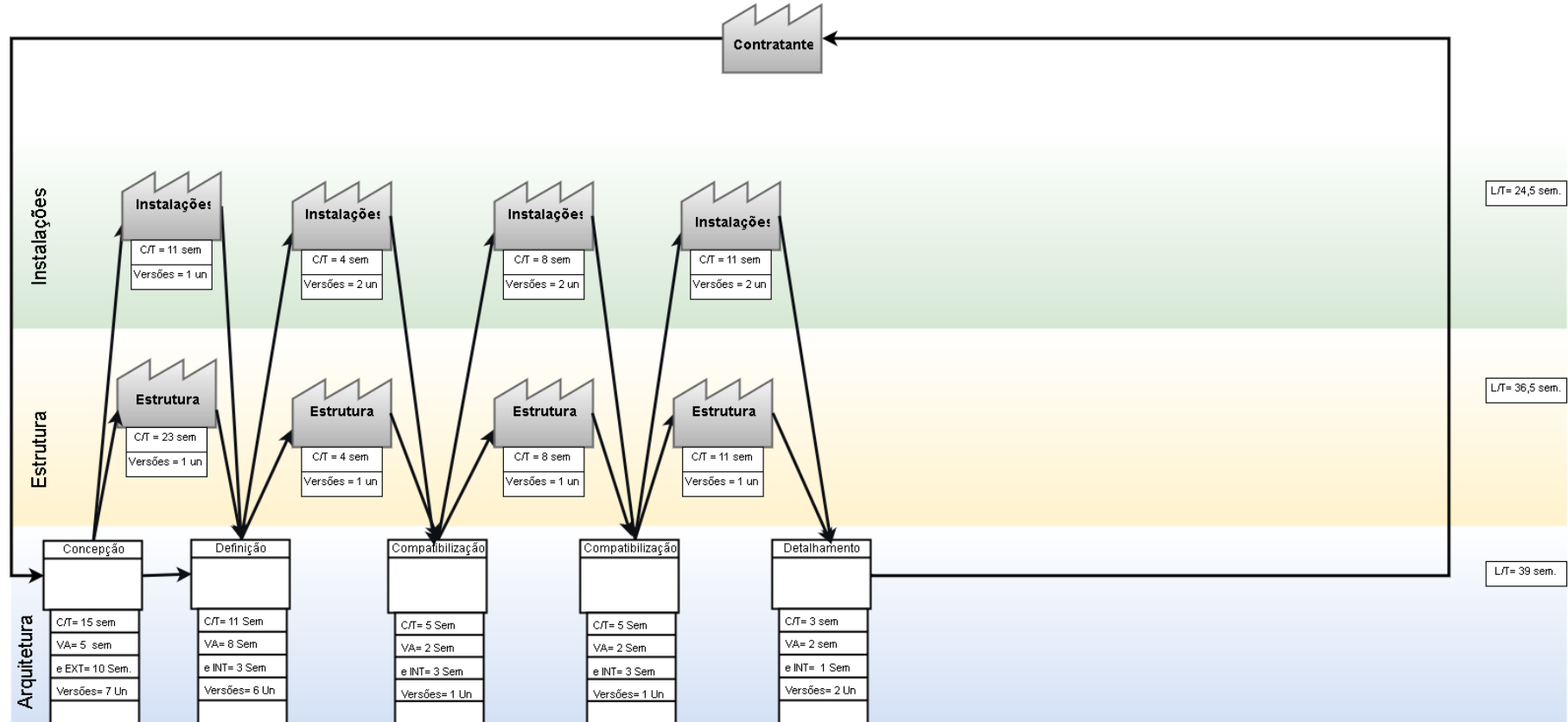
A mudança mais evidente é o fluxo simultâneo entre estruturas e instalações.

Observa-se que o tempo transcorrido em espera externa é reduzido drasticamente, primeiro em da simultaneidade de estrutura e instalações, segundo em função da eliminação de um dos tempos de ciclo de estrutura que se considerou um caso em que o projeto na verdade foi paralisado pelo cliente.

O envio e a análise dos projetos de estrutura e instalações em simultâneo pelo projetista de arquitetura proporciona a redução do número de passos que gera a redução de 41% do tempo de ciclo de espera interno e a redução de 17% do tempo das atividades de arquitetura.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 33 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa C



L/T	15	23	11	4	5	8	5	11	3	L/T = 85 sem
VAT	5		8		2		2		2	VAT = 19 sem
e INT					3		3		1	e INT = 10 sem
e EXT	10	23	3	4		8		11		e EXT = 56 sem
Efic.	33%		73%		40%		40%		67%	Efic. = 66%

Tempo de ciclo de espera interno= 10 sem (12%)

Tempo de ciclo de espera externo= 56 sem (66%)

T/C/E/E estrutura= 36,5 sem (43%)
 T/C/E/E instalações= 24,5sem (29%)
 T/C/E/E cliente= 10 sem (12%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.4 Síntese do estudo de caso da empresa C

O estudo de caso da empresa C evidenciou como funciona o processo de projeto e demonstrou a recorrência dos desperdícios do tipo espera e *making-do* no processo de projeto e da ocorrência de *work-in-process*. Tais desperdícios puderam ser identificados e analisados qualitativamente por meio da utilização de ferramentas *lean*. Verificou-se a complexidade do processo de projeto e a necessidade de planejamento das etapas, fluxos e esperas internas.

Verificou-se a relevância do processo simultâneo nos projetos de estrutura e instalações, tanto para a redução do tempo total do processo quanto para a redução de desperdícios do tipo *making-do*.

O estudo de caso permitiu ainda a identificação de oportunidades de melhoria juntamente com o desenho de um cenário futuro viável para modificação do processo de projeto.

4.5 Estudo de caso: Empresa D

A empresa D com quase trinta anos de experiência desenvolve projetos de arquitetura e atua no mercado de projetos residências, comerciais e edifícios públicos.

A equipe de projetos é formada por profissionais nos seguintes cargos: arquiteto diretor, arquiteto coordenador, arquiteto colaborador e estagiário de arquitetura.

O projeto escolhido para a realização do estudo de caso trata-se de um projeto de arquitetura para um edifício residencial de 46 apartamentos distribuídos em vinte e três pavimentos, contendo dois subsolos, um térreo garagem, salão de festas e área de lazer. A área de projeto corresponde a pouco mais de 8.690 m². Trata-se de uma obra projetada para ser construída em Fortaleza – Ce.

4.5.1 Análise da linha do tempo

Verificou-se que as etapas não são sequenciais, pois o tempo transcorrido entre os documentos de projeto inicial e final é inferior ao somatório de tempo transcorrido em cada etapa. O processo de maior tempo é o de Definição, seguido do detalhamento e concepção. Isso se deu por terem sido feitas alterações do projeto legal após a compatibilização de projetos e

RESULTADOS E DISCUSSÕES

detalhamento. Ao longo da concepção, da definição e do detalhamento são realizadas compatibilizações entre arquitetura e estrutura e instalações. Isso evidencia a realização da solução de interfaces. Em cada uma das etapas foram verificados alguns eventos com longos períodos transcorridos entre as datas de envio de projetos, o que pode caracterizar espera

Análise das entregas na linha do tempo

As entregas na linha do tempo iniciam com versões do pavimento tipo que são documentos do estudo preliminar (figura 37). Em seguida são geradas versões do projeto legal com alguns intervalos de variando de um a dois meses. Fechando o primeiro bloco de entregas da linha do tempo verifica-se uma revisão do estudo preliminar no pavimento da cobertura.

Depois disso ocorre um longo intervalo de cinco meses até que se inicie novo bloco de entregas de versões de projeto. Localizado aproximadamente no meio da linha do tempo verifica-se uma série de versões de projeto legal (PL) que resultam na primeira versão de anteprojeto (AP) e na primeira versão de projeto executivo (PE).

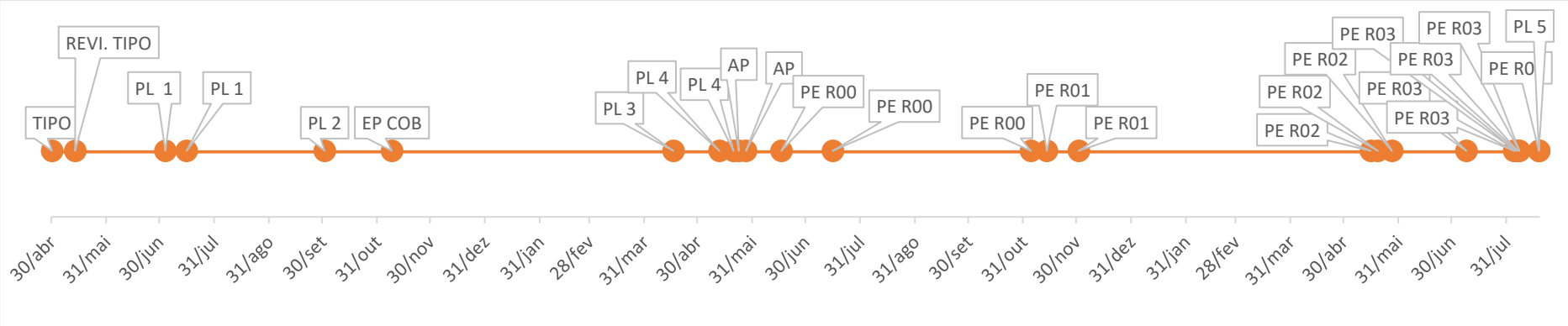
Verifica-se então novo intervalo de quatro meses seguido de novas versões de projeto executivo. Neste momento a atuação do projetista de arquitetura, apesar de denominada pelo escritório como projeto executivo (PE), é entendida como solução de interfaces.

Após essas entregas ocorre mais um longo intervalo de cinco meses sem entregas de arquitetura que evidencia a espera, seja ela parte externa ou parte interna, no processo de projeto.

Finalmente a linha do tempo representa na sua porção final uma série de entregas de projeto executivo que representam o esforço final em solucionar as interfaces com novas informações recebidas pelos projetistas de estrutura e instalações, bem como, detalhar os documentos arquitetônicos da edificação projetada.

Verifica-se como última entrega uma versão final do projeto legal que demonstra a necessidade de adequar aquele às modificações necessárias realizadas.

Figura 34 – Análise das entregas do estudo de caso da empresa D



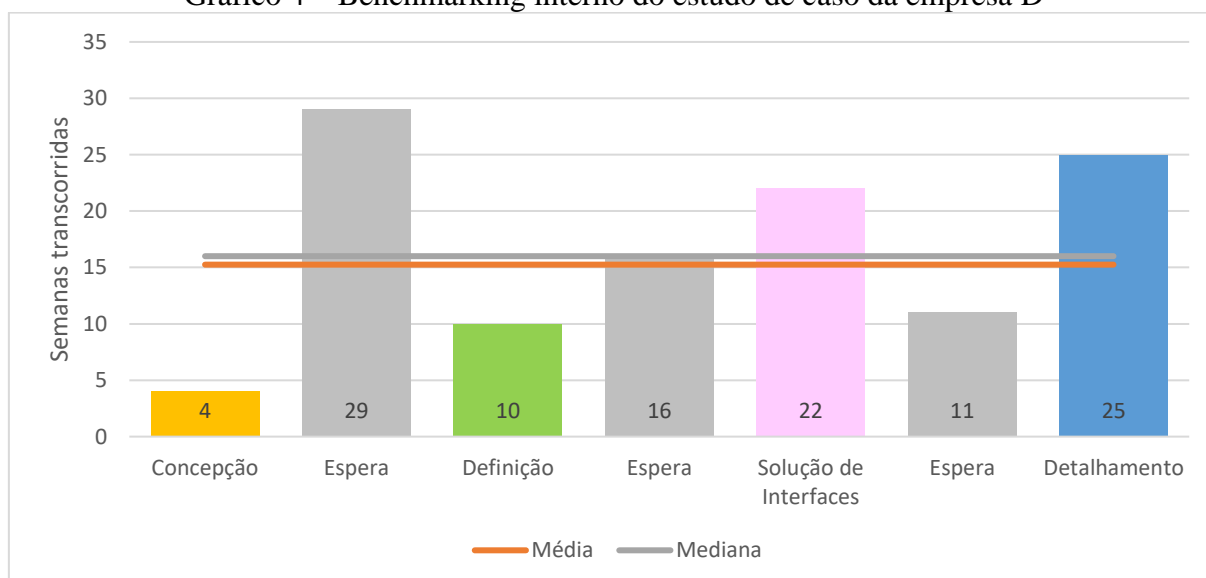
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.1.1 Análise dos tempos de ciclo

O Benchmarking interno (gráfico 4) demonstra que as atividades de solução de interfaces e detalhamento são aquelas de maior tempo de ciclo e excedem a média de tempo das atividades do processo.

As atividades concepção e definição possuem tempos de ciclo inferiores a média de tempo das atividades do processo, porém a espera entre elas se mostrou excessiva sendo quase o dobro da média das atividades.

Gráfico 4 – Benchmarking interno do estudo de caso da empresa D



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.2 Swim lane

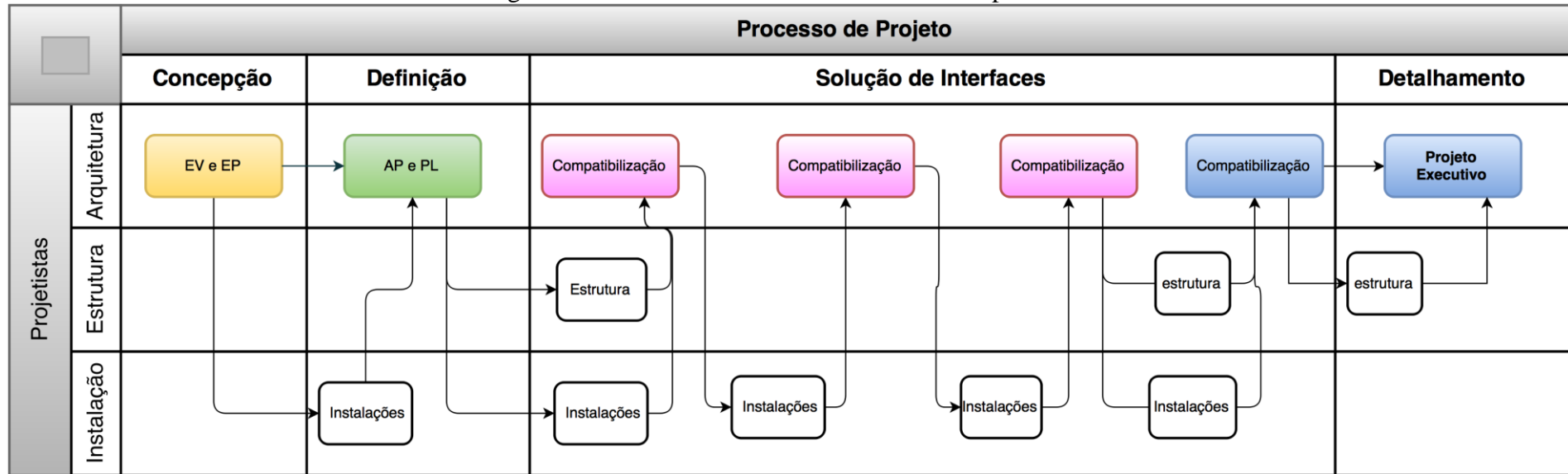
O fluxo de informações destaca uma boa prática em processo de projeto na medida que ao final da concepção o projeto é enviado para o projetista de instalações emitir a sua primeira contribuição (figura 39). Dessa forma, a etapa seguinte de definição de arquitetura já considera essas informações. Após a conclusão do anteprojeto e projeto legal ocorre uma troca com os projetistas de estrutura e instalações permitindo que ambos possam seguir em paralelo. Após a entrega de versões do projeto de estrutura e instalações ocorre a primeira compatibilização. Posteriormente ocorrem dois ciclos de trocas com o projetista de estrutura.

Neste momento o processo demonstra a evidencia do desperdício do tipo *making-do* pois são realizadas atividades sem considerar todas as informações gerando resultados ineficientes que

RESULTADOS E DISCUSSÕES

vão demandar retrabalho. Uma nova troca simultânea é realizada com projetistas de estrutura e instalações e ao retornarem novas informações o projeto segue para o detalhamento. Ainda é verificada a necessidade de ajustes no projeto de estrutura e após o envio de versão revisada o projeto segue para o detalhamento final.

Figura 35 – Swim lane do estudo de caso da empresa D



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.3 Mapeamento do fluxo de valor

4.5.3.1 Análise do mapa do estado atual

O mapeamento do fluxo de valor de estado atual apresentado na figura 40 permite verificar o sequenciamento e a relação com os outros projetistas ao longo do desenvolvimento do projeto.

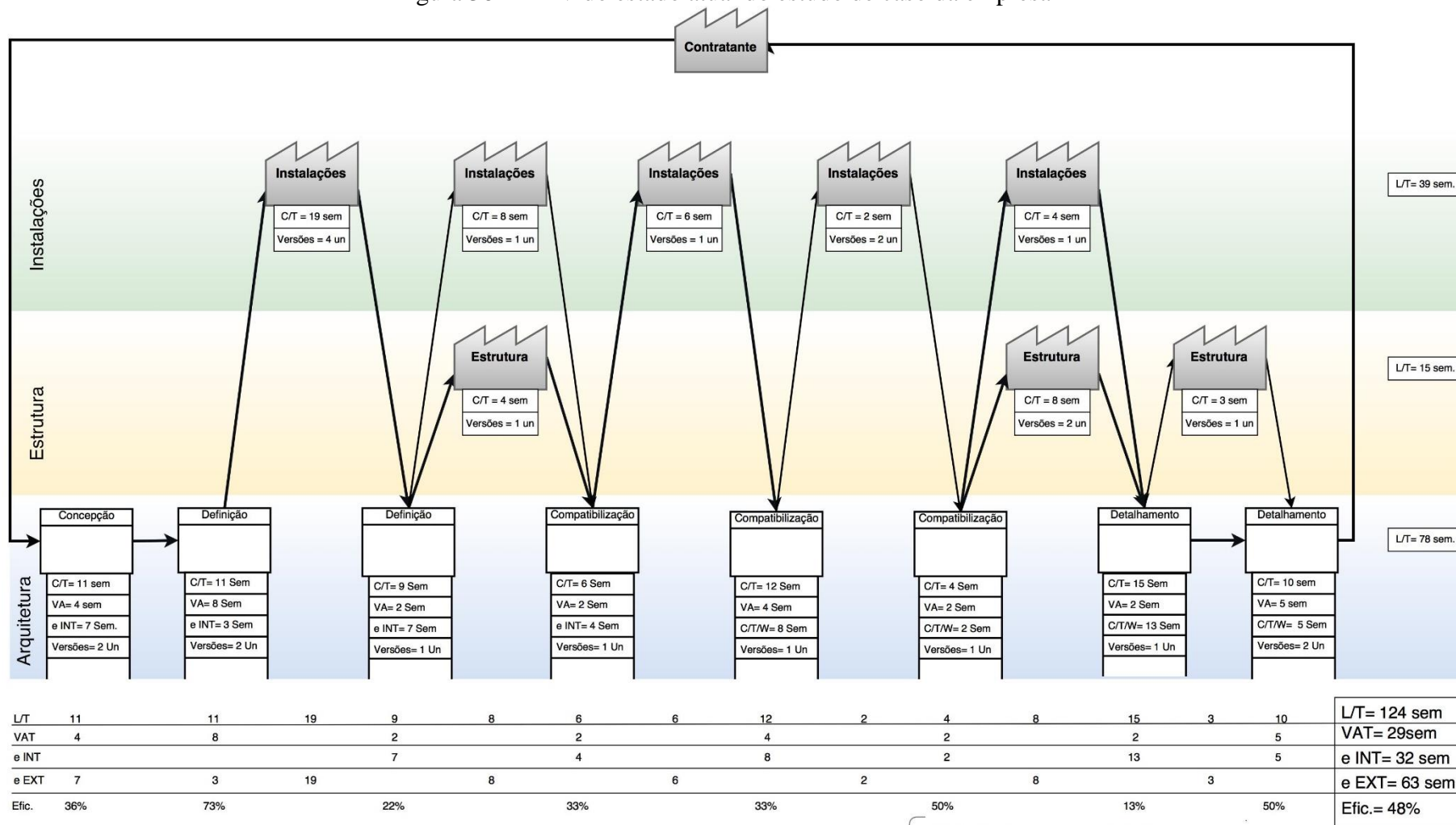
O quadro resumo registra a grande diferença entre as 124 semanas do tempo de processo de projeto com as 29 semanas do tempo de ciclo de valor agregado. Observa-se que 77% do tempo do processo o projeto está em espera externa ou interna.

Calculando a média de tempo das atividades do processo no valor de 9,75, destacam-se as seguintes atividades de tempo superior: concepção, definição, compatibilização 2, e detalhamento 1 e 2. Analisando estas atividades é possível notar que o tempo de ciclo de valor agregado é inferior a média de tempo das atividades do processo, porém devido a ocorrência de esperas excessivas excedem o valor de referência.

Observa-se que o processo segue da concepção direto para a definição sem serem realizadas trocas com os demais projetistas. Nesta atividade que ocorre em dois ciclos é realizada uma interação com o projetista de instalações. Observa-se que é realizada um esforço inicial para aprovação do cliente e o projeto é enviado para o desenvolvimento de projetos de instalações. E baseadas nessas informações a definição do projeto é revisada e concluída. Neste momento o projeto é enviado simultaneamente para estrutura e instalações. Verifica-se aí uma relação interessante com os projetos por permitir o fluxo em paralelo. Depois do recebimento das versões de estrutura e instalações ocorre a primeira compatibilização de projetos realizada possivelmente com todas as informações de projeto necessárias.

Porém, o projetista de arquitetura realiza ainda duas trocas de informações com o projetista de instalações. Neste momento verifica-se a evidencia de *making-do* na medida que é realizada a compatibilização de projeto sem todas as informações dos projetos de instalações. Posteriormente o projeto é enviado novamente simultaneamente para estrutura e instalações com solicitações de modificação visando a compatibilização de projeto. O projeto então segue para detalhamento, mas uma troca de informações é necessária com o projetista estrutural devido a omissão de algumas informações de estrutura. Neste caso verifica-se novamente a realização de atividades em todas as informações necessárias.

Figura 36 – MFV do estado atual do estudo de caso da empresa D



Tempo de ciclo de espera interno= 32 sem (26%)

Tempo de ciclo de espera externo= 63 sem (51%)

T/C/E/E estrutura= 15 sem (12%)
 T/C/E/E instalações= 35 sem (28%)
 T/C/E/E cliente= 10 sem (8%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.3.2 *Análise do mapa com oportunidades de melhorias*

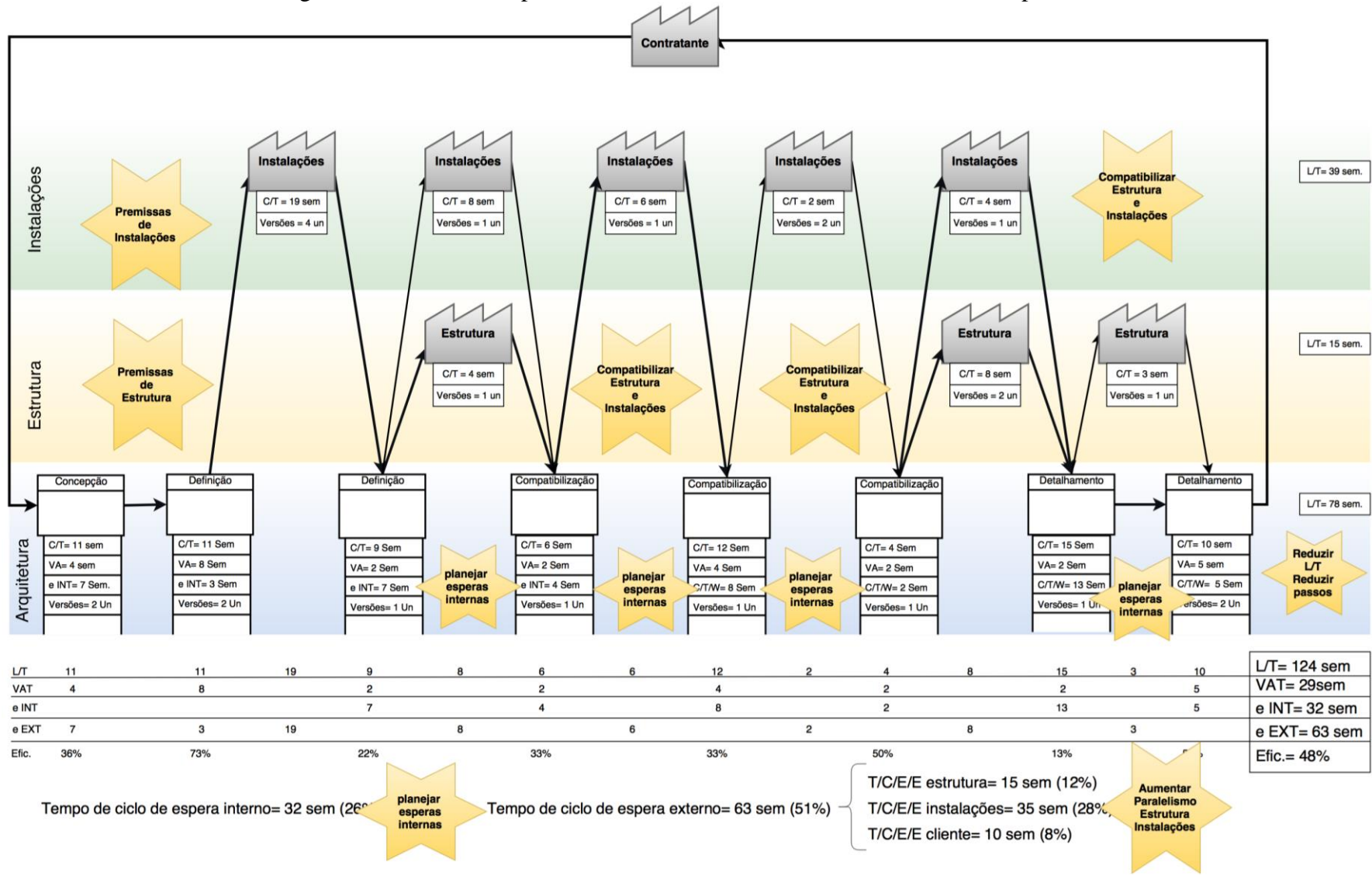
A figura 41 apresenta o mapa com oportunidades de melhoria que foram a redução de esperas internas e externas, novo fluxo de informações visando a diminuição do retrabalho e aumento da eficiência do processo.

Inicialmente se propõe o envio das premissas de projeto de estrutura e instalações entre a concepção e a definição. A prática atual já valoriza as informações de instalações para o desenvolvimento da definição do projeto, dessa forma, a novidade seria o envio para estrutura.

Propõe-se também que seja realizada a compatibilização simultânea de estrutura e instalações visando assim a redução do número de passos. Verifica-se também a necessidade de evitar o retrabalho nas compatibilizações associado ao envio incompleto de informações dos projetistas de estrutura e instalações.

Verificou-se ainda a oportunidade de planejar as esperas internas na medida que são necessárias para o escritório, porém devem ser evitadas esperas internas longas como as que ocorreram de 4 a 13 semanas. Dessa forma, o escritório poderá contribuir para a redução do tempo total do processo de projeto.

Figura 37 – MFV com oportunidades de melhoria do estudo de caso da empresa D



Fonte: Elaborado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.5.3.3 *Análise do mapa do estado futuro*

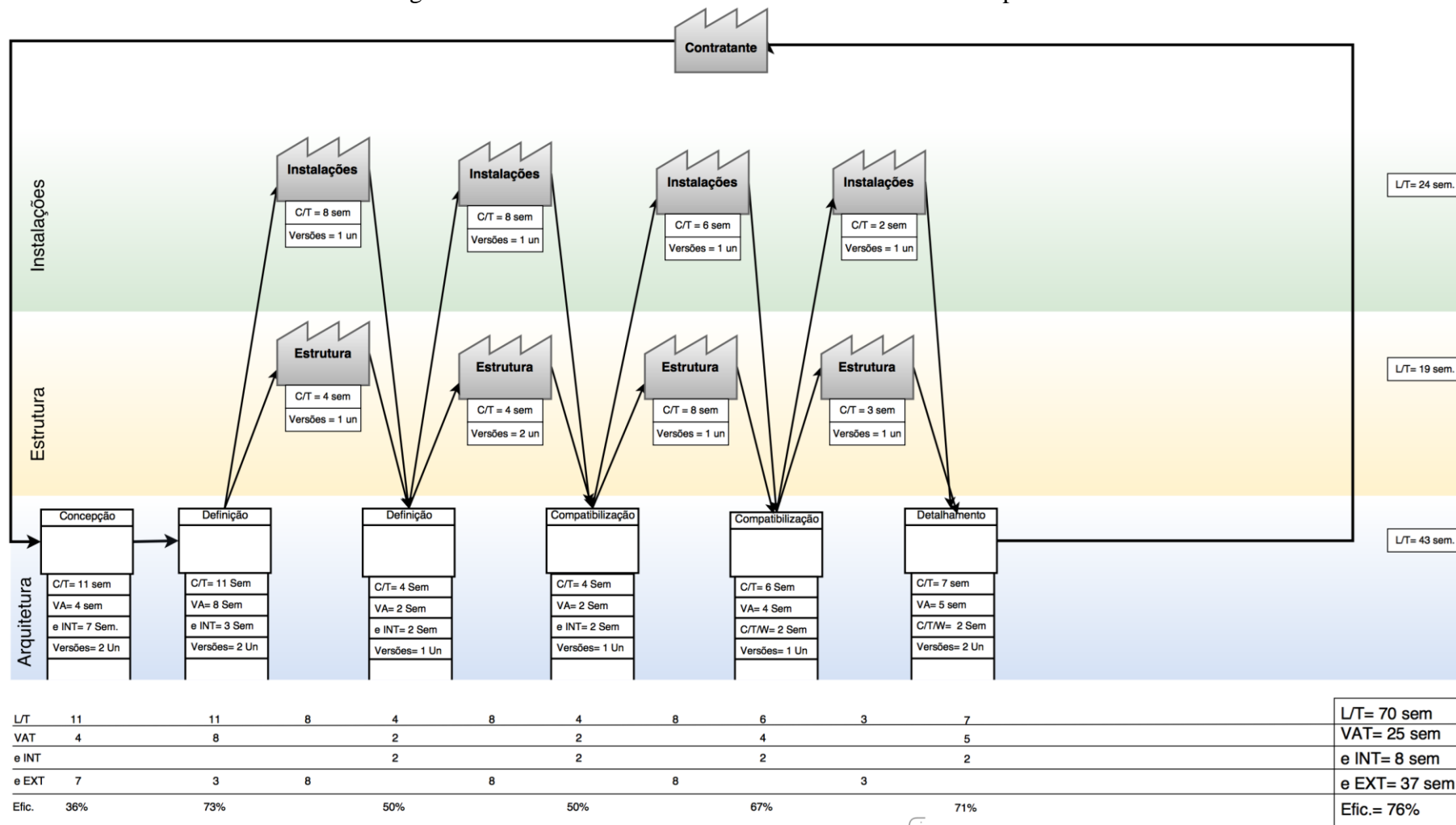
O mapa do estado futuro apresentado pela figura 42 representa o fluxo que se pode desenvolver após a implementação das modificações propostas.

O novo fluxo possibilita a redução do tempo do processo de 124 para 70 semanas, o que equivale a uma redução de 44%.

Não foram eliminadas etapas de desenvolvimento de projetos de estruturas e instalações, apenas foram colocadas em paralelo. Dessa forma, o tempo de ciclo de espera externo reduziu de 63 para 37 semanas, o que equivale a uma redução de 30%.

O planejamento proposto para a esperas internas estabeleceu um limite de duas semanas para que o escritório de arquitetura possa finalizar a atividade que desenvolve e retorne para o processo de projeto que estava es espera.

Figura 38 – MFV do estado futuro do estudo de caso da empresa D



Tempo de ciclo de espera interno= 8 sem (11%)

Tempo de ciclo de espera externo= 37 sem (53%)

T/C/E/E estrutura= 11 sem (16%)
 T/C/E/E instalações= 16 sem (23%)
 T/C/E/E cliente= 10 sem (10%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.4 Síntese do estudo de caso da empresa D

O estudo de caso da empresa D demonstrou a ocorrência de uma série de desperdícios no processo de projeto que são passíveis de diagnóstico baseado nas ferramentas Lean. Verificou-se a ocorrência de desperdícios, do tipo espera e *making-do*, como responsáveis principais pelo aumento do tempo total do processo de projeto. Verificou-se ainda a ocorrência de *work-in-process*, especialmente associados a desperdícios de espera interna do processo de arquitetura.

Evidenciou-se a vantagem do envio simultâneo para o desenvolvimento de projetos de estrutura e instalações.

A ferramenta do mapeamento do fluxo de valor possibilitou a estruturação do estado atual e de um estado futuro por meio a implementação de melhorias baseada nas situações encontradas no estudo de caso.

5 ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

Este capítulo foca a análise cruzada dos estudos de caso discutindo a convergência das informações, buscando identificar replicação de resultados da teoria em diferentes estudos de caso. Dessa forma, questões relacionadas a problemas, oportunidades de melhoria, vantagens e desvantagens, pontos fortes e pontos fracos são discutidas por meio de uma análise comparativa externa. O capítulo fornece a base empírica baseada na análise do estudo de casos múltiplos permitindo a verificação das principais estratégias para melhoria do processo de projeto de arquitetura.

5.1 Comparação dos estudos de caso

Tabela 2 – Comparação dos parâmetros dos estudos de caso de arquitetura

Estudo de Caso	Experiência (anos)	Equipe de projeto	Tipo de projeto	Área do projeto (m ²)	Número de Andares	Número de Unidades
Empresa A	30	5	Edifício Residencial	5.500	12	36
Empresa B	40	3	Edifício Residencial	18.300	22	88
Empresa C	30	4	Edifício Residencial	17.500	23	46
Empresa D	30	3	Edifício Residencial	8.690	23	46

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Análise da linha do tempo

Nos estudos de casos da empresa A, B, C, e D verificou-se a existência de uma pasta contendo todas as informações de projeto, tanto aquelas produzidas pelos projetistas de arquitetura, quanto as informações recebidas dos projetistas de instalações e estrutura.

Cada foi possível verificar as datas de cada informação de projeto elaborada entre os projetistas. Observou-se a ocorrência de um sistema on-line para entrega padronizada de informações de projeto que integra projetistas e contratante. Porém constatou-se também nos quatro estudos de caso a ausência de informações ou documentos emitidos pelo contratante. Dessa forma, não foi possível creditar o tempo transcorrido entre a entrega e a aprovação do contratante para o seguimento do projeto entre as etapas. Pode-se creditar o tempo de ciclo de espera pelo cliente nas etapas inicial de projeto, pois o projetista de arquitetura interage apenas com o contratante.

Porém considera-se importante a evolução do sistema de gerenciamento de arquivos de projeto com a inclusão de documentos do contratante.

Observou-se que a empresa A, do estudo de caso piloto, realiza as etapas de forma sequencial e com o compromisso de término de cada etapa para o início da seguinte. Enquanto isso, as empresas B, C e D desenvolvem processos onde ocorre sobreposição entre as etapas de Definição, Solução de Interfaces e Detalhamento. Trata-se de uma sobreposição parcial na medida que, após a conclusão do projeto legal e envio para análise do órgão municipal, o projeto segue para os demais projetistas e são realizadas soluções de interfaces independentemente. Verificou-se o início de detalhamento antes que ocorresse a conclusão da etapa solução de interfaces. Dessa forma, observou-se que ocorreram alterações de projeto legal durante a solução de interfaces e detalhamento.

Nos estudos de caso das empresas A e D observou-se o recebimento de informações de projetos de instalações no início do processo de projeto. Nos dois casos ocorrem emissões de projetos de instalações anteriores da conclusão do projeto legal. O fato inverso ocorre nos estudos de caso das empresas B e C, pois observou-se que ocorre a entrega de versões de projetos estruturais antes do final da elaboração do projeto legal. A análise cruzada dos estudos de caso destaca que é evidente um paradigma dos escritórios em encaminhar para um dos projetistas, de estrutura ou de instalações, estes resultados semelhantes evidenciam uma replicação literal.

A análise baseada em localização dos estudos de caso das empresas A, B, C e D evidencia que, durante algumas semanas, os projetos de estrutura e instalações são desenvolvidos em paralelo,

ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

enquanto que, em outro período da linha do tempo, ocorre o desenvolvimento apenas de um deles e a pausa do outro. Nesses períodos o desenvolvimento simultâneo ou não dos projetos de estrutura e instalações está associado ao envio simultâneo ou não do projeto de arquitetura. Dessa forma, observa-se que o projeto de arquitetura é aquele que cadencia o fluxo sendo capaz de proporcionar a elaboração de projetos de instalações e estrutura em paralelo.

Essa é considerada uma oportunidade de redução dos tempos externos na medida que se promove a elaboração de projetos em simultâneos.

A análise cruzada dos estudos de caso apresenta a replicação de proposições teóricas com evidências do *work-in-process* do tipo trabalho esperando trabalhadores. Entrevistas realizadas nas empresas de arquitetura relataram que após o envio do projeto em questão para desenvolvimento de projetos de instalações ou estruturas as equipes de arquitetura são alocadas em outros projetos. Isso evita que ocorra o *work-in-process* do tipo trabalhadores a espera de trabalho, porém os projetistas não podem responder imediatamente com novas revisões de projeto ao chegaram novos documentos de estrutura e instalações. É necessário um tempo para conclusão das atividades em desenvolvimento e o projeto que estava em espera externa passa para uma espera interna. O tempo de resposta das empresas de arquitetura independe dos tamanhos das equipes ou da capacidade dos escritórios.

Como cada escritório possui um arquiteto responsável por cada projeto, seja por parte das etapas ou por todas elas, a espera interna depende da resposta de uma pessoa específica. Dessa forma, a espera interna deve ser planejada para atender à necessidade das equipes de projeto de concluírem as atividades em desenvolvimento, mas sem deixar que ocorra um prolongamento desnecessário que afetará diretamente o prazo final do processo de projeto.

O gráfico 5 possibilita uma análise comparativa dos tempos transcorridos em cada etapa ou espera dos estudos de caso das empresas A, B, C e D. Calculou-se a média dos tempos de ciclo das atividades para cada empresa e em seguida calculou-se a média das médias dos tempos das quatro empresas e apresenta-se como uma linha de base para a análise comparativa.

Verifica-se que nos quatro estudos de caso o tempo de ciclo da concepção e da definição são inferiores que a média. Por outro lado, observa-se que nos quatro estudos de caso o tempo de solução de interfaces e a espera anterior a essa etapa, é superior à média. Configura-se aí uma replicação da ocorrência de uma situação de desequilíbrio do tempo transcorrido entre as etapas.

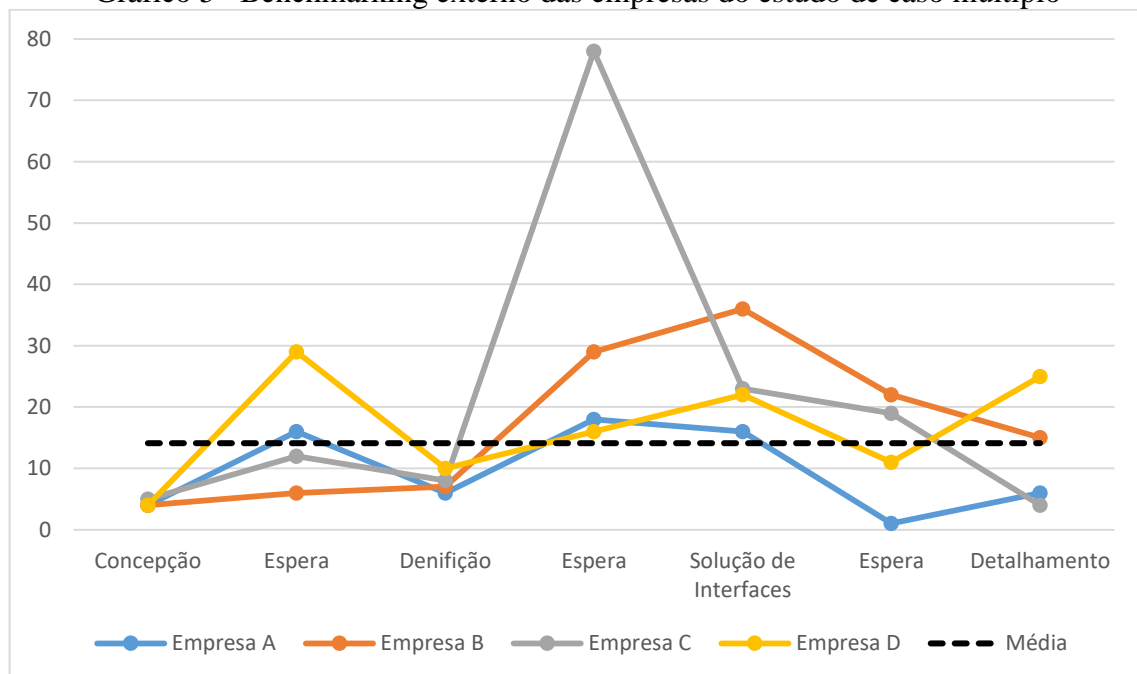
Os tempos de ciclo situados acima da média indicam situações ocorridas em cada empresa que podem ser objeto de implementação de melhorias a partir deste benchmarking externo. A

ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

empresa A deve verificar a possibilidade de redução das esperas externas situadas antes da definição. A empresa B, assim como a empresa C, devem verificar a possibilidade de redução das esperas externas situadas antes do detalhamento. A empresa D apresentou os maiores tempos de ciclo na espera antes de definição e no detalhamento.

Considera-se o tempo de ciclo de espera da empresa C situado entre definição e solução de interfaces uma ocorrência fora do padrão sobre a qual não se realizará análise devido tratar-se de um evento fora do padrão, claramente evidente por meio da comparação com os demais eventos apresentados.

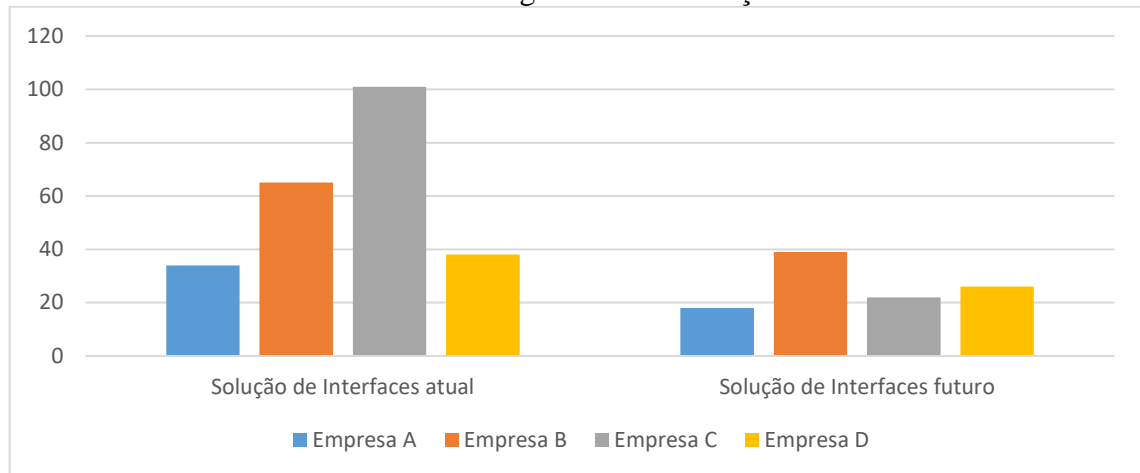
Gráfico 5– Benchmarking externo das empresas do estudo de caso múltiplo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico 6 destaca uma análise comparativa entre as empresas estudo de caso focada na solução de interfaces. A pesquisa demonstrou que este é o processo com as maiores restrições do processo de arquitetura. O gráfico 6 demonstra o tempo transcorrido em solução de interfaces resultante do somatório de esperas externas, esperas internas e dos vários ciclos de compatibilização necessários.

Gráfico 6– Benchmarking externo de solução de interfaces

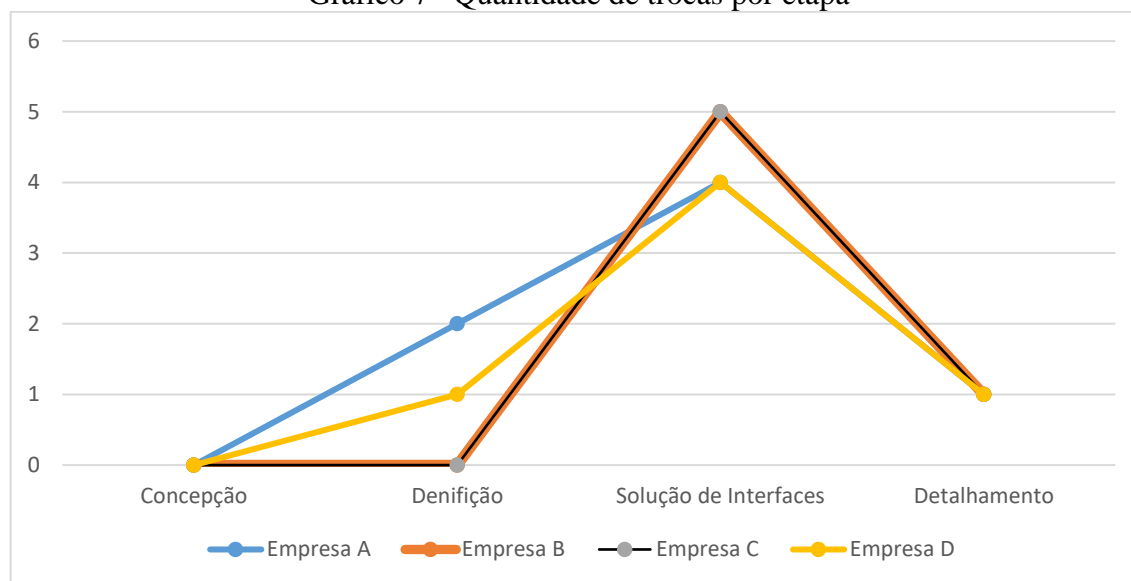


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Análise do fluxo de informações

Demonstra-se por meio do gráfico 8 como estão distribuídas as trocas entre arquitetura e estrutura e instalações. Observa-se que as quatro empresas são recebidas informações para realizar a concepção. Em seguida, a empresa A e a D realizam, respectivamente duas e uma trocas no desenvolvimento da definição, enquanto que as empresas B e C nenhuma. Posteriormente, as empresas A e D realizam uma troca a menos que as empresas B e C durante a solução de interfaces. Finalmente todas desenvolvem o detalhamento após realizarem uma última troca com instalações ou estruturas.

Gráfico 7– Quantidade de trocas por etapa



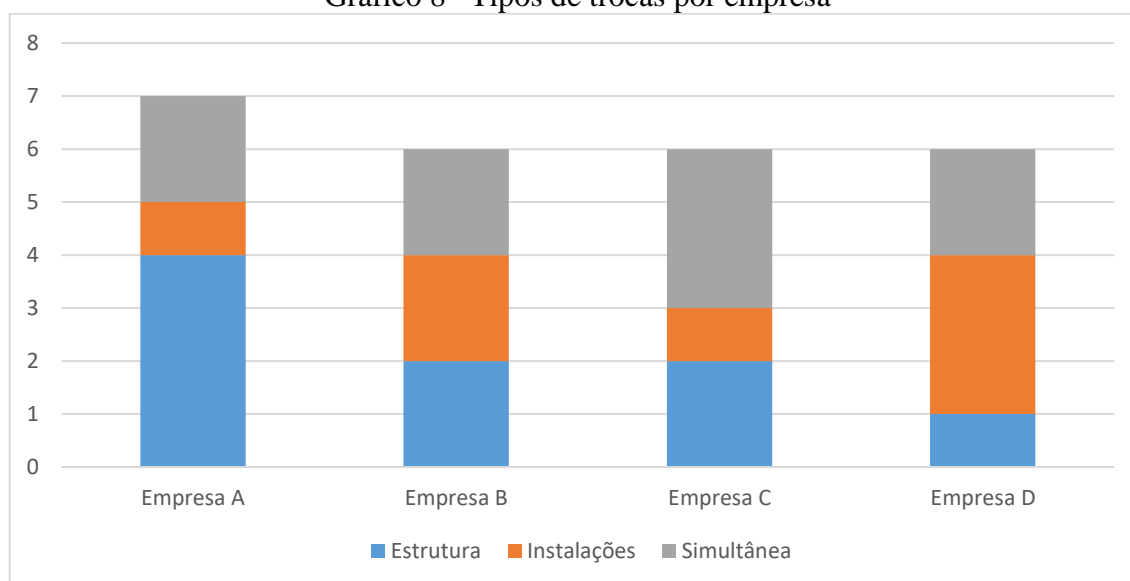
Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise comparativa dos fluxos de informações das empresas dos estudos de caso A, B, C e D evidencia alguns problemas e oportunidades de melhoria especialmente relacionados a desperdícios do tipo *making-do* na medida que são realizadas atividades em considerar todas as informações necessárias. Consideram-se evidências deste tipo de desperdício na ocasião que são realizadas atividades que se conectam com apenas um dos projetistas, seja estrutura ou instalações, na troca de informações.

O gráfico 9 apresenta a distribuição das trocas realizadas em cada empresa seja com estrutura, instalações ou simultâneo. Destaca-se a empresa C como aquela que mais realizou trocas simultâneas, enquanto essa fez 3 as demais fizeram 2 trocas simultâneas. A empresa A realizou mais trocas com o projetista de estrutura, enquanto que a empresa D se relacionou mais com o projetista de instalações. As empresas B e C demonstraram um equilíbrio entre as trocas realizadas com estrutura e instalações.

Verifica-se aqui uma oportunidade de melhoria na medida que o escritório de arquitetura pode priorizar a simultaneidade da liberação do início dos projetos para que estrutura e instalações possam ser desenvolvidas em paralelo em maior proporção que individual. Os benefícios obtidos seriam a redução de desperdícios do tipo *making-do*, a redução do tempo de ciclo externo e do tempo de ciclo interno.

Gráfico 8– Tipos de trocas por empresa



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Mapeamento do fluxo de valor

5.4.1.1 Análise cruzada dos mapas de estado atual

A análise cruzada do estado atual demonstra a replicação de como é pequeno o percentual de tempo de ciclo de valor agregado em comparação com o tempo total do processo de projeto. Demonstra ainda a grande participação percentual de espera no processo de projeto.

A utilização do MFV possibilitou a visualização do fluxo de informações, bem como da distribuição do tempo em cada atividade, e ainda a distribuição do tempo de espera em cada tipo: espera interna, cliente, estrutura, instalações. Dessa forma, o MFV demonstrou-se aplicável para o mapeamento de processos de projeto de arquitetura.

Observa-se na tabela 10 uma variedade de valores de média de tempo das atividades do processo, porém nos estudos de caso das quatro empresas de arquitetura o tempo de ciclo de solução de interfaces foi superior a este referencial e o tempo de ciclo de espera associado a esta atividade. É possível observar também que nos quatro estudos de caso os tempos de ciclo de concepção e definição, atividades predecessoras de solução de interfaces, são inferiores a média de tempo das atividades do processo. Dessa forma, verificamos uma replicação de um cenário complexo que gera o agravamento da situação na medida que ocorrem atividades de pequeno tempo de ciclo anteriores a atividades de grande tempo de ciclo.

ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

O estado atual das empresas estudadas aponta para a interferência não somente nas atividades de tempo de ciclo superiores a média de tempo das atividades do processo. Verifica-se a necessidade de revisar estes processos anteriores a solução de interfaces, no sentido de aumentar a qualidade do projeto, mesmo que seu tempo de ciclo possa aumentar. Dessa forma, se objetiva reduzir o tempo de ciclo da etapa seguinte, e com isso reduzir o tempo total sem perder a qualidade do projeto.

Tabela 3 – Comparação dos tempos de ciclo dos estudos de caso de arquitetura

Atividade	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Concepção	4	4	5	4
Espera	16	6	12	29
Definição	6	7	8	10
Espera	18	29	78	16
Solução de Interfaces	16	36	23	22
Espera	1	22	19	11
Detalhamento	6	15	4	25
Média de tempo das atividades do processo	8	15,5	10	15,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.1.2 Análise cruzada dos mapas de oportunidades de melhoria

As oportunidades de melhoria visualizadas interferem no planejamento do fluxo a fim de reduzir as esperas externas e no planejamento das esperas internas para a minimiza-las. Destaca-se a proposta de mudança no fluxo com o encaminhamento para o projetista de instalações preparar as premissas de projeto simultaneamente ao projetista de estrutura. Apresentou-se novas opções de fluxo com o objetivo de reduzir esperas externas.

A replicação de problemas do estado atual induz a replicação de oportunidades de melhoria. Em primeiro lugar observa-se a proposta de enviar para os projetistas de estrutura e instalações o projeto resultante da concepção. Com isso, espera-se que a definição possa ser desenvolvida contendo a entrada das premissas e requisitos de estruturas e instalações.

Em segundo lugar, outra proposta recorrente foi a liberação de início simultâneo de projeto de estrutura e instalações nas etapas de definição e solução de interfaces. Com isso se espera

ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

minimizar *making-do*, reduzir o número de passos e estimular o projeto simultâneo entre estrutura e instalações.

Verifica-se ainda a possibilidade da realização de planejamento do tempo de ciclo das esperas internas para minimiza-las deixando apenas o tempo realmente necessário.

5.4.1.3 Análise cruzada dos mapas de estado futuro

Os mapas de estado futuro apresentam o resultado da empresa de projeto comprometida em combater os principais desperdícios identificados no diagnóstico do estado atual.

Os MFV do estado futuro possibilitam a visualização e análise qualitativa dos benefícios alcançados se implementadas as propostas de melhoria. Verifica-se uma redução do tempo total do processo de projeto variando de 28% a 44% o que expressa a relevância das modificações propostas.

O fluxo de informações do estado futuro permitirá uma interface simultânea entre instalações e estrutura conforme identificado na revisão de literatura (FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003; RODRÍGUEZ, 2005), além disso, torna o fluxo mais próximo daquele proposto como fluxo de projeto enxuto proposto pela literatura (KO; CHUNG, 2014).

Evidências no estado atual das quatro empresas de arquitetura corroboram para a viabilidade do fluxo do estado futuro proposto. Isso porque nos quatro casos se verificou a evidência de envio e análise de projetos simultâneo. A proposta é que esta prática seja estimulada e não ocorra apenas em parte das trocas entre os projetistas.

Estimula-se ainda que esta interação ocorra mais precocemente, conforme ocorre nas empresas A e C, onde a definição do projeto é desenvolvida com informações de estrutura e instalações.

Por fim, a análise dos resultados das empresas de arquitetura evidenciou a existência de desperdícios do tipo espera, *making-do* e *work-in-process*. Tais desperdícios puderam ser identificados e analisados qualitativamente por meio da utilização de ferramentas *lean*. E identificaram-se oportunidades de melhoria capazes de trazer grande contribuição.

6 CONCLUSÕES

6.1 Conclusões sobre os objetivos da pesquisa

Este trabalho ilustrou a complexidade do processo de projeto por meio da estruturação e identificação dos desperdícios do processo de projeto de quatro estudos de caso de empresas de arquitetura.

Demonstrou-se através dos estudos de caso detalhados no capítulo 4 que mapear e analisar o fluxo de valor são ferramentas viáveis para melhoria do processo de projeto de arquitetura. Projetistas podem obter melhorias por meio da aplicação dessas ferramentas em seus processos de projeto. Os dados coletados nos estudos de caso de caso ilustraram que mais de 70% do tempo do processo de projeto de arquitetura é tempo sem agregação de valor e impactam diretamente do tempo total. Desta forma, conclui-se que os objetivos propostos para o presente estudo foram atingidos.

Tentar melhorar o desempenho do processo de projeto pode não ser uma tarefa fácil. Este trabalho apresentou diferentes oportunidades de melhoria que podem ser utilizadas por projetistas para reduzir o tempo do processo de projeto por meio da eliminação de desperdícios.

Dessa forma, consideram-se as principais contribuições deste trabalho a identificação dos desperdícios de processo de projeto, as oportunidades de melhorias propostas para as empresas baseadas em problemas reais identificados pelos estudos de caso, e a estruturação da metodologia para aplicação das ferramentas lean de diagnóstico no contexto de escritórios de projeto de arquitetura.

6.2 Recomendações de melhorias no processo de projeto de arquitetura

Os problemas e as oportunidades de melhorias são similares independente do porte da empresa, tendo ela com uma ou várias equipes de projeto. A etapa solução de interfaces é a mais ineficiente e deve ser alvo de implementação de mudanças. As etapas de concepção, definição e detalhamento são mais estáveis ao serem comparadas à etapa solução de interfaces, apesar da existência de ineficiências. Verificou-se que são necessárias mudanças nessas etapas também, pois a ineficiência delas repercute diretamente a qualidade do trabalho a ser desenvolvido na etapa de solução de interfaces.

CONCLUSÕES

As mudanças propostas baseadas nos problemas identificados durante a realização desta pesquisa focam essencialmente quatro aspectos sintetizados a seguir:

1. Elaboração de requisitos de estrutura e instalações para ser utilizado como entrada da etapa definição do projeto de arquitetura;
2. Planejar as esperas internas para que estas sejam minimizadas à quantidade necessária sem afetar o tempo total do projeto;
3. Liberar o projeto arquitetônico para início simultâneo dos projetos de estrutura e instalações;
4. Compatibilizar projetos de estrutura e instalações com o projeto de arquitetura simultaneamente a fim de reduzir o número de passos do processo.

6.3 Limitações do trabalho

Este trabalho contém algumas limitações que esclareceremos a seguir.

O estudo de caso como a estratégia de pesquisa, na opinião de alguns pesquisadores, é uma forma de investigação menos desejável que experimentos ou levantamentos (YIN, 2001). Seja pela falta de rigor de alguns pesquisadores que adotam essa estratégia, seja porque essa estratégia fornece pouca base para generalização científica (YIN, 2001). Neste trabalho o pesquisador trabalhou com rigor em pesquisa e expôs o método adotado e suas evidências. O paradigma funcionalista do trabalho define interesse em saber como as coisas funcionam. E os estudos de caso realizados não representam uma “amostragem”. Os múltiplos casos foram realizados a fim de generalizar teorias e não enumerar quantitativamente resultados, frequências ou porcentagens. A escolha dos participantes do estudo de caso assegura que o trabalho foi realizado em empresas possuem estabilidade, qualidade e são consolidadas no mercado. Dessa forma os resultados podem ser aplicados para as demais empresas com um certo grau de confiança.

Observou-se que em uma mesma empresa de projeto o tipo de projeto e contratante podem contribuir para um fluxo diferente de processo de projeto. A escolha da tipologia foca em processos de projetos contratados por construtoras-incorporadoras para edificações residenciais multifamiliares. Não se estudou outras tipologias nem outros contratantes, por exemplo,

CONCLUSÕES

contratante pessoa física, pequenas empresas, administração pública, projetos de reformas, edificações de pequeno porte, projetos de serviços de saúde ou comercial.

Por fim, outra restrição de pesquisa é que não foram implementadas as modificações propostas em empresas de projeto. No entanto, os achados dos estudos de caso fornecem informações importantes que permitem a proposição de recomendações para futuras implementações de sucesso.

6.4 Pesquisas futuras

A melhoria do processo de projeto de cada disciplina envolvida, seja arquitetura, ou instalações ou estrutura, gera benefícios para toda a rede de projetistas que colaboram profissionalmente em um processo de desenvolvimento de produtos para construção. Dessa forma, podem ser apontadas oportunidades de pesquisas futuras com o intuito de aprofundar a perspectiva desta pesquisa ou focar a análise em outra disciplina envolvida. Estas são:

- Reproduzir a pesquisa escolhendo como estudo de caso diferentes tipologias e/ou diferentes contratantes a fim de se identificar diferentes tipos de fluxo do processo de projeto. Seja em projetos de pequeno porte, como residências ou lojas; seja e projetos de grande porte desenvolvidos para administração pública. As diferenças nos fluxos demandariam diferentes oportunidades de melhorias a serem identificadas.
- Aumentar o detalhamento de atividades, processos e sub processos que ocorrem em uma etapa, seja ela: concepção, definição, solução de interfaces ou detalhamento. Com o objetivo de identificar em cada etapa as atividades que agregam valor e aquelas que não agregam valor, e o tempo de cada uma delas.
- Realizar a mapeamento do fluxo de valor dentro de escritórios de projetos de instalações e estrutura. A fim de identificar como funcionam seus processos internos e oportunidades de melhoria.
- A espera foi exposta como o principal desperdício do processo de projeto e pesquisas futuras podem estudar diferentes soluções existentes em áreas correlatas a fim de combater a espera em processos de projeto, das quais podemos citar: teoria de filas, cadeia de suprimentos, aplicação de célula de projeto.

6.5 Considerações finais

A revisão de literatura realizada situou esta pesquisa no dentro do âmbito de muitos esforços da comunidade acadêmica em propor melhorias para o processo de projeto, nos ajudou a identificar novas linhas de pesquisa e evitar abordagens infrutíferas.

O foco dessa pesquisa não foi contribuir para a criação de um novo modelo do processo de projeto, mas para a identificação de desperdícios ao longo de processos de projetos de casos reais, de modo que as oportunidades de melhoria identificadas possam servir de base para a melhoria de processos de projeto e a implementação de mudanças que já estão ocorrendo em processos de projeto em todo o mundo. Os resultados desta pesquisa revelam que a etapa de solução de interfaces é a mais ineficiente do processo de projeto.

Esta pesquisa forneceu uma visão detalhada dos estudos de caso e foi possível expor os principais problemas a partir de uma metodologia de diagnóstico com referência no *Lean Design*. Tal metodologia pode ser adotada pelos escritórios comprometidos com a identificação de oportunidades de melhoria dos seus processos.

Finalmente as recomendações de melhoria foram propostas tanto baseadas na literatura, quanto baseadas na análise qualitativa dos resultados dos estudos de caso. Tais recomendações nascem de problemas reais com os quais os projetistas lidam no dia a dia. Tais problemas não haviam sido expostos tão explicitamente na literatura para serem combatidos em futuras implementações de mudanças. Muitas construtoras já implementaram procedimentos e colhem benefícios a luz do *Lean Construction*. Assim defende-se a proposta que as empresas de projeto possuem a oportunidade de implementar novos procedimentos e colherem benefícios à luz do *Lean Design*. A estratégia é o estabelecimento de metodologia de diagnóstico de seus processos para identificação de oportunidades de melhoria.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13.531 - Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas.** Rio de Janeiro: ABNT, 1995a. .

ABNT. **NBR 13.532 - Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura.** Rio de Janeiro: ABNT, 1995b. .

ALARCON, L. F.; GRILLO, A.; FREIRE, J.; DIETHELM, S. Learning From Collaborative Benchmarking in the Construction Industry. (G. Ballard, D. Chua, Eds.) In: 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Singapore, Singapore. **Anais...** Singapore, Singapore: 2001. Disponível em: <<http://www.iglc.net/papers/details/129>>.

ALARCÓN, L. F.; SERPELL, A. Performance Measuring Benchmarking, and Modelling of Construction Projects. In: 4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Birmingham, UK. **Anais...** Birmingham, UK: 1996. Disponível em: <<http://www.iglc.net/papers/details/1>>.

ALI, N. Bin; PETERSEN, K.; DE FRANÇA, B. B. N. Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for software product development: Two industrial cases. **Information and Software Technology**, v. 68, p. 45–61, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584915001470>>.

AZIZI, A.; MANOHARAN, T. a/p. Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. **Procedia Manufacturing**, v. 2, n. February, p. 153–158, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978915000281>>.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the Agenda of Design Management Research. In: International Group of Lean Construction, Guarujá, Brazil. **Anais...** Guarujá, Brazil: 1998.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control.** 2000. University of Birmingham, 2000.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 11, n. 1, p. 103–120, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v11i1.102708>>.

BERTEZINI, A. L. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na**

construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade.São PauloUniversidade de São Paulo, , 2006. .

BISIO, L. R. de A. **Proposta de melhorias no gerenciamento de prazo do processo de projeto de arquitetura atendendo às particularidades de habitação de interesse social.** 2011. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

BOTTEGA, B. S. **Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação de projetistas**Porto Alegre, 2012. .

BRAGA, R. E. **Influência dos sistemas de gestão da qualidade no processo de projeto de empresas construtoras.** 2011. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BRASIL. **Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.**BrasíliaDiário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil., , 1993. .

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Combining Value Stream and Process Levels Analysis for Continuous Flow Implementation in Construction. In: 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Sydney, Australia. **Anais...** Sydney, Australia: 2005. Disponível em: <<http://www.iglc.net/papers/details/354>>.p.99–107

CAMBIAGHI, H.; AMÁ, R. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo**São Paulo: AsBEASão PauloAsBEA, , 2006. .

CÂNDIDO, L. F.; LIMA, S. H. de O.; BARROS NETO, J. de P. Análise de Sistemas de Medição de Desempenho na Indústria da Construção. **Revista Ambiente Construído**, v. XX, n. XX, p. XX–XX, 2016.

CASTELLS, E. **Avaliação da aplicabilidade de programas para a qualidade de projeto na elaboração de projetos de edifícios residenciais e comerciais em altura.** Florianópolis: Florianópolis, SC, 2001.

EL REIFI, M.; EMMITT, S.; RUIKAR, K. Developing a conceptual lean briefing process model for lean design management. **Proceedings of 21st Summit of the International Group for Lean Construction (IGLC)**, n. July, p. 329–338, 2013.

EMUZE, F. A.; SAURIN, T. A. **Value and waste in lean construction.** [s.l.] Routledge, 2016.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** São Paulo: Universidade

de São Paulo, 2002.

FARIA, J. H. de. Dimensões da Matriz Epistemológica em Estudos em Administração: uma proposição. In: Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2012. Disponível em: <www.anpad.org.br/admin/pdf/2012_EPQ812.pdf>.

FIGUEIREDO, F. G. De. **Processo de projeto integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso**. 2009. Universidade Estadual de Campinas, 2009.

FLORIO, W. Análise do processo de projeto sob a teoria cognitiva: sete dificuldades no atelier. **Arquiteturarevista**, v. 7, n. 2, p. 161–171, 2011.

FLYVBJERG, B. Five Misunderstandings About Case-Study Research. **Qualitative Inquiry**, v. 12, n. 2, p. 219–245, 2006. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1304.1186>>.

FONTENELLE, E. C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção**. 2002. Universidade de São Paulo, 2002.

FRATANTONIO, W. A. Uma Discussão Sobre a Utilização do Estudo de Casos como Método de Pesquisa em Ciências Gerenciais. In: Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2008. p.15

FREIRE, J.; ALARCÓN, L. F. Achieving a Lean Design Process. **The 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.**, 2000.

FREIRE, J.; ALARCÓN, L. F. Achieving lean design process: Improvement methodology. **Journal of Construction Engineering and management**, v. 128, n. 3, p. 248–256, 2002.

FREITAS, M. R. De. **Comunicação no processo de projeto arquitetônico e relação cad-rendering-animação-multimídia**. [s.l: s.n.]

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª Edição ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, I. B.; AMORIM, S. R. L. Gestão da informação e competência em processo de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, p. 48–57, 2006.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da construção civil: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, , 1996. .

HENRIQUE, D. B.; RENTES, A. F.; GODINHO FILHO, M.; ESPOSTO, K. F. A new value stream mapping approach for healthcare environments. **Production Planning & Control**, n.

August 2015, p. 1–25, 2015. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84937118325&partnerID=tZOtx3y1>>.

HICKETHIER, G.; TOMMELEIN, I. D.; GEHBAUER, F. Reducing rework in design by comparing structural complexity using a Multi Domain Matrix. **20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2012**, v. 1, n. 510, 2012.

HICKS, C.; MCGOVERN, T.; PRIOR, G.; SMITH, I. Applying Lean principles to the design of healthcare facilities. **Journal of Production Economics**, v. 170, p. 677–686, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.029>>.

HORSTMAN, A.; WITTEVEEN, W. Performance indicators in the best value approach. **Journal for the Advancement of Performance Information & Value**, v. 5, n. 2, 2013.

IOPPI, V. **Desenvolvimento de um modelo para implantação gradual dos princípios de ipd e práticas de lpds na gestão de projetos de instalações da indústria de base brasileira**. 2015. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

JØRGENSEN, B.; EMMITT, S. Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective. **Construction Innovation**, v. 9, n. 2, p. 225–240, 2009.

KO, C.-H.; CHUNG, N.-F. Making Design Process Lean. **Proceedings for the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction.**, v. 886, n. 8, p. 463–474, 2014.

KO, C.-H.; TSAI, P.-C. Applying lean Construction A3 to enhance production work flow. **Life Science Journal**, v. 10, n. 2, p. 2409–2416, 2013.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. [s.l.] VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

KOSKELA, L. Making-do - The eighth category of waste. In: Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingor, Denmark. **Anais...** Helsingor, Denmark.: 2004. Disponível em: <<http://usir.salford.ac.uk/9386/>>.p.1–10

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V.-P. Towards Lean Design Management. (S. N. Tucker, Ed.) In: 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Senior Researcher, VTT Building Technology, Espoo, Finland. **Anais...** Senior Researcher, VTT Building Technology, Espoo, Finland: 1997. Disponível em: <<http://iglc.net/Papers/Details/27/pdf>>.

LEE, H. W.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Lean design management in an infrastructure design-build project: A case study. In: Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 18), Haifa, Israel, **Anais...**2010. p.113–122

LEITE, K. P. **Proposta de melhorias do processo de projeto e de desenvolvimento de produtos em empreendimentos imobiliários**. 2014. Universidade Federal do Ceará, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16523>>.

LEITE, K. P.; NETO, J. de P. B. Value Stream in Housing Design. (C. T. Formoso, P. Tzortzopoulos, Eds.) In: 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil. **Anais...** Fortaleza, Brazil: 2013. Disponível em: <<http://www.iglc.net/papers/details/922>>.p.419–428

LIMA, D. F. S. de; ALCANTARA, P. G. de F.; SANTOS, L. C.; SILVA, L. M. F. e; SILVA, R. M. da. Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2183>>.

LINS, D. M. de O. **Integrated project delivery: diretrizes para empresas de projeto que atuam em habitação de interesse social**. 2013. Universidade Federal do Ceará, 2013.

LOVE, P. E. D.; EDWARDS, D. J. Determinants of rework in building construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 11, n. 4, p. 259–274, 2004.

LOVE, P. E. D.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management & Economics**, v. 18, n. 4, p. 479–490, 2000.

MACHADO, M. C. **Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação** Universidade de São Paulo, , 2006. .

MANSO, M. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. Modelo de sistema de gestão e coordenação de projetos para empresas construtoras e incorporadoras. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 2, n. 1, p. 103–123, 2007.

MANZIONE, L. **Estudo de métodos de planejamento do processo de projeto de edifícios**. 2006. Universidade de São Paulo, 2006.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do bim**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

MARKUS, T.; ARCH, M. Optimisation by Evaluation in the Appraisal of Buildings. **Value in Building: Applied Science**, p. 88–111, 1973.

MAROSSZEKY, M.; KARIM, K. Benchmarking - a Tool for Lean Construction. (S. N. Tucker, Ed.) In: 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Associate Professor in the School of Building and Director of the Building Research Centre, University of New South Wales, Sydney, Australia. **Anais...** Associate Professor in the School of Building and Director of the Building Research Centre, University of New South Wales, Sydney, Australia: 1997. p.157–167

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Universidade de São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. [s.l: s.n.]

MITCHELL, A.; FRAME, I.; CODAY, A.; HOXLEY, M. A conceptual framework of the interface between the design and construction processes. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 18, n. 3, p. 297–311, 2011.

MOURA, P. M. **Um estudo sobre a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos**. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

O'CONNOR, R.; SWAIN, B. **Implementing lean in construction: Lean tools and techniques– an introduction**. London: CIRIA, 2013. . Disponível em: <<http://goo.gl/omnN0W>>.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. Value Stream Mapping in Construction: A Case Study in a Brazilian Construction Company. In: 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Sydney, Australia. **Anais...** Sydney, Australia: 2005. Disponível em: <<http://www.iglc.net/papers/details/356>>.p.117–125

PEREIRA, E. de A. J. **Proposta de compartilhamento em sistemas colaborativos de gerencia de documentos para arquitetura, engenharia e construção**. 2003. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PEREIRA, L. M. **Desenho organizacional para a integração de projetos através da modelagem da informação em processos colaborativos**. 2014. Universidade Estadual de Londrina, 2014.

RAMIREZ, R.; ALARCON, L. F.; KNIGHTS, P. Benchmarking Management Practices in the

Construction Industry. In: 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Dept. of Construction Engineering and Management, Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile. E-mail: rramirer@ing.puc.cl. **Anais...** Dept. of Construction Engineering and Management, Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile. E-mail: rramirer@ing.puc.cl: 2003.

RISCHMOLLER, L.; ALARCÓN, L. F.; KOSKELA, L. Improving value generation in the design process of industrial projects using CAVT. **Journal of management in engineering**, v. 22, n. 2, p. 52–60, 2006.

RODRÍGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações** Universidade Federal de Santa Catarina, , 2005. .

ROMANO, F. V. **Modelo referência para o gerenciamento do processo integrado de edificações**. 2003. Universidade Federal de Santa Catarina Programa, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. **Lean Enterprise Institute Brookline**, p. 102, 2003.

SAMPAIO, J. C. S. **Proposição de um modelo de retroalimentação da gestão do processo de projeto a partir de medições de satisfação de clientes** Dissertação (Mestrado)- Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, , 2010. .

SANTOS, E. O. **Processo de projeto colaborativo em arquitetura**. 2014. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SHINGO, S. **O sistema toyota de producao do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHOOK, J.; MARCHWINSKI, C. **Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers**. [s.l.] Lean Enterprise Institute, 2014.

TAKAHASHI, A. R. W. **Pesquisa qualitativa em administração -fundamentos, métodos e usos no brasil**. 1. ed. São Paulo: ATLAS, 2013.

TILLEY, P. A. Lean Design Management: A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality? In: 13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings, **Anais...**International Group on Lean Construction, 2005. p.283

TILLEY, P. A.; MCFALLAN, S. L.; SINCLAIR, R. G. Improving design and documentation quality. **CIB REPORT**, p. 361–380, 2002.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** [s.l.: s.n.]

TZORTZOPOULOS, P. **The design and implementation of product development process models in construction companies.** 2004. University of Salford, 2004.

TZORTZOPOULOS, P.; CHAN, P.; KAGIOGLOU, M.; COOPER, R.; DYSON, E. Interactions between transformations: Flow and value at the design front-end for primary healthcare facilities. **13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings**, n. October 2015, p. 307–316, 2005. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84866103825&partnerID=40&md5=05e1d6645cb6ee2f68d9a641d3876a39>>.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. Considerations on application of lean construction principles to design management. **Proceedings IGLC**, v. 7, p. 26–28, 1999.

VASCONCELOS, A. L. F. de S.; ARCOVERDE, A. C. B. O Rigor Científico em Pesquisa, quanto á Fidelidade e à Validade dos Resultados Obtidos: Uma Experiência da Utilização da Técnica Qualitativa na Prática Avaliativa. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa-RECADM**, v. 6, n. 2, p. 1–16, 2007. Disponível em: <<http://www.periodicosibepes.org.br/ojs/index.php/recadm/article/view/108>>.

VEIGA, A. C. N. R.; ANDERY, P. R. P. Gestão do processo de design de arquitetura efêmera em museus. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 201–215, 2014.

VENKATARAMAN, K.; RAMNATH, B. V.; KUMAR, V. M.; ELANCHEZHIAN, C. Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. **Procedia Materials Science**, v. 6, p. 1187–1196, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211812814005574>>.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YUN, S.; CHOI, J.; DE OLIVEIRA, D. P.; MULVA, S. P. Development of performance metrics for phase-based capital project benchmarking. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 3, p. 389–402, abr. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786315002070>>.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**ROTEIRO DE ENTREVISTA****A. PERFIL DO ENTREVISTADO****1. Cargo:**

Gerente de projeto Gerente de obra Projetista Estagiário

Divisão/Unidade em que trabalha: _____

2. Há quanto tempo trabalha na indústria da construção?

Há menos de 1 ano Entre 5 e 9 anos Entre 15 e 19 anos

Entre 1 e 4 anos Entre 10 e 14 anos Há mais de 20 anos

3. Nível de escolaridade:

Fundamental Médio Técnico

Graduação Graduação em andamento Curso: _____

Especialização Especialização em andamento

Mestrado Mestrado em andamento Área: _____

Doutorado Doutorado em andamento Área: _____

B. Mapeamento do Fluxo de Valor**4. Qual o perfil do cliente?**

Incorporadora-construtora

Cliente particular

() Empresa pública

5. Qual o escopo do contrato inicial? Qual a classificação da atividade do projeto?

6. Quais são as etapas deste processo e qual a sequência?

Estudo Preliminar	Projeto Legal	Detalhamento
Anteprojeto	Projeto Básico	Compatibilização
	Projeto Executivo	

7. Quem e quantas pessoas estão envolvidas no processo?

Coordenador de projeto	Detalhador	Projetista de instalações
Desenvolvedor de projeto	Estagiário	Prefeitura
	Projetista de estruturas	Construtora incorporadora

8. Quais são as atividades deste processo e qual a sequência?

Coleta de dados	Revisão	Emissão
Projeto	Correção	Distribuição

9. Quais atividades não fazem parte do fluxo?

10. As atividades do Anexo 1 se aplicam a dinâmica do processo de projeto?

C. Distribuição do tempo

11. Quanto tempo durou a prestação de serviço?

12. O Prazo inicial foi prorrogado?

13. Qual o tempo de realização de cada atividade?

D. indicadores de desempenho

- 14.** Qual a quantidade de desenhos/documentos/pranchas produzidos no processo de projeto necessários para produzir a obra?
- 15.** Quais e quantas modificações ocorreram nas especificações de projeto ou documentos de projeto? Quais e quantos Pedidos de mudanças ocorreram? Obs.: O cliente por ser o principal responsável por ordens de mudança no projeto.
- 16.** Quais e quantos erros e omissões ocorreram nas especificações de projeto ou documentos de projeto? Qualquer achado ou desenho ou documento que não está em conformidade com as especificações e critérios de projeto.

E. Identificação de desperdício e oportunidades de melhoria

- 17.** Quais atividades são trabalho efetivo de valor obvio?
- 18.** Quais atividades são trabalho efetivo de valor competitivo?
- 19.** Quais atividades são trabalho efetivo agregação de valor?
- 20.** Quais atividades são trabalho contributivo?
- 21.** Quando ocorre trabalho não contributivo ou ocioso?
- 22.** Quando ocorre desperdícios no processo? Exemplos:

Retrabalho

Atraso de atividade

Trabalho incompleto

Interrupções	Supervisão excessiva	Esclarecimento necessários
Defeitos	Espera	Outros:
Esclarecimento atrasado	Processamento Exta	
Trabalho ineficiente		

23. Quais as causas de desperdícios no processo? Exemplos:

Gestão	Recursos	Informação
Requisitos incertos	Excessivos	Desnecessária
Controle excessivo	Escassos	Errada
Controle ineficiente	Mau uso	Incerteza
Burocracia	Má distribuição	Atrasada
	Má qualidade	Outras:
	Disponibilidade	

24. Quais as oportunidades de melhoria?