

ALBERTO EDUARDO BESSER FREITAG

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA GESTÃO “ENXUTA”  
PELA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Gestão na Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Braga França

Niterói  
2015

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

F866 Freitag, Alberto Eduardo Besser

Fatores críticos de sucesso para adoção da gestão enxuta pela indústria da construção civil do Estado do Rio de Janeiro / Alberto Eduardo Besser Freitag. – Niterói, RJ : [s.n.], 2015.

193 f.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, 2015.

Orientadores: Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, Sérgio Luiz Braga França.

1. Construção civil. 2. Construção enxuta. 3. Fator crítico de sucesso. I. Título.

CDD 690

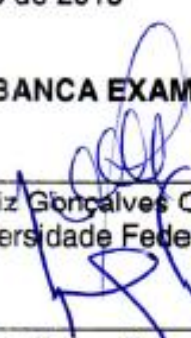
ALBERTO EDUARDO BESSER FREITAG

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA GESTÃO "ENXUTA"  
PELA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**


Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente.

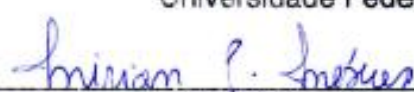
Aprovada em, 10 de dezembro de 2015

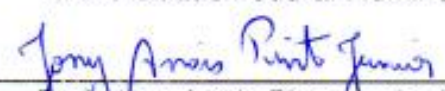
**BANCA EXAMINADORA**

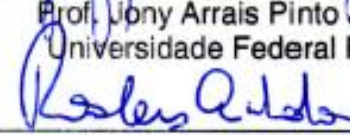
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc. (Orientador)  
Universidade Federal Fluminense

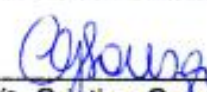
\_\_\_\_\_  
Prof. Sérgio Luiz Braga França, D.Sc. (Co-orientador)  
Universidade Federal Fluminense

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marcelo Jasmim Meiriño, D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Mirian Picinini Méxas, D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Jony Arrais Pinto Junior D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Rosley Anholon, D.Sc.  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Cristina Gomes de Souza, D.Sc.  
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Niterói  
2015

Dedico este trabalho à Andréa,  
minha esposa, incentivadora e  
companheira inseparável.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me presentear com a capacidade de pensar, e sempre me guiar (*“Der Mensch denkt, und Gott lenkt”*, provérbio alemão).

À minha esposa Andréa, pela paciência, apoio, incentivo, amor e companheirismo, em todos os momentos da minha vida e especialmente na construção deste trabalho.

A meus pais Brigitte e Klaus Richard, pelo amor, educação e valores, e a meu irmão Christian, esposa Jeanne e filhos Diego e Rafael, sempre presentes na minha vida.

Aos meus sogros Zady e Francisco, exemplos de integridade e erudição, bem como meu cunhado Eduardo, esposa Renata e filhos Tiago e Mariana, minha querida família no Brasil.

Ao meu orientador Professor Osvaldo Quelhas, exemplo de empreendedor e inovador, por me inspirar na busca da melhoria contínua deste trabalho, a fim de que seja útil para a sociedade.

Ao meu coorientador Professor Sérgio França, por me motivar a cursar este doutorado, e desde o início me direcionar a dar um cunho estratégico a esta tese.

Aos Professores Marcelo Meiriño, Jony Arrais, Rosley Anholon, Mirian Méxas e Cristina Souza, pela gentileza de integrarem a banca examinadora da minha defesa de tese, e pelos excelentes comentários e sugestões que enriqueceram sobremaneira este trabalho.

Aos Professores Carlos Alberto Soares e Orlando Longo, Clarice e demais funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelo profissionalismo e zelo com as atividades de ensino e pesquisa relacionadas a esse importante departamento da UFF.

Ao Roberto da Cunha, responsável pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas da Construção Civil na Gerência de Desenvolvimento Setorial do Sistema FIRJAN, pelo apoio, sugestões e contatos com especialistas do setor de construção civil, que foram de grande valia.

Aos meus colegas do Instituto Euvaldo Lodi do Rio de Janeiro, que acompanharam de perto minha jornada de pouco mais de três anos na elaboração desta tese.

A todos os empresários, executivos, especialistas e técnicos que contatei, envolvidos direta ou indiretamente com o setor de construção civil no estado do Rio de Janeiro, por terem contribuído com seu conhecimento e experiência na realização deste trabalho.

*"Bendita a ilusão... bendita. Mil vezes bendita a ilusão, esta divina janela aberta no negro ergástulo da vida!"*

**Azulino Joaquim de Andrade**  
Advogado, médico, alma de poeta, sempre dedicando parte de seu tempo de atividade profissional ao atendimento em favor dos menos favorecidos, especialmente crianças.

## RESUMO

A indústria da construção civil é de grande importância para o estado do Rio de Janeiro e Brasil, tanto do ponto de vista econômico (PIB e investimentos), como social (trabalhadores empregados). Apesar do momento atual de desaceleração econômica do país, o setor vem buscando alavancar sua competitividade para enfrentar os desafios do mercado e uma das formas é por meio do aumento de produtividade, que inclui a adoção de modernos métodos de gestão, como a construção enxuta (do inglês *lean construction*). O objetivo deste trabalho é identificar os fatores críticos de sucesso (FCS), considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta (do inglês *lean*) possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos. Este estudo fez uso de um desenho misto de pesquisa, com uma fase de abordagem qualitativa, seguida de uma fase quantitativa. Na fase qualitativa, utilizou-se o método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para subsidiar a análise de conteúdo dos registros encontrados por meio de buscas nas bases científicas Scopus e SciELO, entre os anos 2010 e março de 2015. Identificaram-se 88 documentos que foram incluídos na revisão da literatura, subsidiando a construção do instrumento de coleta de dados para a fase quantitativa. Na fase quantitativa, a amostra não probabilística foi de 140 profissionais envolvidos com o setor de construção civil no estado do Rio de Janeiro, entrevistados entre setembro e dezembro de 2015, obtendo-se respostas de 60. Os dados foram analisados utilizando-se o software R, por meio de estatísticas descritivas, incluindo frequências, porcentagens e moda, para descrever as características da amostra analisada. Com a finalidade de determinar a confiabilidade, validade e objetividade dos dados coletados, alguns testes específicos foram aplicados como o Alpha Ordinal, o critério Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de Esfericidade de Bartlett. Foi realizada uma análise fatorial exploratória para dados ordinais. Os resultados mostraram que 43,3% das empresas conhecem o conceito de construção enxuta (*lean construction*), mas somente 28,8% delas fazem uso deste conceito. No período pesquisado, foram identificadas apenas duas publicações científicas envolvendo o tema *lean* e a construção civil do Brasil, com preponderância de publicações dos EUA e Reino Unido, o que representa um grande espaço para publicações científicas de organizações brasileiras. Apesar das contribuições trazidas por este trabalho, existem limitações na pesquisa, basicamente relacionadas às palavras-chave utilizadas nas frases de pesquisa, escolha das bases científicas pesquisadas e perfil dos respondentes da pesquisa (*survey*). As implicações práticas deste trabalho residem na sua importância estratégica, que contribui para que mais empresas possam adotar a construção enxuta, como forma de aumentar sua produtividade, a do setor da indústria de construção civil, bem como a do país. O trabalho também é de utilidade para pesquisadores, que podem explorar diversas linhas de pesquisa a partir dos resultados encontrados, desenvolvendo novos trabalhos científicos. A originalidade deste estudo está na sua visão setorial e prospectiva, propondo um modelo para integração das práticas de construção enxuta, com ferramentas/técnicas *lean* que contribuem para a sustentabilidade, bem como fases de implantação das mesmas.

Palavras-chave: construção enxuta, construção civil, redução de desperdícios na construção civil.

## ABSTRACT

The construction industry is of great importance for the State of Rio de Janeiro and Brazil, from economic (GDP and investments) and social (employees) point of view, in spite of the current moment of country's economic slowdown. The construction industry has sought to leverage its competitiveness to face the challenges of the market and one of the ways is through increase of productivity, which includes the adoption of modern management methods, such as lean construction. The purpose of this study is to identify the critical success factors (CSF) considered essential so that the lean management philosophy can be adopted by the construction industry from the State of Rio de Janeiro, in the next ten years. As a method, a mixed design research with qualitative and quantitative approach was adopted. In the qualitative phase, the PRISMA method (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses do) was used for the content analysis of the records found through searches in Scopus and SciELO scientific basis, between the years 2010 and March 2015. A set of 88 documents were identified, which were included in the literature review, allowing to build a data collection instrument to conduct a survey at the quantitative phase. In the quantitative phase, the non-probabilistic sample was of 140 professionals involved with the construction industry in the State of Rio de Janeiro, which were interviewed between September and December, 2015, obtaining responses from 60. Data were analyzed using the software R, through descriptive statistics, including frequencies, percentages and sets, to describe the characteristics of the sample analyzed. In order to determine the reliability, validity and objectivity of the data collected, some specific tests were applied as Alpha Ordinal, the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) criteria and Bartlett's Sphericity test. An exploratory factor analysis was performed for ordinal data. The results showed that 43.3 percent of companies know the concept of lean construction, but only 28.8% of them make use of this concept. In the researched period, only two scientific publications involving the subject lean and the construction industry of Brazil were identified, with a preponderance of publications from the United States and United Kingdom, which represents a large space for scientific publications of Brazilian organizations. In spite of the contributions brought by this study, there are limitations in the research, basically related to the keywords used in the search sentences, choice of scientific bases and profile of the respondents of the survey. The practical implications of this work reside in its strategic importance, which contributes for the adoption of lean construction by more companies, as a way to increase their productivity, from the whole construction sector, as well as from the country. The work is also useful for researchers, who can explore several research lines from the results found, developing new scientific papers. The originality of this study lies in its sectorial vision and foresight, proposing a model for integration of lean construction practices, with lean tools/techniques that contribute to sustainability, as well as their implementation phases.

Keywords: lean construction, construction industry, waste reduction in the construction industry.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Intenção de investimento na indústria da construção.....	13
Figura 2: Pontuação de práticas de gestão nos países, de 1 (pior prática) a 5 (melhor prática).....	17
Figura 3: Comparação entre a produtividade do Brasil, EUA e Europa na construção civil. ....	28
Figura 4: Comparação entre a produtividade de setores industriais no Brasil. ....	29
Figura 5: Importância relativa das alavancas de produtividade (2012-2013). ....	33
Figura 6: Lacunas citadas pelos executivos (2014). ....	34
Figura 7: Importância relativa das alavancas de produtividade (2015-2016). ....	35
Figura 8: Modelo de construção enxuto combinado de projeto-suprimento-montagem.....	40
Figura 9: Modelo de melhoria de processo. ....	41
Figura 10: Modelo para pesquisa da cultura enxuta nas organizações.....	42
Figura 11: O Modelo Toyota de Liker.....	44
Figura 12: Relação entre passos de acordo no MEPL e seu potencial de eliminação de desperdícios.....	48
Figura 13: Gráfico com técnicas utilizadas pelas organizações de construção para medição de desempenho. ....	51
Figura 14: Visão parcial da ferramenta de pesquisa ( <i>survey</i> ) online.....	57
Figura 15: Categorias de desperdício na indústria de construção de Abu Dhabi. ....	58
Figura 16: Modelo para implementação de técnicas <i>lean</i> e sustentabilidade em um projeto de construção.....	65
Figura 17: Diagrama FAST de um prédio verde. ....	70
Figura 18: Modelo conceitual: efeitos de <i>lean</i> na sustentabilidade.....	71
Figura 19: Disciplinas que deveriam ensinar entrega integrada de projetos (EIP). ....	80
Figura 20: Estrutura hipotética para “Campões de prática”. ....	81
Figura 21: Pesquisas 1 a 3 no projeto piloto de construção enxuta. ....	86
Figura 22: Mapa do estado atual (estação 4). ....	96
Figura 23: Mapeamento do fluxo de valor do processo melhorado. ....	97
Figura 24: Níveis de planejamento de projeto.....	106
Figura 25: O sistema do último planejador (do inglês <i>Last Planner System</i> ). ....	107
Figura 26: Elementos da investigação, abordagens da pesquisa e processos do projeto de pesquisa. ....	128
Figura 27: Modelo conceitual com diagrama contendo etapas, procedimentos e produtos da pesquisa. ....	132
Figura 28: Distribuição dos 299 documentos encontrados na base Scopus ao longo do tempo. ....	137
Figura 29: Distribuição dos 144 documentos encontrados na base Scopus ao longo do tempo, a partir de 2010.....	138
Figura 30: Fluxo de informações através das quatro fases de uma revisão sistemática de literatura.....	142
Figura 31: Características dos entrevistados. ....	154
Figura 32: Características das empresas nas quais os entrevistados trabalham. ....	155
Figura 33: Percepções sobre construção enxuta. ....	156
Figura 34: Scree plot considerando as 35 práticas de construção enxuta.....	161

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais medidas de produtividade.....	16
Quadro 2: Dimensões para formulação de questões de pesquisa em estudos com métodos mistos.....	22
Quadro 3: Alavancas de produtividade. ....	32
Quadro 4: Diretrizes de implementação dos princípios e sub-princípios do Modelo Toyota na construção civil.....	47
Quadro 5: Indicadores de integração <i>lean</i> e sustentabilidade.....	52
Quadro 6: Perguntas aos gestores de empresas de construção <i>off-site</i> , quanto à adoção de princípios <i>lean</i> . ....	54
Quadro 7: Questionário ( <i>survey</i> ) sobre os atributos do Modelo Toyota em empresas de construção chinesas. ....	55
Quadro 8: Questionário ( <i>survey</i> ) de conformidade <i>lean</i> em empresas de construção turcas. ...	57
Quadro 9: Sete tipos de desperdício em projetos de construção. ....	59
Quadro 10: Sete principais categorias de atividades sem valor adicionando no gerenciamento do layout do local de construção. ....	60
Quadro 11: Custo de desperdício na indústria da construção.....	64
Quadro 12: Aspectos relacionados com <i>lean</i> implementados no projeto piloto . ....	84
Quadro 13: Fatores de risco na implantação de projetos de <i>lean</i> . ....	89
Quadro 14: Diretrizes para VSM no estágio inicial. ....	98
Quadro 15: Fatores críticos de sucesso em projetos.....	127
Quadro 16: Publicações incluídas na revisão da literatura. ....	147
Quadro 17: Exemplo da escala de medição utilizada no instrumento. ....	149
Quadro 18: Modelo de correlação entre práticas de construção enxuta, ferramentas <i>lean</i> /técnicas para permitir a sustentabilidade e fases de implantação. ....	170
Quadro 19: Fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura...	173

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro. ....	12
Tabela 2: Produtividade no setor da construção civil, por país. ....	27
Tabela 3: Produtividade do trabalho, capital e PTF (crescimento anual).....	30
Tabela 4: <i>Ranking</i> de indicadores não financeiros, de acordo com sua importância para as organizações de construção. ....	51
Tabela 5: Valor do índice de importância das causas de desperdício e a classificação. ....	61
Tabela 6: <i>Ranking</i> das taxas de desperdício de material de construção. ....	63
Tabela 7: <i>Ranking</i> dos benefícios da sincronização de <i>lean</i> e sustentabilidade. ....	67
Tabela 8: <i>Ranking</i> dos princípios <i>lean</i> /técnicas para permitir a sustentabilidade. ....	67
Tabela 9: <i>Ranking</i> de áreas de ligação entre construção enxuta e sustentabilidade. ....	68
Tabela 10: Estudo de tempo inicial e pós-melhoria e resultados de amostragem do trabalho. ....	93
Tabela 11: Frases de pesquisa nas bases Scopus e SciELO. ....	136
Tabela 12: Documentos por ano na base Scopus, a partir de 2010. ....	138
Tabela 13: Fontes com maior número de documentos na base Scopus, a partir de 2010. ....	139
Tabela 14: Autores com maior número de documentos na base Scopus, a partir de 2010. ...	139
Tabela 15: Documentos por país da organização que submeteu o documento, na base Scopus, a partir de 2010. ....	140
Tabela 16: Documentos por área de conhecimento na base Scopus, a partir de 2010. ....	140
Tabela 17: Documentos por tipo na base Scopus, a partir de 2010. ....	141
Tabela 18: Amostra da pesquisa. ....	151
Tabela 19: Alfa ordinal para as camadas da construção enxuta. ....	157
Tabela 20: Percentual de respostas “não entendi” a alternativa por prática e percentual segundo a concordância dos respondentes, considerando somente os que entenderam alternativas. ....	158
Tabela 21: Comunalidades e cargas fatoriais rotacionadas. ....	162
Tabela 22: <i>Ranking</i> de práticas de construção enxuta. ....	165

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 CONTEXTO.....	12
<b>1.1.1 A importância econômica da construção civil para o Brasil e o Rio de Janeiro.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 Impacto dos métodos de gestão na produtividade .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.3 A manufatura enxuta na construção civil – construção enxuta .....</b>	<b>19</b>
1.2 PROBLEMA .....	21
1.3 QUESTÕES DA PESQUISA .....	22
1.4 OBJETIVO GERAL.....	23
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
1.6 JUSTIFICATIVA .....	24
1.7 DELIMITAÇÃO .....	24
1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	25
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>26</b>
2.1 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
2.2 A FILOSOFIA DE GESTÃO ENXUTA BASEADA NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	35
2.3 MODELOS ENVOLVENDO A CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	38
2.4 INDICADORES PARA A CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	49
2.5 INSTRUMENTOS DE PESQUISA SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA .....	52
2.6 DESPÉRDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	58
2.7 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	64
2.8 EDUCAÇÃO E CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	74
2.9 CUIDADOS NA IMPLANTAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	82
2.10 PRINCÍPIOS/TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	90
<b>2.10.1 <i>Just-in-time</i>.....</b>	<b>90</b>
<b>2.10.2 Ferramenta de visualização .....</b>	<b>90</b>
<b>2.10.3 Reuniões diárias de grupo/equipe .....</b>	<b>91</b>
<b>2.10.4 Análise de valor.....</b>	<b>92</b>
<b>2.10.5 Mapeamento do fluxo de valor .....</b>	<b>94</b>
<b>2.10.6 Gestão da qualidade total.....</b>	<b>98</b>
<b>2.10.7 Falha segura visando qualidade .....</b>	<b>99</b>
<b>2.10.8 5S (cinco S) .....</b>	<b>100</b>
<b>2.10.9 Manutenção preventiva total.....</b>	<b>102</b>
<b>2.10.10 Estudos de primeira produção .....</b>	<b>102</b>
<b>2.10.11 Último planejador (<i>Last Planner</i>).....</b>	<b>103</b>
<b>2.10.12 Engenharia simultânea.....</b>	<b>112</b>
<b>2.10.13 Abordagem puxada .....</b>	<b>114</b>
<b>2.10.14 Kanban .....</b>	<b>115</b>
<b>2.10.15 Kaizen .....</b>	<b>116</b>
<b>2.10.16 Seis Sigma.....</b>	<b>119</b>
2.11 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO – DEFINIÇÕES E CONCEITOS .....	122
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>128</b>
3.1 DESENHO MISTO DE PESQUISA.....	128
<b>3.1.1 Abordagem de pesquisa .....</b>	<b>128</b>
<b>3.1.2 Modelo conceitual.....</b>	<b>130</b>
3.2 FASE QUALITATIVA DA PESQUISA .....	134
<b>3.2.1 Definição das bases científicas que foram utilizadas na busca de publicações .....</b>	<b>136</b>

<b>3.2.2 Frases de pesquisa utilizadas e registros encontrados .....</b>	<b>136</b>
<b>3.2.3 Estudo bibliométrico dos documentos encontrados .....</b>	<b>137</b>
3.2.3.1 Documentos por ano na base Scopus .....	138
3.2.3.2 Fontes com maior número de documentos na base Scopus.....	139
3.2.3.3 Autores com maior número de documentos na base Scopus.....	139
3.2.3.4 Documentos por país da organização que submeteu o documento, na base Scopus..	140
3.2.3.5 Documentos por área de conhecimento na base Scopus .....	140
3.2.3.6 Documentos por tipo na base Scopus .....	141
<b>3.2.4 Critérios para definição das publicações utilizadas na revisão da literatura .....</b>	<b>141</b>
<b>3.3 FASE QUANTITATIVA DA PESQUISA .....</b>	<b>148</b>
<b>3.3.1 Instrumento e escala .....</b>	<b>148</b>
<b>3.3.2 Amostra e coleta dos dados.....</b>	<b>150</b>
<b>3.3.3 Análise dos dados.....</b>	<b>152</b>
3.3.3.1 Características dos entrevistados, empresas e percepções sobre construção enxuta..	154
3.3.3.2 Análise de confiabilidade do questionário.....	157
3.3.3.3 Validação de conteúdo do questionário.....	158
3.3.3.4 Validação de constructor no questionário .....	159
<b>4 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA FILOSOFIA ENXUTA .....</b>	<b>164</b>
4.1 <i>RANKING</i> DE PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	165
4.2 FERRAMENTAS/TÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	167
4.3 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA .....	168
<b>5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS .....</b>	<b>174</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>176</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>186</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

### 1.1.1 A importância econômica da construção civil para o Brasil e o Rio de Janeiro

A produtividade da indústria de construção é um dos indicadores econômicos de sucesso, uma vez que este setor tem um impacto substancial no Produto Interno Bruto (PIB) e no emprego (IBRAHIM et al., 2010). O estudo estima que um aumento de 10% na produtividade da indústria de construção resultaria em uma melhoria de 2,5% do PIB.

O setor da indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro possui 2.551 empresas (FIRJAN, 2014a), conforme distribuição apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Número de empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro.

Porte	Quantidade de empresas	%
Micro (até 19 empregados)	1.429	56%
Pequena (de 20 a 99 empregados)	787	30,85%
Médio (de 100 a 499 empregados)	275	10,8%
Grande (500 ou mais empregados)	60	2,35%
Total	2.551	

Fonte: Divisão de Cadastro Unificado, FIRJAN, 2014a.

A importância do setor é corroborada por um estudo (FIRJAN, 2015a) com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, mostrando que o setor econômico da indústria da construção civil no Estado do Rio de Janeiro apresentou uma taxa de crescimento real de 34,7% no período 2008/2012, crescendo de R\$ 16,8 bilhões em 2008 para R\$ 22,6 bilhões em 2012, representando 4,5% do PIB do Estado do Rio de Janeiro em 2012, e 10,6% do PIB do setor no Brasil. Em nível nacional, o setor de construção civil teve desempenho semelhante, mostrando que o setor econômico da indústria da construção civil no Brasil, apresentou taxa de crescimento real de 29,3% no período 2008/2012, crescendo de R\$ 164,8 bilhões em 2008 para R\$ 213,1 bilhões em 2012, representando 4,9% do PIB do Brasil em 2012.

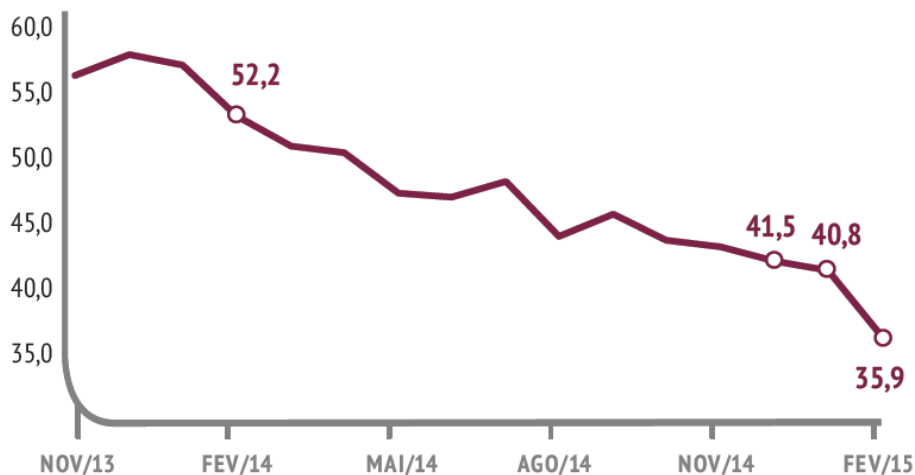
No que tange o número de empregados, um estudo (FIRJAN, 2015b) com dados do Ministério do Trabalho e Emprego, mostra que o setor da indústria da construção civil no Estado do Rio de Janeiro apresentou variação de 47,3% no período de 2009/2013, crescendo de 214.757 empregos em 2009 para 316.302 em 2013, representando 6,9% dos empregos do Estado do Rio de Janeiro em 2013, e 10,2% do setor no Brasil. Em nível nacional, o setor apresentou variação de 39,3% no período de 2009/2013, crescendo de 2.221.254 empregos em 2009 para 3.094.153 em 2013, representando 6,3% dos empregos do Brasil.

A publicação Decisão Rio (FIRJAN, 2014b) é um estudo que apresenta as intenções de investimento no estado do Rio de Janeiro a partir da consulta a potenciais investidores, em um período prospectivo de três anos. A edição mais recente prevê grandes investimentos entre 2014 e 2016 no estado, envolvendo direta ou indiretamente o setor da construção, tais como: Indústria de Transformação – R\$ 40,5 bilhões; Infraestrutura - R\$ 37,9 bilhões; Instalações Olímpicas – R\$ 9,9 bilhões; e Turismo – R\$ 3,5 bilhões.

Apesar das boas perspectivas supracitadas para o setor da indústria da construção civil, em função do momento atual de desaceleração econômica no país, o andamento de diversas obras foi afetado em nível nacional, conforme mostrado pelos dados da Sondagem Indústria da Construção (CNI, 2015) junto a 586 empresas do setor, que são os mais negativos desde o início da pesquisa, em janeiro de 2010 (Figura 1). As quedas no nível de atividade e no número de empregados foram as mais intensas e disseminadas pelo segmento industrial desde o início da série, em todos os portes e setores. As expectativas dos empresários em fevereiro de 2015 para os próximos seis meses se tornaram ainda mais pessimistas. Todos os índices atingiram os menores níveis de suas séries, o que indica pessimismo disseminado pela indústria da construção. O empresário mostra ainda pouca intenção de investir.

## Intenção de investimento

Índice de difusão (0 a 100 pontos)



O Índice de Intenção de Investimento varia de 0 a 100 pontos. Quanto maior o índice, maior a propensão a investir da indústria.

Figura 1: Intenção de investimento na indústria da construção.

Fonte: Sondagem Indústria da Construção, CNI, 2015.

O índice de intenção de investimento recuou 4,9 pontos para 35,9 pontos em fevereiro de 2015, assumindo o menor valor entre os diferentes segmentos da indústria (indústria extrativa, de transformação e da construção). A queda frente a janeiro de 2014 é de

16,3 pontos. Esta constatação de queda na intenção de investir precisa considerar que para manter a lucratividade da indústria da construção civil é necessário investir na melhoria da produtividade, o que é abordado no próximo tópico.

A produtividade do Brasil ainda é baixa, se comparada com Estados Unidos e países da Europa (BLOOM e REENEN, 2010), e uma das explicações está em grande parte nas variações de práticas de gestão, como a adoção da manufatura enxuta (do inglês *lean manufacturing*). Apesar de sua grande importância, a indústria da construção regularmente demonstra níveis mais baixos de produtividade quando comparada com a indústria de transformação, como relatado por Ibrahim et al. (2010). Sullivan (2011) comenta em seu artigo que durante os últimos 40 anos, a produtividade da indústria da construção por trabalhador caiu quase 25%. Isso é extremamente preocupante, especialmente quando se considera que o trabalhador médio da indústria aumentou sua produtividade em 125%.

Mello e Amorim (2009) compararam a produtividade obtida pelos empregados no setor da construção civil, e constataram que a produtividade europeia é 75% da americana e a brasileira é 15% da americana. Além disso, observaram que a produtividade obtida na construção civil no Brasil fica aquém daquela obtida em outros setores industriais do país.

### **1.1.2 Impacto dos métodos de gestão na produtividade**

O Mapa Estratégico da Indústria 2013-2022 (CNI, 2013a), é um estudo, resultado dos debates e das contribuições de 520 pessoas, entre empresários, executivos, acadêmicos e presidentes de associações nacionais setoriais e federações de indústrias, cujo objetivo é apontar o caminho que a indústria e o Brasil devem percorrer na próxima década para aumentar os níveis de produtividade e eficiência e alcançar um elevado grau de competitividade, respeitando os critérios de sustentabilidade. A competitividade tem caráter multidimensional e promovê-la passa por atuar nos seus determinantes. O principal é a produtividade. As ações para aumentar a produtividade têm origem em duas fontes: na empresa, fruto da estratégia e de ações na operação; e no ambiente externo à sua operação, passível de influência, mas não de decisão por parte do empresário. A sustentabilidade tem uma relação direta com a produtividade e a inovação. Os ganhos de produtividade reduzem o uso de recursos naturais e eliminam desperdícios. A inovação, por sua vez, introduz novos produtos, processos e modelos de negócios que geram menos impacto ambiental e social. A busca por competitividade com sustentabilidade deve orientar decisões, estratégias e ações do Sistema Indústria, bem como influenciar as ações e posições das empresas industriais



brasileiras e das demais entidades de representação da indústria, do governo e de outras organizações relacionadas direta ou indiretamente à questão industrial.

A Sondagem Especial Indústria de Transformação e Extrativa: Produtividade (CNI, 2013b) junto a 2.002 empresas brasileiras, tratando de produtividade, identificou quatro destaques:

- 64% dos empresários afirmam que a produtividade de sua empresa cresceu nos últimos cinco anos;
- 53% dos empresários consideram que o método de gestão adotado afeta a produtividade positivamente;
- 53% consideram que a baixa qualidade da mão de obra afeta negativamente a produtividade das empresas;
- 7% acreditam que sua empresa é mais produtiva que suas concorrentes estrangeiras.

Entre os fatores que afetaram a produtividades das empresas nos últimos cinco anos, o mais citado foi “método de gestão (71%)”.

Medidas do crescimento da produtividade constituem indicadores fundamentais para a análise do crescimento econômico. No entanto, existem muitas abordagens diferentes para medição de produtividade e seu cálculo e interpretação requer cuidados a serem considerados, em especial quando são realizadas comparações internacionais.

O Manual de Produtividade da OECD (OECD, 2001) é o primeiro guia completo para as várias medidas de produtividade, destinado a estatísticos, pesquisadores e analistas envolvidos na construção de indicadores de produtividade para a indústria. O manual em questão define produtividade como:

Produtividade é comumente definida como a proporção de uma medida de volume de saída para uma medida de volume utilizada na entrada. Enquanto não há nenhum desacordo sobre esta noção geral, um olhar sobre a literatura de produtividade e suas diferentes aplicações revela rapidamente que não há um propósito exclusivo, nem uma única medida de produtividade. Os objetivos da medição de produtividade incluem: tecnologia, eficiência, economias de custo real, *benchmarking* de processos de produção e qualidade de vida.

Existem muitas medidas de produtividade diferentes, como mostrado no Quadro 1, que usa critérios, a seguir apresentados, para elencar as principais medidas de produtividade .

Tipo de medida de saída	Tipo de medida de entrada			
	Trabalho	Capital	Capital e trabalho	Capital, trabalho e insumos intermediários (energia, materiais, serviços)
Produção bruta	Produtividade do trabalho (com base na produção bruta)	Produtividade do capital (com base na produção bruta)	PMF Capital-trabalho (com base na produção bruta)	Produtividade multifator KLEMS
Valor adicionado	Produtividade do trabalho (com base no valor adicionado)	Produtividade do capital (com base no valor adicionado)	PMF Capital-trabalho (com base no valor adicionado)	
	Medidas de produtividade de fator único		Medidas de produtividade multifator (PMF)	

Quadro 1: Principais medidas de produtividade.

Fonte: Manual de Produtividade da OECD, 2001.

A escolha entre elas depende da finalidade da medição de produtividade e, em muitos casos, da disponibilidade de dados. Em termos gerais, as medidas de produtividade podem ser classificadas como medidas de produtividade de fator único (relacionando uma medida da saída a uma única medida de entrada) ou medidas de produtividade multifator (relacionando uma medida da saída a um conjunto de entradas). Outra distinção, de particular relevância no nível da indústria ou empresa é entre as medidas de produtividade que relacionam algumas medidas de produção bruta com uma ou várias entradas, e aquelas que utilizam um conceito de valor adicionado para capturar os movimentos de saída. O Quadro 1 usa esses critérios para elencar as principais medidas de produtividade.

Bloom e Reenen (2010) apresentam evidências de que uma explicação para as persistentes diferenças de produtividade entre as empresas, bem como entre os respectivos países onde estão instaladas reside em grande parte nas variações de práticas de gestão.

Para medir as práticas de gestão, os autores desenvolveram uma nova metodologia de pesquisa, utilizando uma ferramenta de avaliação baseada em entrevistas que define e pontua 18 práticas de gestão básicas de 1 ("piores práticas") a 5 ("melhores práticas"). Uma pontuação elevada representa uma melhor prática no sentido de que uma empresa que tem adotado a prática irá, em média, aumentar a sua produtividade. A combinação de muitos

destes indicadores reflete a "boa gestão", como comumente entendido, sendo que a medida principal das práticas de gestão será a média das 18 pontuações.

A ferramenta de avaliação foi desenvolvida por uma empresa de consultoria internacional, relatam Bloom e Reenen (2010), e pode ser amplamente interpretada como uma tentativa de medir as práticas de gestão em três grandes áreas: 1) monitoramento — quão bem companhias monitoraram o que se passa dentro de suas empresas e usam isso para a melhoria contínua? 2) metas — as empresas definem as metas corretas, acompanham os resultados corretos e tomam as medidas apropriadas, se ambos forem inconsistentes? 3) incentivos — as empresas estão promovendo e remunerando funcionários com base no desempenho e tentando contratar e manter seus melhores funcionários?

A pontuação média de práticas de gestão por país, obtida de quase 6.000 entrevistas com empresas desde 2006, está mostrado na Figura 2. Trata-se de uma amostra aleatória da população de todas as empresas públicas e privadas de manufatura com 100 a 5.000 empregados. A empresa que representa a média em todos os países é de propriedade privada, empregando cerca de 350 trabalhadores e operando através de duas plantas de produção.

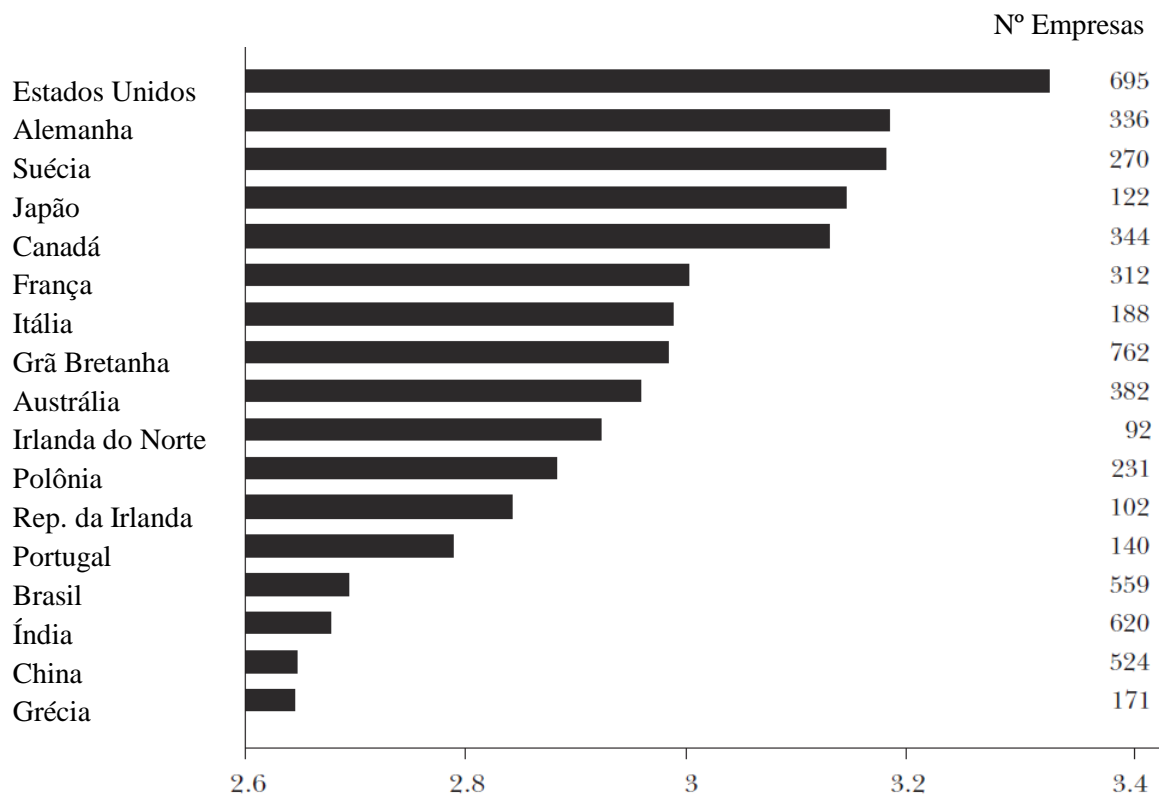


Figura 2: Pontuação de práticas de gestão nos países, de 1 (pior prática) a 5 (melhor prática)

Fonte: Bloom e Reenen, 2010.

Os Estados Unidos têm, em média, as maiores pontuações de práticas de gestão, seguidos por Alemanha, Japão, Suécia e Canadá e então seguidos por um bloco de países da Europa central — França, Itália, Irlanda, Reino Unido e Polônia — e Austrália. Na lanterna estão países do sul da Europa, como Grécia e Portugal, juntamente com países em desenvolvimento como Brasil, China e Índia.

As pontuações de gestão geral podem ser separadas em três grandes categorias relacionadas a monitoramento, metas e incentivos (BLOOM e REENEN, 2010). Países podem melhorar as práticas de gestão e, portanto, agregar produtividade de duas maneiras distintas. A primeira é através da promoção de fatores que aumentem a média de qualidade da gestão em cada empresa (por exemplo, através da melhor educação empresarial) e, portanto, elevem a produtividade dentro da empresa que representa a média.

A segunda é por meio da realocação melhorada através de empresas. Este fator acaba por ser empiricamente importante para explicar diferenças entre países na produtividade agregada: ou seja, países de alta produtividade como os Estados Unidos parecem ser melhores para que empresas eficientes cresçam mais, enquanto países de baixa produtividade como China e Índia não o são. A implicação é que fatores como a competição de mercado entre os produtos deve gerar uma relação mais forte entre qualidade de gestão, por um lado e tamanho de empresa e crescimento por outro lado e, portanto, conduzir a uma maior produtividade agregada.

Melhor gestão pode estar associada a resultados piores para os trabalhadores e para o ambiente? Numa pesquisa realizada em 2004, Bloom e Reenen (2010) também coletaram informações sobre aspectos de equilíbrio trabalho-vida, tais como creches, flexibilidade na jornada de trabalho e auto avaliação da satisfação dos empregados. Na verdade, empresas bem geridas tendem a ter melhores instalações para os trabalhadores ao longo dessas dimensões.

Também verificaram que eficiência energética está fortemente associada com melhor nível de gestão da empresa, provavelmente porque boas práticas de gestão (como manufatura enxuta, *lean manufacturing* em inglês) tendem a economizar no consumo de energia.

Os autores afirmam que a educação está fortemente correlacionada com altas pontuações em gestão, se for considerado o nível de escolaridade tanto dos gerentes como dos trabalhadores. Não é possível inferir uma relação causal desta associação, mas é plausível que gerentes com um MBA ou graduação são mais propensos a estar a par dos benefícios das práticas de gestão moderna como manufatura enxuta. Mais surpreendente, talvez, é que a educação no nível de trabalhadores é positivamente associada com pontuações de gestão, sugerindo que a implementação de muitas das práticas pode ser mais fácil quando a força de

trabalho é mais bem informada. Muitas das melhores práticas de gestão dependem significativamente da iniciativa dos trabalhadores, tais como as técnicas de manufatura enxuta de inspiração japonesa e incentivos de alto desempenho.

Bloom e Reenen (2010) acreditam que mais educação básica de negócios — por exemplo, orçamento de capital, análise de dados e práticas de gestão de pessoas — pode ajudar a melhorar a gestão em muitos países, especialmente nos países em desenvolvimento. A lenta evolução das práticas de gestão ao longo dos Estados Unidos, Europa e Japão — "gestão científica" de Taylor, produção em massa de Ford, corporação no formato M de Sloan, movimento de qualidade de Deming e "produção enxuta" da Toyota — sugerem que as práticas de gestão têm uma semelhança com tecnologias de processo que se difundem lentamente ao longo do tempo.

A lenta difusão tecnológica pode ter várias causas, mas um fator bem estudado é a informação. Novas práticas de gestão são muitas vezes complexas e de difícil introdução sem a ajuda de funcionários ou consultores com experiência prévia dessas inovações. Empresas aprendem com as experiências (boas e más) de outros, experimentando diferentes práticas, então nem todas serão adotadas imediatamente. Um exemplo é a luta de duas décadas de empresas automotivas americanas para replicar o sistema japonês de manufatura enxuta.

### **1.1.3 A manufatura enxuta na construção civil – construção enxuta**

Pesquisadores do departamento de engenharia de produção da escola politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e profissionais com ampla experiência no setor de construção civil da EY conduziram um estudo (EY, 2014), cujos objetivos incluíram a definição e conceituação das principais alavancas de produtividade do setor, uma delas sendo a adoção de métodos de gestão como “*lean construction* – construção baseada no paradigma de redução de desperdício que ficou conhecido como método Toyota de produção”. No que tange os esforços dos investimentos para aumento de produtividade na construção civil em 2015 e 2016, os profissionais entrevistados indicaram que haverá maior prioridade para o aprimoramento do planejamento de empreendimentos e de métodos de gestão.

Al-Aomar (2012) investigou a aplicação de práticas de construção enxuta (*lean construction*) na indústria da construção e desenvolveu um modelo combinado de projeto-suprimento-montagem, incorporando a classificação Seis Sigma, de forma a ajudar a indústria a reduzir o desperdício e custos, aumentar a eficácia e melhorar a qualidade.

A medição de desempenho tem recebido atenção considerável de pesquisadores e da indústria da construção nas últimas duas décadas. O estudo de Sarhan e Fox (2013) buscou

avaliar a conscientização no Reino Unido quanto à importância do uso de medidas de desempenho adequadas e o seu papel em apoiar a aplicação de conceitos de construção enxuta. Foram identificadas as principais técnicas utilizadas na medição de desempenho e classificou-se um número de indicadores chave de desempenho não financeiros.

Muitas tentativas foram feitas para compreender completamente a abordagem enxuta e sua aplicação na construção. Entre esses esforços, o Modelo Toyota é visto como uma abordagem adequada que aponta vários aspectos enxutos, abrangendo filosofia de longo prazo, processos, pessoas e parceiros, e resolução de problemas. O trabalho de Gao e Low (2014b) investigou o impacto da implementação do Modelo Toyota sobre o desempenho de qualidade e produtividade das grandes empresas de construção na China. Os resultados mostram que diferentes práticas podem afetar medidas de desempenho específicas, portanto, as empresas chinesas devem priorizar os princípios críticos que melhoram o desempenho.

A filosofia de produção enxuta tem sido aplicada na indústria da construção para reduzir o desperdício, aumentar a eficiência, e tem provado ser eficaz para enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável. Muitos estudos têm mostrado que a filosofia enxuta pode ser aplicada em fábricas de concreto pré-moldado para reduzir o inventário, reduzir o desperdício e aumentar a eficiência. O estudo de Wu, Low e Jin (2013) investigou práticas de gerenciamento de layout do local de construção e apresentou estratégias para melhorar o layout do local de construção, por meio de um estudo de caso. Os resultados indicaram que existem muitas atividades sem valor adicionado nas práticas de gerenciamento de layout do local de construção, que contribuem para um aumento do nível de emissões de carbono.

O trabalho de Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014) apresentou um estudo exploratório da literatura existente e os resultados da utilização de um questionário entre participantes da construção do Reino Unido para explorar a contribuição da aplicação de técnicas de construção enxuta na construção sustentável. A perspectiva global de profissionais da indústria de construção, mostra que são percebidos benefícios em função da integração dos princípios da construção sustentável dentro da indústria da construção civil.

O trabalho de Nahmens e Ikuma (2012) propôs o uso de construção enxuta como uma estratégia viável e eficaz para alcançar o ideal de construção sustentável, utilizando vários estudos de caso para mostrar o efeito positivo da filosofia enxuta sobre o *triple bottom line* da sustentabilidade na construção de casas modulares. Os resultados mostraram impactos significativos do ponto de vista econômico (redução de custos e aumento de lucro), social (melhoria do ambiente de trabalho e saúde ocupacional) e ambiental (redução de desperdícios e otimização do uso de recursos).

O trabalho de Harper e Hazleton (2014) teve como objetivo enriquecer pesquisas passadas sobre os elementos essenciais do conhecimento de construção que novos engenheiros precisam adquirir em programas de ensino superior, especificamente no que tange a construção enxuta, a fim de se comunicarem e trabalharem efetivamente com parceiros comerciais, considerando os elementos principais da engenharia de construção (fundamentos técnicos, materiais de construção, recursos aplicados na construção e operações de *construção no campo*), tecnologias emergentes e práticas.

## 1.2 PROBLEMA

O setor da indústria da construção civil é de grande importância econômica e social para o Brasil e o estado do Rio de Janeiro. Em função do momento de desaceleração econômica do país, há uma queda na intenção de investimento pelas empresas do setor, de forma que, para manter a lucratividade da indústria da construção civil, é necessário investir na melhoria da produtividade, que ainda é baixa no Brasil, em comparação com outros países. Uma das formas de aumentar a produtividade das empresas é por meio da adoção de métodos como a gestão enxuta (do inglês *lean*) na indústria da construção, conhecido no Brasil como construção enxuta (do inglês *lean construction*), baseado no Modelo Toyota de Produção.

Os resultados do estudo bibliométrico demonstram que existem ainda relativamente poucos artigos científicos tratando do tema *lean* na construção civil do Brasil, e que entre 2010 e 2014, houve em média 28 documentos por ano publicados em nível mundial, portanto, é um assunto que vem mantendo o interesse da comunidade científica. As organizações (universidades, empresas, associações empresariais etc.) que mais publicam são dos EUA e Reino Unido, e a área de conhecimento com mais documentos é a engenharia.

Face ao acima exposto, identificou-se a oportunidade de se desenvolver um estudo sobre construção enxuta, partindo do conhecimento existente, especialmente do trabalho realizado pela EY (2014) em parceria com a USP, em que foi estudado o estado-da-arte sobre o tema produtividade na indústria da construção civil brasileira.

O problema de pesquisa foi definido como a identificação dos fatores críticos de sucesso (FCS), considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta possa ser adotada pelas empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos. Pretende-se que a filosofia de gestão enxuta seja adotada pelas empresas em todo seu ciclo, englobando projeto, suprimento, construção/montagem e uso.

Os FCS são um número limitado de áreas/projetos de atividade (foco), nas quais um resultado satisfatório assegurará o desempenho do departamento ou da organização, apresentam características, específicas, temporais e mensuráveis, podendo ser de natureza setorial. Pela sua importância estratégica, devem ser analisados de forma global para a organização, e não devem ser confundidos com “indicadores-chave”, aplicáveis a todas as áreas/projetos da organização, incluindo os FCS.

### 1.3 QUESTÕES DA PESQUISA

Robson (2011) sugere como regra de quatro a seis questões. Para o autor, boas questões de pesquisa:

- Têm clareza, sem serem ambíguas;
- Mostram o propósito do projeto (explorar, descrever, explicar e/ou reforçar);
- São respondíveis e apontam para o tipo de dados necessários para fornecer as respostas;
- Não são triviais; e
- Formam um conjunto coerente e interconectado (não estão soltas).

Creswell (2003) recomenda que o pesquisador reduza o seu estudo a uma abrangente questão central e a várias subquestões, iniciando com as palavras “como” ou “qual”.

Questões de pesquisa em pesquisas de métodos mistos, abordagem adotada neste trabalho, requerem dois tipos de informação (ou seja, narrativa e numérica) a serem respondidas (TASHAKKORI e TEDDLIE, 2010). Os autores identificaram quatro dimensões que descrevem como pesquisadores formulam questões de pesquisa dentro do contexto de métodos mistos. No Quadro 2 são apresentadas as dimensões adotadas neste trabalho.

Dimensão	Opção	Descrição
Estilo retórico: formato	Questão	O pesquisador escreve uma sentença interrogativa completa com o símbolo de interrogação.
Estilo retórico: nível de integração	Combinação	O pesquisador combina uma questão de método misto abrangente com questões separadas quantitativas e qualitativas.
Correlação entre as questões	Dependente	O pesquisador escreve uma questão de pesquisa que depende dos resultados da outra questão.
Relação entre as questões para o processo de pesquisa	Predeterminado	O pesquisador escreve uma questão baseado na literatura, prática, tendência pessoal e/ou considerações disciplinares desde o início do estudo.

Quadro 2: Dimensões para formulação de questões de pesquisa em estudos com métodos mistos.

Fonte: Elaborado a partir de Tashakkori e Teddlie, 2010.



Questões de pesquisa quantitativas devem ser formuladas com termos específicos para indicar os dados e análises necessários para respondê-las. Devem iniciar com “como, que ou porque” e utilizar termos como “diferenciar, comparar e relacionar” para indicar ligação entre variáveis. Questões de pesquisa qualitativas devem ser formuladas em linguagem neutra, não direcionada, identificando apenas um fenômeno, iniciando com as palavras “que ou como”.

O projeto de pesquisa é direcionado pela questão de pesquisa. Se a questão de pesquisa pergunta sobre, por exemplo, relações, co-ocorrências ou nexos de causalidade, então o projeto de pesquisa é dedutivo e o direcionamento teórico é quantitativo. Isso significa que o método completo é um método quantitativo que melhor responde boa parte da questão de pesquisa, caso deste trabalho. A parte da questão que não pode ser respondida com a questão quantitativa selecionada é endereçada, no caso deste trabalho, com uma estratégia qualitativa, conduzida sequencialmente.

Com base no acima exposto, formulou-se como questão central:

- Quais são os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, em 10 anos?

A questão central foi desdobrada nas seguintes subquestões:

- Quais são as práticas de construção enxuta (do inglês *lean construction*), que devem ser priorizadas?
- Como correlacionar as práticas com ferramentas/técnicas de construção enxuta, que contribuem para a sustentabilidade das organizações?

#### 1.4 OBJETIVO GERAL

Identificar quais são os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.

#### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estruturar um *ranking* de práticas de construção enxuta, com base no Modelo Toyota de Liker (2004), que possa ser priorizado para alocação de recursos (técnicos, financeiros e humanos) na implantação das ferramentas/técnicas *lean*;

2. Propor um modelo de correlação de práticas de construção enxuta com suas respectivas ferramentas/técnicas *lean*, que contribuam para a sustentabilidade das organizações, bem como fases de implantação das mesmas;
3. Elaborar um resumo com base na revisão da literatura, dos fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que as ferramentas/técnicas *lean*, atreladas às práticas de construção enxuta, possam ser adotadas pelas empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

O contexto atual sinaliza o interesse das empresas do setor da indústria da construção civil de adotar métodos de gestão que contribuam para o aumento da produtividade, como o método de gestão enxuta (EY, 2014), mais conhecido como construção enxuta (do inglês *lean construction*) no caso da indústria da construção civil.

Além disso, existe pouca literatura científica disponível envolvendo casos brasileiros na utilização da filosofia de gestão enxuta no setor de construção civil e, no caso específico deste trabalho, a visão setorial com um horizonte futuro de 10 anos para o estado do Rio de Janeiro é um diferencial.

Esta pesquisa possui, portanto, um viés setorial e prospectivo, que é a originalidade deste trabalho, ao invés de uma visão individual para uma empresa específica, podendo ser utilizado para subsidiar estudos para a implantação da filosofia de gestão enxuta em outros setores.

O trabalho também é de utilidade para pesquisadores, que podem explorar diversas linhas de pesquisa a partir dos resultados encontrados, desenvolvendo novos trabalhos científicos.

## 1.7 DELIMITAÇÃO

A revisão da literatura, incluída na fase qualitativa deste trabalho, foi limitada aos registros obtidos a partir de buscas nas bases científicas Scopus e SciELO.

A pesquisa de campo, cujo resultado subsidiou a fase quantitativa deste trabalho, foi conduzida exclusivamente no estado do Rio de Janeiro, no período de setembro a dezembro de 2015, obtendo-se respostas de 60 entrevistados de uma amostra não probabilística de 140 profissionais que trabalham com o setor da indústria da construção civil.

Os resultados apresentados no capítulo 4 estão limitados a três produtos:

- *Ranking* de práticas de construção enxuta;
- Proposta de modelo de correlação de práticas de construção enxuta com suas respectivas ferramentas/técnicas *lean*, e fases sugeridas de implantação;
- Resumo dos fatores críticos de sucesso, com base na revisão da literatura, considerados imprescindíveis para que as ferramentas/técnicas *lean*, atreladas às práticas de construção enxuta, possam ser adotadas pelas empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.

## 1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além deste capítulo de introdução, contendo o contexto para subsidiar a definição do problema, seguido das questões da pesquisa, o objetivo geral, objetivos específicos, justificativa, delimitação e organização do trabalho, este estudo possui mais quatro capítulos.

O segundo capítulo trata da revisão da literatura, abordando a produtividade na construção civil, a filosofia de gestão enxuta baseada no Sistema Toyota de Produção, desperdícios na construção, além de diversos temas relacionados à construção enxuta tais como modelos, indicadores, cuidados com a implantação da construção enxuta, relação com a educação, bem como vasto material sobre ferramentas/técnicas *lean*, que contribuem para a sustentabilidade. Pesquisou-se, também, definições sobre fatores críticos de sucesso.

O terceiro capítulo aborda o método de pesquisa utilizado, um desenho misto de pesquisa com abordagem qualitativa e quantitativa, além de informações sobre a amostra, instrumento de coleta de dados, escala e análise de dados.

O quarto capítulo apresenta os resultados deste trabalho: *ranking* de práticas de construção enxuta; proposta de modelo de correlação de práticas de construção enxuta com suas respectivas ferramentas/técnicas *lean*, e fases sugeridas de implantação; e resumo dos fatores críticos de sucesso, com base na revisão da literatura, considerados imprescindíveis para que as ferramentas/técnicas *lean*, atreladas às práticas de construção enxuta, possam ser adotadas pelas empresas do setor de construção civil do estado do RJ em 10 anos.

O quinto capítulo finaliza o trabalho com a conclusão e sugestão de novas pesquisas.

Integram este trabalho ainda as referências bibliográficas e o apêndice.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A prosperidade de uma nação é reconhecida como sendo dependente de seus níveis de produtividade em comparação com outros países, como relatado no trabalho de Ibrahim et al. (2010). Os autores explicam que a produtividade da indústria de construção é um dos indicadores econômicos de sucesso, uma vez que este setor tem um impacto substancial no Produto Interno Bruto (PIB) e no emprego. Apesar de sua grande importância, a indústria de construção regularmente demonstra níveis mais baixos de produtividade quando comparada com a indústria de transformação. O desempenho da indústria de construção afeta a produtividade em todos os setores da economia. O estudo estima que um aumento de 10% na produtividade da indústria de construção resultaria em uma melhoria de 2,5% do PIB.

Sullivan (2011) relata em seu artigo que muitas indústrias têm utilizado programas de gestão da qualidade como impulso para aumentar o desempenho e a produtividade, ao contrário da indústria da construção, que tem se esforçado para fazê-lo. Durante os últimos 40 anos, a produtividade da indústria da construção por trabalhador caiu quase 25%. Isso é extremamente preocupante, especialmente quando se considera que o trabalhador médio da indústria aumentou sua produtividade em 125%.

Existe pouca disponibilidade de dados relativos à mensuração de produtividade por país e por setor. A OECD permite extrair planilhas da sua página na internet (Tabela 2) para determinados setores da indústria, como o da construção civil, contudo, não inclui o Brasil. No que tange especificamente a produtividade no setor da construção civil, por país, os dados mostram que a Bélgica, Alemanha, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, República Tcheca, Espanha e a área do Euro (formada por 17 países), mantiveram indicadores positivos de produtividade pelo menos nos três últimos anos medidos.

O estudo de Mello e Amorim (2009) teve como principal objetivo comparar o desempenho da construção europeia e da norte-americana, tomadas como *benchmarking* internacional, em relação à situação brasileira, de modo a identificar possíveis ações que contribuam para diminuir as diferenças de desempenho. O foco do trabalho foi o subsetor de edificações, devido às peculiaridades e restrições ao desenvolvimento deste segmento no setor da construção civil, tais como: a) baixa eficiência produtiva; b) qualidade e produtividade insatisfatórias; c) pouco afeito a modificações; d) utilização de mão-de-obra de baixa qualificação e; e) alta rotatividade de pessoal.

Tabela 2: Produtividade no setor da construção civil, por país.

<b>Dataset: Productivity and ULC by main economic activity (ISIC Rev.4)</b>														
<b>Subject</b>	Gross value added per hour worked, constant prices													
<b>Measure</b>	Annual growth/change													
<b>Activity</b>	F: Construction													
<b>Unit</b>	Percentage													
<b>Time</b>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Country</b>														
Australia	-9,25	10,31	10,75	-2,3	-0,67	2,91	-2,4	4,17	1,59	0,71	0,38	11,51	..	..
Austria	2,01	0,69	3,27	3,35	2	0,93	-2,7	0,33	-5,26	-6,68	-5,55	-1,86	-3,84	0,59
Belgium	3,58	1,36	3,89	4,35	6,18	4,84	3,82	-2,38	-1,33	0,45	0,47	0,2	2,44	0,65
Czech Republic	-2,26	4,52	-0,92	3,03	7,15	0,33	0,46	6,49	-3,14	-5,98	2,22	-2,52	-0,39	3,82
Denmark	-3,09	-6,72	1,71	6,51	-0,89	-4,18	3,14	-3,37	9,19	1,14	-3,1	1,34	-0,86	-1,12
Estonia	..	1,66	8,23	-2,03	3,25	14,42	-12,64	-10,86	12,24	4,88	26,71	-1,65	6,73	-1,31
Finland	-2,11	-6,49	0,81	5,57	3,31	-0,07	-1,2	-1,66	-4,06	1,01	5,9	-1,21	-3,56	0,33
France	4,57	2,32	-0,4	0,06	-2,18	-0,69	-1,02	-1,54	-4,21	-4,91	-1,22	-1,57	-0,82	-0,85
Germany	1,73	1,27	1,98	0,01	-0,49	-0,33	-2,2	-2,88	-0,39	-1,83	5,84	2,36	0,25	0,2
Greece	-6,03	1,95	-8,88	21,9	11,05	-30,71	46,1	-19,28	-12,12	-14,33	24,6	1,17	1,34	-1,71
Hungary	11,46	7,62	9,55	-11,63	-4,73	8,65	-4,73	-8,99	-6,78	7,43	-2,93	10,6	-5,94	5,08
Ireland	-8,15	-2,72	1,22	3,11	-0,91	-3,49	-6,33	-1,81	8,72	14,91	-2,42	-4,57	2,89	8,21
Israel	3,16	3,12	2,5	0,42	2,66	10,15	-1,53	-6,78	3,17	5,2	3,92	12,36	8	-8,8
Italy	2,03	-1,3	1,26	0,6	-1,75	-2,92	-0,74	-4,27	-2,48	-6,38	-1,48	-3,28	1,36	4,45
Korea	..	..	..	..	..	1,46	-1,88	2,47	1,84	8,69	-5,68	0,9	-6,19	7,4
Luxembourg	..	-4,8	1,19	-0,89	0,96	-1,52	1,52	0,75	0,2	3,86	6,35	9,48	-12,16	2,3
Mexico	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2,63	3,59	..
Netherlands	2,33	-0,31	-1,33	-0,9	-1,18	3,75	3,64	2,56	3,84	-3,19	-4,58	-0,04	-5,88	1,24
New Zealand	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	-4,07	5,45	15,16	2,66
Norway	1,53	-1,87	0,31	-1,78	0,59	-0,94	-0,84	1,26	-3,66	-1,48	-0,55	-0,97	3,59	3,74
Poland	..	-14,58	4,2	2,88	0,27	0,19	0,08	-5,38	-13,13	6,26	12,24	9,06	0,11	7,65
Portugal	-3,8	5,44	-6,4	-1,23	3,37	-0,94	0,93	0,63	-0,42	-2,06	-2,7	3,68	6,2	1,66
Slovak Republic	15,27	-10,96	23,16	-21,18	-1,23	-0,51	13,88	5,83	7,26	-8,9	-4,53	8,06	10,67	1,47
Slovenia	-7,55	0,38	0,67	2,72	0,29	2,52	8,03	6,42	-6,19	-12,99	-11,13	2,45	2,95	-3,67
Spain	-8,11	-2,32	-1,98	-2,83	-3,51	-4,01	-3,7	-4,16	12,88	18,08	-1,04	2,24	7,29	4,41
Sweden	1,51	0,17	3,03	4,01	4,48	-3,22	6,79	-0,8	-10,38	-7,2	2,46	-4,73	-7,9	-1,56
United Kingdom	-0,68	0,13	4,85	4,32	3,85	-6,25	-0,79	-1,01	0,03	-12,31	13,67	4,01	-7,28	-0,36
Euro area (17 countries)	..	0,27	0,42	0,29	-0,49	-0,55	0,31	-2,07	1,5	-0,59	-1,61	2,38	1,99	1,18
European Union (28 countries)	..	0,38	1,92	1,17	-0,09	-2,66	-0,3	-1,99	-0,67	-2,67	1,44	1,88	-0,06	0,85

Data extracted on 15 Mar 2015 18:28 UTC (GMT) from OECD.Stat

Fonte: OECD, 2015.

A construção civil ocupa papel importante nas economias brasileira, americana e europeia. Apesar da imensa diferença entre o tamanho dos respectivos PIBs, existem similaridades entre as três regiões em relação à construção civil (MELLO e AMORIM, 2009). Algumas semelhanças podem ser citadas: a) O setor é constituído por pequenas e médias empresas; b) Todas as empresas apresentam problemas em relação à qualificação da mão-de-obra; c) Apresentam problemas em relação à segurança do trabalho; e d) São as maiores empregadoras em suas economias. Analisando a Figura 3, constata-se uma enorme diferença ao se comparar a produtividade obtida pelos empregados no setor da construção civil. A produtividade europeia é 75% da americana e a brasileira é 15% da americana, demonstrando que há um imenso espaço a ser diminuído entre as duas.

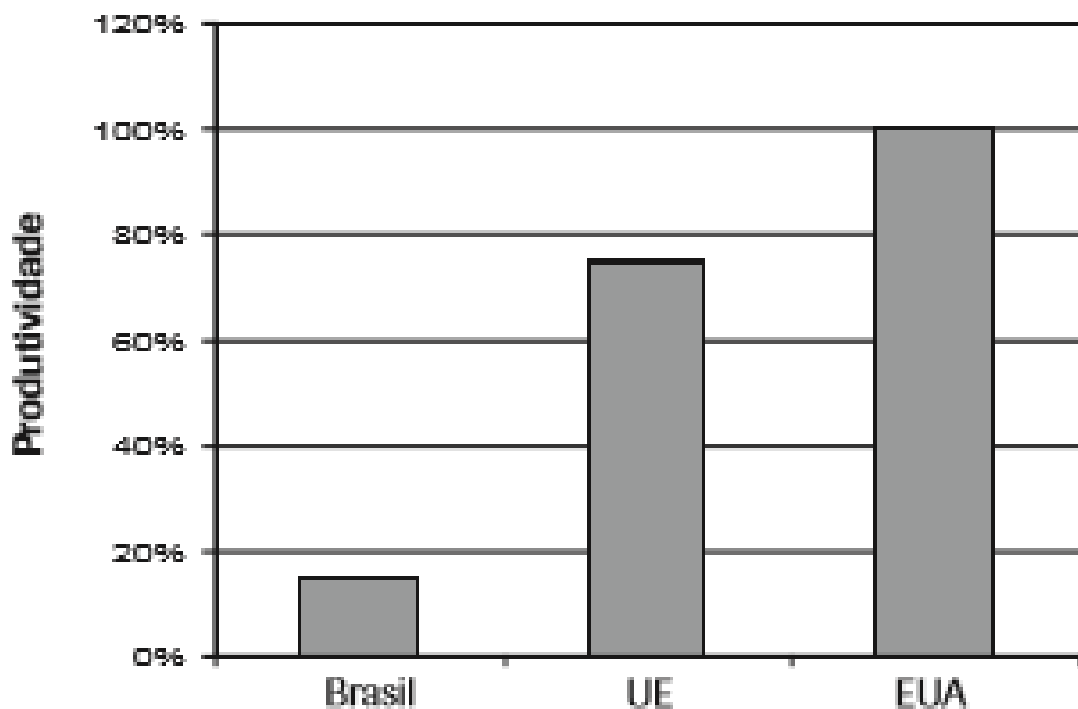


Figura 3: Comparação entre a produtividade do Brasil, EUA e Europa na construção civil.

Fonte: Mello e Amorim, 2009.

Além do fato de que a produtividade obtida na construção civil no Brasil apresenta diferenças significativas em relação à dos Estados Unidos e da União Europeia, mesmo internamente, pode ser observado pelo trabalho de Mello e Amorim (2009) que a construção civil possui uma produtividade que fica aquém daquela obtida em outros setores industriais. Isto demonstra o menor desempenho do setor não só externamente como, também, em relação a outros segmentos produtivos, como demonstrado na Figura 4, onde é apresentada uma comparação entre a produtividade de alguns setores industriais do Brasil.

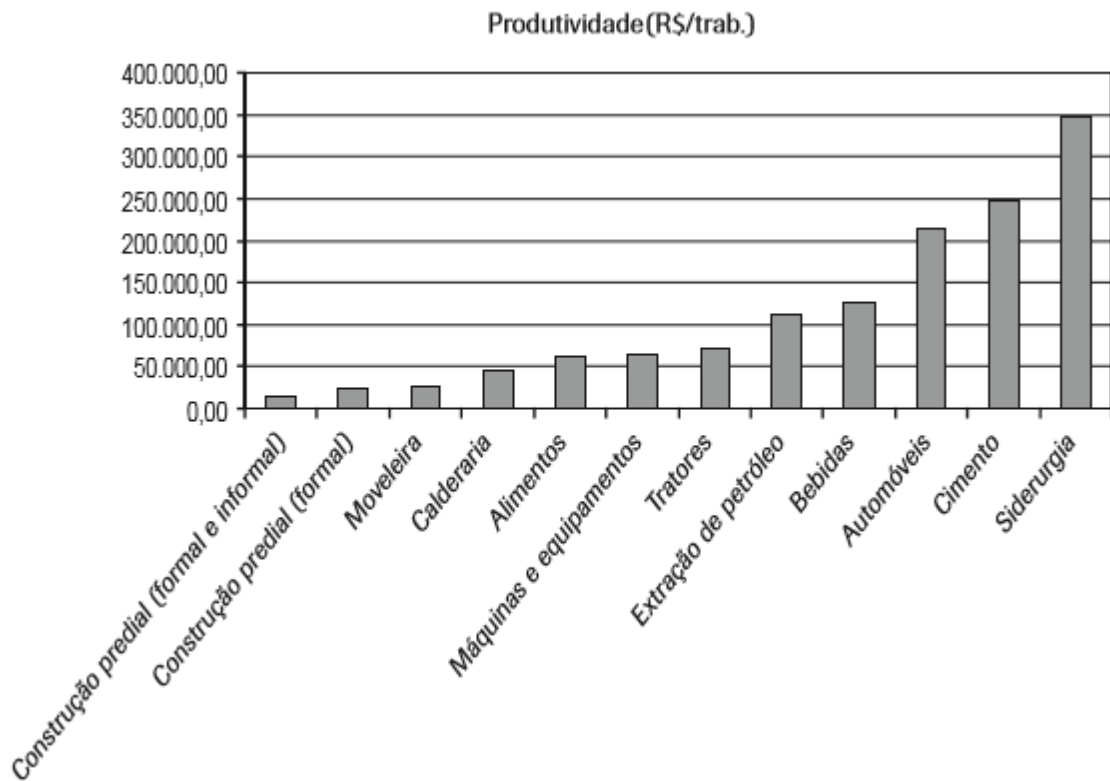


Figura 4: Comparação entre a produtividade de setores industriais no Brasil..

Fonte: Mello e Amorim, 2009.

O objetivo da publicação *Construção Civil: Desafios 2020* (FIRJAN, 2014c) foi identificar os principais entraves ao aumento da produtividade e competitividade da indústria da construção civil no Brasil, bem como elaborar ações que respondam a esses entraves. O estudo cita a indústria da construção civil como um dos setores mais importantes para a economia, porque o desenvolvimento e a capacidade de produção do país estão relacionados diretamente com o crescimento desse setor. Mesmo considerando os efeitos da crise internacional esse dinamismo vem sendo sustentado, o que implica em novos desafios em relação à inovação, tecnologia, qualificação profissional e o estabelecimento de ambientes de negócios que favoreçam a produtividade, a competitividade empresarial e o desenvolvimento do país. A capacidade do setor em gerar emprego tem implicado na elevação relativa do custo da mão de obra no valor dos produtos da construção civil, sem o devido ganho em produtividade. Esse cenário impõe como principal obstáculo a ser enfrentado pela cadeia produtiva o aumento da produtividade por meio da adoção de processos de produção com grau de industrialização elevado. As tecnologias citadas no estudo como as mais importantes para a produtividade e a competitividade são: gestão (42%), outros processos e equipamentos (35%) e processos e equipamentos associados à industrialização da produção (23%).

Um estudo, produzido em uma parceria da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2012) com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), permitiu avaliar o que ocorreu com a produtividade setorial nos anos recentes, tendo como referência a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (Paic-IBGE), as contas nacionais brasileiras e uma pesquisa de opinião junto às empresas.

Os conceitos de produtividade utilizados no trabalho foram expressos pela função de produção da economia, que define a (i) *produtividade total dos fatores* (PTF) em termos da relação entre (ii) *produtividade do trabalho* e (iii) *produtividade do capital*. O estudo se baseou num conceito mais amplo para a produtividade, que é a obtenção de uma produção maior com uma mesma quantidade de recursos empregados ou, de outra maneira, quando se emprega menos recursos para obter uma mesma produção. Daí o uso do PTF, que é um conceito geralmente utilizado para analisar a eficiência de uma forma abrangente.

O trabalho analisou a produtividade das empresas formais da construção com base em três elementos: *a produtividade do trabalho, a produtividade do capital e a produtividade total dos fatores*. O período considerado abrange os anos de 2003 a 2009, tendo como referencia duas bases de dados oficiais produzidas pelo IBGE: o Sistema de Contas Nacionais, que abrange todo o conjunto das atividades da construção civil (formal e informal), assim como os demais setores de atividade econômica; e a Pesquisa Anual da Indústria de Construção (Paic), que considera apenas as empresas legalmente constituídas.

Os resultados da PTF para as empresas da construção com cinco ou mais pessoas ocupadas para o período de 2003 a 2009 podem ser vistos na Tabela 3. A tabela permite observar que a produtividade total das empresas foi positiva nesse período, registrando um crescimento médio de 1,2% ao ano.

Tabela 3: Produtividade do trabalho, capital e PTF (crescimento anual).

<b>Períodos</b>	<b>Produto / Trabalhador</b>	<b>Produto / Capital</b>	<b>Produtividade total dos fatores</b>
2003/2009	5,8%	-3,5%	1,2%
2003/2006	7,2%	-8,3%	-0,8%
2006/2009	4,4%	1,6%	3,1%

Fonte: CBIC, 2012.

Apenas nos últimos três anos da serie, entre 2006 a 2009, que a PTF passa a ser positiva, crescendo 3,1% ao ano ou 9,7% no período.



Houve, nesses últimos anos, uma mudança importante na composição do resultado, com a redução da produtividade da mão de obra. Isso se deveu ao processo de intensa contratação e de formalização do setor, com mais empregos com carteira assinada. A pressão no mercado de trabalho repercute nos custos setoriais.

Nesse período, os salários registram crescimento real de 4,7% ao ano, superando o aumento da produtividade do trabalho, que registrou crescimento de 4,4% ao ano, o que representa também uma mudança em relação ao período anterior, em que o aumento da produtividade da mão de obra foi superior à elevação real dos salários. Nesse último período, a produtividade do capital torna-se positiva e registra incremento de 1,6% ao ano. As empresas de edificações de maior porte – com 30 ou mais pessoas ocupadas – foram as que mais contribuíram para o crescimento da produtividade total dos fatores da construção civil.

Além do estudo supracitado, baseado em dados secundários, a FGV conduziu uma pesquisa para avaliar a produtividade na visão das construtoras. A pesquisa foi realizada por meio de envio de questionário às empresas. Foram obtidas 166 respostas em empresas sediadas em 15 estados. A amostra, por sua vez, foi composta principalmente por empresas de edificação (64%), o que a tornou mais representativa nesse segmento produtivo.

A pesquisa da CBIC (2012), em parceria com a FGV, formulou uma pergunta direta com relação à avaliação de produtividade. Apenas 4% das empresas responderam estar totalmente satisfeitas; 35% declararam estar insatisfeitas. A grande maioria, 61%, se declarou satisfeita com a produtividade, mas considera que ela poderia ser melhor. Ao apontar os investimentos prioritários para melhorar a produtividade da empresa, 55% indicaram a necessidade de treinamento da mão de obra; 39%, a adoção de novos processos produtivos; e 22% o investimento em máquinas e equipamentos. Nesse contexto, 90% das empresas declararam estarem em busca de novos processos produtivos.

Pesquisadores do departamento de engenharia de produção da escola politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e profissionais com ampla experiência no setor de construção civil da EY conduziram um estudo (EY, 2014), que combinou visões e conhecimentos de modo a aliar teoria à prática, investigando a fundo um problema ao mesmo tempo em que foram sugeridas ações possíveis.

Os objetivos foram: (1) traçar um panorama sobre a urgência do tema produtividade para as empresas de construção civil no Brasil; (2) definir e conceituar as principais alavancas de produtividade do setor; e (3) verificar no mercado o enfoque dado para o tema na prática das empresas.

Foram identificados os seguintes fatores estruturais do setor que justificam maior foco na produtividade da construção civil:

- Custos crescentes e impacto na rentabilidade;
- Carência de mão de obra especializada;
- Aumento da complexidade dos negócios.

Para organizar a discussão sobre ganhos de produtividade na construção civil, a EY (2014) definiu inicialmente sete alavancas relevantes, cada uma detalhada no Quadro 3.

Alavancas de produtividade	Descrição resumida e exemplos de elementos envolvidos
1. Planejamento da execução de empreendimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Planejamento da necessidade de recursos e de materiais em diferentes horizontes de planejamento (curto, médio e longo prazo)</li> <li>▶ Processos estruturados de atualização do planejamento conforme a execução</li> <li>▶ Escritório integrado de gestão de projetos (PMO - Project Management Office)</li> <li>▶ Aplicação de softwares tipo BIM (Building Information Model)</li> </ul>
2. Adoção de métodos de gestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lean Construction - construção baseada no paradigma de redução de desperdícios que ficou conhecido como método Toyota de produção</li> <li>▶ Melhor sincronização do empreendimento e melhoria do fluxo de materiais visando a eliminação das atividades que não agregam valor</li> <li>▶ Strategic Sourcing - otimização dos fornecedores e das compras</li> </ul>
3. Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Modernização de equipamentos (gruas flexíveis, elevadores mais rápidos etc.)</li> <li>▶ Maior taxa de utilização de equipamentos</li> </ul>
4. Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Adoção de novos materiais mais eficientes (concreto autocurativo, cimento magnésiano etc.)</li> </ul>
5. Métodos construtivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Aplicação de métodos construtivos mais eficientes (vigas pré-moldadas, alvenaria estrutural, estruturas metálicas etc.)</li> </ul>
6. Melhorias de projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Foco na melhoria dos projetos e sua adequação para a execução</li> </ul>
7. Qualificação da mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ações para aprimorar recrutamento</li> <li>▶ Ações para aumentar a qualificação atual (treinamento, motivação etc.)</li> <li>▶ Plano para retenção de profissionais</li> </ul>

Quadro 3: Alavancas de produtividade.

Fonte: EY, 2014.

Definidas as alavancas relevantes de produtividade para a construção civil, três questões ganharam relevância: (1) Qual o estágio de cada uma dessas alavancas no Brasil? (2) O que foi feito nos últimos anos? (3) Qual deve ser o foco dos esforços das empresas nos próximos anos?

Para responder a essas e outras perguntas, o estudo da EY (2014) incluiu entrevistas pessoais em oito empresas e um questionário on-line foi respondido por 74 executivos que trabalham no setor no Brasil. Metade dos executivos atua em empresas de grande porte, com mais de 500 funcionários. Os demais estão em empresas médias (30%) e pequenas (20%). A maior parte das pessoas que respondeu ao questionário trabalha em empresas de construção de edifícios residenciais e comerciais.

Observou-se que no período de 2012 a 2013, os esforços para ganhos de produtividade foram focados principalmente em melhorias de projeto e no aprimoramento do planejamento de empreendimentos (Figura 5).

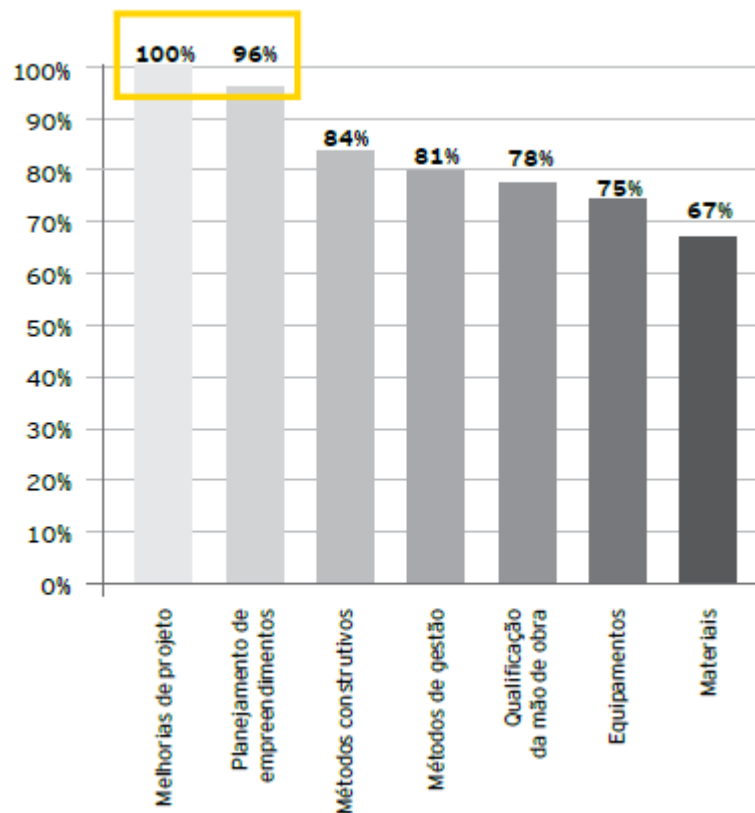


Figura 5: Importância relativa das alavancas de produtividade (2012-2013).

Fonte: EY, 2014.

Em 2014, de acordo com os executivos consultados, as principais lacunas citadas foram a baixa qualificação da mão de obra e a falta de métodos de gestão apropriados (Figura 6).

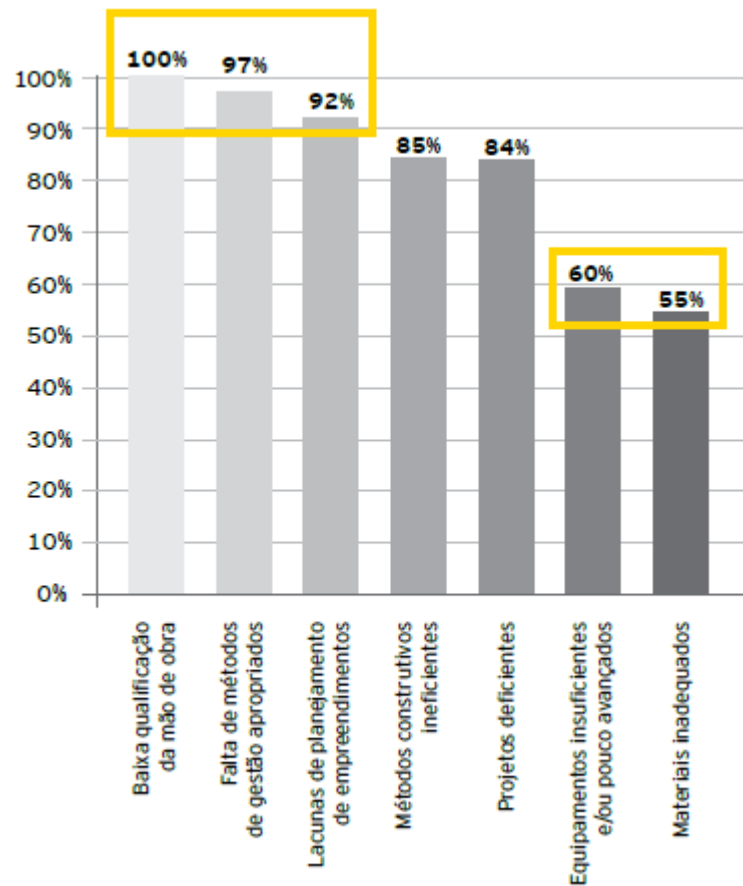


Figura 6: Lacunas citadas pelos executivos (2014).

Fonte: EY, 2014.

Em termos de relevância, a alavanca que se mostrou mais importante, considerando a perspectiva dos participantes, foi o planejamento de empreendimentos, pois esse continua sendo um gargalo, apesar de ter sido aprimorado nos últimos anos. Também foram citados como muito relevantes às melhorias de projetos, a qualificação da mão de obra e a adoção de métodos de gestão.

No que tange o foco dos esforços e investimentos para aumento da produtividade na construção civil nos próximos dois anos (2015 a 2016), os profissionais indicaram que haverá maior prioridade para o aprimoramento do planejamento de empreendimentos e de métodos de gestão (Figura 7). Na visão da EY (2014), essa indicação é coerente com a alta relevância dessas alavancas e com o fato de serem dois dos três fatores que mais restringiram a produtividade em 2014 (ver Figura 6).

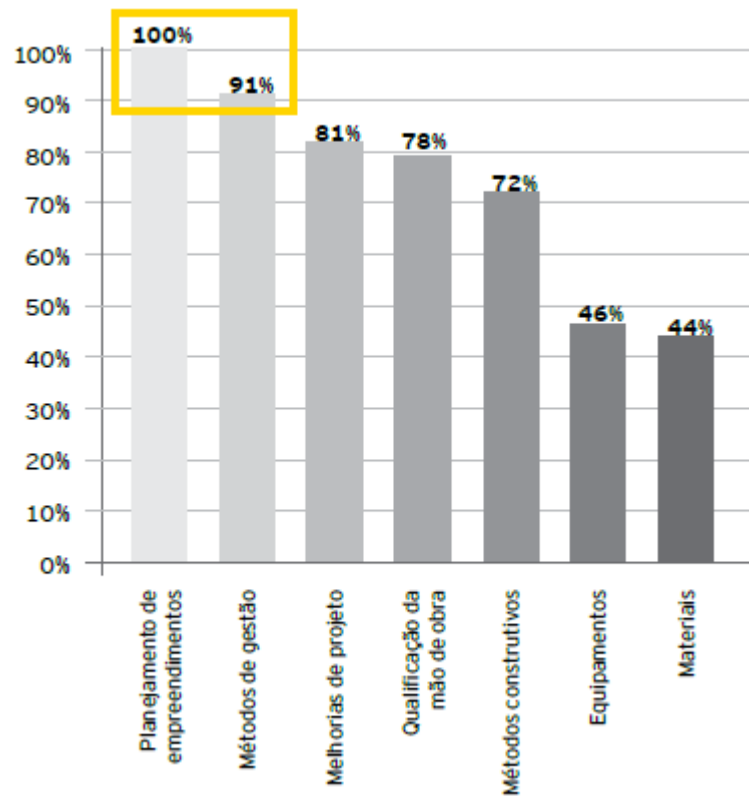


Figura 7: Importância relativa das alavancas de produtividade (2015-2016).

Fonte: EY, 2014.

## 2.2 A FILOSOFIA DE GESTÃO ENXUTA BASEADA NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Para Spear e Bowen (1999), o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* em inglês), que ficou conhecido como manufatura ou produção enxuta (*lean* em inglês), há muito tempo tem sido aclamado como a fonte do desempenho excepcional da Toyota como um fabricante de automóveis. As práticas diferenciadas do sistema, como seus cartões “kanban” e círculos de qualidade, por exemplo, foram amplamente introduzidos em outros lugares. O que é curioso é que poucos fabricantes conseguiram imitar a Toyota com êxito, mesmo sendo a empresa extraordinariamente aberta sobre suas práticas. Os autores acreditam que a dificuldade em decodificar o Sistema Toyota de Produção reside no fato dos observadores confundirem as ferramentas e práticas que veem em suas visitas às fábricas com o sistema em si. Isso torna impossível para eles resolverem um paradoxo aparente do sistema, ou seja, que atividades, conexões e fluxos de produção em uma fábrica da Toyota são rigidamente especificados, no entanto, ao mesmo tempo as operações da Toyota são extremamente flexíveis e adaptáveis. Atividades e processos estão sendo constantemente

desafiados e empurrados para um nível mais elevado de desempenho, permitindo que a empresa melhore e inove continuamente. Para entender o sucesso da Toyota, é necessário desvendar o paradoxo de que a especificação rígida é o que possibilita a flexibilidade e a criatividade. Os autores perceberam isso depois de um estudo extensivo de quatro anos do Sistema Toyota de Produção, em que examinaram o funcionamento interno de mais de 40 plantas nos Estados Unidos, Europa e Japão, algumas operando de acordo com o sistema, outras não.

Spear e Bowen (1999) sugerem aos visitantes que a chave é entender que o Sistema Toyota de Produção cria uma comunidade de cientistas. Sempre que a Toyota define uma especificação, é um estabelecimento de conjuntos de hipóteses que podem então ser testadas. Em outras palavras, segue o método científico. Para fazer alterações, a Toyota usa um rigoroso processo de resolução de problemas que requer uma avaliação detalhada do estado atual de um assunto e um plano de melhoria, ou seja, com efeito, um teste experimental das alterações propostas. O fato do método científico ser tão entranhado na Toyota explica porque o alto grau de especificação e estrutura da empresa não promove o ambiente de comando e controle que se poderia esperar. Com efeito, vendo as pessoas fazendo seus trabalhos e ajudando na concepção de processos de produção, os autores aprenderam que o sistema realmente estimula os trabalhadores e gestores a envolverem-se no tipo de experimentação que é amplamente reconhecido como a pedra angular de uma organização de aprendizagem. Isso é o que distingue a Toyota de todas as outras empresas que os autores estudaram.

Os autores descrevem quatro princípios, três regras de projeto, que mostram como a Toyota configura todas as suas operações como experimentos, e uma regra de melhoria, que descreve como a Toyota ensina o método científico para os trabalhadores em todos os níveis da organização. São estas regras e não as práticas específicas e ferramentas que as pessoas observam durante suas visitas de planta que, na opinião dos autores, formam a essência do sistema da Toyota. O conhecimento tácito que perpassa o Sistema Toyota de Produção pode ser capturado nessas quatro regras básicas, que guiam o projeto, operação e melhoria de cada atividade e são a conexão para cada produto e serviço. As regras são:

- Regra 1: Todos os trabalhos devem ser altamente especificados quanto a conteúdo, sequência, tempo e resultado;
- Regra 2: Cada conexão fornecedor-cliente deve ser direta e deve haver uma maneira inequívoca de “sim” ou “não” para enviar solicitações e receber respostas;
- Regra 3: O caminho para cada produto e serviço deve ser simples e direto;

- Regra 4: Qualquer melhoria deve ser feita em conformidade com o método científico, sob a orientação de um professor, no nível mais baixo possível da organização.

Spear e Bowen (1999) acreditam que todas as regras exigem que as atividades, conexões e caminhos de fluxo tenham testes internos para sinalizar problemas automaticamente. É a resposta contínua aos problemas que faz este sistema aparentemente rígido, ser tão flexível e adaptável às novas circunstâncias.

Este processo contínuo dá à pessoa, cada vez mais, profundos conhecimentos sobre seu próprio trabalho específico. Depois de muitas experiências deste tipo, a pessoa aprende gradualmente a generalizar como projetar todas as atividades de acordo com os princípios consagrados na regra 1. Todas as regras são ensinadas de uma forma socrática semelhante de questionamento iterativo e resolução de problemas. Embora este método seja particularmente efetivo para o ensino, conduz a conhecimento que está implícito. Consequentemente, o Sistema Toyota de Produção só foi transferido com sucesso até agora para outras empresas apenas quando os gestores foram capazes e dispostos a participar de um processo semelhante de questionamento para facilitar a aprendizagem fazendo.

A Toyota não considera nenhuma das ferramentas ou práticas, tais como “kanbans” ou cordas de “andon”, que tantas pessoas de fora têm observado e copiado, como fundamentais para o Sistema Toyota de Produção. A Toyota usa-as apenas como respostas temporárias para problemas específicos que servirão até uma abordagem melhor ser encontrada ou as condições serem alteradas. Elas são conhecidas como "contramedidas", ao invés de "soluções", porque isso implicaria numa solução permanente para um problema. Ao longo dos anos, a Toyota desenvolveu um conjunto robusto de ferramentas e práticas que ela usa como contramedidas, mas muitas foram alteradas ou até mesmo eliminadas, conforme as melhorias foram sendo feitas. Então, o fato de uma empresa utilizar ou não qualquer ferramenta especial ou prática, não é nenhuma indicação de que ela verdadeiramente está aplicando as regras da Toyota de projeto e melhoria.

Em particular, ao contrário da impressão de que o conceito de inventário zero é o coração do sistema Toyota, os autores observaram muitos casos em que a Toyota construiu seu inventário de materiais como uma contramedida. O sistema ideal na verdade não teria necessidade de inventário, mas, na prática, determinadas circunstâncias podem exigir-lo, tais como:

- Tempo de inatividade ou rendimentos imprevisíveis;

- Configurações demoradas;
- Volatilidade no mix e volume da demanda do cliente.

Para os trabalhadores da Toyota, a “entrega” feita por uma pessoa, um grupo de pessoas, ou máquina é considerada ideal quando:

- É livre de defeitos (ou seja, tem as características e desempenho que o cliente espera);
- Pode ser entregue um pedido de cada vez (um tamanho de lote de um);
- Pode ser fornecido sob demanda na versão solicitada;
- Pode ser entregue imediatamente;
- Pode ser produzido sem desperdiçar quaisquer materiais, mão de obra, energia ou outros recursos (tais como custos associados com inventário); e
- Pode ser produzido em um ambiente de trabalho que seja seguro fisicamente, emocionalmente, e profissionalmente para cada funcionário.

O famoso Sistema de Produção da Toyota, além de produzir bons carros, produz bons gestores, baseado nas quatro lições abaixo, segundo Spear (2004):

- Lição 1: Não existe substituição para a observação direta;
- Lição 2: Modificações propostas devem sempre ser estruturadas como experimentos;
- Lição 3: Trabalhadores e gestores devem experimentar o mais frequentemente possível;
- Lição 4: Gestores devem orientar, não consertar.

### 2.3 MODELOS ENVOLVENDO A CONSTRUÇÃO ENXUTA

O propósito do trabalho de Al-Aomar (2012) foi investigar a aplicação de práticas de construção enxuta na indústria da construção e desenvolver um modelo prático e aplicável que incorporasse a classificação Seis Sigma nas melhores práticas de construção enxuta.

O objetivo é ajudar a indústria a reduzir o desperdício e custos, aumentar a eficácia e melhorar a qualidade. Um modelo genérico, mas prático, de construção enxuta foi



desenvolvido usando as diretrizes do sistema de projetos de entrega enxuta desenvolvido pelo *Lean Construction Institute* (LCI), e integrando técnicas *lean* aplicáveis e a classificação Seis Sigma. Uma abordagem cíclica de planejamento de “olhar adiante” (*look-ahead*) e execução é usada para implementar as técnicas de construção enxuta. Um estudo de caso da indústria da construção em Abu Dhabi (AD) foi usado por Al-Aomar (2012) para esclarecer a abordagem proposta e identificar seus principais aspectos práticos.

A Figura 8 apresenta um modelo de construção enxuta combinado de projeto-suprimento-montagem. Os três estágios são combinados juntos para enfatizar o valor da integração e a natureza dinâmica dos projetos de construção. Uma definição enxuta do projeto é esperada resultar em um projeto conceitual eficaz de produto e processo que se transforme através do modelo em um projeto completo de eficácia nos custos, no prazo, com qualidade, que é fornecido ao cliente em um processo enxuto. Uma abordagem de projeto baseado no conjunto e engenharia simultânea é seguida para transformar o projeto conceitual e a definição enxuta em um projeto de produto/processo enxuto.

A viabilidade do projeto enxuto é verificada através da análise de compatibilidade do produto processo (ACPP) e engenharia de valor para se beneficiar das oportunidades de redução de desperdício e de custo na fase de projeto. O projeto viável é então adotado e passado para a engenharia detalhada para especificar material, componentes, especificações e outras informações essenciais para uma compra bem sucedida e eficaz. A fase de fornecimento enxuto inclui decisões de compra baseadas na entrega com velocidade, qualidade, efetividade de custos e flexibilidade.

Logística e transporte de materiais de projeto e de componentes fabricados ou comprados é programado da forma mais próxima de entrega de *just-in-time* (JIT). Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é usado como uma plataforma para projetar e otimizar a cadeia de suprimento do projeto com foco na maximização das atividades de Valor Adicionado (VA), reduzindo o inventário e atrasos, e minimizando as atividades de Valor Não Adicionado (VNA). Se o esquema de compras passar pelos requisitos de fornecimento enxuto, os materiais e suprimentos são agendados e entregues no canteiro de obras.

A montagem enxuta requer uma preparação enxuta do local da construção e um cronograma de execução “puxado” (AL-AOMAR, 2012). Layout enxuto, 5S (classificar, definir, brilhar, padronizar e manter), e análise de fluxo são técnicas *lean* eficazes que podem ser usadas para desenvolver um local de construção enxuto.

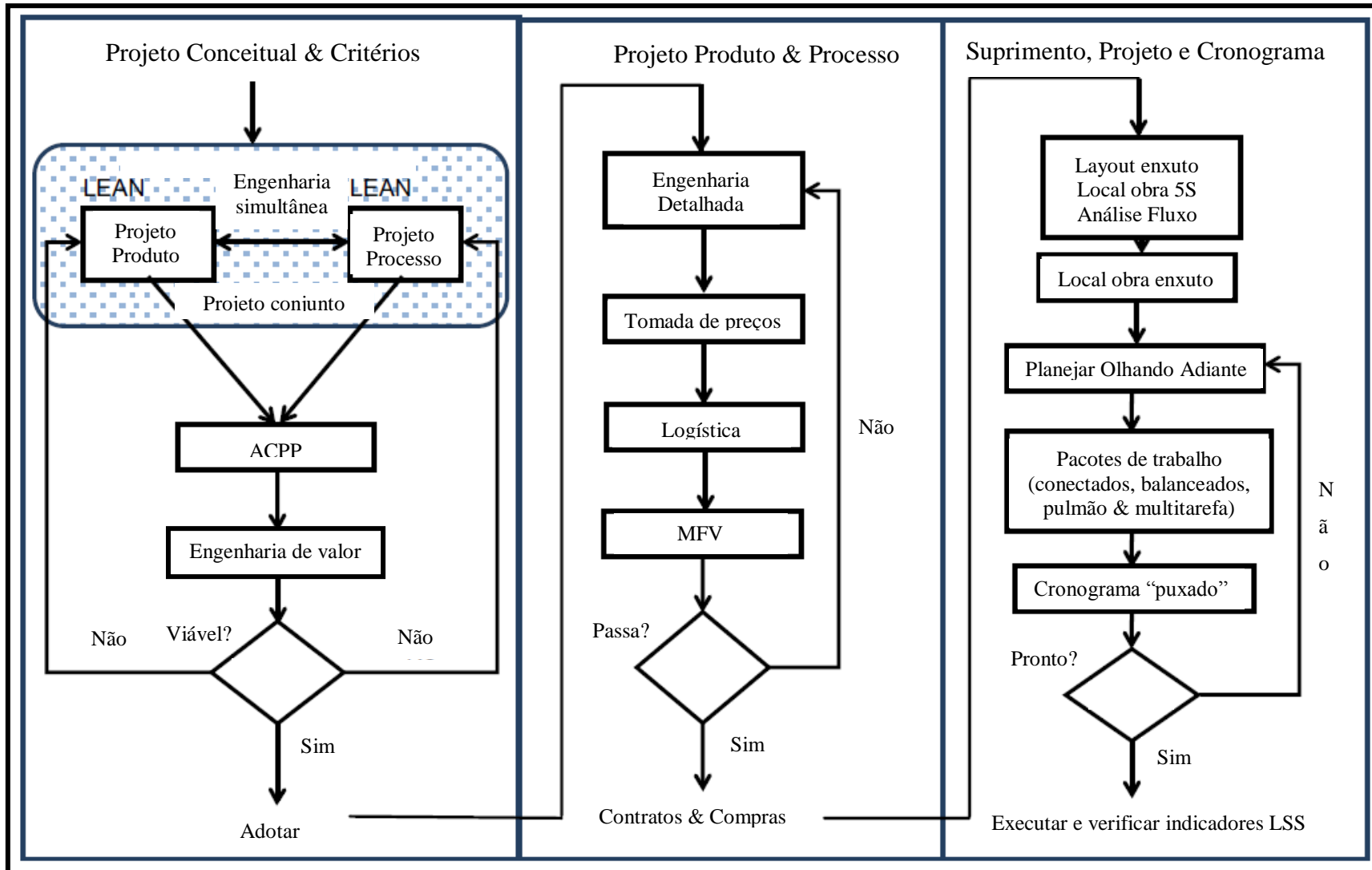


Figura 8: Modelo de construção enxuta combinado de projeto-suprimento-montagem.

Fonte: Al-Aomar, 2012.

O cronograma de puxar começa definindo um período de planejamento de “olhar adiante” (por exemplo, cinco semanas) e seleção de pacotes de trabalho a serem executados durante o plano de olhar adiante. Todos os recursos são definidos, equilibrados e conectados (simplificados) para atingir a forma mais próxima ao fluxo contínuo de pequenos lotes (pedaços) de trabalho. Pulmões (tempo, capacidade e custo) são usados para sincronizar o fluxo de uma cadeia crítica. Multitarefas são usadas para aumentar a utilização de recursos e flexibilidade do trabalho. Com base em um cronograma de puxar, que começa a partir da meta do nível de trabalho, as tarefas de trabalho são executadas até o final do período de olhar adiante. Indicadores chave de desempenho de *Lean Seis Sigma* (LSS-KPIs) são avaliados ao final do período de olhar adiante para medir o desempenho e ajustar planejamento e atividades de trabalho. No modelo de Al-Aomar (2012), o ciclo é repetido até que o projeto esteja concluído e um processo de entrega enxuta é definido para transferir o projeto para o cliente.

A aplicação de práticas enxutas em uma aliança de projeto para substituição de um viaduto na Nova Zelândia foi investigada por Vilasini, Neitzert e Rotimi (2014). O objetivo principal foi definir um modelo para agilizar melhorias nos processos e verificar a aplicabilidade do mesmo em uma aliança de projeto de um caso real de construção (Figura 9).

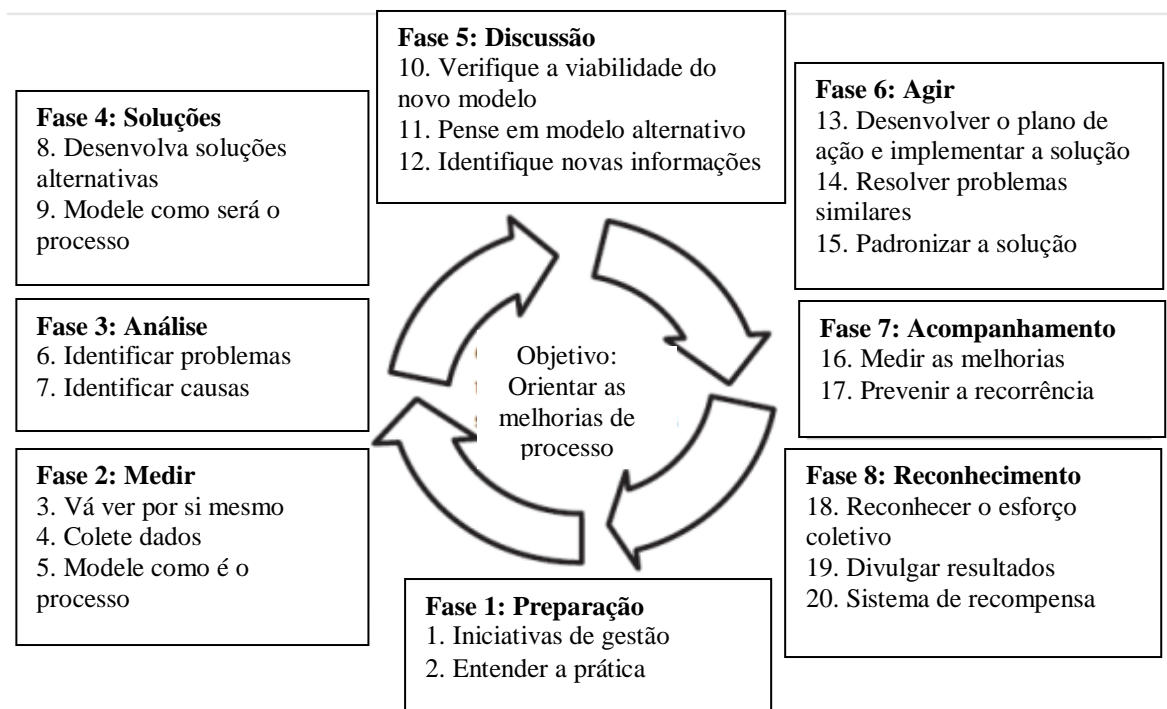


Figura 9: Modelo de melhoria de processo.

Fonte: Vilasini, Neitzert e Rotimi, 2014.

As conclusões de Vilasini, Neitzert e Rotimi (2014) indicam que o trabalho de construção em uma aliança de projeto pode ser melhorado consideravelmente, eliminando ou reduzindo o desperdício. Além disso, as economias são substanciais, considerando que os processos investigados são cíclicos e repetitivos. O modelo é igualmente adequado para detecção de desperdícios e melhorias no canteiro de obras.

A verdadeira transformação enxuta revelou-se notoriamente difícil para empresas diferentes da Toyota. Uma hipótese é o foco excessivo em ferramentas/técnicas sem construir a cultura organizacional necessária. No entanto, a evidência empírica não está disponível para confirmar esta hipótese (ou refutar). A complexa questão da relação entre a cultura de uma organização e sua capacidade de implementar *lean* é um esforço a longo prazo. Como primeiro passo, o objetivo do trabalho de Badurdeen, Wijekoon e Marksberry (2011), foi oferecer os resultados de uma pesquisa realizada para descobrir a relativa (in) consistência de culturas enxutas em termos de valores mantidos explicitamente. Uma ferramenta de pesquisa foi desenvolvida para comparar o que empregados de organizações enxutas (ou tentando ser enxutas) dizem explicitamente sobre os valores da cultura. A Figura 10 mostra o modelo desenvolvido para realizar a pesquisa.

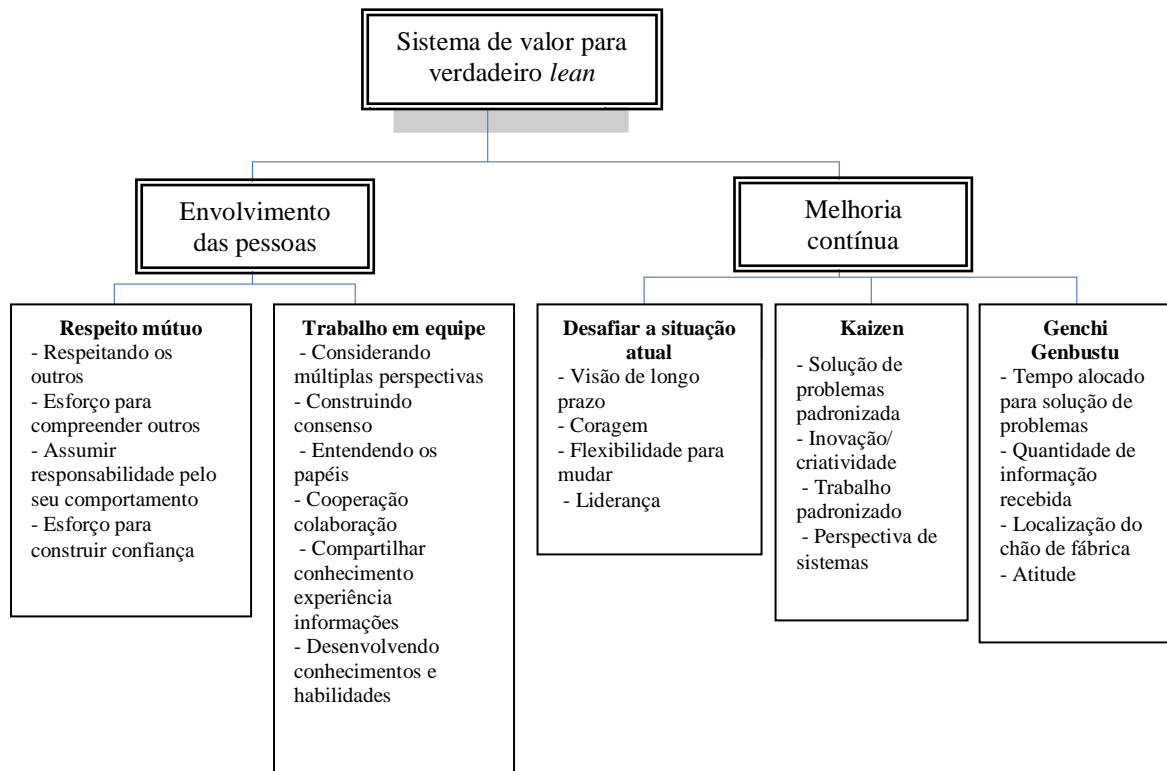


Figura 10: Modelo para pesquisa da cultura enxuta nas organizações.

Fonte: Badurdeen, Wijekoon e Marksberry, 2011.

O Modelo Toyota, considerado pela Toyota como guia para seus valores, foi usado como base para desenvolver a pesquisa que foi conduzida junto a indivíduos de diversas organizações diferentes. Um maior grau de implementação *lean* em uma empresa mostrou valores organizacionais (de forma explícita) mais consistentes. No entanto, as respostas variaram mesmo na empresa considerada líder em implementação *lean*. Embora não conclusivos, os resultados preliminares do estudo de Badurdeen, Wijekoon e Marksberry (2011) sugerem que a relação entre o tipo cultural, valores explícitos e práticas enxutas bem sucedidas deve ser examinada com mais profundidade.

Como o sucesso da produção enxuta sendo difundido, dentro e fora da indústria de transformação, têm surgido uma série de modelos de construção enxuta, que visam a possível implementação dos princípios *lean* na indústria da construção. Enquanto é comumente aceito que a produção enxuta tem sua base no Sistema Toyota de Produção (STP), o "Modelo Toyota" desenvolveu-se como algo mais do que simplesmente o STP. O estudo de Gao e Low (2014a), analisou os modelos atuais de implementação de construção enxuta e propôs um modelo alternativo para a indústria da construção civil baseada no Modelo Toyota de Liker (2004). A abrangência do Modelo Toyota significa que ele permite olhar de múltiplos ângulos o modelo de construção enxuta para a indústria de construção.

Liker concebeu o Modelo Toyota como um modelo de pirâmide, incorporando um conjunto de princípios, tanto no nível de chão de fábrica como no nível corporativo (ver Figura 11). O Modelo Toyota é composto por 14 princípios dentro de quatro camadas. Cada camada pode ser vista como um modelo individual.

A primeira tarefa no que diz respeito às práticas do Modelo Toyota é operacionalizar cada princípio em atributos aplicáveis à indústria da construção. Sob o Modelo Toyota, os princípios subjacentes devem ter implicações positivas para a indústria da construção. Em teoria, o modelo dá o mesmo valor a aspectos de "processos" e "pessoas", entre outros. Isso parece ser uma escolha adequada, porque a maioria dos modelos de construção enxuta tem um forte foco técnico e com atenção limitada às dimensões humanas.

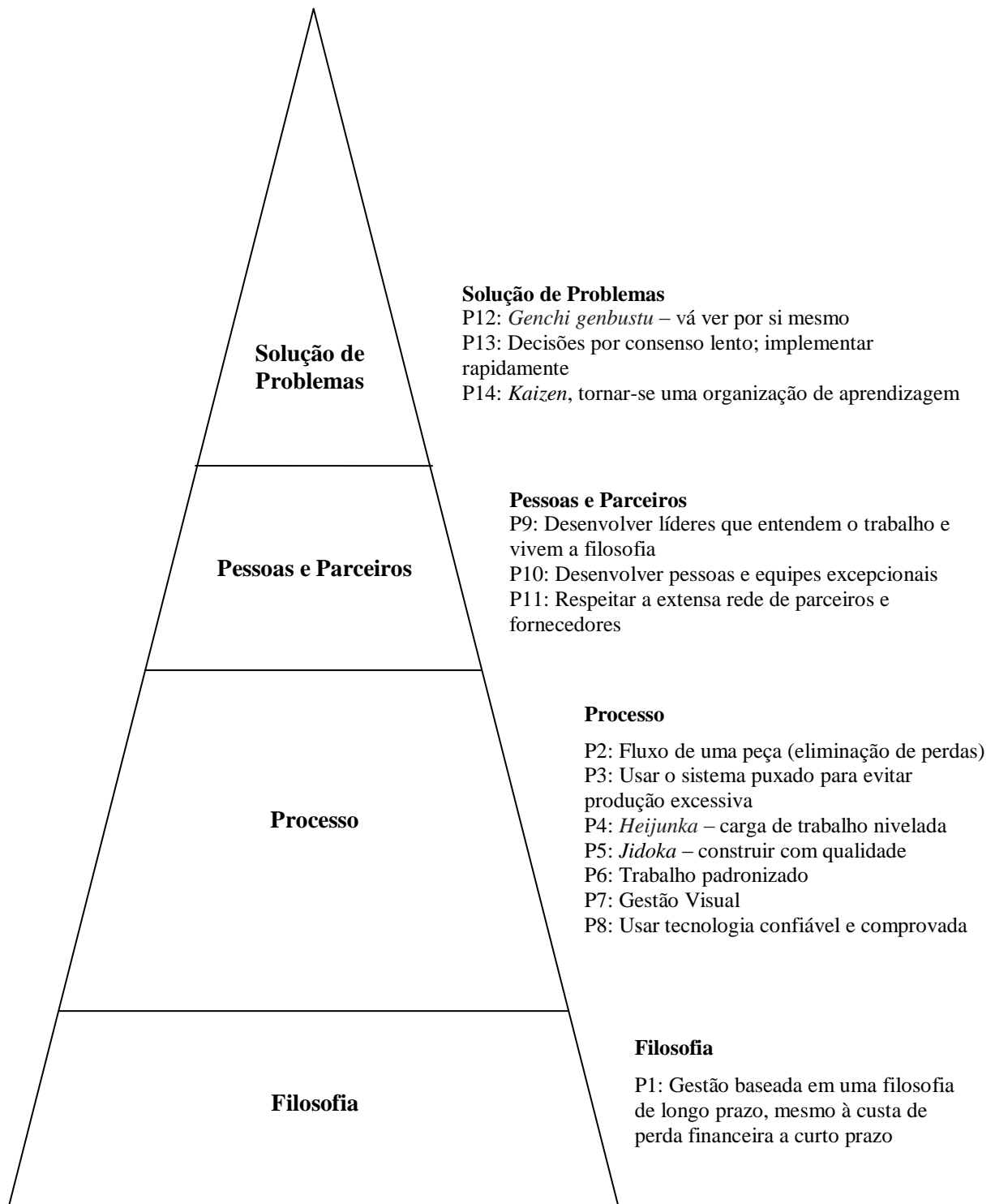


Figura 11: O Modelo Toyota de Liker.

Fonte: Liker, 2004.

No Quadro 4, Gao e Low (2014a), apresentam para cada uma das quatro camadas e seus 14 princípios, os sub-princípios e suas respectivas diretrizes de implementação.

<b>Filosofia</b>	
Sub-princípio	Diretrizes de implementação
P1: Gestão baseada na filosofia de longo prazo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propósito constante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustentar um propósito constante, que visa gerar valor para funcionários, sociedade e clientes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspectiva de longo prazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver uma visão de longo prazo e fazer um plano para alcançá-la</li> <li>• Filosofia de longo prazo substitui perda financeira de curto prazo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoconfiança e responsabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser autoconfiante na tecnologia principal e promover a pesquisa e projeto para ter um <i>backup</i> forte</li> <li>• Ser responsável por aquilo que foi prometido para colaboradores, sociedade e clientes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco no cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definindo valor do ponto de vista do cliente</li> <li>• Empreiteiro é frequentemente capaz de se reorientar e reorganizar para atender às mudanças nos requisitos do cliente</li> </ul>
<b>Processo</b>	
Sub-princípio	Diretrizes de implementação
P2: Fluxo de uma peça	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminação de desperdícios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimização do processo</li> <li>• Plano de logística eficiente</li> <li>• Entrega de material JIT</li> <li>• Minimizar trabalhadores, repetição de manuseio e movimentos de equipamentos</li> <li>• Reduzir defeitos</li> <li>• Outras formas de eliminação de desperdícios usando os princípios restantes nesta categoria</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluxo de trabalho ininterrupto (ou seja, tempo <i>takt</i>, utilização do espaço, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sincronizar a sequência e a taxa de material e entrega de componentes com a sequência e a taxa de construção, instalação, etc.</li> <li>• Assegurar que áreas de trabalho adequadas estão sempre disponíveis</li> <li>• Balancear membros da equipe</li> </ul>
P3. Usar o sistema puxado	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puxe da extremidade do cliente (incluindo os clientes internos e externos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agendar a entrega de material JIT diretamente ao ponto de uso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use a ferramenta kanban</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usando ferramentas ou dispositivos simples para indicar o nível de reordenação</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos de planejamento puxado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puxar tarefas através do cronograma, determinando o que cada subcontratado/negociante precisa ter concluído antes que as tarefas se iniciem</li> <li>• Assegurar que as tarefas só comecem quando tarefas anteriores forem completamente concluídas e todos os recursos necessários estão disponíveis</li> </ul>
P4. Nivelar a carga de trabalho (Heijunka)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelar a carga de trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso do LPS: quatro níveis de planos</li> <li>• Procurar comprometimento de encarregados ou subcontratadas para executar uma determinada tarefa no tempo especificado</li> <li>• Reuniões para remover as restrições que afetariam a uniformidade da carga de trabalho</li> </ul>

P5. Construir com qualidade	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Parar e corrigir o problema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Um plano de inspeção do processo está disponível para evitar retrabalho</li> <li>Revelar e resolver problemas na origem, quando ocorrerem</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de verificação de erros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projetistas são encorajados a usar elementos de projeto e recursos padronizados</li> <li>Fornecedores são encorajados a fazer ou modificar produtos para facilitar a verificação de erros</li> <li>Empresas de construção são encorajadas a padronizar o processo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envolvimento e empoderamento dos trabalhadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cultivar a cultura de construção com qualidade por meio do envolvimento e empoderamento dos trabalhadores</li> <li>Motivar os funcionários a assumir a responsabilidade pela qualidade</li> </ul>
P6. Trabalho padronizado	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimento padronizado de operação (PPO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de PPOs escritos de forma clara, atualizados e facilmente acessados para certos processos (ou seja, definir o conteúdo, sequencia, termos e resultados esperados)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhorar continuamente a padronização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivar engenheiros, encarregados e até mesmo trabalhadores a fazer contribuições para alcançar novos padrões nos processos atuais</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais componentes, etc. padronizados,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maior utilização de material, componentes e pré-montagem padronizados</li> </ul>
P7. Usar controle visual	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de controle visual para adicionar valor ao trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização de ferramentas visuais para realçar o status do cronograma, qualidade, segurança, etc., para os trabalhadores</li> <li>Uso de ferramentas visuais para destacar a logística de tráfego, armazenamento de material, atribuições na zona de trabalho etc., para os trabalhadores</li> <li>A informação divulgada deve ser regularmente atualizado e visível para a maioria dos trabalhadores</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prática de 5-S</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazer o canteiro de obras limpo e organizado e armazenar de forma ordenada</li> <li>Ferramentas e materiais de construção devem ser estocados e organizados</li> </ul>
P8. Uso de tecnologia confiável	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Testar exaustivamente novas tecnologias</li> <li>Tecnologia deve apoiar as pessoas</li> <li>Tecnologia deve melhorar o fluxo de trabalho</li> <li>Tecnologia deve apoiar os valores da empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Empresas de construção também devem seguir estas diretrizes na adoção de novas tecnologias, se houver</li> </ul>
<b>Pessoas e Parceiros</b>	
Sub-princípio	Diretrizes de implementação
P9. Líder e liderança	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromisso de liderança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gerência deve se comprometer a viver e entender os valores da empresa</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conhecimento profundo</li> <li>Apoiar as pessoas que fazem o trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Líderes devem ter conhecimento profundo sobre o trabalho (no nível do projeto) e ter habilidades de resolução de problemas</li> <li>Líderes devem ser capazes de fornecer constantemente soluções para os seus subordinados</li> </ul>



• Habilidade de mentor	• O pessoal de projeto é incentivado a fornecer sessões de treinamento para ajudar os funcionários, fornecedores e clientes
P10. Desenvolver equipes e pessoas excepcionais	
• Seleção de pessoas	• Meticuloso sistema de seleção (ou seja, exigência de treinamento vocacional e técnico) para recrutar candidatos excelentes
• Treinamento	• Fornecer treinamento em todos os níveis e manter as competências atualizadas, incluindo: (1) treinamento antes do trabalho (2) treinamento no trabalho (3) treinamento fora do trabalho (4) treinamento de habilidade múltiplas
• Equipes de trabalho	• Empregados coordenam os seus trabalhos com os outros para completar toda a tarefa
• Motivação	• Recompensas para ideias construtivas, comentários e opiniões que resultam em melhoria
P11. Relações entre parceiros	
• Relacionamento longo e estável	• Estabelecer relacionamento de longo prazo e estável • Conseguir pequena base de fornecedores
• Desafio	• Respeitar parceiros de trabalho definindo metas desafiadoras, objetivos, etc.
• Colaboração	• Trabalhar com fornecedores, subcontratantes e proprietários para melhorar a efetividade do projeto • Incentivar envolvimento de fornecedores/subcontratados no início do projeto
• Comunicação e troca de informações	• Troca de informações de forma oportuna e transparente e solução de problemas através de sugestões
<b>Solução de Problemas</b>	
Sub-princípio	Diretrizes de implementação
P12. <i>Genchi genbutsu</i>	
• Vá e veja por si mesmo	• Os líderes devem estar empenhados com o <i>genchi genbutsu</i> • Os líderes devem possuir as competências necessárias para analisar e compreender completamente a situação
• Com base em dados verificados pessoalmente	• Pensar e falar com base em dados pessoalmente verificados (ou seja, através de relatório direto)
P13. Tomada de decisão e rápida implementação	
• 5 'Quês'	• Perguntar várias vezes até que apareça a causa raiz
• Soluções alternativas	• Incentivar os trabalhadores a propor soluções alternativas de baixo para cima
• Prática do consenso	• Incentivar os trabalhadores para expressar suas ideias, sugestões e desacordos e, portanto, para chegar a um consenso
P14. Reflexão ( <i>Hansei</i> ) e melhoria contínua ( <i>Kaizen</i> )	
• Atitude em relação a problemas	• Gerência deveria ver os problemas como oportunidades de melhoria
• Atividades de <i>Kaizen</i>	• Conduzir as atividades de <i>kaizen</i> para alavancar melhorias
• Reflexão	• Reflexão sobre pontos fortes e fracos do atual processo, projeto, etc.
• Implantação de política	• Gerente de projeto define metas claras e atingíveis para as quais todos os membros da equipe estão trabalhando

Quadro 4: Diretrizes de implementação dos princípios e sub-princípios do Modelo Toyota na construção civil.

O planejamento prévio da licitação é uma função essencial do gerenciamento de projetos de construção que permite que os empreiteiros obtenham projetos de baixo custo. Também ajuda os empreiteiros durante a gestão e execução de projetos. A pesquisa de Tserng, Yin e Ngo (2013) aplicou a teoria *lean* da indústria de manufatura para propor um modelo enxuto para o planejamento prévio da licitação (MEPL), conforme mostrado na Figura 12. O modelo pode eliminar significativamente os principais tipos de desperdícios em obras, porque ele efetivamente combina três conceitos importantes da indústria de manufatura: transformação, fluxo de trabalho e geração de valor. O objetivo mais importante do modelo proposto é eliminar os sete tipos de desperdícios no processo de planejamento antes da licitação definindo fatores correspondentes aos passos do acordo.

A pesquisa definiu sete passos de acordos no processo de planejamento prévio da licitação para eliminação ou redução de desperdícios. Com os sete passos de acordo, os sete tipos de desperdício no projeto de construção serão fundamentalmente eliminados ou reduzidos. Um estudo de caso foi implementado por Tserng, Yin e Ngo (2013) para demonstrar a precisão e a utilidade do modelo proposto. Os resultados mostraram uma redução de 9,1% no custo do projeto e 37 dias na duração do projeto.

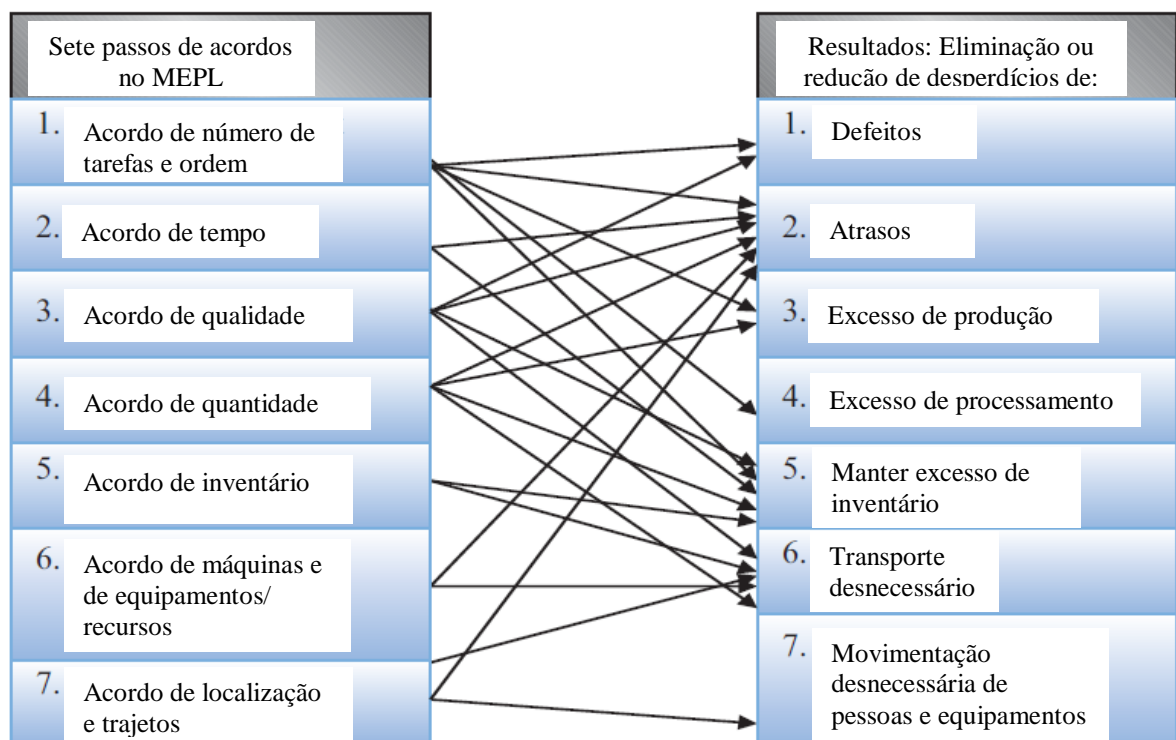


Figura 12: Relação entre passos de acordo no MEPL e seu potencial de eliminação de desperdícios.

Fonte: Tserng, Yin e Ngo, 2013.

Nos últimos anos tem havido um crescente interesse em modelos de maturidade para disciplinas relacionadas à gestão, o que reflete um reconhecimento crescente de que o fato de se tornarem mais maduras e tendo um modelo para orientar a rota até a maturidade, pode ajudar as organizações na gestão de grandes mudanças transformacionais. A construção enxuta é uma abordagem de melhoria cada vez mais importante que as organizações buscam incorporar. O estudo de Nesensohn et al. (2014) explorou como aplicar os modelos de maturidade para a construção enxuta. Para tanto, foram investigadas as atitudes, opiniões e experiências de profissionais chave da indústria, com elevados níveis de conhecimento de construção enxuta. Foi realizada uma revisão da literatura dos modelos de maturidade, e dados para a análise foram coletados através de um processo sequencial, envolvendo três métodos. Primeiro, uma entrevista com um grupo de sete profissionais chave. Segundo, uma discussão com os mesmos indivíduos para investigar algumas das questões levantadas em mais profundidade. Em terceiro lugar, uma discussão online realizada via LinkedIn, na qual os membros compartilharam suas opiniões sobre alguns dos resultados. Em geral, na pesquisa de Nesensohn et al. (2014), encontrou-se que há uma falta de entendimento comum acerca do que é maturidade em construção enxuta, embora haja acordo geral de que o conceito de maturidade é apropriado para refletir o caminho da evolução para construção enxuta dentro das organizações.

#### 2.4 INDICADORES PARA A CONSTRUÇÃO ENXUTA

A medição de desempenho tem recebido atenção considerável de pesquisadores e da indústria da construção nas últimas duas décadas. O estudo de Sarhan e Fox (2013) buscou avaliar a conscientização no Reino Unido quanto à importância do uso de medidas de desempenho adequadas e o seu papel em apoiar a aplicação de conceitos de construção enxuta. Os resultados indicaram que embora os profissionais reconheçam a importância de selecionar medidas de desempenho não financeiros, estas não foram ainda implementadas de forma ampla e apropriada.

Foram identificadas as técnicas mais comuns utilizadas por organizações de construção do Reino Unido para medição de desempenho e classificou-se um número de indicadores chave de desempenho não financeiros como significativos. Alguns entrevistados professaram que adotaram a metodologia do Sistema *Last Planner* (SLP) como um meio para medição de desempenho e aprendizagem organizacional, outros dizem que há uma considerável falta de sensibilização para a aplicação de SLP e o seu papel, em termos de

criação de condições para a melhoria contínua e de proporcionar um processo de aprendizagem a nível operacional.

O trabalho de Sarhan e Fox (2013) mostrou a grande dependência no uso de indicadores chave de desempenho, baseados em resultados, como um exemplo de pensamento de substância (objeto) em oposição a medidas de desempenho de processo, por exemplo, do pensamento de processo. Também foi sugerido que o pensamento de substância entre os profissionais poderia ser uma significativa barreira escondida que milita contra a implementação bem sucedida de construção enxuta (pensamento de processo).

Um convite para completar um questionário foi enviado para 198 profissionais da indústria da construção civil do Reino Unido, bem como uma pequena amostra dos acadêmicos com interesse em construção enxuta (10 para um estudo-piloto e 188 para o estudo principal). Os participantes foram selecionados aleatoriamente de um número de grupos profissionais que representam a maioria das organizações profissionais envolvidas na indústria da construção do Reino Unido. Um total de 140 respostas foram recebidas, o que representa uma taxa de 74,5%.

Sarhan e Fox (2013) adotaram-se algumas técnicas para ajudar o estudo a capturar esta alta taxa de resposta, tais como:

- Estudos-piloto são uma boa prática de pesquisa;
- Tanto a carta-convite, como a capa do questionário incluiu uma ficha informativa para os participantes, ilustrando claramente sobre o que era a pesquisa, o que envolveu e garantindo a proteção de dados;
- Acompanhamento e lembretes por contato direto. Cada participante da amostra foi contactado individualmente por e-mail.

A partir da literatura foi identificada uma gama de medidas desenvolvidas para avaliar o desempenho de projetos e formulou-se uma questão, a fim de permitir que o estudo identifique as técnicas mais comuns usadas pelas organizações de construção para a medição de desempenho. As respostas revelaram que os indicadores chave de desempenho orientados para resultados são a técnica mais comum utilizada entre organizações de construção para a medição de desempenho. Verificou-se também que muitas organizações ainda dependem muito da experiência de seus gerentes como meio para medição de desempenho (Figura 13).

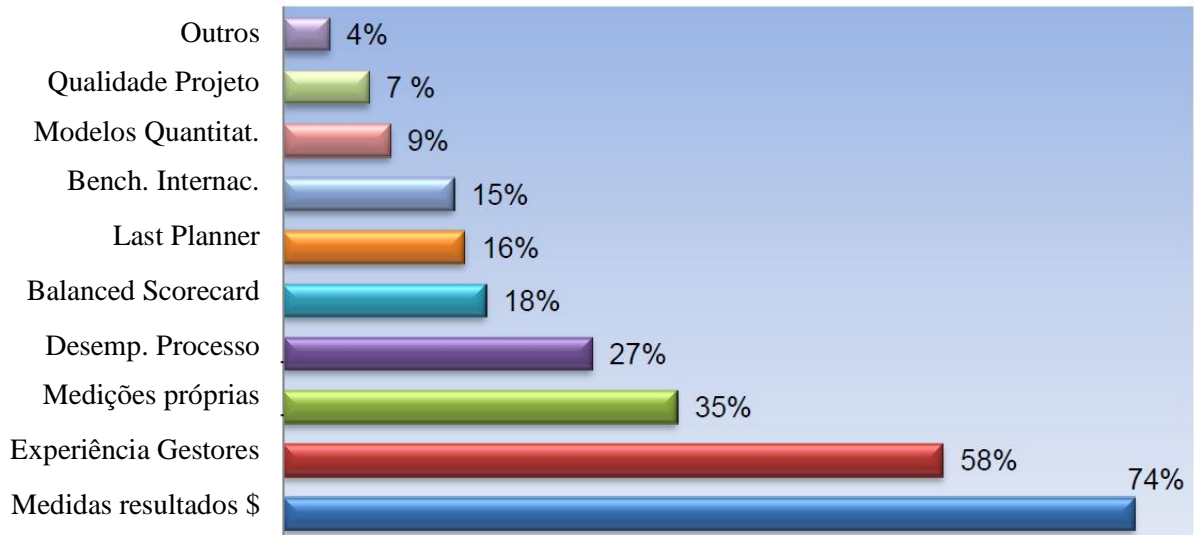


Figura 13: Gráfico com técnicas utilizadas pelas organizações de construção para medição de desempenho.

Fonte: Sarhan e Fox, 2013.

Uma pergunta foi introduzida na pesquisa de Sarhan e Fox (2013) para classificar e identificar os indicadores chave de desempenho “não financeiros” significativos (principais indicadores), que são apropriados para a melhoria contínua, de acordo com sua importância para as organizações. A Tabela 4 mostra que os valores médios de segurança, qualidade e satisfação do cliente excederem a pontuação média (uma pontuação de 8) e, portanto, são considerados como os indicadores chave de desempenho não financeiros significativos (mais importantes) para organizações de construção.

Tabela 4: *Ranking* de indicadores não financeiros, de acordo com sua importância para as organizações de construção.

<i>Ranking</i>	Medidas de desempenho não financeiras	Valor médio de 10 alternativas
1	Segurança	9,504
2	Satisfação do cliente/consumidor	9,149
3	Qualidade	8,775
4	Desempenho da equipe	7,803
5	Produtividade	7,785
6	Funcionalidade	7,654
7	Eficiência do planejamento	7,607

Fonte: Sarhan e Fox, 2013.

Ao final de cada período de “olhar adiante”, o modelo proposto por Al-Aomar (2012), retratado na Figura 6, recomenda medir o desempenho do projeto de construção usando cinco indicadores chave de desempenho de *Lean Seis Sigma* (LSS); qualidade (classificação Sigma), velocidade (índice de desempenho do cronograma), custo (índice de desempenho de custo), valor (índice de valor) e desperdícios (índice de desperdício). Além das típicas medidas de gerenciamento de projetos (qualidade, velocidade e custo), os indicadores propostos incluem índices de desperdício e de valor, permitindo a medição do progresso e indicando oportunidades de melhoria.

No modelo de Koranda et al. (2012), os indicadores de desempenho são a condição essencial para que os projetistas e empreiteiros sejam capazes de integrar os conceitos *lean* e sustentabilidade. Verificando-se estes indicadores (Quadro 5), as partes interessadas tornam possível uma melhor compreensão de onde elas estão no processo de integração dos conceitos enxuto e sustentabilidade.

Conhecimento de <i>lean</i> e sustentabilidade	Gerenciamento de alteração de pedidos
Quantidade diária e total de material na obra	Impacto de materiais sustentáveis
Impacto da reciclagem e reuso	Tempo médio de instalação
Tempo de espera pelos itens	Tempo médio de materiais na obra
Número total e sequência de atividades	Espaço de armazenamento disponível
Quantidade de equipamento na obra	Variedade de materiais
Custos do projeto, mão de obra e gerencial	Espaço de trabalho disponível

Quadro 5: Indicadores de integração *lean* e sustentabilidade.

Fonte: Koranda et al., 2012.

## 2.5 INSTRUMENTOS DE PESQUISA SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA

Várias empresas de fabricação fora do local da obra na Suécia tentaram aplicar o gerenciamento *lean* para melhorar a eficiência e a eficácia do processo. Um estado de melhoria contínua é um objetivo chave da gestão enxuta, conforme descrito, por exemplo, no Modelo de Liker (2004). O objetivo do estudo de Meiling, Backlund e Johnsson (2012) foi testar um método para medir o grau em que os princípios de gestão enxuta foram adotados por empresas que embasam sua produção na fabricação fora do local, como um pré-requisito para uma abordagem sustentável para melhoria contínua.

Fabricação fora do local ou construção fora do local (*off-site construction*), são descritos pela aliança *Buildoffsite*, sediada no Reino Unido, como sendo termos intercambiáveis que se referem à parte do processo de construção que não é executada no canteiro de obras. É mais favorável para a implementação de conceitos de produção enxuta já

que requer níveis mais elevados de repetição e controle de processo e, portanto, tem maior margem para melhorar a produtividade, satisfação do cliente e os lucros.

Uma pesquisa (*survey*) foi aplicada como método de investigação, utilizando um questionário baseado na percepção dos autores sobre as melhores práticas correspondentes a cada princípio de gestão enxuta. Dois questionários foram distribuídos, para a gerência e para o pessoal de produção da fábrica em duas empresas de fabricação fora do local, na Suécia. As perguntas foram formuladas de modo a verificar como pessoas, equipes e a organização estão relacionados a cada princípio. Para facilitar a análise das respostas, foram feitos esforços para construir as perguntas de forma consistente, usando uma escala Likert de cinco pontos para medir a extensão da concordância do respondente com cada afirmação, variando de 1 ("não concordo") a 5 ("concordo plenamente"). Também foram incluídas questões abertas sobre a visão da empresa (Quadro 6).

Os resultados da escala Likert quanto ao grau em que os princípios *lean* foram aplicados, nas duas empresas estudadas, mostraram padrões similares (e diferenças semelhantes entre as respostas do pessoal de gestão e de produção), indicando que os resultados podem ser generalizados dentro de um contexto de construção *off-site*. O trabalho de Meiling, Backlund e Johnsson (2012) mostra que melhorias contínuas devem emergir e evoluir simultaneamente com foco em processos, pessoas e pensamento de longo prazo.

#### Perguntas para os gestores

- (1) As decisões são baseadas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
- (2) Processos da empresa são transparentes considerando clientes internos, processo de entrada e saída.
- (3) Nós nos esforçamos para “puxar” na produção, onde cada processo produz somente o que é necessário para a próxima etapa da produção.
- (4) Nós nos esforçamos para um ritmo de trabalho suave considerando máquinas e funcionários.
- (5) Problemas são tratados diretamente, mesmo que isso signifique parar a produção temporariamente.
- (6) Trabalho padronizado é um fundamento para a melhoria contínua.
- (7) Trabalho padronizado é um fundamento para o envolvimento do pessoal.
- (8) O resultado da implementação de 5S é que os problemas se tornam visíveis e os trabalhadores podem corrigi-los.
- (9) Nós identificamos e recrutamos líderes de dentro da empresa, que apoiam a visão e metas da empresa.
- (10) Nós nos esforçamos por uma cooperação de longo prazo com fornecedores.

- (11) Colocamos altas exigências em nossos fornecedores.
- (12) Nós regularmente damos *feedback* aos nossos fornecedores.
- (13) Representantes da gerência visitam a produção (local de trabalho) "para ver por nós mesmos" pelo menos uma vez por semana.
- (14) Nós nos esforçamos para tomar decisões lentamente e em comum acordo, mas as implementamos rapidamente.
- (15) Nós nos esforçamos para tornar-nos uma organização de aprendizagem refletindo continuamente sobre os processos de negócios e como melhorá-los.
- (16) Nós comunicamos a visão da empresa, objetivos de curto e longo prazo para todos os funcionários.
- (17) Nós nos esforçamos para focar no operador e no apoio ao mesmo.
- (18) Nós introduzimos somente tecnologias confiáveis e exaustivamente testadas.
- (19) Nós nos esforçamos para desenvolver pessoas e equipes para trabalhar de acordo com a visão e objetivos da empresa.
- (20) A resolução de problemas é conduzida sistematicamente, de forma que os problemas não reincidem.
- (21) Nós usamos equipes multifuncionais para resolver problemas graves.
- (22) Os funcionários são incentivados a apresentar sugestões de melhoria.
- (23) Nós formulamos metas de produção desafiadoras a fim de motivar os empregados.
- (24) Nós aplicamos a rotação de trabalhadores.
- (25) Nossos funcionários reportam quaisquer desvios em relação a empresas subcontratadas.
- (26) Nós aplicamos a resolução de problemas sistematicamente, para melhorar continuamente os processos.
- (27) Nós estamos confiantes de que os empregados e as equipes resolvem problemas relacionados com a produção da melhor forma possível.

Quadro 6: Perguntas aos gestores de empresas de construção *off-site*, quanto à adoção de princípios *lean* .

Fonte: Meiling, Backlund e Johnsson, 2012.

Muitas tentativas foram feitas para compreender completamente a abordagem enxuta e sua aplicação na construção. Entre esses esforços, o Modelo Toyota é visto como uma abordagem adequada que aponta vários aspectos enxutos, abrangendo filosofia de longo prazo, processos, pessoas e parceiros, e resolução de problemas. O trabalho de Gao e Low (2014b) investigou o impacto da implementação do Modelo Toyota sobre o desempenho de qualidade e produtividade das grandes empresas de construção na China.

Baseado numa pesquisa de campo envolvendo um questionário (*survey*) aplicado na China, regressão passo a passo foi usada para determinar quais as práticas do Modelo Toyota que levam a prever aumento de produtividade e qualidade do projeto. Os entrevistados foram convidados a avaliar 91 atributos, ao longo de 4 Camadas e 14 Princípios, em termos



da extensão em que as suas empresas implementam atributos do Modelo Toyota. Uma lista de atributos da pesquisa para a camada “O Modelo Toyota de Filosofia” estão disponíveis no Quadro 7, e eles foram medidos usando uma escala Likert de 1 (de modo algum) a 5 (em grande medida).

O trabalho de Gao e Low (2014b) fornece *insights* para melhorar a implementação do Modelo Toyota na indústria da construção. Os resultados mostram que diferentes práticas podem afetar medidas de desempenho específicas. Empresas de construção chinesas devem, portanto, priorizar recursos e esforços para implementar os princípios críticos identificados para melhorar o desempenho. Por exemplo, se as empresas de construção da China desejam se concentrar na qualidade do projeto, os fatores críticos são os seguintes: ser responsável por produtos, funcionários e sociedade (a partir do modelo de filosofia); o gerente de projeto planeja o trabalho com *inputs* de outras partes; rejeitar materiais defeituosos, componentes e equipamentos; o local de trabalho segue os princípios 5S (do modelo de processo); trabalhar com parceiros para melhorar a eficácia do projeto; participar do processo de produção dos parceiros (do modelo de pessoas e parceiros); e conduzir atividades de *kaizen* (do modelo de resolução de problemas).

O Modelo Toyota de Filosofia (Princípio 1)
P1: Filosofia de longo prazo
P1.1 Sustentar um propósito constante (visão, missão e valores da empresa)
P1.2 Ter um elevado propósito ou missão, que é gerar valor para os funcionários, sociedade e clientes
P1.3 Formular um plano para a realização da visão de longo prazo da empresa
P1.4 Perdas a curto prazo afetam a tomada de decisão, mas são menos importantes do que perseguir objetivos de longo prazo
P1.5 Ter uma visão clara de suas competências principais e envidar esforços para se tornar um especialista nestas áreas
P1.6 Ser responsável por produtos, colaboradores e sociedade
P1.7 Entender exigência do cliente é o trabalho prioritário
P1.8 Ser capaz de resposta rápida para atender a exigência de mudança dos clientes (por exemplo, alteração de projeto)
P1.9 Tratar empregados/fornecedores como clientes internos

Quadro 7: Questionário (*survey*) sobre os atributos do Modelo Toyota em empresas de construção chinesas.

Fonte: Gao e Low, 2014b.

Construção enxuta é o termo que corresponde ao desdobramento do sistema de produção desenvolvido pela Toyota (indústria automotiva) na indústria da construção civil. Empreiteiros turcos constituem uma grande parte da economia local e são atores globais importantes na contratação de negócios. Pesquisas e práticas de construção enxuta, como uma abordagem de gestão baseada na produção para aumentar a eficácia e a eficiência da indústria

da construção, são escassas entre os empreiteiros turcos. O trabalho de Tezel e Nielsen (2013) apresenta os resultados de um questionário preparado para prever os níveis de conformidade *lean* dos empreiteiros turcos e discute os resultados. Destacam-se as forças e fraquezas comparativas dos empreiteiros turcos com relação a iniciativas de construção enxuta.

Por causa do tamanho da população e recursos limitados, uma metodologia de pesquisa baseada em questionário foi empregada para a seguinte pergunta de pesquisa: Qual é o nível de conformidade *lean* entre as empresas de construção na Turquia? O questionário contém um total de 35 questões. As quatro primeiras perguntas visam clarificar atributos profissionais e ocupacionais dos entrevistados. A quinta à décima perguntas estão principalmente relacionados com as características operacionais das empresas entrevistadas. As restantes 25 perguntas medem a conformidade *lean* da empresa construtora. O questionário foi projetado para ser explicativo, evitando o jargão de construção enxuta ou terminologias avançadas. As questões de conformidade relacionadas a *lean* foram preparadas a partir do modelo proposto por Diekmann et al. (2003).

Existem outros modelos conceituais que podem ser usados para avaliar a conformidade da construção enxuta, mas o modelo de Diekmann foi entendido como sendo mais focado em operações e prático (mais fácil de entender) para empreiteiros turcos que possuem um conhecimento limitado ou desconhecem completamente a construção enxuta e a terminologia relacionada à construção enxuta. O modelo tem cinco princípios principais e 16 subprincípios. Os principais princípios são padronização, cultura/pessoas, foco no cliente, melhoria contínua/qualidade inclusa e eliminação de desperdícios. Em geral, há mais de uma pergunta que corresponde a cada subprincípio. Ao responder as questões relacionadas com a conformidade *lean*, os entrevistados foram convidados a avaliar as práticas dentro de suas empresas. Foram dadas a eles duas afirmativas, solicitando que identificassem a proximidade ou conformidade das práticas atuais com uma destas duas afirmativas, por meio de uma escala Likert de 1 a 5, além da possibilidade de NA (não aplicável). O questionário de conformidade *lean* para o princípio principal “Cultura/Pessoas” pode ser visto no Quadro 8.

Os resultados apresentados no estudo de Tezel e Nielsen (2013) podem ser usados como ponto de partida para divulgar a pesquisa e prática da construção enxuta entre empreiteiros turcos no futuro. Um tipo similar de pesquisa pode ser repetido para comparar os níveis de conformidade *lean* em diferentes países e avaliar os programas de construção enxuta em empresas diferentes após a introdução da construção enxuta.

Cultura/Pessoas							
Envolvimento de pessoas							
Funcionários não compartilham suas ideias/pontos de vista em nome da melhoria das operações da empresa.	1	2	3	4	5	NA	Funcionários compartilham suas ideias/pontos de vista para melhorar os processos da empresa e reduzir os desperdícios. A empresa possui alguns mecanismos para proporcionar isso.
Compromisso organizacional							
A alta gerência parece satisfeita com o status quo.	1	2	3	4	5	NA	A alta gerência esforça-se para mudar a cultura da empresa em nome do aumento da eficácia organizacional.
Treinamento							
A empresa não aloca tempo e dinheiro para as atividades (seminários, encontros educacionais etc.) que enriquecem os atuais conhecimentos e competências dos funcionários.	1	2	3	4	5	NA	A empresa, conscientemente e sistematicamente, sustenta atividades que enriquecem o conhecimento atual dos funcionários e competências para as necessidades de mudança.

Quadro 8: Questionário (*survey*) de conformidade *lean* em empresas de construção turcas.

Fonte: Tezel e Nielsen, 2013.

No trabalho de Badurdeen, Wijekoon e Marksberry (2011) foi desenvolvida uma ferramenta de pesquisa online (Figura 14) para comparar o que empregados de organizações enxutas (ou tentando ser enxutas) dizem explicitamente sobre os valores da cultura.

Figura 14: Visão parcial da ferramenta de pesquisa (*survey*) online.

Fonte: Badurdeen, Wijekoon e Marksberry, 2011.

## 2.6 DESPÉRDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A análise de desperdícios na indústria da construção de Abu Dhabi revela 27 tipos de desperdícios de construção (AL-AOMAR, 2012), que foram classificados em sete categorias. Baseado nos resultados do estudo de referência, a Figura 15 apresenta um diagrama de Pareto das sete categorias de desperdícios. As principais categorias de desperdícios incluem correção, excesso de processamento, e atraso. Juntos, eles representam 72,5% de todos os desperdícios nas empresas de construção pesquisadas. O fato de que a correção de erros (defeitos) tem o mais alto ranking destaca a necessidade de integrar o modelo de construção enxuta à classificação Seis Sigma.

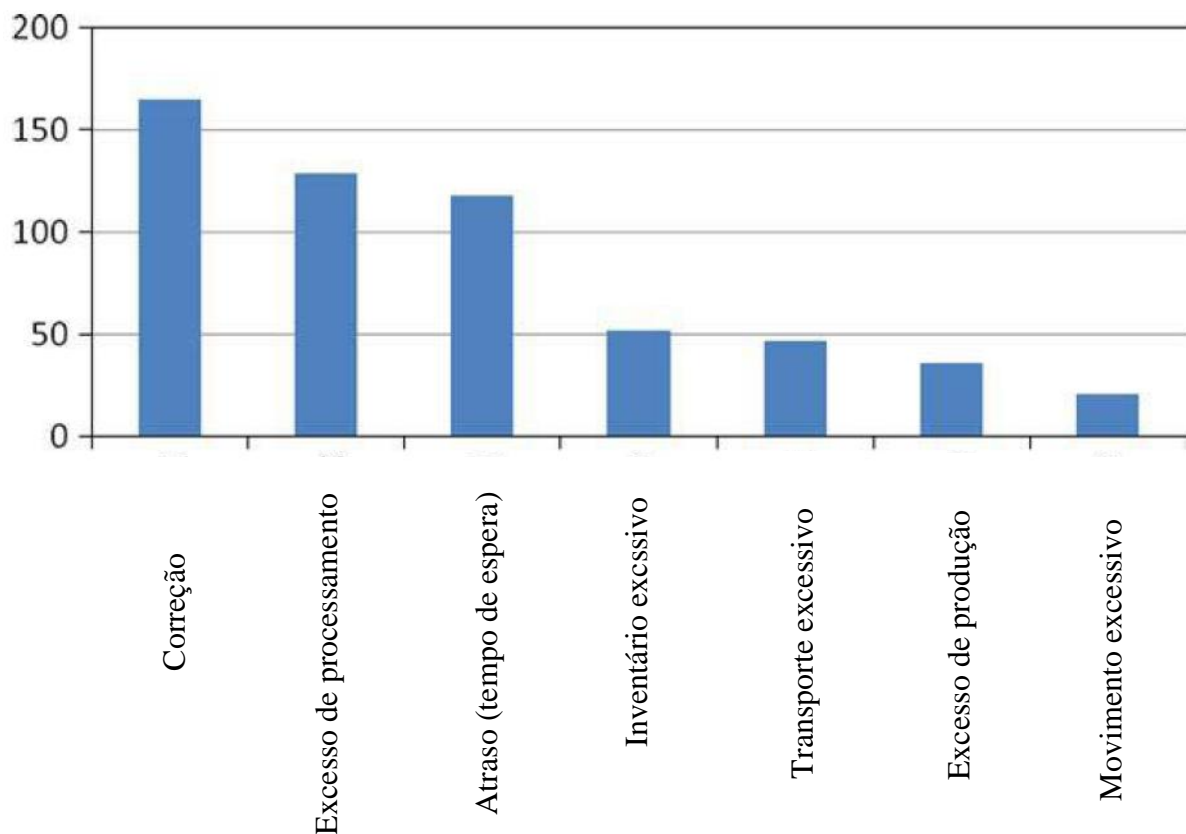


Figura 15: Categorias de desperdício na indústria de construção de Abu Dhabi.

Fonte: Al-Aomar, 2012.

Na indústria da construção, desperdício é definido como a perda de qualquer recurso, incluindo materiais, tempo (mão de obra e equipamentos) e capital, que é produzido por atividades que geram custos diretos ou indiretos, mas que não adicionam qualquer valor ao produto final para o cliente.

A questão do desperdício não é apenas importante por causa da eficiência, mas também devido aos impactos do desperdício de material de construção sobre o meio

ambiente. De acordo com Pinch (2005), existem sete tipos principais de desperdícios em projetos de construção, que Tserng, Yin e Ngo (2013) complementaram com informações sobre as causas, conforme mostrado no Quadro 9.

Número	Tipos de Desperdício	Definição	Causa
1	Defeitos	Incorporando produtos e materiais de tamanhos não padronizados ou de má qualidade na linha de produção, aumentando a quantidade de manipulação ou processamento desnecessário que pode afetar a qualidade do produto	Gerenciamento de geração de valor, gerenciamento de tarefas
2	Atrasos	Operação lenta ou com paradas	Gerenciamento de fluxos de trabalho
3	Excesso de produção	Produzindo produtos mais cedo do que o especificado pelos clientes ou em quantidades maiores do que o necessário	Gerenciamento de tarefas, gerenciamento de fluxos de trabalho
4	Excesso de processamento	Etapas ou fases impróprias no fluxo de trabalho	Gerenciamento de fluxos de trabalho
5	Manter excesso de inventário	Inadequado armazenamento de matéria-prima, trabalho em andamento ou de produto acabado e inadequada sequência de uso	Gerenciamento de fluxos de trabalho
6	Transporte desnecessário	Transporte inadequado de peças ou produtos acabados no fluxo do processo	Gerenciamento de fluxos de trabalho
7	Movimentação desnecessária de pessoas e equipamentos	Incapaz de fazer uso adequado de pessoal ou máquinas para agregar valor ao trabalho	Gerenciamento de fluxos de trabalho

Quadro 9: Sete tipos de desperdício em projetos de construção.

Fonte: Tserng, Yin e Ngo, 2013.

A filosofia de produção enxuta tem sido aplicada na indústria da construção para reduzir o desperdício e aumentar a eficiência. Recentemente é que a filosofia enxuta tem provado de ser eficaz para enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável. Muitos estudos têm mostrado que a filosofia enxuta pode ser aplicada em fábricas de concreto pré-moldado para reduzir o inventário, reduzir o desperdício e aumentar a eficiência. No entanto, o ciclo de instalação de concreto pré-moldado não deve ser menosprezado seguindo uma perspectiva de ciclo de vida. O estudo de Wu, Low e Jin (2013) adota um modelo de fator ponderado que compreende 30 empreiteiros da indústria da construção civil de Singapura e um estudo de caso. Práticas de gerenciamento de layout do local de construção são

investigadas usando o modelo de fator ponderado. Estratégias para melhorar o layout do local de construção são apresentadas em um estudo de caso.

Os resultados indicaram que existem muitas atividades sem valor adicionando nas práticas de gerenciamento do layout do local de construção, que contribuem para um aumento do nível de emissões de carbono. Pouca consideração sobre materiais de construção verdes, especificações impróprias dos produtos de concretos pré-moldado, falta de um fluxo de trabalho ininterrupto e estimativas imprecisas parecem ser os mais importantes. Sete categorias de atividades sem valor adicionado foram identificadas na fase de gerenciamento do layout do local de construção (Quadro 10). O projeto e as especificações dos produtos de concreto pré-moldado devem ser determinados no início do projeto. Devido a sua alta prioridade, o uso de materiais de construção foi discutido na fase de gerenciamento do layout do local de construção ao invés de fases posteriores, como estágios de entrega e instalação.

Nº categoria	Descrição	Categoria
1.1	Materiais de construção	Materiais
1.2	Instalações do local de construção	Instalações
1.3	Requisitos legais	Legislação
1.4	Requisitos de construção	Comunicação
1.5	Serviços e trabalhos temporários	Requisitos de construção
1.6	Área de armazenamento	Armazenamento
1.7	Gestão do local de construção	Operação

Quadro 10: Sete principais categorias de atividades sem valor adicionando no gerenciamento do layout do local de construção.

Fonte: Wu, Low e Jin, 2013.

Os resultados do trabalho de Wu, Low e Jin (2013) fornecem orientações de boas práticas e podem ser usados como uma lista de verificação para os empreiteiros identificarem as atividades que não agregam valor nos locais de instalação para conseguir instalações de baixo carbono. Os resultados também serão úteis para agências reguladoras fornecerem recomendações para empreiteiros melhorarem o processo de instalação e reduzirem as emissões de carbono.

O estudo de Mahamid e Elbadawi (2014) foi motivado por um longo prazo de observação da indústria da construção na região norte do Reino da Arábia Saudita (RAS). As observações mostraram que o desperdício na construção está se tornando uma séria questão ambiental, econômica e de segurança, que afeta os subúrbios do RAS. O estudo utiliza

respostas na escala de Likert através de um questionário de duas partes distribuído a 42 empreiteiros, localizados na região norte do RAS. A primeira parte do questionário visa identificar causas de desperdício de material em projetos de construção, do ponto de vista dos empreiteiros. No estudo foram identificadas 40 causas de desperdício de materiais em projetos de construção, classificadas pela medição do índice de importância (I. IMP). A Tabela 5 mostra o valor do índice de importância e a classificação das causas identificadas. Os resultados mostram que:

- Há 2 causas com índice de importância superior a 80;
- Há 14 causas com índice de importância entre 60 e 80;
- O índice de importância mínimo é 37,30. Os resultados indicam que as causas identificadas são altamente relevantes para o problema do desperdício do material em projetos de construção.

Tabela 5: Valor do índice de importância das causas de desperdício e a classificação.

Causas de desperdício	I.IMP	Ranking
Excesso/falta de encomendas devido a erros em pesquisas de quantidade	81,5	1
Seleção de produtos de baixa qualidade	80,34	2
Materiais fornecidos de forma solta	79,15	3
Encomendas erradas	78,78	4
Gerenciamento pobre de recursos	76,63	5
Falta de coordenação entre equipes	74,12	6
Erros de detalhamento no projeto e construção	73,2	7
Utilização de mão de obra inexperiente	71,11	8
Instruções insuficientes sobre manipulação	68,82	9
Manipulação incorreta de material	66,57	10
Mau relacionamento entre os trabalhadores e os gestores	64,13	11
Planejamento indevido das quantidades exigidas	63,13	12
Falta de controle de material no local de construção	62,8	13
Alterações de projeto	61,65	14
Materiais com danos no local de construção	61,32	15
Retrabalho devido a erros de trabalhadores	60,75	16
Seleção do empreiteiro/subcontratados pelo menor valor licitado	59,18	17
Má comunicação e coordenação entre os participantes do projeto	57,7	18

Causas de desperdício	I.IMP	Ranking
Uso de material errado, exigindo substituição	55,17	19
Instruções insuficientes sobre armazenamento e empilhamento	54,8	20
Retrabalho que não está de acordo com desenhos e especificações	53,22	21
Armazenamento errado de materiais	52	22
Falta de gestão de desperdícios no local da construção	51,6	23
Roubo e vandalismo	50,46	24
Especificação inadequada ou incorreta	49,2	25
Empilhamento inadequado e armazenamento insuficiente no local	48,8	26
Erros nos cadernos de encargos	47,4	27
Erros no transporte e fornecedores	47,16	28
Danos durante o transporte	46,84	29
Agendamento pobre para aquisição dos materiais	45,06	30
Equipamento com defeito	44,1	31
Mudanças nos preços de material	43,4	32
Falta de atenção às dimensões dos produtos	43,2	33
Projeto complicado	42,85	34
Revisão de desenhos lenta	42,05	35
Métodos impróprios de descarga	41,66	36
Documentos de contratos incompletos no começo da construção	40,17	37
Defeitos de fabricação	40,11	38
Falta de supervisão	39	39
Dificuldades para os veículos de entrega	37,3	40

Fonte: Mahamid e Elbadawi, 2014.

Verificou-se que os fatores mais significativos que causam desperdício na construção são: (1) imprecisão nas pesquisas de quantidade, levando a um excesso ou falta de encomendas; (2) seleção de produtos de baixa qualidade; (3) erros de detalhamento no projeto e construção; (4) encomenda de suprimentos de forma solta; (5) ineficiência na gestão dos recursos. A segunda parte do questionário procura classificar os materiais considerados de acordo com seu grau de importância do ponto de vista dos empreiteiros. A Tabela 6 mostra o valor do índice de importância (I. IMP) e a classificação dos materiais de construção considerados no estudo. As taxas de desperdício em todos os materiais de construção considerados são de alta importância (I. IMP > 60).



Tabela 6: *Ranking* das taxas de desperdício de material de construção.

Material de construção	I.IMP	<i>Ranking</i>
Reforço de aço	74,50	1
Madeira	74,00	2
Concreto	71,00	3
Cimento	67,00	4
Tijolos	65,50	5
Areia e pedras	62,00	6

Fonte: Mahamid e Elbadawi, 2014.

Os dados coletados foram analisados através do *software* estatístico Minitab. Os resultados do estudo mostram que o manuseio de materiais de construção e as decisões gerenciais têm um impacto crítico sobre a causa e efeito do nível de desperdícios na construção. Os benefícios mais importantes de se considerar os desperdícios de construção são conhecer as quantidades exatas exigidas para um projeto de construção e planejar e preparar um horário preciso da chegada do material encomendado. O estudo de Mahamid e Elbadawi (2014) recomenda o emprego de princípios de manufatura *lean* para eliminar os desperdícios de construção e aprimorar o processo de decisão no gerenciamento de construções na parte norte do RAS.

O objetivo do trabalho de Ibrahim et al. (2010) foi analisar os processos de produção utilizados pela indústria de construção global. O artigo discute a história da indústria de construção com um foco específico sobre a evolução dos sistemas de produção enxuta (SPE), que tem um impacto significativo na redução de desperdícios, considerando o desempenho operacional. O estudo compara as diferenças entre construção e processos de fabricação. A indústria da construção civil consome grandes quantidades de recursos naturais, juntamente com desperdício, devido à utilização inadequada e ineficiente. Um SPE totalmente integrado é uma maneira de eliminar a quantidade de desperdícios no processo de construção. Ibrahim et al. (2010) mostram no Quadro 11 o custo de desperdício na indústria da construção, com base em estudo de Koskela (1992).

Desperdício	Custo	País
Custo de qualidade (não conformidade)	12 % do custo total do projeto	EUA
Custo de qualidade externo (durante a utilização nas instalações)	4 % do custo total do projeto	Suécia
Falta de capacidade para construir	6-10 % do custo total do projeto	EUA
Má gestão de material	10-12 % dos custos de mão de obra	EUA
Consumo excessivo de materiais no local de construção	10 % em média	Suécia
Tempo de trabalho usado para atividades sem valor adicionado no local de construção	Aproximadamente dois terços do tempo total	EUA
Falta de segurança	6 % do custo total do projeto	EUA

Quadro 11: Custo de desperdício na indústria da construção.

Fonte: Koskela, 1992.

## 2.7 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO ENXUTA

Sustentabilidade e conceitos enxutos podem ser aplicados à indústria da construção, para ajudar a minimizar o desperdício. Embora ambos os conceitos trabalhem para aliviar problemas semelhantes, as organizações têm dificuldade para integrar os conceitos. O trabalho de Koranda et al. (2012) examinou projetos de tamanhos diferentes e em diferentes ambientes do centro-oeste dos Estados Unidos para determinar quais aspectos dificultam a integração da sustentabilidade e conceitos enxutos na região. Profissionais relacionados com a indústria foram entrevistados para identificar fontes de desperdícios em projetos sustentáveis e *lean*. As informações foram coletadas por meio de um questionário com 18 perguntas, submetido a um grupo selecionado de 35 arquitetos, engenheiros e empreiteiros que trabalharam em projetos e construção de seis projetos *lean* e com certificação LEED (do inglês *Leadership in Energy and Environmental Design*). Um modelo para o planejamento de todo o processo de construção foi determinado de modo que os desperdícios possam ser reduzidos e a integração dos conceitos enxutos e de sustentabilidade seja mais viável (Figura 16).

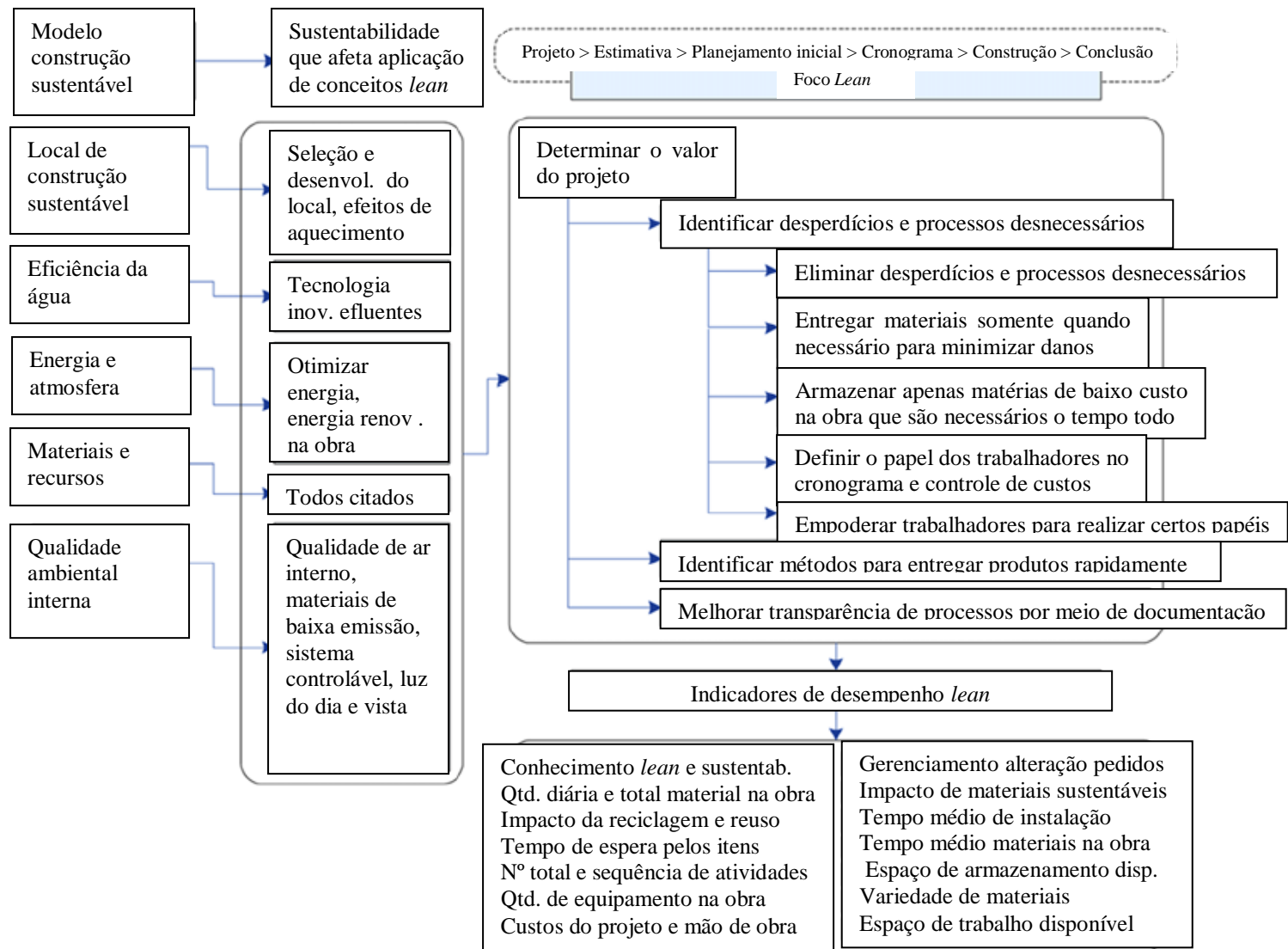


Figura 16: Modelo para implementação de técnicas *lean* e sustentabilidade em um projeto de construção.

Fonte: Koranda et. al, 2012.

Com base nos estudos de caso, vários aspectos de desperdícios que existem em projetos de construção foram reconhecidos, e uma comparação entre a interação dos conceitos enxutos e de sustentabilidade foi documentada. No modelo de Koranda et al. (2012), os indicadores de desempenho são a condição essencial para que os projetistas e empreiteiros sejam capazes de integrar os conceitos *lean* e sustentabilidade. Verificando-se os indicadores, as partes interessadas tornam possível uma melhor compreensão de onde elas estão no processo de integração dos conceitos enxuto e sustentabilidade.

A contribuição das técnicas de construção enxuta na construção sustentável não pode ser superenfaticada, já que o desenvolvimento sustentável está agora consagrado na política do governo do Reino Unido. Além disso, a construção enxuta agora é confrontada com os desafios do desenvolvimento sustentável, melhoria contínua, eliminação de desperdícios, um foco mais forte no usuário, aumento do valor para o dinheiro juntamente com a gestão de alta qualidade dos projetos e cadeias de abastecimento e comunicações melhoradas. O trabalho de Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014) apresentou um estudo exploratório da literatura existente e os resultados da utilização de um questionário entre participantes da construção para explorar a contribuição da aplicação de técnicas de construção enxuta na construção sustentável. Foi realizada uma pesquisa junto a profissionais baseados no Reino Unido. Adotou-se uma amostragem intencional (ao invés de amostragem aleatória) de organizações de construção do Reino Unido com experiência ou interesse manifestado na construção enxuta/sustentabilidade, tomando como base o banco de dados do diretório das 100 maiores empresas de construção do Reino Unido. Os entrevistados incluíram gerentes de projeto, gerentes de contrato, gestores de treinamento, gerentes de meio ambiente e qualidade, gerentes de sustentabilidade e gerentes de obra, além de supervisores com várias experiências profissionais como arquitetura, levantamento de quantidades, engenharia, topografia de construção, etc. Foram distribuídos 70 questionários, dos quais foram respondidos 55 (79%).

A perspectiva global de profissionais da indústria de construção, de acordo com o questionário utilizado na pesquisa de Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014), mostra que são percebidos benefícios em função da integração dos princípios da construção enxuta e construção sustentável dentro da indústria da construção civil. A Tabela 7 mostra que a melhora da imagem corporativa, é o mais importante benefício de se sincronizar *lean* e sustentabilidade, enquanto que o aumento do moral e comprometimento dos funcionários é o menor.

Tabela 7: *Ranking* dos benefícios da sincronização de *lean* e sustentabilidade.

Benefícios da sincronização de <i>lean</i> e sustentabilidade	Média	<i>Ranking</i>
Melhora da imagem corporativa	3,29	1
Aumento da produtividade	3,27	2
Redução de desperdícios	3,24	3
Redução no consumo de energia	3,22	4
Melhoria na inovação sustentável	3,20	5
Melhoria no fluxo do processo	3,20	6
Redução no uso de material	3,20	7
Redução no custo e tempo de espera	3,20	8
Melhoria na saúde e segurança	3,18	9
Melhoria na qualidade ambiental	3,16	10
Redução no uso de água	3,16	11
Aumentou na vantagem competitiva sustentável	3,11	12
Maior conformidade com a expectativa dos clientes	3,16	13
Aumento no moral dos funcionários e comprometimento	3,05	14

Fonte: Ogunbiyi, Oladapo e Goulding, 2014.

A Tabela 8 mostra o nível de utilização de princípios/técnicas *lean* para permitir a sustentabilidade nas organizações, a partir das respostas dos entrevistados com relação a uso alto (4), uso médio (3), baixa utilização (2) e sem uso (1). *Just-in-time*, ferramenta de visualização, análise de valor, reuniões diárias e mapeamento do fluxo de valor são as ferramentas/técnicas *lean* mais comuns, enquanto o Seis Sigma é a menos utilizada.

Tabela 8: *Ranking* dos princípios *lean*/técnicas para permitir a sustentabilidade.

Princípios <i>lean</i> /técnicas para permitir a sustentabilidade	Média	<i>Ranking</i>
<i>Just-in-time</i>	2,75	1
Ferramenta de visualização	2,67	2
Reuniões diárias de equipe/grupo	2,60	3
Análise de valor	2,60	4
Mapeamento do fluxo de valor	2,51	5
Gestão da qualidade total	2,49	6
Falha segura para qualidade	2,47	7
5S	2,44	8

Princípios <i>lean</i> /técnicas para permitir a sustentabilidade	Média	Ranking
Manutenção preventiva total	2,38	9
Estudos da primeira produção	2,29	10
Último planejador ( <i>Last planner</i> )	2,29	11
Engenharia simultânea	2,09	12
Abordagem puxada	2,04	13
Kanban	1,91	14
Kaizen	1,91	15
Seis Sigma	1,53	16

Fonte: Ogunbiyi, Oladapo e Goulding, 2014.

A Tabela 9 identifica diversas áreas de ligação entre *lean* e sustentabilidade. As mais importantes são redução de desperdícios, gestão ambiental, maximização de valor e melhoria de saúde e segurança, enquanto a redução de custos é a menos importante.

Tabela 9: *Ranking* de áreas de ligação entre construção enxuta e sustentabilidade.

Áreas de ligação entre construção enxuta e sustentabilidade	Média	Ranking
Redução de desperdícios	3,55	1
Gestão ambiental	3,55	2
Maximização de valor	3,53	3
Melhoria de saúde e segurança	3,49	4
Maximização do desempenho	3,47	5
Otimização de projeto	3,45	6
Melhoria da qualidade	3,44	7
Gestão de recursos	3,38	8
Minimização de energia	3,31	9
Eliminação de processos desnecessários	3,31	10
Melhoria contínua	3,29	11
Redução de custos	3,20	12

Fonte: Ogunbiyi, Oladapo e Goulding, 2014.

O objetivo do trabalho de Firmawan, Othman e Yahya (2012) foi apresentar exemplos práticos da aplicação de engenharia de valor e de construção enxuta no projeto de construção de um prédio verde e de avaliar qualitativamente seus benefícios em termos de impacto ambiental e minimização de desperdícios.

Os objetivos da construção enxuta incluem:

- Entregar produtos ou serviços que permitam os clientes atingir melhor seus objetivos;
- Entregar produtos ou serviços no prazo e dentro do orçamento;
- Minimizar custos diretos por meio do gerenciamento eficaz de entrega do projeto;
- Tomar decisões de negócio bem informadas em todos os níveis do projeto;
- Minimizar riscos e maximizar a oportunidade;
- Injetar confiabilidade, responsabilidade, segurança e honestidade no ambiente do projeto;
- Reduzir o ruído no sistema;
- Melhorar os métodos de entrega de projeto;
- Promover a melhoria contínua nos métodos de entrega de projeto por meio de lições aprendidas, e
- Entregar um produto personalizado, instantaneamente, sem desperdício.

A técnica do sistema de análise de função (FAST em inglês) foi conduzida durante a fase de análise funcional aplicando um diagrama FAST (*Function Analysis System Technique*) completo como proposto por Grönqvist et al. (2006). Os principais objetivos da construção enxuta são maximizar valor e minimizar o desperdício. Já que a finalidade de um conceito de prédio verde é criar uma construção sustentável, logo, proteger o meio ambiente é considerado como a função de ordem mais alta. Portanto, o caminho principal do diagrama FAST é dividido em duas questões distintas, que são práticas de construção enxuta e projeto verde. Firmawan, Othman e Yahya (2012) identificaram funções críticas para características de design verde e práticas no local que maximizam o conceito de construção enxuta, em comparação com a construção convencional (Figura 17).

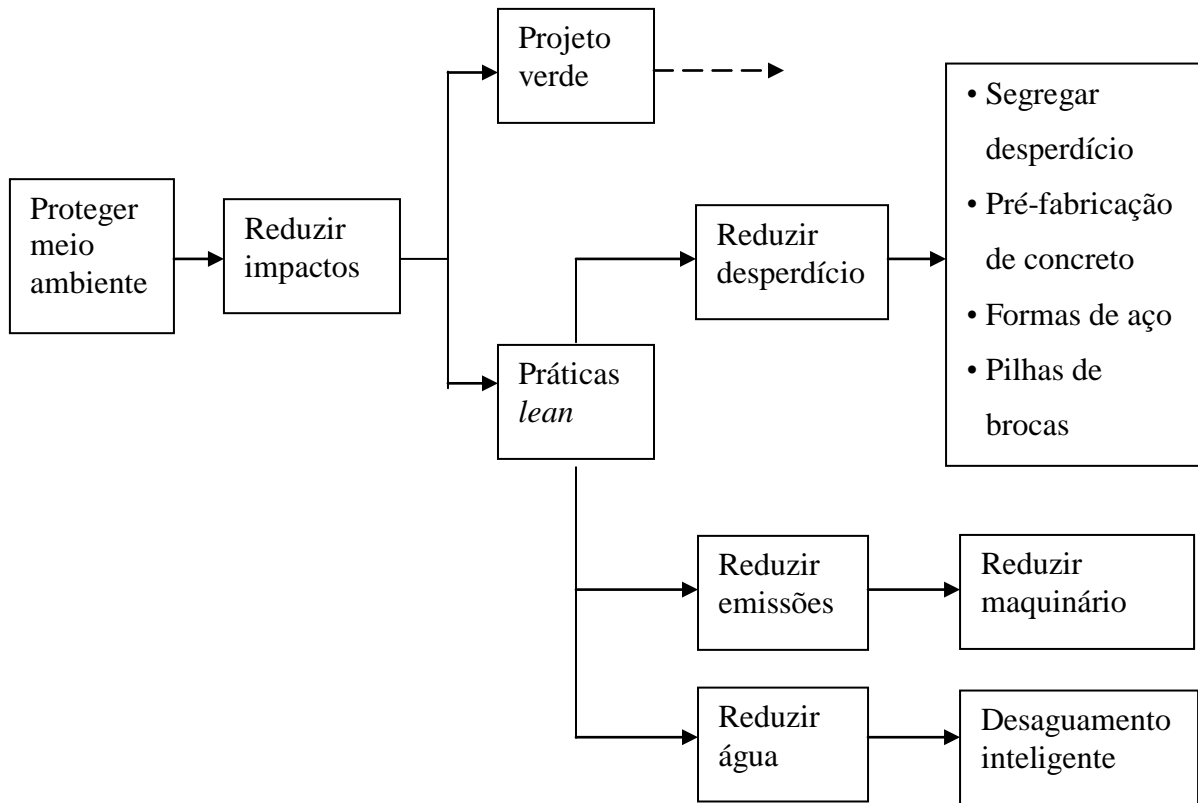


Figura 17: Diagrama FAST de um prédio verde.

Fonte: Elaborado a partir de Firmawan, Othman e Yahya, 2012.

Atividades de construção e o ambiente construído tem um enorme efeito sobre o meio ambiente, saúde humana e a economia em geral. Construção sustentável de casas nas três dimensões dos efeitos econômicos, ambientais e sociais é alcançável através de tecnologias e inovações práticas. No entanto, a maior barreira para a aplicação generalizada de construção sustentável de casas é o custo inicial mais elevado, em grande medida atribuível à curva de aprendizado dos trabalhadores construindo com essas inovações práticas e tecnologias e o custo adicional resultante de processos de construção mal definidos. Para enfrentar esses desafios e alcançar o ideal de construção sustentável, o trabalho de Nahmens e Ikuma (2012) propõe o uso de construção enxuta como uma estratégia viável e eficaz, em particular, a ferramenta *lean* “*kaizen*”. Os autores utilizam vários estudos de caso para mostrar o efeito *lean* sobre o *triple bottom line* da sustentabilidade (Figura 18) na construção de casas modulares. Cada estudo de caso destaca uma dimensão da sustentabilidade. Construção enxuta resultou em um impacto ambiental significativo, reduzindo o desperdício de material em 64%, um efeito social significativo, reduzindo ou eliminando os principais



riscos de segurança em função de força excessiva, má postura, trabalhadores atingidos e um efeito econômico significativo através da redução de horas de produção em 31%.

Os resultados da pesquisa de Nahmens e Ikuma (2012) contribuirão para uma melhor compreensão do efeito *lean* na sustentabilidade de construção de casas e irão difundir técnicas de construção enxutas e seguras na construção de casas modulares.

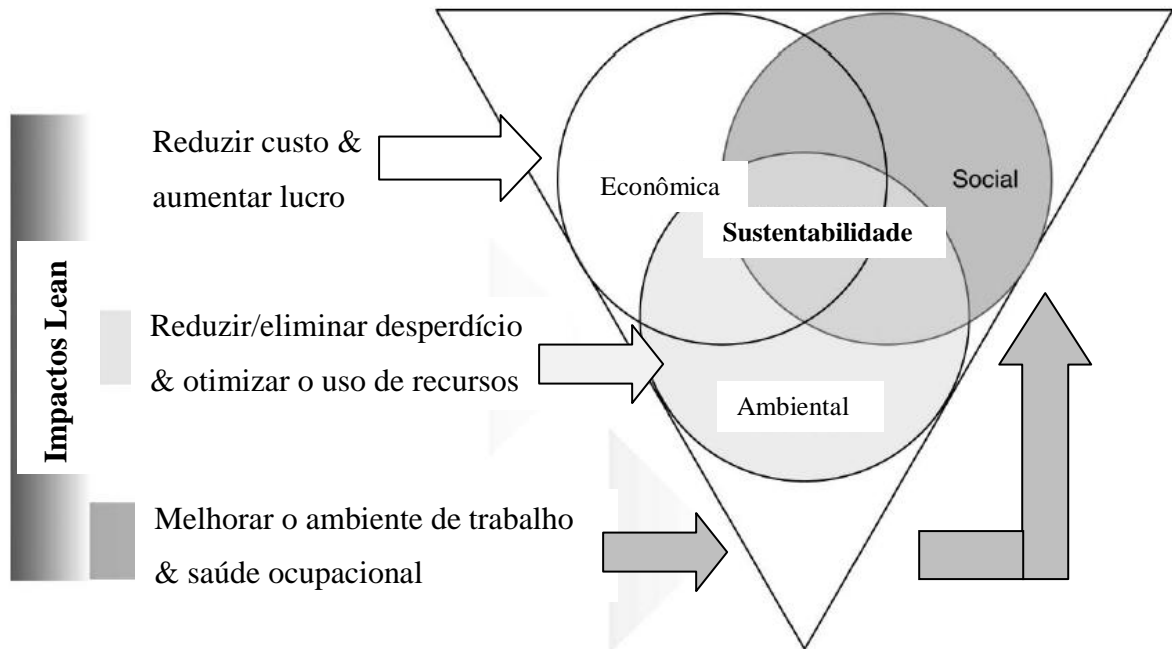


Figura 18: Modelo conceitual: efeitos de *lean* na sustentabilidade.

Fonte: Nahmens e Ikuma, 2012.

Para que engenheiros de construção novos, inexperientes tenham sucesso na indústria da construção, eles precisam ser bem educados nos principais conhecimentos de construção e engenharia, bem como entender como usar novas tecnologias e práticas eficazmente e eficientemente, tais como BIM (do inglês *Building Information Modeling*), sustentabilidade e construção enxuta (HARPER e HAZLETON, 2014). Construção sustentável exige praticamente o mesmo conhecimento básico de um projeto tradicional, as diferenças estão nos detalhes. Estes incluem alterações nos materiais e na aquisição de materiais, inovações na iluminação e energia, inovações mecânicas e na qualidade do ar, e eficiência sanitária e no uso da água. Algumas das vantagens em utilizar os princípios da construção enxuta incluem custos de projeto mais baixos, menos atrasos, menos incerteza, menor produção de resíduos, edifícios e instalações que são mais eficientes e maior satisfação do cliente. Além disso, estudos têm mostrado que sustentabilidade e construção enxuta se complementam na construção de projetos. Ao aplicar os princípios *lean*, melhora a utilização de mão de obra e

materiais. Ou seja, o trabalho é realizado de forma mais eficiente e apenas os materiais que são necessários são usados com pouco ou nenhum desperdício.

Para Harper e Hazleton (2014), parceiros comerciais e subcontratados que usam os princípios *lean* têm diferentes processos para aquisição de materiais, e eles têm uma força de trabalho mais estruturada e organizada. As diferenças nos processos e os princípios fundamentais de construção enxuta são importantes de serem reconhecidos e compreendidos pelos engenheiros.

A manufatura enxuta de concreto aerado autoclavado (do inglês *Autoclaved Aerated Concrete* - AAC), será considerada um destaque na moderna indústria de materiais de construção (BOGGELEN, 2011). Crises, menor volume de construções, excesso de capacidade e exigências de sustentabilidade forçaram a indústria de construção a criar com novas ideias de aplicação, maior qualidade do produto, maior eficiência e menores custos de fabricação. A redução de resíduos e reutilização de energia representa um sério potencial para a indústria de AAC contribuir para um futuro sustentável. Manufatura enxuta, baseada em um bom ajuste entre matérias-primas, tecnologia e sistemas oferece desafios promissores para os produtores reduzirem custos. Para Boggelen (2011), modernas tecnologias de produção apoiarão o desenvolvimento de produto de AAC para realizar uma construção melhor, mais rápida e, por conseguinte, sustentável.

As empresas de construção estão enfrentando obstáculos e desafios na adoção do BIM (do inglês *Building Information Modeling*), porque não há nenhuma orientação clara ou estudos de melhores práticas da qual possam aprender e construir a sua capacidade para uso do BIM a fim de aumentar a produtividade, eficiência, qualidade e alcançar vantagens competitivas no mercado global, atingindo as metas de sustentabilidade ambiental. O artigo de Arayici et al. (2011) visa realizar uma avaliação abrangente e sistêmica das tecnologias relevantes de BIM, como parte da adoção e implementação de BIM, para demonstrar como ganhos de eficiência foram alcançados por meio de uma prática arquitetônica enxuta. A pesquisa foi realizada através de um projeto de parceria de transferência de conhecimento (PTC) entre a Universidade de Salford e a John McCall arquitetos com sede em Liverpool, que é uma pequena/média empresa. O objetivo geral da PTC foi desenvolver uma prática de projeto enxuto através da adoção e implementação de BIM. A abordagem de implementação global do BIM usou uma visão sócio-técnica, em que não se considera apenas a implementação da tecnologia, mas também considera o ambiente sócio-cultural que fornece o contexto para sua implementação. Como resultado da adoção da tecnologia BIM, Arayici et

al. (2011) relataram ganhos de eficiência obtidos através de projetos piloto e o processo de elaboração do projeto foi melhorado através da eliminação de desperdícios e geração de valor.

Para aumentar a concorrência na indústria da construção, a União Europeia criou e harmonizou políticas de códigos de construção funcional. Além disso, muitos atores defendem que a indústria da construção move-se para uma produção enxuta, baseada numa forma de trabalhar por processos, por razões de custo e qualidade. Nesse contexto, abordagens de engenharia utilizando madeira moldada são consideradas como tendo uma vantagem competitiva e ambiental. Tykkä et al. (2010) identificaram empresas inovadoras em seis países europeus que utilizam madeira moldada e avaliaram suas fontes de inovação. Os resultados indicam que as empresas de madeira moldada se tornaram atores na indústria da construção. As empresas fizeram inovações de produto, processo e organização. O fator comum que leva essas empresas a inovar são oportunidades de negócios que surgem de mudanças demográficas no ambiente fora da empresa, tais como a sustentabilidade ambiental e habitação a preços acessíveis para grupos de baixa renda. Para lidar com estas oportunidades, as empresas utilizadas nos estudos de casos reconheceram implicitamente que a tradicional abordagem baseada em projeto e construção no local da obra é uma incongruência. As empresas, conseqüentemente, estabeleceram pré-fabricação interna, incluindo o desenvolvimento de processos baseados na produção enxuta para garantir a qualidade, bem como a eficácia. As empresas todas reconheceram que uma barreira fundamental para seus negócios foi a falta de competências de engenharia com madeira moldada nas organizações dos seus clientes. Por conseguinte, uma necessidade identificada pelo trabalho de Tykkä et al. (2010) para as empresas dos estudos de casos foi o desenvolvimento de competências em projetos de construção.

Atualmente, a maioria das abordagens de gestão provenientes da engenharia é concentrada no mundo exterior, ou seja, tudo que é visível (estruturas-processos-resultados). Esta situação vem criando uma baixa sustentabilidade destas abordagens e ferramentas, pois esquece aspectos centrais do comportamento individual e coletivo das pessoas. Baseado nisso, estão sendo realizados diversos esforços para integrar o mundo interior e exterior de uma organização, com o objetivo de desenhar o mundo interior (personalidade, afetividade, valores, cultura) como um espaço que facilite a incorporação de práticas de gestão eficazes centradas no mundo exterior, como a construção enxuta. O artigo de Pavez, González e Alarcón (2010) descreve e analisa a teoria da visão integral proposta por Ken Wilber, como um marco de referencia que permita fortalecer a disciplina de administração de projetos, sob a abordagem da construção enxuta. Para ilustrar o impacto da visão integral, os autores

utilizaram uma ferramenta de planejamento e controle de produção chamada Sistema do Último Planejador (do inglês *Last Planner System*), que está baseada nos princípios da construção enxuta. Como conclusão, Pavez, González e Alarcón (2010) afirmam que, se a construção enxuta deseja evoluir até se tornar uma prática de gestão eficaz, deve incluir alguns elementos da visão integral, a fim de compatibilizar o desenvolvimento técnico e humano no interior de uma organização ou no projeto. Para alcançar este objetivo, a construção enxuta deve fortalecer as áreas de pesquisa relacionadas com as pessoas, as quais até hoje têm recebido pouca atenção.

## 2.8 EDUCAÇÃO E CONSTRUÇÃO ENXUTA

A implantação da filosofia de gestão enxuta na indústria da construção civil, nas fases de projeto, suprimento e montagem (Figura 8), depende de profissionais capacitados nos princípios atrelados às 4 camadas (filosofia, processo, pessoas e parceiros, e solução de problemas) do modelo de Liker (Figura 11), portanto, a educação é um fator crítico de sucesso. O objetivo do trabalho de Alves, Milberg e Walsh (2012) foi investigar a história da divulgação e uso de conceitos *lean* na construção, bem como os desafios potenciais para seu uso continuado, considerando que a aplicação de conceitos *lean* transitou de um pequeno grupo de iniciantes para uma comunidade abrangendo toda a indústria. Usando informações obtidas a partir de uma reunião com profissionais da indústria, revisão de literatura e casos publicados em que abordagens diferentes foram usadas para divulgar a produção/construção enxuta, são apresentadas evidências que suportam esses desafios.

Os autores identificaram três desafios para os profissionais da construção enxuta, pesquisadores e educadores. Um desafio é que *lean* tem muitos significados quando aplicado à construção. Outro desafio é ter acadêmicos constantemente trabalhando com profissionais da indústria para continuar a adaptar os conceitos/sistemas e não apenas ferramentas. O terceiro desafio é que, sem um esforço sustentado para engajar pessoas em experiências de aprendizagem significativas, a construção enxuta poderá ser vista como um modismo na indústria da construção.

Mantendo parceria com os profissionais da indústria que já estão implementando a construção enxuta ou que querem iniciar a jornada, os acadêmicos têm acesso a projetos (laboratórios no mundo real) e podem trazer de volta às salas de aula exemplos para educar as futuras gerações de profissionais que podem provocar mudanças na indústria. Esta parceria também ajuda a validação das experiências sobre a implementação da construção enxuta,

tendo em vista que os dados podem ser coletados e analisados de forma científica, e podem ser documentados para divulgação junto à indústria.

Alves, Milberg e Walsh (2012) apresentam recomendações, que podem representar oportunidades de pesquisa em métodos eficazes para a divulgação de construção enxuta. A criação de iniciativas sustentáveis para implementar e ensinar construção enxuta exige que acadêmicos e profissionais enfrentem o que está fundamentalmente errado com as práticas atuais e como a construção enxuta pode resolver esses problemas, como apontado na literatura de construção enxuta, em vez de tratar problemas antigos com novos nomes:

- Desenvolvimento de um currículo de graduação que incorpora construção enxuta: alguns podem ser a favor de uma disciplina para ensinar o básico de construção enxuta, enquanto outros serão favoráveis que os conceitos sejam introduzidos no material do curso existente. Desta forma a nova geração vai decidir sobre a forma de misturar e combinar os conceitos de construção enxuta com as práticas mais tradicionais da indústria;
- Desenvolvimento de um currículo profissional que incorpore construção enxuta: associações profissionais começaram a oferecer seminários curtos e workshops sobre construção enxuta, que poderiam tornar-se parte de seus programas de educação continuada;
- Usando metáforas para explicar os conceitos e como eles estão relacionados: metáforas são usadas extensivamente na literatura sobre *lean* para apresentar conceitos e como eles estão relacionados. A fábula da "tartaruga e a lebre," e a necessidade de "baixar o nível do rio para revelar as pedras" são exemplos;
- Trabalhando em direção ao "momento a-ha": simulações são geralmente uma atividade de grupo que têm o poder de criar o "momento a-ha";
- Usando vídeos educacionais: uma infinidade de vídeos explicando os conceitos relacionados à implementação de *lean* pode ser encontrada em sites como YouTube, dos profissionais e páginas na web das associações profissionais;
- Parceria com organizações profissionais e instituições de pesquisa: atualmente, o *Lean Construction Institute* - LCI, laboratórios de pesquisa e programas acadêmicos trabalham em estreita colaboração com muitas organizações para capacitar profissionais em construção enxuta e desenvolver estudos de caso para avançar o conhecimento no assunto. Muitos praticantes estão experimentando a construção enxuta, mas não têm um profundo entendimento de *lean*. Isso requer que acadêmicos analisem estas experiências para outras variáveis que podem impactar o sucesso ou fracasso, e também analisem estes múltiplos fluxos de experimentação em práticas comuns que podem ser atribuídos ao sucesso ou fracasso. Isto é importante para a futura adoção e difusão, bem como a identificação das práticas adotadas pelas organizações.

A teoria da construção enxuta propõe um modelo de liderança servil para organizações de projeto em que os indivíduos que realizam o trabalho físico são suportados por engenheiros de projeto e gerentes de projeto, reconhecendo que valor só é adicionado no processo de construção, quando os materiais são convertidos em melhorias. O sistema do último planejador (do inglês *Last Planner*) de tarefas de construção e coordenação propõe que os encarregados de contratos estão na melhor posição para determinar durações de tarefas, coordenar o sequenciamento e prometer compromissos de conclusão. Consistente com o pensamento enxuto de envolver contratos na gestão, o trabalho de Becker et al. (2014) foca na importância dos empreiteiros de contratos de especialidades e seus encarregados que supervisionam a maior parte do trabalho de construção física, especialmente no setor de construção comercial, investigando a relação entre a engenharia de construção, educação de gestores e empreiteiros de contratos de especialidades.

Empreiteiros de contratos de especialidades têm um papel extremamente importante em projetos de construção. Estas empresas têm as ferramentas especiais, equipamento, habilidades e conhecimento para realizar um trabalho particular nos contratos de construção. O papel dos empreiteiros de contratos de especialidades é cada vez mais importante, dada a crescente complexidade e diversidade dos edifícios modernos, e porque a indústria da construção está passando do estado de generalista ao de especialista.

O estudo potencializa o aumento de emprego junto aos empreiteiros de contratos de especialidades no nível de bacharelado, engenharia de construção e graduados em gestão, trazendo atenção para as oportunidades significativas disponíveis para os estudantes nas empresas de contratos de especialidades, tanto para supervisores de campo como para gerentes de projeto. Uma pesquisa junto a 148 alunos de construção em cinco universidades e 60 profissionais da indústria, representando 34 empreiteiros de contratos de especialidades mostrou que a exposição adicional às empresas de contratos de especialidades pode resultar em maiores oportunidades de emprego dentro deste componente vital da indústria da construção.

A pesquisa de Becker et al. (2014) também revela que estudantes de gestão na construção e de engenharia de construção têm interesse no mercado de trabalho em empresas de contratos de especialidades e que o setor da construção de especialidades deseja uma maior inclusão de conteúdo acadêmico relacionado ao seu trabalho como parte do currículo de construção das universidades. Além disso, um mapa de melhorias foi proposto, que pode ser seguido por programas de gestão e engenharia de construção a fim de encorajar mais dos seus alunos a procurarem emprego futuramente dentro do setor de empresas de especialidades.

Os programas de construção das universidades tem uma oportunidade de melhorar suas conexões com a indústria de contratos de especialidades. Tais conexões podem levar estudantes a terem conhecimento adicional de conteúdo sobre contratos de especialidades, maior empregabilidade dentro de empresas de contratos de especialidades, apoio financeiro e outros benefícios de programas de construção vindos de empresas de contratos de especialidades. Esses objetivos poderão ser alcançados, em parte, seguindo as seguintes recomendações:

1. Aumentar o número de membros de empresas de especialidades nos comitês consultivos da indústria;
2. Aumentar o número de palestrantes de empresas de especialidades nas salas de aula;
3. Aumentar o número de palestrantes de empresas de especialidades nas reuniões de organizações de alunos;
4. Aumentar o recrutamento das empresas de contratos de especialidade para estágio de verão ou ao longo do semestre;
5. Aumentar a parceria entre as universidades e organizações do setor de contratos de especialidades;
6. Incluir encarregados de contratos de especialidades em projetos de pesquisa e entrevistas.

Universitários precisariam ter um desejo e a capacidade de aprender o trabalho do dia-a-dia de contratos. Isto pode levar de 3 a 5 anos de trabalho em tempo integral no campo além da sua formatura da faculdade. Os empregadores seriam solicitados a oferecer a oportunidade para este campo de treinamento e a compensar estes empregados de forma similar a cargos de gerenciamento de projetos. Após completar o tempo de treinamento, os empregadores poderão desenvolver um encarregado excepcionalmente treinado com ferramentas, incluindo a liderança de trabalhadores de campo, conhecimento específico de contratos, habilidades de tecnologia da informação, habilidades de planejamento e estimativas, etc. Para Becker et al. (2014), este pacote de habilidades em contratos, aliado à formação universitária, pode levar ao aumento da produtividade nos contratos e no sucesso das empresas.

Trabalhar em projetos de construção pode ser complicado e desafiador. Existem diferentes entidades e pessoas envolvidas com um projeto e dois projetos nunca são iguais, não importa o quão semelhantes possam ser. Engenheiros de construção nos dias de hoje

precisam ser capazes de se comunicar com competência, abordar as complexidades e se relacionar com as diferentes partes que cada projeto possui (HARPER e HAZLETON, 2014).

Além disso, a indústria da construção continua a evoluir e avançar com o uso de novas tecnologias, materiais e práticas. Comunicar-se e trabalhar com as entidades que constroem um projeto, chamados subcontratantes e parceiros comerciais, precisa ser tão importante quanto o aprendizado de conhecimentos e habilidades de construção e engenharia. O trabalho de Harper e Hazleton (2014) enriquece pesquisas passadas sobre os elementos essenciais do conhecimento de construção que novos engenheiros precisam adquirir em programas de ensino superior. Estes elementos estão relacionados a tecnologias e práticas emergentes, sendo que, a combinação de elementos, tecnologias emergentes e práticas estão relacionadas a subcontratantes e parceiros comerciais. O conhecimento de engenharia de construção e de tecnologias e práticas emergentes ajudarão os engenheiros de construção inexperientes a se comunicarem e relacionarem com êxito com subcontratantes e parceiros comerciais durante a construção, em uma base diária, bem como quando surgirem problemas.

Os autores citam Tatum (2011), que definiu os quatro elementos principais do conhecimento de engenharia de construção como fundamentos técnicos, materiais de construção, recursos aplicados na construção e operações de construção no campo. Estes elementos descrevem a base de conhecimento que um novo engenheiro precisa ter para ganhar com a engenharia de construção, e eles podem ser abordados explicitamente com relação aos parceiros comerciais. As informações a seguir fornecem um resumo dos conhecimentos novos que engenheiros de construção devem ter, especificamente no que tange a construção enxuta, a fim de se comunicarem e trabalharem efetivamente com parceiros comerciais, com base nos quatro elementos principais da engenharia de construção, tecnologias emergentes e práticas:

- Fundamentos técnicos - semelhante a aumentar o conhecimento e a utilização do BIM, sustentabilidade e construção enxuta iriam beneficiar estudantes caso se tornassem parte dos fundamentos técnicos ensinados nos currículos do ensino superior. A incorporação destes temas iria aumentar o número de indivíduos na indústria da construção que são proficientes em práticas sustentáveis e princípios *lean*. A deficiência de conhecimento de construção enxuta e sustentável nos atuais engenheiros de construção dificulta o aumento da utilização dessas práticas, no entanto, algumas práticas sustentáveis estão tornando-se requisitos de projeto. Portanto, se a próxima geração de engenheiros de construção ganhar conhecimento de sustentabilidade e construção enxuta como fundamentos técnicos adicionais em programas de educação superior, a aceitação dessas práticas irá acelerar dentro da indústria de construção enquanto que os requisitos de eficiência e sustentabilidade poderão ser realizados;



- Materiais de construção - além de compreender a mecânica dos materiais, os engenheiros de construção precisam entender que materiais são necessários e quando. Princípios da construção enxuta podem afetar o suprimento de materiais de construção. Um dos fundamentos da construção enxuta é adquirir materiais no momento que eles são necessários, o chamado princípio do just-in-time, e adquirir somente os materiais suficientes para completar uma tarefa ou atividade a fim de eliminar desperdícios desnecessários. A compreensão de como implementar com sucesso o princípio just-in-time e reduzir o desperdício permite que os engenheiros construam de forma sustentável, produtiva e mais rentável;
- Recursos aplicados na construção - sustentabilidade e construção enxuta podem afetar materiais, ferramentas e equipamentos que são reutilizáveis ou consumíveis. Materiais de consumo são materiais que têm uma única utilização. Todos os projetos de construção usam materiais de consumo, mas para manter os princípios de *lean* e sustentabilidade, menos desperdício e mais materiais reusáveis, ferramentas e equipamentos ajudam no alcance destes resultados. Portanto, é vital que novos engenheiros compreendam a aplicação de recursos, quais são os materiais de consumo e como eliminar desperdícios em excesso e consumíveis de um projeto. Isto deve então ser devidamente comunicada aos subcontratantes e parceiros comerciais;
- Operações de construção no campo - em relação ao BIM e meios e métodos de construção, técnicas de construção enxuta também permitem planejamento dos meios e métodos para melhorar a eficiência nas atividades de construção. Construção enxuta requer cooperação e colaboração de todas as partes envolvidas em um projeto. Esta parceria entre as partes permite melhor comunicação e coordenação, o que melhora a produtividade. Engenheiros de construção novos precisam entender planejamento e parcerias, bem como saber a forma de trabalhar com parceiros comerciais para alcançar melhor produtividade em relação à construção enxuta e BIM.

Com o aumento do interesse na aplicação de formas integradas de entrega de projetos para projetos de construção complexos e incertos, a indústria da construção tem percebido um aumento da demanda para a Entrega Integrada de Projetos - EIP (do inglês *Integrated Project Delivery*). Muitos estudos empíricos têm examinado as características colaborativas de EIP e relataram que os participantes devem fazer a transição necessária para atender as exigências contratuais, tecnológicas e culturais. No entanto, pouco estudo tem sido feito para investigar a educação, treinamento ou experiência profissional relevante que possa apoiar a transição. Em resposta, o estudo de Lee et al. (2014) usou uma pesquisa online que foi criada para investigar o nível e o tipo de educação, treinamento e experiência profissional dos membros do projeto e seu correspondente nível de conhecimento para cada requisito de EIP.

As principais conclusões incluem que: 1) membros do projeto têm o mais alto nível de base de conhecimento sobre os requisitos culturais do EIP, mas o nível mais baixo nos requisitos tecnológicos; 2) o grupo com mais experiência de projeto-construção tem mais base

de conhecimento; 3) o grupo que recebeu um treinamento inicial de EIP tem mais base de conhecimento; e 4) ter uma disciplina de construção enxuta pode preparar os alunos para o ambiente de EIP.

Quando perguntados que tipos de disciplinas devem ensinar EIP, 88% do total de 57 respondentes escolheu a disciplina de construção enxuta, seguido por outros tipos de disciplinas como contratos (72%), BIM (69%) e cronograma (64%), como mostrado na Figura 19.

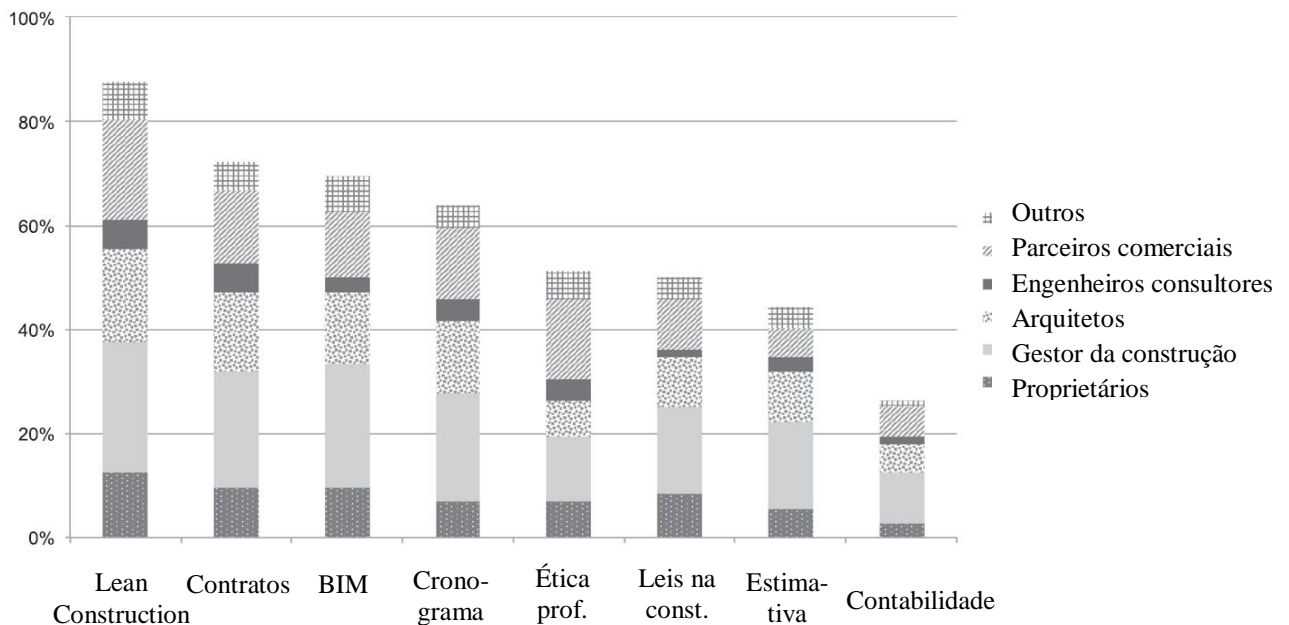


Figura 19: Disciplinas que deveriam ensinar entrega integrada de projetos (EIP).

Fonte: Lee et al., 2014.

Apesar da significância sugerida de se ter uma disciplina de construção enxuta para EIP, apenas um punhado de universidades nos EUA são conhecidas por oferecê-la. Levando em conta os resultados da pesquisa, Lee et al. (2014) sugerem a introdução da construção enxuta nos currículos de mais escolas de gerenciamento de construção, podendo ser introduzido como um curso independente ou como um tópico dentro de um curso existente.

Os participantes da pesquisa foram convidados a compartilhar suas opiniões sobre como melhorar a educação, treinamento e experiência profissional para uma melhor experiência de equipe em EIP. Cinco entrevistados enfatizaram a importância de uma educação que inclui os conceitos e métodos de construção enxuta, e que tal educação seria muito útil na formação dos futuros praticantes de EIP. Eles apresentaram uma opinião compartilhada de que entender os conceitos básicos, métodos de *lean*, e o comportamento *lean* necessário para desenvolver a confiança e colaboração entre os membros da equipe é essencial na otimização de EIP.

Conhecimento é reconhecido como um recurso valioso para o crescimento organizacional e vantagem competitiva sustentada, especialmente para organizações que operam em ambientes desafiadores e incertos como construção. Dentro da indústria de construção, comunidades de prática (CoP) não foram efetivamente abraçadas como uma ferramenta estratégica para criação de conhecimento e compartilhamento entre organizações. Nesse sentido, o trabalho de Love et al. (2011) visa revisar CoP e apresentar uma abordagem pragmática para sua utilização (Figura 20).

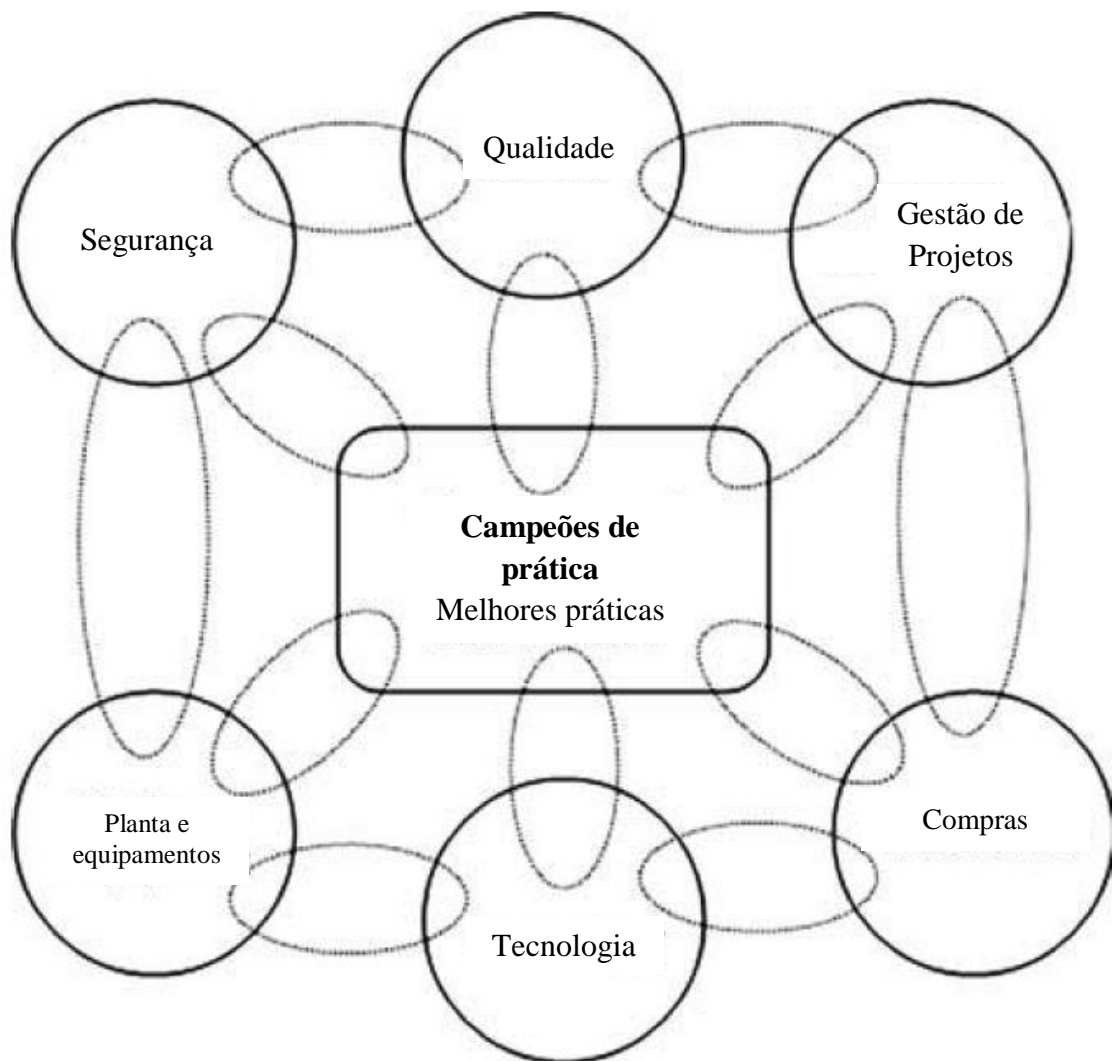


Figura 20: Estrutura hipotética para "Campeões de prática".

Fonte: Love et al., 2011.

Uma revisão da literatura sobre CoPs e exemplos da experiência dos autores são fornecidos para demonstrar sua utilidade na abordagem de problemas que estão sendo confrontados dentro da indústria de construção. A indústria da construção é cética sobre a adoção de "modismos de gestão" e tecnologias de chamariz que não fornecem nenhuma

vantagem competitiva estratégica. Prova disso pode ser vista com a relutância da indústria, particularmente na Austrália, para abraçar a reengenharia e conceitos associados à construção enxuta. A indústria tem informalmente usado CoP por muitos anos, ou aspectos das mesmas, mas elas não foram formalmente reconhecidas como uma ferramenta de melhoria de desempenho. As organizações podem ter dificuldade para construir, manter e integrar as CoP, especialmente quando os funcionários estão geograficamente espalhados por vários locais remotos. Love et al. (2011) sugerem que o conceito subjacente das CoPs pode criar e sustentar a aprendizagem e conhecimento em projetos.

## 2.9 CUIDADOS NA IMPLANTAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA

Incentivado pelas notáveis melhorias de produtividade no setor industrial, a indústria da construção tem uma longa história de tentar angariar os benefícios das tecnologias de fabricação. Apesar dos métodos de construção industrializados, tais como edifícios modulares e manufaturados, terem evoluído ao longo de décadas, as principais técnicas usadas em fábricas de pré-fabricados variam ligeiramente daquelas empregadas na construção tradicional no local da obra. O objetivo da pesquisa de Yu et al. (2013) foi desenvolver e implementar um sistema de produção para a aplicação eficaz das ferramentas *lean* na pré-fabricação de componentes de construção. Para superar o ceticismo prevalente entre chefias, a jornada *lean* começou com um projeto piloto envolvendo uma linha de produção. Durante um período de seis meses, ferramentas *lean* como 5S {ordenar (*sort*), endireitar (*straighten*), brilhar (*shine*), padronizar (*standardize*) e sustentar (*sustain*)}, trabalho padronizado, planejamento do tempo *takt*, gerenciamento das variações e mapeamento de fluxo de valor foram implementadas para uma linha de produção de abrigos de comunicação. A implementação com sucesso ganhou o apoio dos gerentes médios e estabeleceu as bases para expandir as práticas *lean* para outras partes da fábrica e aplicar de técnicas e ferramentas *lean* relevantes.

Melhorar o desempenho e a colaboração da cadeia de suprimentos de construção é fundamental para alcançar os objetivos do negócio de curto prazo, bem como a vantagem competitiva de longo prazo. O pensamento enxuto é uma abordagem que tem sido adotada em muitos ambientes industriais diferentes, como um meio para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos. Na indústria da construção baseada em projetos, o pensamento enxuto, no entanto, ainda não foi amplamente adotado. O objetivo do trabalho de Eriksson (2010) foi aumentar a compreensão de como vários aspectos do pensamento enxuto podem ser implementados em um projeto de construção e como eles afetam os atores da cadeia de abastecimento e seu desempenho. Uma pesquisa-ação foi realizada em um estudo de caso de

um projeto piloto de construção enxuta. Os dados empíricos foram coletados através de três pesquisas (*surveys*) e reuniões de acompanhamento, estudos de documentos e entrevistas com 12 participantes do projeto. Os resultados do estudo de Eriksson (2010) mostram que muitos dos aspectos relacionados com *lean* identificados na revisão da literatura foram utilizados no projeto piloto. Esses aspectos focaram principalmente o aumento da cooperação entre os atores da cadeia de abastecimento, razão pela qual o projeto piloto é muito semelhante a um projeto de parceria. Portanto, falta ainda muito trabalho a fim de obter a completa construção enxuta, mas o projeto piloto pode servir como ponto de partida para a melhoria contínua e o desenvolvimento da construção enxuta em projetos futuros.

De acordo com Green e May (2005), os esforços de implementação de construção enxuta podem ser divididos em três fases diferentes, com crescente grau de sofisticação. A fase 1 foca na eliminação de desperdícios do ponto de vista técnico e operacional. As responsabilidades e foco são ligados aos gerentes ao invés de trabalhadores individuais. As partes essenciais nesta fase são: eliminação de movimentos desnecessários, corte de custos desnecessários, otimização do fluxo de trabalho e compartilhamento dos benefícios do desempenho melhorado. Nesse sentido, os aspectos de construção enxuta relacionados à fase 1 são: limpeza, entregas *Just-In-Time*, metas, indicadores de desempenho e compartilhamento de ganhos e dores. Os aspectos relacionados à primeira fase são de natureza técnica e operacional e podem ser adotados em qualquer projeto de construção, buscando a eficiência operacional.

A fase 2 se concentra em eliminar relacionamentos conturbados e reforçar relações de cooperação e trabalho em equipe entre os atores da cadeia de abastecimento. As partes essenciais são a cooperação, modelo com acordos de longo prazo, reuniões e facilitadores. Por conseguinte, os aspectos relacionados com a fase 2 são: convites limitados para licitações, parâmetros suaves, contratos de longo prazo, ferramentas colaborativas e ampla equipe de parceria. A fase 2 não vai muito além do conceito de parceria, uma vez que se trata da eliminação de desperdícios derivados de sub otimizações e relacionamentos conturbados através de maior integração e colaboração.

A fase 3 é a mais sofisticada, envolvendo uma mudança estrutural na governança do projeto. Suas partes essenciais são: tecnologia da informação, pré-fabricação, último planejador (*last planner*), atividades de baixo para cima e ênfase nos indivíduos, um repensar do projeto e construção, diminuição de forças competitivas, contratos de longo prazo, treinamento em todos os níveis de funcionários e uma perspectiva de sistemas tanto dos processos como do produto. Por conseguinte, aspectos relacionados à fase 3 são: conjunto de

ferramentas de TI, pré-fabricação, último planejador, autocontrole, engenharia simultânea, convite limitado para licitações, parâmetros suaves, contratos de longo prazo, grupos de interesse especiais, treinamento, sugestões de trabalhadores, decisões coerentes de encomendas, contratos de larga escala e objetivos devidamente equilibrados. Somente quando a empresa se esforça para atingir a fase 3, uma mudança radical de outros tipos de governança de projeto é necessária.

Os aspectos relacionados a *lean*, implementados no projeto piloto de Eriksson (2010), estão ligados às três diferentes fases da construção enxuta. O Quadro 12 ilustra a extensão do uso dos diferentes aspectos.

Elementos fundamentais	Aspectos	Fases <i>Lean</i>	Notas
Redução de desperdícios	Limpeza	1	b
	Entregas Just-in-time	1	d
	Conjunto de ferramentas TI	3	d
	Pré-fabricação	3	d
Foco no processo	Último planejador ( <i>Last planner</i> )	3	e
	Auto controle	3	c
	Metas	1	a
Foco no cliente final	Engenharia simultânea	3	a
	Convites limitados para licitações	2 + 3	a
	Parâmetros suaves na avaliação da licitação	2 + 3	a
Melhorias contínuas	Contratos de longo prazo	2 + 3	b
	Indicadores de desempenho	1	a
	Grupos de interesse especiais	3	e
	Treinamento	3	c
	Sugestões dos trabalhadores	3	c
Relações de cooperação	Ampla equipe parceira	2	a
	Ferramentas colaborativas	2	a
	Compartilhamento de ganhos e dores	1	a
Perspectiva de sistema	Decisões coerentes de encomendas	3	a
	Contratos de larga escala	3	c
	Objetivos devidamente equilibrados	3	b

Notas: a) Aspectos que foram usados explicitamente em uma extensão grande; b) aspectos que foram usados implicitamente em uma extensão grande; c) aspectos que foram usados explicitamente em certa medida; d) aspectos que foram utilizados implicitamente em certa medida; e e) aspectos que não foram usados.

Quadro 12: Aspectos relacionados com *lean* implementados no projeto piloto

Fonte: Eriksson, 2010.

Os quatro aspectos relacionados à fase 1 foram utilizados no projeto em uma extensão bastante grande. Metas e o arranjo do compartilhamento de ganhos e dores foram estratégias explícitas, sendo que limpeza e *just-in-time* foram usadas mais implicitamente. Esta constatação está em consonância com o argumento anterior de que a fase 1 é o padrão realizado em muitos projetos de construção eficientes, embora não envolvam pensamento enxuto explícito. Também os aspectos relacionados com a fase 2 foram utilizados explicitamente em grande medida, a fim de estabelecer relações de cooperação entre os atores da cadeia de abastecimento, que era o objetivo explícito do projeto piloto. Os aspectos relacionados com a fase 3 foram usados em menor medida, razão pela qual ainda há um longo caminho a percorrer para se alcançar a plena construção enxuta.

Conforme descrito na seção de metodologia, a pesquisa-ação conduzida por Eriksson (2010) mediu a satisfação dos participantes com 11 aspectos dos objetivos comuns relacionados com construção enxuta e parceria, utilizando uma escala Likert de 1 (discordo plenamente) a 5 (concordo plenamente). Em geral os resultados da pesquisa confirmam que os participantes do projeto estão bastante satisfeitos com os resultados do projeto.

Na Figura 21, são apresentados em conjunto os resultados empíricos das três pesquisas, com o eixo X representando os 11 aspectos e o eixo Y a escala Likert. Segurança, comodidade (diversão de trabalhar) e comprometimento/participação receberam valores altos (4,2-4,3). Todos os outros itens têm valores bastante elevados, variando de 3,3 a 3,9.

No entanto, para Eriksson (2010), é mais interessante dividir todos os itens em dois grupos: os aspectos relacionados à construção enxuta e parceria respectivamente. O constructo *lean* inclui cinco itens (melhorias contínuas, rápidas decisões de mudança de projeto, foco em custos de função e de ciclo de vida, limpeza do local da obra e redução de desperdícios), com alta confiabilidade (alfa de Cronbach = 0,84) e valor médio = 3,59. O constructo parceria inclui seis itens (colaboração, comodidade, comprometimento/participação, comunicação/feedback, segurança e confiança) com alfa de Cronbach = 0,88 e um valor médio mais elevado = 4,04. Um teste T de uma amostra verificou que a diferença nos valores médios entre esses dois constructos é estatisticamente significativa no nível de 0,05.

Esse resultado confirma o argumento de que o projeto piloto de Eriksson (2010) alcançou melhores resultados em termos de cooperação do que de construção enxuta.

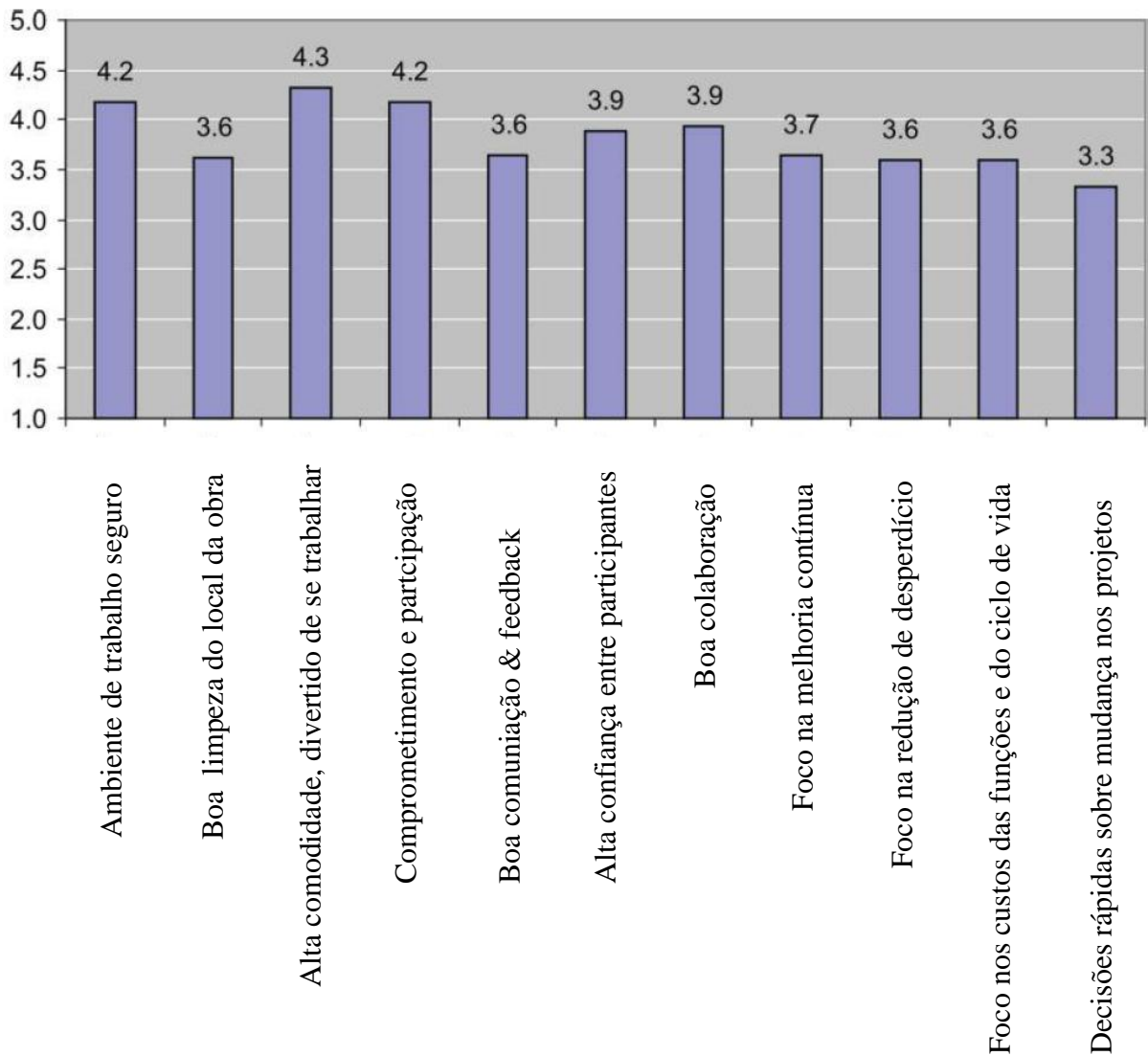


Figura 21: Pesquisas 1 a 3 no projeto piloto de construção enxuta.

Fonte: Eriksson, 2010.

A variabilidade na produção e a falta de sincronização entre os processos são dois importantes fatores que podem provocar as interrupções no fluxo de trabalho, aumentando a parcela de atividades que não agregam valor e a quantidade de estoques de produtos inacabados. A aplicação do princípio do fluxo contínuo na manufatura busca eliminar esses estoques através da produção unitária, sem interrupção entre os diversos sub-processos produtivos. O trabalho de Bulhões e Picchi (2011) investigou a aplicação do fluxo contínuo no ambiente da construção civil. Seu objetivo principal foi propor diretrizes para a implementação de fluxo contínuo na construção civil, com base nos conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta (ME). A estratégia de pesquisa adotada foi a pesquisa-ação, sendo realizados dois estudos empíricos em obras de edificações.



Entre as contribuições da pesquisa destaca-se um conjunto de diretrizes para implementar fluxo contínuo, vinculadas às etapas de diagnóstico, criação de condições iniciais, e Planejamento e Controle da Produção (PCP). Através destas diretrizes os autores propõem o uso combinado das ferramentas tradicionais da ME com ferramentas de PCP adequadas ao ambiente da construção civil. Para implementação do fluxo contínuo, os autores citam Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002), que propõem a seguinte sequência de aplicação de ferramentas:

- (a) elaboração de um mapa do estado atual do sistema de produção;
- (b) identificação, a partir deste mapa, dos processos que apresentam potencial de implementação de fluxo contínuo;
- (c) proposição do mapa de estado futuro no qual se pode obter fluxo contínuo com base nas oportunidades de melhoria identificadas;
- (d) detalhamento do processo, mudando para uma perspectiva mais operacional, por meio do Gráfico de Balanceamento do Operador; e
- (e) elaboração da Tabela do Trabalho Padronizado Combinado.

Segue uma breve descrição de cada uma dessas ferramentas:

- Mapa do Fluxo de Valor (MFV): seu objetivo é identificar a ocorrência de desperdícios e tentar eliminá-los por meio de um projeto do sistema de produção, ou seja, um estado futuro do sistema, no qual se adote o fluxo contínuo e a produção puxada. No mapa são representadas todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega;
- Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO): após o MFV faz-se uma investigação detalhada dos processos para balancear (igualar o tempo de processamento) e otimizar o tempo do operador. Para essa investigação usa-se o GBO, ferramenta que auxilia na distribuição do trabalho dos operadores em relação ao tempo *takt*. A elaboração do GBO é composta por algumas etapas como: identificação dos elementos do trabalho; eliminação do trabalho desnecessário (operações e processos que não agregam valor); medição dos tempos de cada elemento de trabalho com cronômetros; e distribuição do trabalho;
- Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC): é elaborada após o GBO, na qual se tem um desenho de operações mais detalhado. A principal diferença entre a TTPC e o GBO é a interação entre os diferentes operadores.

Além das ferramentas apresentadas acima, o estudo de Bulhões e Picchi (2011) adotou a Linha de Balanço (LB) no planejamento de longo prazo. Entre os conceitos relacionados ao fluxo contínuo explicitamente utilizados na LB, destacam-se o tamanho do lote, tempo de ciclo e ritmo de processos.

A gestão dos riscos envolvidos em projetos de implantação da metodologia lean é importante para alcançar uma maior taxa de sucesso em tais projetos. Com base nessa constatação, o trabalho de Scherer e Ribeiro (2013) buscou (i) identificar os fatores de risco em projetos de implantação da metodologia *lean*; (ii) levantar a intensidade do relacionamento entre os fatores identificados; e (iii) propor um algoritmo para a estimativa da probabilidade de sucesso da implantação, considerando a condição dos fatores e intensidade do relacionamento entre eles. O modelo proposto foi baseado na revisão da literatura e na opinião de especialistas da academia e da indústria, utilizando preceitos de confiabilidade, em que os fatores de risco são modelados como um sistema série-paralelo.

O modelo foi testado em três empresas, apresentando resultados coerentes com as incertezas e riscos destes projetos, além de identificar os fatores de risco críticos para o projeto, considerando a sinergia entre os fatores.

A gestão de riscos é importante quando ocorrem mudanças estruturais e organizacionais, como a implantação da metodologia *lean*, já que estas são atividades complexas. Dessa forma, ao implantar a metodologia *lean*, as empresas devem estar cientes e preparadas para os riscos associados. Assim, é importante que a empresa gerencie os riscos durante a implantação da metodologia *lean*. O Quadro 13 apresenta uma compilação de fatores de risco, elaborada pelos autores. Profissionais entrevistados para o trabalho ressaltaram a importância do envolvimento e uso do conhecimento de todas as pessoas da empresa no projeto de implantação. Destacaram a necessidade de um ambiente propício e coerente com a metodologia, a importância de um plano de implantação, assim como da divulgação dos resultados parciais obtidos durante as etapas do processo de implantação.

Fatores de Risco	
1. Alinhamento estratégico	Conceitos, resultados e consequências da implantação do sistema <i>lean</i> devem estar alinhados com a estratégia da empresa.
2. Capacidade financeira	Condições financeiras para custear o projeto de implantação.
3. Capacidade e qualidade dos fornecedores	Disponibilidade de fornecedores capacitados a fornecer conforme as necessidades de qualidade e entrega decorrentes da metodologia.
4. Rede de transportes	Infraestrutura da rede de transportes e legislação que possibilite atender às necessidades decorrentes da metodologia.
5. Cultura organizacional	Cultura de melhoria contínua, proativa e aberta às mudanças deve ser desenvolvida na empresa.
6. Comprometimento da alta diretoria	Alta diretoria deve fornecer suporte e ser participativa no processo de implantação da metodologia.
7. Comprometimento dos colaboradores	Colaboradores devem estar envolvidos e ser participativos no processo de implantação da metodologia.
8. Liderança	Comportamento das lideranças deve ser participativo e consistente com os preceitos da metodologia, fornecendo uma visão e estratégia adequadas, buscando a integração de toda a estrutura da empresa na metodologia.
9. Treinamento	Treinamento dos colaboradores deve ser adequado às necessidades da metodologia e prover ferramentas para sua implantação.
10. Comunicação	Comunicação entre os diferentes níveis da empresa deve ser aberta, informando o andamento do projeto, bem como divulgando as metas e prazos aos envolvidos na implantação da metodologia.
11. Configuração do trabalho	As posições de trabalho devem ser planejadas e configuradas considerando os preceitos da metodologia. As atividades e seus tempos devem ser analisados, bem como as capacidades de máquina devem ser consideradas, evitando configurar a posição excessivamente <i>lean</i> de forma a gerar desmotivação nos colaboradores e resistência em relação à metodologia.
12. Autonomia dos colaboradores	Os colaboradores devem ter autonomia e liberdade para realizarem mudanças necessárias no processo de produção.
13. Visão holística	A empresa deve ser considerada como um todo durante o planejamento e execução do projeto de implantação da metodologia, evitando que os impactos desta sejam desconsiderados nos diferentes setores. É importante não se restringir ao setor de manufatura.
14. Gestão do projeto	Técnicas de gestão de projeto devem ser utilizadas no projeto de implantação da metodologia.

Quadro 13: Fatores de risco na implantação de projetos de *lean*.

Fonte: Elaborado a partir de Scherer e Ribeiro, 2013.

## 2.10 PRINCÍPIOS/TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA

A pesquisa de Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014), identificou um *ranking* de 16 princípios/técnicas de construção enxuta para permitir a sustentabilidade nas organizações, detalhadas a seguir.

### 2.10.1 *Just-in-time*

Kim e Bae (2010) discorrem em seu trabalho a respeito de um estudo recente, tratando de um sistema de abastecimento enxuto, ou seja, pré-fabricação com *just-in-time*, que reduz a necessidade de espaço de inventário no local da obra e melhora a produtividade devido à pré-fabricação.

*Just-in-time* é baseado no conceito de que os inventários não são valiosos e devem ser considerados como desperdícios; nesse sentido, as unidades devem estar disponíveis somente quando necessário (SALEM et al., 2006).

### 2.10.2 Ferramenta de visualização

Aziz e Hafez (2013) descrevem em sua pesquisa diversas técnicas de construção enxuta, uma delas sendo a inspeção visual, que mostra a natureza desigual da construção e leva à aplicação de ferramentas visuais para o fluxo de materiais, trabalho e informação. A identificação de materiais pode acelerar processos repetitivos e diminuir o risco de selecionar o produto errado. Gráficos de progresso e cronogramas podem aumentar a dedicação para a realização das tarefas. Tecnologia da informação também pode melhorar a comunicação entre o tomador de decisão e executor, e pode acelerar o processo também.

A simulação é frequentemente usada para modelar processos de produção com o objetivo de compreender e melhorá-los. Em muitos casos, no entanto, a informação produzida pela simulação não é suficientemente detalhada e pode ser mal interpretada. O uso da visualização em combinação com a simulação pode fornecer aos participantes do projeto um modelo de nível detalhado para evitar má interpretação da informação e compreender o processo de produção. O objetivo da pesquisa de Han et al. (2012) foi automatizar o processo de visualização como uma ferramenta de pós-simulação através do compartilhamento de informação interativa entre simulação e visualização. Apesar de suas vantagens, a simulação descreve uma abstração da realidade e para muitos usuários é difícil entender por conta própria. A visualização dos processos de construção simulados pode ajudar na análise e comunicação dos resultados da simulação para auxiliar no processo de tomada de decisão.

O uso de representações gráficas dinâmicas na visualização pode mostrar as operações simuladas como seriam na realidade. As principais diferenças entre a simulação e visualização podem ser resumidas como segue:

1. Participantes de construção que não tem nenhum conhecimento de simulação, não podem compreender inteiramente os resultados da simulação e fluxo de processo, porque ele é fornecido em computação numérica e lógica. Visualização 3D, por outro lado, cria cenas suaves e naturais para uma compreensão rápida e fácil;
2. Em um modelo de simulação, o requisito de espaço de trabalho e limitação nos processos de produção não é fornecido. No entanto, em visualização 3D, informações geométricas tais como a coordenação de todos os componentes são fornecidas para identificar o espaço de trabalho;
3. Um modelo de simulação foca apenas no alvo de um objeto em movimento. Por outro lado, todos os níveis de detalhe das atividades de construção podem ser descritas em visualização. Por exemplo, o movimento único em um modelo de simulação pode estar relacionado com módulos na linha de produção de manufaturados, mas na visualização, todos os componentes, tais como empregados, canalização, porta, placa exterior e guindaste na linha de produção podem ser mostrados e animados;
4. No modelo de simulação, os usuários não podem facilmente identificar erros na lógica da programação. No entanto, a visualização 3D pode fornecer animação da programação enquanto está executando a animação de todos os componentes. Assim, os erros na programação podem ser identificados.

### **2.10.3 Reuniões diárias de grupo/equipe**

Salem et al. (2006) descrevem em seu trabalho os resultados de um estudo de caso, entre eles, dois tipos de reuniões de grupo, descritas a seguir:

- Reuniões de todos os encarregados – uma reunião informal de todos os encarregados do projeto foi substituída por uma reunião semanal de plano de trabalho, com foco na conclusão de tarefas durante a semana seguinte. As discussões durante as reuniões trataram da sobreposição de atividades e identificaram possíveis problemas no local de trabalho. Ações acordadas nas reuniões foram gravadas em minutos e revisadas na semana seguinte;
- Reuniões de início do dia - o pessoal do projeto se reuniu no início de cada jornada de trabalho durante 5 a 10 minutos para rever o trabalho a ser feito naquele dia. Agendamento, segurança e limpeza foram os problemas mais comuns que surgiram durante essas reuniões. Com base em pesquisas, pelo menos 67% dos trabalhadores perceberam valor nas reuniões. Mais de 42% dos trabalhadores forneceram algum retorno durante as reuniões. A maioria deles afirmou que eles são mais propensos a falar diretamente com seus encarregados durante essa hora do dia.

Reuniões diárias de informação fornecem uma plataforma aos membros da equipe para compartilhar suas opiniões e o que tem sido alcançado, e ao mesmo tempo, discutir problemas que estão enfrentando durante o processo de produção (AZIZ e HAFEZ, 2013).

#### 2.10.4 Análise de valor

No modelo desenvolvido por Al-Aomar (2012), o autor recomenda que ao final de cada período de olhar adiante, seja medido o desempenho do projeto de construção usando cinco LSS (do inglês *Lean Six Sigma*) indicadores chave de desempenho (do inglês *Key Performance Indicators* - KPIs): qualidade (classificação Sigma), velocidade (índice de desempenho de cronograma), custo (índice de desempenho de custo), valor (índice de valor) e desperdícios (índice de desperdícios). O índice de valor (do inglês *Value Index* - VI) compara a duração do trabalho efetivo (tempo de conversão) com a duração total do período de olhar adiante. O foco é aumentar a quantidade de tempo gasto na realização de atividades de conversão (trabalho de valor adicionado) e minimizar os atrasos, interrupções e o tempo gasto em transporte desnecessário e circulação de material e mão de obra. Controlando o tempo de conversão (do inglês *Conversion Time* - CT) e o tempo de fluxo (do inglês *Flow Time* - FT) durante o período de olhar adiante (período de revisão), o VI pode ser estimado como segue:

$$VI = \frac{CT}{(CT + FT)}$$

Este é um índice do tipo “quanto mais elevado melhor” com um valor ideal de 1,0. A revisão periódica deste índice verifica a quantidade de trabalho gasto em atividades de valor adicionado durante o período de olhar adiante (revisão). O modelo foi verificado através de um estudo das práticas de construção enxuta na indústria da construção civil de Abu Dhabi (AD). O estudo (*survey*) coletou dados empíricos de 28 construtoras na região de AD, de pequeno, médio e grande porte. A pesquisa identificou os tipos de desperdícios que existem atualmente na indústria, investigou as causas e impactos destes desperdícios, verificou a familiaridade da indústria com técnicas enxutas e mediu o grau de adoção de princípios da construção enxuta. Parte dos resultados do estudo foi usado para clarificar a aplicação do modelo proposto e para estimar os indicadores chave de desempenho, cujo valor para o índice VI foi de 0,53 (cerca de metade do valor ideal). Analisando o valor, percebeu-se que o tempo de fluxo (meio de transporte e circulação de material e pessoas) estava consumindo uma grande parte da duração total do trabalho. Faz-se necessário uma melhoria no layout do

canteiro de obra para criar fluxos simplificados junto com ações para reduzir o manuseio de material e movimentos desnecessários de equipamentos e pessoas.

O tempo de fluxo deveria ser reduzido para não mais de 60 horas, durante o período de olhar adiante, a fim de melhorar o índice VI para 75%.

Na pesquisa de Ikuma, Nahmens e James (2011), cada etapa do processo analisado foi cronometrada (estudo de tempo), e atividades específicas de cada trabalhador foram registradas a cada minuto (amostragem de trabalho) para determinar a porcentagem de tempo gasto em atividades de valor agregado. Estes dados são mostrados (Tabela 10) para observações iniciais e pós-melhorias.

Tabela 10: Estudo de tempo inicial e pós-melhoria e resultados de amostragem do trabalho.

Passo	Horas de trabalho (h/m <sup>2</sup> )		% melhoria (redução) horas de trabalho	% atividade de valor agregado	
	Inicial	Pós-melhoria		Inicial	Pós-melhoria
1. Aro para vigas	0,0818	0,0515	37%	21%	51%
2. Bloqueio para vigas	0,131	0,0609	53%	42%	63%
3. Tampar	0,140	0,0573	59%	32%	64%
4. Rodízios / rodas	0,049	0,0126	74%	36%	36%
Total	0,404	0,183	55%	41%	57%

Fonte: Ikuma, Nahmens e James, 2011.

Kim et al. (2015) apresentam em seu estudo o cálculo do valor do índice de desempenho de cronograma (do inglês *Schedule Performance Index* - SPI) e do índice de desempenho de custos (do inglês *Cost Performance Index* - CPI). O SPI mede a gestão do tempo de um projeto e é calculado dividindo-se o valor do trabalho realizado (o valor acumulado, do inglês *Earned Value* - EV) pelo valor do trabalho planejado para ser realizado (o valor planejado, do inglês *Planned Value* - PV) em qualquer ponto no tempo.

$$\text{SPI} = \frac{\text{Valor do trabalho realizado (EV)}}{\text{Valor do trabalho planejado para ser realizado (PV)}}$$

Se o SPI é superior a 1,0, o projeto está adiantado, mas se o SPI é menor que 1,0, o projeto está atrasado. O CPI mede a eficiência de custo de um projeto e é calculado dividindo o valor do trabalho realmente realizado (o valor agregado, do inglês *Earned Value* - EV) pelo custo real (do inglês *Actual Cost* - AC) da empresa para realizar o valor agregado.

$$\text{CPI} = \frac{\text{Valor do trabalho realmente realizado (EV)}}{\text{Custo real da empresa para realizar o valor agregado (AC)}}$$

Se o CPI for maior que 1,0, o projeto está abaixo do orçamento, mas se o CPI for menos que 1,0, o projeto está acima do orçamento.

### 2.10.5 Mapeamento do fluxo de valor

Um dos primeiros problemas a resolver quando se implementa o mapeamento do fluxo de valor (do inglês *Value Stream Mapping* – VSM) é a definição de qual família de produto será analisada. Na indústria de manufatura, é geralmente uma parte específica ou componente. Em construção, pode ser um elemento de construção. Os elementos de construção analisados no estudo de Rosenbaum, Toledo e González (2014) foram colunas, paredes, lajes e fundações. VSM vê a produção como um fluxo. Na indústria de manufatura, as unidades de fluxo são produtos bem definidos (em estágios diferentes de montagem) passando por diferentes processos. No entanto, elementos estruturais não são idênticos entre si. Por exemplo, duas paredes podem parecer semelhantes umas às outras, mas não têm necessariamente o mesmo tamanho ou quantidade de aço de reforço. Devido a este fato, as unidades que fluem através de um fluxo de valor dependem do elemento estrutural analisado. Para colunas, as unidades fluindo através do fluxo de valor serão metros lineares (ml) de colunas; para lajes e paredes, as unidades fluindo através do fluxo de valor serão metros quadrados (m<sup>2</sup>) de cada tipo de elemento; e para as fundações, as unidades de fluxo serão metros cúbicos (m<sup>3</sup>) das fundações. Calcular a quantidade de inventário em uma construção não é tão simples como é na indústria de manufatura, porque as unidades em espera não estão sendo armazenadas somente em um único lugar, mas em vez disso, elas estão espalhadas no local da obra. Além disso, elas não podem ser simplesmente contadas, mas têm que ser medidos de alguma forma. Rosenbaum, Toledo e González (2014) propuseram para o estudo uma metodologia de VSM de sete passos, descrita a seguir de forma resumida:

1. Decisões preliminares: as famílias de produto a serem analisadas e os indicadores necessários são escolhidos;
2. Coleta de dados no local da obra: dados são coletados por observação direta e entrevistas. No caso do estudo dos autores, o período de investigação foi de dois meses e foram gastos aproximadamente 430 horas de equipe de medição de campo;



3. Processamento de dados: dados coletados no local da obra foram processados para calcular os indicadores definidos;
4. Elaboração dos mapas de estado atual: usando os indicadores calculados e observações, foram elaborados os mapas de estado atual;
5. Análise e diagnóstico do estado atual: os mapas de estado atual foram analisados a fim de detectar desperdícios ambientais e de produção no fluxo de valor;
6. Elaboração de mapas do estado futuro: usando uma abordagem de *green-lean*, foi criado o estado futuro desejado do fluxo de valor;
7. Recomendações para alcançar o estado futuro: recomendações foram feitas para estabelecer um plano de implementação para produzir o estado futuro.

Trabalho padronizado é uma ótima ferramenta para estabilizar o processo e ajudar as pessoas a identificar problemas que levam a situações anormais. No entanto, um procedimento padronizado não é necessariamente a melhor prática, e o atual processo muitas vezes precisa ser ajustado para atender os requisitos alterados. No caso da empresa KBC, estudada por Yu et al. (2013), necessitava-se de um novo modelo de produção para reduzir o tempo *takt* da linha de produção do abrigo de comunicação de oito horas para seis horas. Para atingir este objetivo, foi selecionado o mapeamento de fluxo de valor (do inglês *Value Stream Mapping* - VSM), uma ferramenta de planejamento *lean* amplamente utilizada, por causa da sua visão de processo e a capacidade de ligar iniciativas de produção enxuta como um todo. Baseado no trabalho padronizado, um método de quatro etapas foi adotado para desenvolver o futuro modelo de produção enxuta: 1) mapeamento do estado atual; 2) análise de práticas existentes; 3) formulação de um futuro modelo de produção; e 4) testes de laboratório do modelo usando a simulação. Antes do início do VSM, duas decisões de gestão foram feitas: 1) selecionar um fluxo de valor; e 2) decidir o nível de mapeamento.

Na pesquisa de Yu et al. (2013), essas duas decisões estavam inter-relacionadas. Quando o fluxo de produção de porta em porta foi olhado como um fluxo de valor, o mapeamento só poderia ser feito em nível de estação, porque um mapa único englobando todas as tarefas realizadas dentro de cada estação seria demasiado grande e pesado para uma equipe VSM manipular. Um mapa de fluxo de valor de alto nível fornece um panorama do processo, mas poucos detalhes das operações; não poderia ser usado para análise de causa raiz e formulação do mapa futuro. Em contraste, uma estação pode ser vista como um fluxo de valor com a estação anterior como o fornecedor e a estação seguinte como o cliente, como

mostrado na Fig. 22. O problema com o mapeamento do processo neste nível foi que o fluxo de valor não era estável, pois pode ser necessário mover uma tarefa de uma estação para outra para otimizar a linha de produção ou para alcançar um tempo *takt* diferente.

No estudo de Yu et al. (2013), mapas em dois níveis foram utilizados simultaneamente para a identificação de desperdícios e desenvolvimento de soluções. Após a elaboração do mapa de estado atual, diversos desperdícios puderam ser identificados imediatamente.

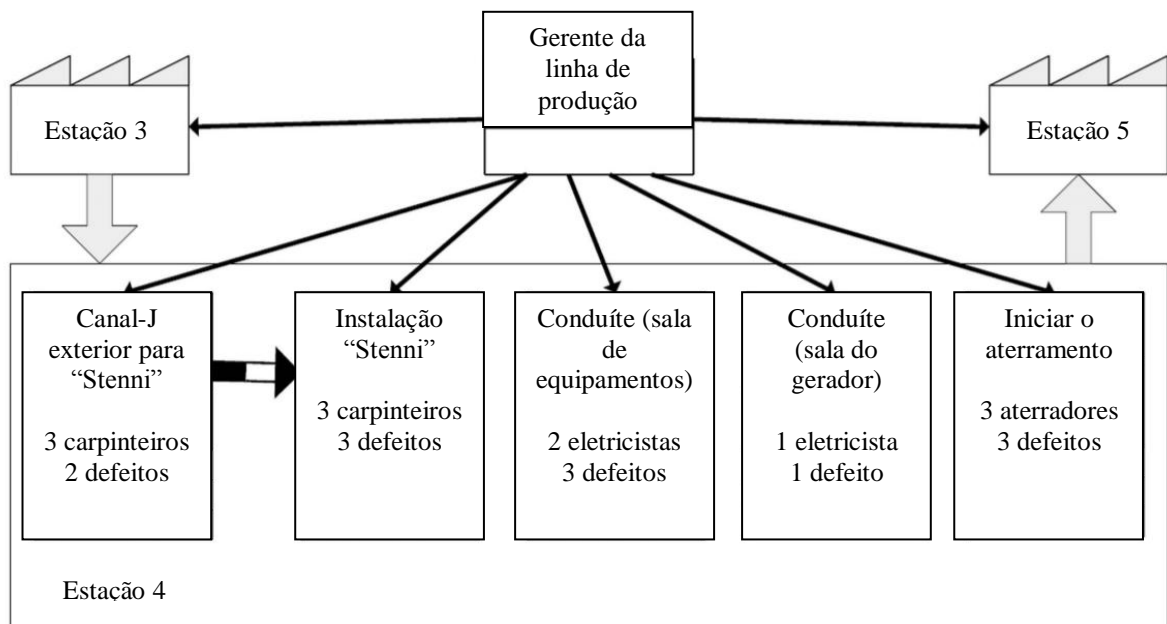


Figura 22: Mapa do estado atual (estação 4).

Fonte: Yu et al., 2013.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de visualização, originalmente desenvolvida pela Toyota, para analisar e projetar o fluxo de materiais e informações necessárias para produzir um produto ou serviço e é usado no estudo de Ko e Tsai (2013) para identificar problemas na construção de pavimentos de pedra. O mapeamento do fluxo de valor do estudo de caso mostrou que o pavimentador e seu assistente gastam uma quantidade considerável de tempo à procura de ferramentas e à espera de suas atribuições. Melhorias adequadas são feitas, com ferramentas localizadas em lugares pré-estabelecidos para reduzir o tempo gasto na busca. O papel do assistente é expandido para aumentar a colaboração, reduzindo assim o tempo que o pavimentador gasta enquanto aguarda a sua tarefa. Um plano de implementação é desenvolvido com um cronograma de melhoria discriminado. Resultados esperados também são listados no relatório, juntamente com problemas não resolvidos que

exigem recursos e apoio. O relatório é usado para garantir a aprovação imediata da proposta pelo encarregado e superintendente, permitindo o estabelecimento de consenso e aquisição de recursos.

Usando o método proposto, o tempo necessário para pavimentar 30 m<sup>2</sup> pôde ser reduzido em 1.151 segundos. O mapeamento do fluxo de valor do processo melhorado é mostrado na Figura 23.

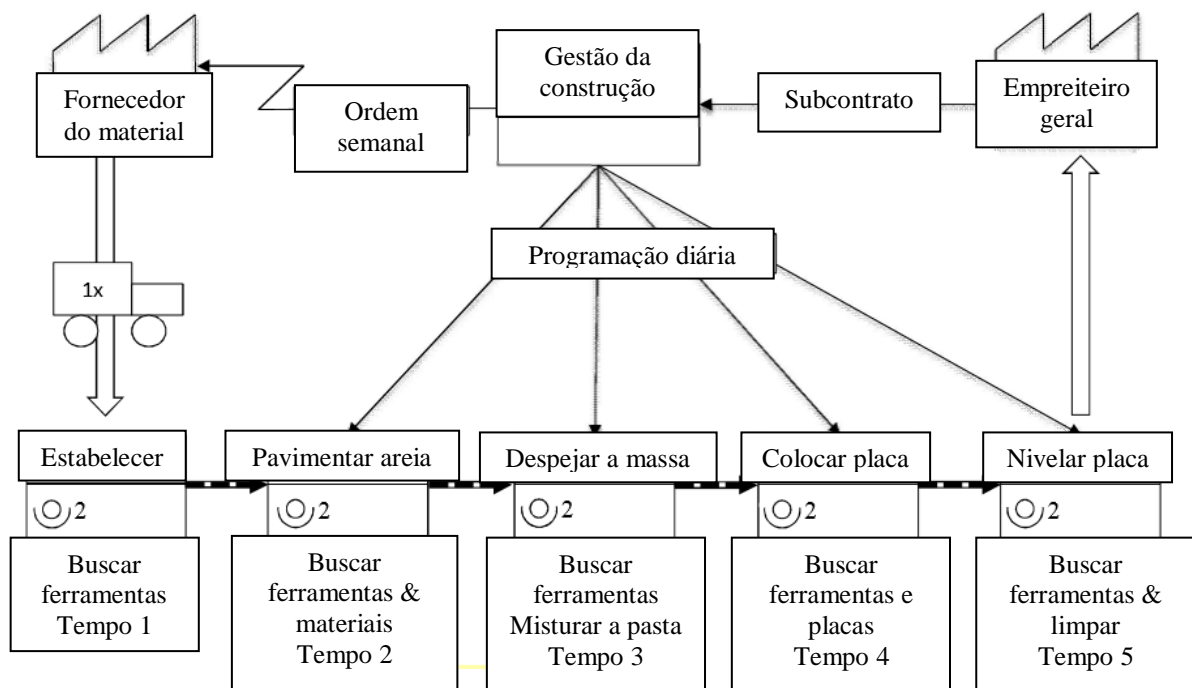


Figura 23: Mapeamento do fluxo de valor do processo melhorado.

Fonte: Ko e Tsai, 2013.

O mapeamento do fluxo de valor (do inglês *Value Stream Mapping* - VSM) é uma importante ferramenta de abordagem enxuta e é usado para identificar as atividades de valor agregado e aquelas consideradas um desperdício de materiais, fluxo de informações e pessoas. No entanto, quando não aplicado corretamente, VSM pode complicar a identificação de desperdícios, levar a interpretações errôneas e erros de avaliação e minar a implementação de melhorias futuras. O objetivo do trabalho de Forno et al. (2014) foi investigar as principais dificuldades e limitações encontradas durante a construção de mapas de estado atual, análise das causas associadas e apontamento de orientações para facilitar o uso do VSM no mapeamento de processos, descritas no Quadro 14.

Possíveis causas de problemas relacionados com o seguinte:	Orientações
Produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer uma avaliação do ciclo de vida dos produtos. Produtos com declínio de demanda tendem a ser descontinuados em breve. Talvez o produto não seja adequado para representar aglomerados em famílias.</li> <li>• Agrupar produtos em famílias em empresas com muitos tipos de produtos e escolher um produto para o qual será realizado o VSM. Fazer VSM para vários produtos da mesma família para avaliar se o agrupamento foi feito corretamente.</li> <li>• Priorizar os produtos da categoria "A" (Classificação ABC) para implementação do VSM. Eliminação das perdas neste tipo de produto irá representar lucros mais elevados.</li> </ul>
Processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformar o VSM em processos estáveis. Quando não se sabe se o processo está estável, repetir o mapeamento do estado atual e comparar os valores para identificar se o processo é estável ou não. Quando se tiver certeza da estabilidade, construir o mapa do estado futuro.</li> <li>• Produzir o plano de implementação do VSM com todos os setores envolvidos para eliminar as barreiras à comunicação e informação.</li> <li>• Estabelecer valores para processos ainda não definidos e estabelecer formas de controle. Avaliar a estabilidade e, se o processo está estável, mapear os estados atuais e futuros.</li> <li>• Estabelecer métodos e ferramentas para medir os dados no processo que pode ser reproduzido por outros em outro momento.</li> </ul>
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar as competências e habilidades das pessoas envolvidas com o processo do VSM. Capacitar as pessoas se necessário antes de usar a ferramenta VSM.</li> <li>• Avaliar a rotatividade de pessoas envolvidas com o processo a ser avaliado. Se houver rotatividade excessiva, repetir o mapeamento do estado atual mais frequentemente e avaliar a confiabilidade e reprodutibilidade dos processos.</li> <li>• Determinar se a ferramenta VSM é uma ferramenta autônoma ou se a empresa faz parte do sistema de gestão, integrando os níveis estratégicos, táticos e operacionais. Aplicativos isolados tendem a ser menos bem sucedidos.</li> </ul>

Quadro 14: Diretrizes para VSM no estágio inicial.

Fonte: Forno et al., 2014.

### 2.10.6 Gestão da qualidade total

Aziz e Hafez (2013) relatam em seu trabalho que a fusão de ferramentas de gestão de qualidade na construção enxuta se baseia na mudança da qualidade de conformidade para a qualidade na origem. Um sistema de pontos é normalmente empregado para avaliar a execução de controles planejados, que irá ajudar os trabalhadores a seguir controles planejados em vez de correções de qualidade.

A gestão pela qualidade total (do inglês *Total Quality Management* – TQM) é uma abordagem de gestão que se originou no Japão, foi concebida na década de 1950 e aumentou gradualmente sua popularidade desde o início dos anos 1980 a 1990 (SULLIVAN, 2011). Suas raízes têm sido rastreadas através da evolução da inspeção, controle da qualidade e garantia da qualidade. TQM é um programa em constante evolução que se concentra na melhoria organizacional, com foco nas necessidades e expectativas dos clientes do sistema de gestão, internas e externas. A ênfase do sistema é identificar a causa dos defeitos, e não a correção dos defeitos. TQM trabalha para melhorar a competitividade de uma organização, garantindo que as coisas certas sejam feitas certo na primeira vez. Essa estrutura desenfatura o status/poder e enfatiza a importância do empoderamento do funcionário, colocando o foco na maximização da satisfação do cliente em todos os níveis, ao invés de alcançar a eficiência interna. Consequentemente, é imperativo que as medições corretas sejam usadas para identificar o nível de satisfação do cliente em um ponto específico do sistema. A indústria da construção foi pesquisada especificamente sobre os problemas encontrados com a implementação do TQM. A maior área de preocupação manifestada pelos empreiteiros foi baixo orçamento e contratos contraditórios entre o vendedor e o comprador. Os empreiteiros não contestam a veracidade ou a validade dos princípios, ferramentas ou métodos do TQM. Eles estavam apreensivos sobre a eficácia do programa de gestão da qualidade em um ambiente que não tinha uma escala padrão para medir valor relativo e qualidade. Seguem as principais razões pesquisadas por Sullivan (2011) sobre a resistência dos empreiteiros:

1. A dificuldade de aplicar princípios de TQM em uma indústria com alta diversidade de produtos, usando números subjetivos para definir a qualidade (ou seja, atender às necessidades dos clientes e proporcionar alta satisfação do cliente);
2. A dificuldade de integrar TQM com sucesso em uma empresa, mantendo a estabilidade e a competitividade na indústria; e
3. A baixa relação custo-benefício de melhorar a qualidade na indústria da construção e, especificamente, de implementação de TQM na construção.

### **2.10.7 Falha segura visando qualidade**

Salem et al. (2006) descrevem em seu trabalho um sistema de segurança para garantir a qualidade e evitar que defeitos sejam transportados para o próximo processo, composto por duas atividades a seguir:

- Verificação de qualidade - incluiu uma avaliação da qualidade global, concluída no início do projeto. A maioria dos problemas de qualidade podiam ser abordados por práticas padrão, e parecia que havia pouco espaço para melhoria. Durante a execução do projeto, no entanto, alguns itens críticos apareceram. Um novo método de vibração foi sugerido e implementado pelo superintendente do projeto;
- Verificação de segurança – a segurança foi rastreada com planos de ação de segurança, ou seja, listas de itens de principais riscos preparados por cada equipe. Perigos potenciais foram estudados e explorados durante o trabalho. A maioria dos perigos, tais como lesões oculares, quedas e viagens e perda de audição, têm contramedidas padrão; no entanto, na prática, os trabalhadores têm de ser lembrados das práticas de segurança.

### 2.10.8 5S (cinco S)

Aziz e Hafez (2013) abordam as oficinas de 5S, uma ferramenta para organizar o local de trabalho e promover o trabalho em equipe, com 5 ações: (S1) Classificar (do inglês *Sort*) através de itens, mantendo o que é necessário e eliminando o que não é; (S2) Endireitar (do inglês *Straighten*), organizando e rotulando tudo; (S3) Limpar (do inglês *Shine*), que também pode expor as condições anormais e pré-falhas; (S4) Padronizar (do inglês *Standardize*), desenvolvendo regras para manter os três primeiros S's; e (S5) Sustentar (do inglês *Sustain*), mantendo um ambiente de trabalho estabilizado e iniciando a melhoria contínua, quando necessário.

Yu et al. (2013) relatam que o plano de 5S tem sido recomendado por muitos especialistas em gestão enxuta como ponto de partida de transformação *lean*, porque em comparação com outras ferramentas *lean*, o 5S, que se centra na limpeza e organização do local de trabalho, é mais fácil para envolver os trabalhadores e produzir resultados imediatos visíveis. Mais importante, limpeza eficaz e os esforços para sustentar um local de trabalho melhor organizado envolvem muitos princípios-chave e métodos de gestão enxuta, como o trabalho padronizado e gerenciamento visual. O plano de 5S pode ajudar as pessoas, que não tem nenhuma experiência de produção enxuta, a construir trabalho em equipe, disciplina e uma cultura de melhoria contínua, que são pedras angulares da implementação enxuta.

Para Gao e Low (2014b), quando duas práticas do estilo-maneira Toyota do tipo "local de trabalho segue práticas 5S" e "otimização de sites para permitir a prática *Just-in-time*" são bem implementadas, é mais provável que o projeto mostre melhores resultados de produtividade. Isto é consistente com estudos anteriores sobre a relação entre produtividade e otimização de site e 5S. Em primeiro lugar, 5S é provavelmente o método mais comum da filosofia de gestão enxuta. Muitos estudos reconheceram que os benefícios do 5S incluem não

só melhorias na saúde e segurança e redução de acidentes, mas também melhoria de produtividade, minimização de variação e melhoria da qualidade. Trabalhadores chineses geralmente têm altos níveis de tolerância no local de trabalho, que muitas vezes é desorganizado, desordenado e confuso. Em tais casos, os três primeiros S (classificar, colocar em ordem e varrer/limpar) do 5S são particularmente úteis para ajudar a criar um espaço de trabalho organizado em que movimentos desnecessários, esperas e assim por diante podem ser eliminados. Além disso, considerando que o objetivo principal do 5S é identificar problemas rapidamente, isso implica na necessidade de habilidades adicionais a serem fornecidas aos trabalhadores na área de métodos para resolução de problemas. Em segundo lugar, tem sido amplamente reconhecido que um bom layout do site e fluxo de trabalho podem alcançar maior produtividade. Na realidade, o layout do site é melhorado para acomodar o uso de máquinas, trabalhadores, armazenamento de material e outros, de forma eficiente. Otimização de layout pode facilitar a equipe do projeto na remoção de desperdícios, ou seja, reduzindo a possibilidade de duplo manuseio e, conseqüentemente, aumentando a produtividade.

As técnicas do 5S são projetadas para garantir que o local de trabalho esteja bem organizado para um desempenho ideal do trabalhador (DESHPANDE et al., 2012). Elas incluem Seiri (classificar: o primeiro passo para tornar as coisas organizadas), Seiton (colocar em ordem), Seiso (manutenção regular), Seiketsu (padronização) e Shitsuke (sustentar as melhorias). Estas técnicas podem ser estendidas ao local de trabalho do projeto para assegurar a organização eficaz. Isso garante a eficiência do trabalho através da melhor organização do local de trabalho do projetista (documentação, sistemas de arquivamento, etc.). A ênfase está em encontrar áreas onde os processos de trabalho podem ser melhorados e implementar e padronizar as novas melhorias. No estudo em questão, um local de protocolos de transferência de arquivos foi estruturado de forma ordenada de acordo com a disciplina, para assegurar documentos de projeto bem organizados, facilmente acessíveis (Seiri). A organização de documentos e informações de projeto foi feita usando diretrizes estabelecidas de camadas padronizadas do AutoCAD (Seiton). Procedimentos para atualização de desenhos e alterações foram acordados com o dono (Seiketsu). Os sistemas foram examinados a cada 3 meses por um gerente de engenharia experiente (Seiso) e as lições aprendidas e melhorias foram implementadas através do ciclo de vida do projeto (Shitsuke). Para Deshpande et al. (2012), os conceitos de 5S em projetos enxutos podem ser aplicados de inúmeras maneiras para ajudar a tornar mais eficiente todo o processo de projetar.

Salem et al. (2006) descrevem em seu trabalho as cinco práticas do 5S:

- Classificar - o primeiro nível de limpeza consistiu na separação de material por referência e colocação de materiais e ferramentas perto das áreas de trabalho considerando a segurança e movimentos do guindaste;
- Ordenar - em seguida, os materiais foram empilhados em um padrão regular e as ferramentas foram colocadas em caixas. Cada subcontratado assumiu a responsabilidade por áreas de trabalho específicas no local de trabalho;
- Padronizar - o próximo nível incluiu a elaboração de um projeto para o layout de material. O layout continha informações chave de cada atividade profissional no local de trabalho. A visualização do local de trabalho ajudou a localizar o material recebido, reduzir os movimentos do guindaste e reduzir a distância de caminhada entre as equipes;
- Brilhar - o próximo passo consistiu em manter um local de trabalho limpo. Os trabalhadores foram encorajados a limpar locais de trabalho uma vez que a atividade tenha sido concluída. Uma equipe de limpeza foi definida para verificar e limpar áreas escondidas no local de trabalho;
- Sustentar - o nível final procurou manter todas as práticas anteriores ao longo do projeto. No final do projeto, este nível não foi plenamente alcançado, em parte porque o pessoal do projeto não visualizou as práticas de limpeza como um esforço contínuo. Eles tinham de ser lembrados com frequência sobre as práticas de limpeza.

### **2.10.9 Manutenção preventiva total**

Manter uma força de trabalho flexível permite que uma empresa equilibre suas necessidades de trabalho com o nível de flutuação de demanda para seu produto (SALEM et al., 2006). Dois métodos oferecem suporte ao trabalho flexível: projeto de layout multifuncional e operações padrão. Com um arranjo de máquina flexível, é possível rodar posições na linha de produção e ajustar o tamanho da equipe ao ritmo exigido. Apenas com operações bem definidas a equipe pode atender várias máquinas de forma confiável. A operação de máquinas também deve ser planejada por meio de atividades de manutenção preventiva. Técnicas associadas com o nivelamento de produção são programação da sequência do produto, operações flexíveis padrão, projeto de layout multifuncional e manutenção preventiva total.

### **2.10.10 Estudos de primeira produção**

Salem et al. (2006) tratam em seu trabalho dos estudos de primeira execução, abordando o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), conforme abaixo:



- Planejar (do inglês *plan*) - duas tarefas foram selecionadas com base em informações dos encarregados, superintendente e gerente do projeto: instalação de paredes de pára-choque e juntas de construção. A montagem de paredes de pára-choque foi escolhida porque é uma atividade de alto custo e a instalação de juntas de construção foi selecionada por causa de sua alta variabilidade;
- Fazer (do inglês *do*) – as tarefas foram documentadas com vídeos e estudos de produtividade. Uma falha na documentação foi que a maioria das informações veio dos encarregados em vez da equipe. A equipe estava focada exclusivamente na conclusão da tarefa. A descrição das atividades poderia ter sido mais detalhada com informações vindas da equipe;
- Verificar (do inglês *check*) - o trabalho realizado foi verificado em uma reunião formal com a presença do gerente de projeto, o encarregado e a equipe. A equipe de pesquisa conduziu as reuniões, à procura de potenciais melhorias e oportunidades de aprendizagem. A maioria dos participantes deu sugestões sobre o que poderia ser melhorado para a próxima repetição da tarefa;
- Agir (do inglês *act*) - ideias sugeridas durante as reuniões foram testadas pela mesma equipe, com o apoio do gerente de projeto e o encarregado. Os resultados mostraram mais de 38% de redução no custo nas paredes de pára-choque e 73% de redução no custo de juntas de construção, depois que os estudos foram concluídos. As ações implementadas incluíram novos métodos, alterações na composição da equipe e uma melhor sequência de atividades.

#### 2.10.11 Último planejador (*Last Planner*)

A variabilidade do fluxo influencia fortemente as práticas de construção enxuta porque a conclusão atrasada de uma tarefa acordada pode afetar o tempo de conclusão geral de um projeto (SALEM et al., 2006). O "Último planejador" é uma técnica que suporta a realização de planos de uma maneira oportuna. Os últimos planejadores são as pessoas responsáveis pela realização de tarefas individuais no nível operacional. O processo do último planejador começa com o cronograma de fase reversa (CFR), ou seja, um plano de trabalho detalhado especificando entregas entre acordos para cada fase. Baseado no CFR, um cronograma de olhar adiante fornece as atividades a serem realizadas durante as próximas semanas e a lista de pendências de trabalhos que deveriam estar prontos. Cada planejador prepara planos de trabalho semanais para controlar o fluxo de trabalho. Se as tarefas não forem concluídas a tempo, os planejadores devem determinar a causa raiz da variância e desenvolver um plano de ação para prevenir recorrências futuras do problema.

O último planejador é a pessoa ou grupo de pessoas responsáveis pelo controle da unidade de produção, o que significa a conclusão de tarefas individuais no nível operacional (AZIZ e HAFEZ, 2013). O último planejador necessita de controle de fluxo de trabalho,

determinando o fluxo de fornecimento, projeto e instalação em todas as unidades de produção. Isto só pode ser feito usando o cronograma de olhar adiante, que determina a progressão e o ritmo de trabalho. Ele divide o cronograma principal em muitos pacotes, especificando as técnicas de verificação de capacidade, execução e estabelece um estoque de postos de trabalho. O escopo de olhar adiante varia de 2 a 6 semanas e deve ser colocado em ordem por meio do trabalho em equipe.

Priven e Sacks (2015) descrevem o sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System - LPS*) como sendo um sistema de gestão de produção que visa filtrar pacotes de trabalho para garantir a maturidade de seus pré-requisitos antes de serem atribuídos aos planos de trabalho de curto prazo de modo que os pacotes de trabalho não sejam iniciados a menos que eles possam ser completados corretamente e com eficiência. LPS também é um sistema de gestão de comprometimento que gerencia o fluxo de construção estabelecendo relacionamentos, criando as conversas, e fixando promessas para agir no nível certo, no momento certo, durante todo o processo. O trabalho é geralmente feito e o valor criado, somente depois que os indivíduos e as equipes se comprometerem com isso.

O sistema de controle de produção *Last Planner* representa o resultado obtido do esforço por incorporar os princípios da filosofia de *Lean Construction* nas práticas habituais de gestão da construção (ANDRADE e ARRIETA, 2011). O *Last Planner* incrementa a confiabilidade do planejamento e, por consequência, melhora os desempenhos. O sistema possui ferramentas de planejamento e controle eficazes, mesmo para projetos complexos, incertos e/ou rápidos. Este sistema está especialmente desenhado para melhorar o controle da incerteza, aumentando a confiabilidade dos planos. O incremento da confiabilidade do plano se realiza tomando ações em diferentes níveis do sistema de planejamento. Com as ferramentas e procedimentos se obtêm compromissos confiáveis de planejamento e a preparação de suficiente trabalho, que possa ser executado quando seja necessário, para obter assim um fluxo de trabalho mais confiável entre as equipes. A essência do sistema é trabalhar diretamente com o último planejador para conseguir incrementar a confiabilidade do planejamento. O último planejador é quem define finalmente o que será realizado e quem realizará o trabalho. O papel do último planejador pode ser de capatazes, chefes de obra, supervisores, subcontratados ou administradores do terreno, entre outros.

Em essência, o sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System - LPS*) permite a gestão colaborativa da rede de relacionamentos e comunicações necessárias para garantir a coordenação eficaz de uma programação, planejamento de produção e entrega do projeto (ALSEHAIMI, FAZENDA e KOSKELA, 2014). O LPS foi desenvolvido para

umentar a eficácia do planejamento e controle, tornando a programação mais previsível, melhorando assim as chances de entregas no prazo. O sistema trabalha para melhorar a confiabilidade de três maneiras: 1) através do planejamento de olhar adiante e o processo de "pronto para fazer", em que gerentes de construção deixam o trabalho pronto para ser executado, garantindo que os materiais, informações e equipamentos estejam disponíveis; 2) filtrando as atividades planejadas através do procedimento de planejamento semanal do trabalho para garantir que as atividades anteriores tenham sido concluídas; e 3) procurando junto aos líderes das equipes de trabalho envolvidas um comprometimento consciente e confiável dos recursos laborais. O LPS foca nas características de qualidade dos planos de trabalho semanais, ajudando na seleção correta da sequência e quantidade de trabalho, e garantindo que o trabalho selecionado possa ser feito. O LPS tem cinco principais elementos integrados: planejamento principal, planejamento de fases, planejamento de olhar adiante, planejamento do trabalho semanal, percentual do plano completado e análise das razões para as tarefas incompletas. Quando implementado sistematicamente, eles oferecem grandes benefícios para o planejamento da construção.

No estudo de Issa (2013) consta que o conceito de último planejador baseia-se nos princípios da produção enxuta para minimizar os desperdícios em um sistema através do planejamento do nível de atribuição ou programação detalhada de olhar adiante. Os estudos sobre a técnica de último planejador mostraram que o uso de procedimentos de planejamento de produção formais e flexíveis é o primeiro passo para manter o ambiente de produção estável. O sistema do último planejador é um dos métodos para a aplicação de técnicas *lean* na construção. No LPS, as sequência de implementação configuram um modelo eficiente de cronograma de planejamento através de uma técnica de “puxar”, que molda o fluxo de trabalho, sequência e taxa; acerta o fluxo de trabalho e capacidade; desenvolve métodos para executar o trabalho; e melhora a comunicação entre as partes. É usualmente formado apenas por uma pequena fração de programação de alto nível, com grande atenção dada aos detalhes, enquanto não contém atribuições de controle de qualidade.

Kim et al. (2015) explicam que o sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System - LPS*) originou-se da construção enxuta, é uma ferramenta de planejamento e controle de produção projetada para melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho. Muitas empresas adotaram os LPS e relataram resultados promissores de estudos de caso. Vários relatórios e trabalhos acadêmicos sugeriram que LPS melhora a confiabilidade do fluxo de trabalho, reduzindo os custos e a duração do projeto. Além disso, o LPS tem sido aplicado para resolver defeitos de qualidade relacionados a questões de trabalho e segurança.

Uma das ferramentas de construção enxuta, que teve grande influência na construção é o sistema do último planejador. A Figura 24 no trabalho de Pavez, González e Alarcón (2010), mostra os níveis de planejamento do projeto onde atua o LPS: 1) “Planejamento inicial ou plano mestre” (longo prazo), que produz o cronograma inicial de atividades e orçamento do projeto e fornece um mapa de coordenação que “empurra” conclusões e entregas para o projeto; 2) “Planejamento de olhar adiante” (desdobramento do plano mestre em um período de médio prazo), que detalha e ajusta os orçamentos e programações “puxando” recursos para o jogo; e 3) “Planejamento de comprometimento ou planos de trabalho” (curto prazo), que considera as atividades e programa o trabalho que será feito no local da obra de acordo com a disponibilidade de recursos (trabalho, material, equipamento, espaço de trabalho, etc.) e pré-requisitos (trabalho completo das atividades a montante).

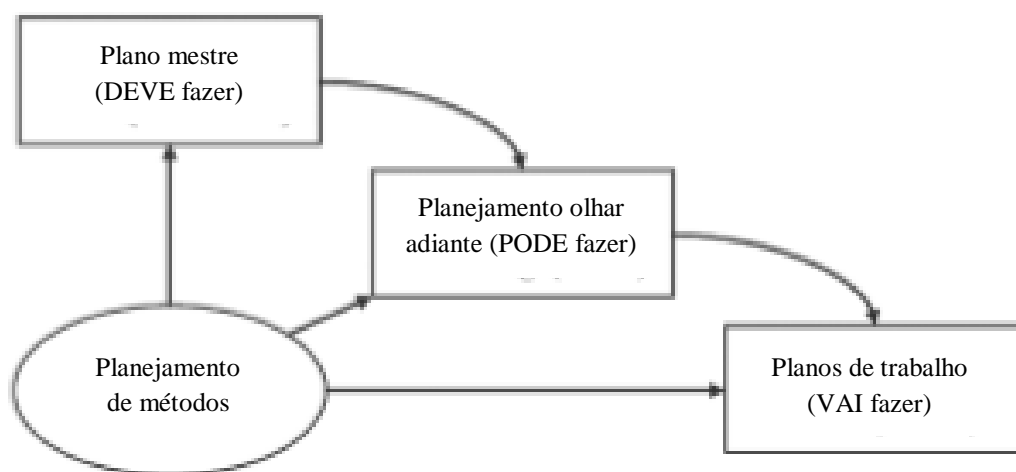


Figura 24: Níveis de planejamento de projeto.

Fonte: Pávez, González e Alarcón, 2010. (adaptado de BALLARD e HOWELL, 1998)

Gao e Low (2014c) explicam em seu estudo, que o objetivo do sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System* – LPS) é criar um fluxo de trabalho confiável tendo a equipe de projeto, incluindo todas as empresas afetadas, criando de forma colaborativa um plano de fase para cada segmento do trabalho (tais como as fundações). Este é um processo social que envolve a discussão com o pessoal da obra e também planejamento para garantir que “o trabalho não está esperando pelos trabalhadores, e os trabalhadores não estão esperando pelo trabalho”. O LPS é considerado como o mais poderoso e conhecido sistema de planejamento e controle de todas as técnicas e ferramentas de construção enxuta. O LPS baseia-se no princípio do planejamento sistemático de trabalho reativo, executado no nível mais baixo possível na hierarquia dos planejadores – o último planejador. A filosofia

subjacente é garantir que todos os pré-requisitos necessários para realizar um determinado trabalho de construção estejam no lugar antes de serem atribuídos a um grupo de trabalho. Ele usa o plano global do projeto como o modelo geral, mas sugere que as atividades diárias de produção devem ser gerenciadas por uma abordagem mais flexível que é conhecedora do progresso real do projeto. Segundo Ballard (2000), existem quatro categorias principais para qualquer tarefa de projeto executável, ou seja, DEVE, PODE, VAI e FEZ (Figura 25).

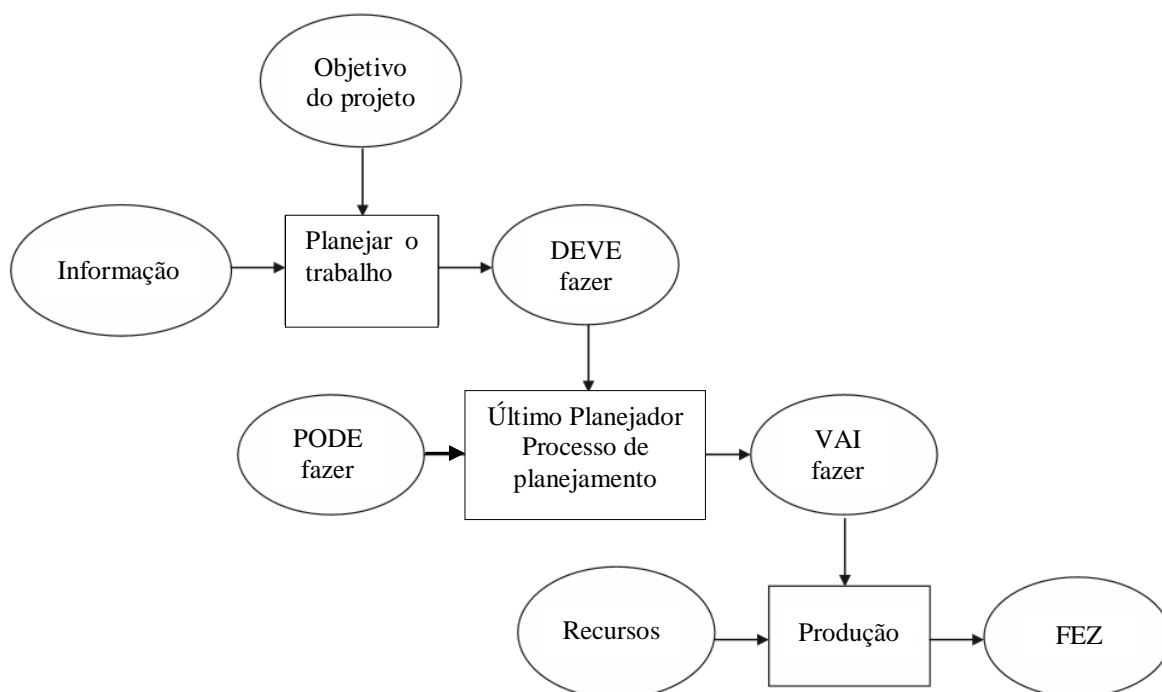


Figura 25: O sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System*).

Fonte: Ballard, 2000.

O planejamento da construção ajuda as equipes a alcançar um desempenho de projeto bem sucedido, cumprindo os objetivos de tempo, custo, qualidade e segurança. No entanto, é difícil de executar o trabalho quando planejadores “empurram” planos para equipes da linha de frente sem preparar as tarefas para execução adequada e oportuna (HAMZEH et al., 2015). O processo de preparação complexo envolve muitas organizações e requer um sistema de planejamento que promove a colaboração em vários níveis de planejamento. Neste sentido, o sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System – LPS*) tem sido usado em projetos de construção como um sistema de planejamento e controle de produção, reunindo várias organizações, compartilhando uma plataforma comum de planejamento da produção e permitindo melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho, por meio da redução da diferença entre as tarefas que devem ser feitas e aquelas que podem ser feitas.

O LPS tem sido fundamental para implementar a construção enxuta. No entanto, González et al. (2015) abordam em seu estudo que a eficácia do LPS tem sido dificultada por uma série de barreiras, incluindo a falta de treinamento, a falta de tempo empenhado, a complexidade do modelo de LPS, prioridade dada a outras iniciativas de melhoria, nível baixo de comprometimento da alta gestão, resistência à mudança, visão de curto prazo e fragmentação da cadeia de suprimentos. Devido à natureza complexa do LPS, os métodos de ensino atuais são ineficazes para comunicar a teoria por trás do mesmo, conseqüentemente, dificultando o processo de aplicação e execução. Além disso, as limitações da implementação do LPS restringem uma transferência e disseminação mais eficaz do conhecimento de construção enxuta para a indústria.

No estudo de Mahalingam, Yadav e Varaprasad (2015), o sistema do último planejador é descrito como essencialmente envolvendo planejamento colaborativo e a criação de cronogramas de olhar adiante, normalmente por um período de 4 a 6 semanas. Planos de trabalho semanais são criados. Várias partes interessadas, tais como engenheiros de projeto, fornecedores e subcontratados se comprometem então com o que vão entregar. Preocupações levantadas são abordadas ou usadas para alterar metas semanais. O que emerge é um conjunto de atividades que mesclam o que “deve” ser feito com o que “pode” ser feito, para descrever o que “será” feito.

O LPS atua nos seguintes quatro níveis de planejamento do projeto: 1) planejamento inicial ou plano mestre - produz o orçamento inicial do projeto e cronograma, e fornece um mapa de coordenação que "empurra" conclusões e entregas para o projeto; 2) cronograma de fases - produz planos mais detalhados e gerenciáveis a partir do plano mestre com alto nível de complexidade, criando cronograma de fases baseado em metas e objetivos daquele plano, ajudando a maximizar a geração de valor no planejamento do processo e para todos os envolvidos; 3) planejamento de olhar adiante - (desdobramento do plano mestre ou cronograma de fases) foca no controle do fluxo de trabalho através do sistema de produção, detalhando e ajustando orçamentos e programações "puxando" os recursos para dentro do jogo; e 4) planejamento de compromissos ou planos de trabalho - (curto prazo) determina as atividades e o trabalho programado que será feito no local da obra (nível operacional), de acordo com a situação dos recursos e pré-requisitos (GONZÁLEZ et al., 2010).

A abordagem tradicional de gestão para planos de trabalho define atividades e programa o trabalho que será feito, em termos do que deve ser feito a partir do plano mestre, sem qualquer consideração real sobre o que uma equipe é realmente capaz de fazer. A capacidade de uma equipe para realizar o trabalho de forma confiável depende da estabilidade

do assim chamado fluxo de trabalho. Na construção, o fluxo de trabalho pode ser caracterizado por equipes mudando de um local para outro e completando o trabalho que é pré-requisito para iniciar o trabalho pela equipe seguinte. Por sua vez, um fluxo de trabalho estável depende de pré-condições tais como recursos (projeto, componentes e materiais, trabalhadores, equipamentos e espaço) e pré-requisitos (trabalho concluído das atividades a montante) que devem estar disponíveis sempre que forem necessárias. No entanto, a variabilidade do fluxo de trabalho poderia afetar negativamente o desempenho das equipes, causando tempo ocioso ou trabalho ineficaz.

O sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System* – LPS) ajuda a superar os problemas acima mencionados por proporcionar um ambiente de produção previsível, diminuindo a variabilidade do fluxo de produção, e criando planos de trabalho confiáveis para maximizar os benefícios do projeto. O critério geral para o LPS é que só deve haver comprometimento com atividades se elas puderem ser realizadas (ou seja, todas as pré-condições de construção devem estar disponíveis), transformando o que “deve” ser feito em o que “pode” ser feito, do qual um plano de trabalho pode ser formulado, ajudando a promover um ambiente de produção baseado em comprometimento e confiança para os contratantes e subcontratantes, entre outras partes interessadas no processo de planejamento. Assim, planos de trabalho se basearão nas tarefas realizáveis, servindo como um comprometimento para o que realmente será feito.

Para González et al. (2010), os seguintes critérios são críticos para as tarefas: 1) são bem definidas; 2) a sequência correta está selecionada; 3) a quantidade certa de trabalho está selecionada; e 4) o trabalho selecionado pode ser feito de acordo com a disponibilidade de pré-condições de construção consideradas durante o planejamento de olhar adiante.

A origem de muitos dos problemas que confrontam as obras é oriunda do esquema tradicional de planejamento da produção, pouco adequado para lidar com a incerteza e a variabilidade durante a construção (FERNÁNDEZ, CÁRDENAS e ARMIÑANA, 2011). Isto foi aprendido faz algum tempo pelas fábricas de automóveis, que desenvolveram métodos, hoje denominados de *Lean Production* (produção sem desperdícios), que procura criar ambientes de trabalho estáveis onde se pode desenvolver eficientemente a produção. Inspirados nesses mesmos princípios, o Sistema do Último Planejador (SUP), do inglês *Last Planner System* (LPS), propõe modificar o processo de programação e controle da obra com a finalidade de criar um ambiente estável de trabalho, protegendo a produção da incerteza e variabilidade. Este sistema tem demonstrado uma alta efetividade, com várias aplicações exitosas no continente americano, melhorando o desempenho das obras e conseguindo

progressos significativos no cumprimento de prazos e produtividade. O SUP não é uma metodologia que substitui ou compete com os métodos tradicionais de barras e de redes, mas sim, os complementa e enriquece. Enquanto os métodos de redes manejam o caminho crítico, o SUP se preocupa de manejar a variabilidade; enquanto os métodos de redes manejam datas, o SUP maneja fluxos de trabalho. O planejamento com os métodos de redes geralmente é utilizado para a gestão de contratos, enquanto que o SUP se preocupa com a gestão de interdependências. O SUP pretende incrementar a confiabilidade do planejamento e, como consequência, melhorar os desempenhos.

Dave et al. (2016) comentam em seu trabalho que, no âmbito do sistema do último planejador, o “fluxo de recursos” e “tarefas” tem que ser considerados paralelamente, porque a realização de tarefas depende fortemente do fluxo de recursos, e o andamento do fluxo de recursos, por sua vez, é dependente da realização de tarefas. Uma das principais funções dos LPS é o processo de “preparar” que é parte do planejamento de médio prazo (frequentemente chamado de planejamento de olhar adiante), onde as restrições para cada tarefa são identificadas (restrições referem-se a todas aquelas atividades/entradas e fluxo de recursos que são necessários para concluir uma tarefa) e responsabilidade para removê-las é atribuída aos líderes de tarefas (encarregados, supervisores da obra etc.). Pesquisadores têm discutido a importância do planejamento de olhar adiante e mais particularmente seu papel na entrega de projetos de construção com sucesso (principalmente devido à variabilidade reduzida e melhoria do fluxo de trabalho). Também se alega que o planejamento de olhar adiante é um dos aspectos mais difíceis para implementar a partir de LPS. Uma das razões para isso é que em projetos de construção tradicionais, onde não são usados sistemas baseados em *software*, não há atualmente nenhum mecanismo para controlar ou prever o impacto de restrições identificadas sobre a confiabilidade do fluxo de trabalho, antes da semana de execução, ou mesmo até o percentual do plano completo ser medido. Pesquisadores apresentaram propostas para combater as restrições ou gerir recursos em projetos de construção, fornecendo interfaces específicas para obras, por exemplo, com LEWIS ou KanBIM. No entanto, Dave et al. (2016) lembram que estes sistemas dependem de entrada de dados fornecida pelos trabalhadores no campo, e não necessariamente estendem o serviço a parceiros externos na cadeia de suprimentos como subempreiteiros ou fornecedores. Além disso, o monitoramento de disponibilidade de restrições (ou seja, recursos de pré-requisitos) é muito difícil, porque as informações relacionadas à sua situação atual não são agregadas ou sincronizadas por qualquer sistema ou função.



O sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System* – LPS) para controle de produção tem sido implementado em projetos de construção, com níveis variados de sucesso, para aumentar a confiabilidade do planejamento, melhorar o desempenho da produção, e criar um fluxo de trabalho previsível. Sarhan e Fox (2013) explicam em seu estudo que, através da metodologia de LPS, as equipes de projeto comprometem-se a completar as tarefas atribuídas em uma determinada semana. Alguns praticantes de construção enxuta referem-se ao percentual do plano concluído (PPC) como uma métrica para a confiabilidade do compromisso. Para outros, um valor de PPC não mede o nível de utilização de um fluxo de trabalho (eficiência). Em vez disso, ele mede a eficácia do planejamento de produção e a confiabilidade do fluxo de trabalho. Em cada reunião semanal, tempo é dedicado para aprender e compreender por que determinadas tarefas não foram concluídas como planejado na semana anterior, antes de criar um novo plano semanal a ser executado. Os planos não concluídos são estudados e analisados para determinar as barreiras e causas-raiz que afetaram o processo de implementação. O procedimento de análise de cinco-porquês, do inglês *five-whys* (5W), pode ser usado para identificar as causas dos problemas; e um gráfico de Pareto pode ser usado para gerar um *ranking* das barreiras e os motivos por não terem sido completados. Consequentemente, a informação adquirida a partir da análise da causa raiz pode ajudar as equipes de projeto a evitar obstáculos em ciclos de trabalho futuros e melhorar a eficácia e a confiabilidade dos planos de trabalho futuros.

O trabalho de Sacks, Radosavljevic e Barak (2010) trata de requisitos para a implementação de um software do tipo BIM (do inglês *Building Information Modeling*), chamado de “KanBIM”, que consiste de um sistema para gerenciamento da construção habilitado a “puxar” o fluxo, baseado no sistema do último planejador (do inglês *Last Planner System* – LPS). Tal sistema deve:

- Integrar firmemente o planejamento e controle da produção. A granularidade do planejamento semanal de trabalho e o nível de detalhe das propriedades da tarefa devem ser apropriados para o controle de produção diário;
- Permitir *feedback on-line* da força de trabalho para garantir que as informações de status do processo estejam atualizadas;
- Proporcionar um canal de comunicação para negociação de alterações das tarefas planejadas. Reduzir a janela de planejamento a nível diário, estendendo o LPS, requer a habilitação para que os líderes de equipe possam propor mudanças de plano, identificar e resolver qualquer conflito resultante através da negociação com as partes afetadas e informar todos os outros participantes do projeto das mudanças resultantes.

A perspectiva de linguagem/ação, que exprime a ideia de que a atividade em projetos é coordenada fazendo e mantendo compromissos em vez de diretivas de gerentes para aqueles responsáveis pela execução de trabalho, tem sido identificado como um importante contribuinte potencial para alcançar a confiabilidade do plano em cadeias de suprimentos de construção. Isso é definido por meio de um processo de solicitação, compromisso, ação e relatórios de conclusão. Um sistema KanBIM deve implementar isso explicitamente em dois níveis: a) Planejamento de trabalho semanal; b) Execução de trabalho diário. Depois de aplicar as alterações no plano para torná-lo viável e aceitável para todos os “últimos planejadores”, cada um deles deve explicitamente aceitar sua parte do plano e se comprometer na execução das tarefas. A aceitação do plano é mostrada na interface do planejador de projeto e, somente depois de alcançado um consenso do grupo, o plano semanal é aprovado como um todo. O próximo nível de planejamento ocorre em uma base diária, concomitantemente com a execução da obra através de cada semana. Para Sacks, Radosavljevic e Barak (2010), este é o coração do processo KanBIM, onde é dado aos líderes de equipe acesso direto ao plano de trabalho, sendo habilitados a coordenar os seus trabalhos com todas as outras equipes como e quando necessário.

#### **2.10.12 Engenharia simultânea**

Integração longitudinal ao longo do ciclo de vida do edifício é considerada no trabalho de Aquere, Dinis-Carvalho e Lima (2013), sob dois pontos de vista: o primeiro está relacionado com o ciclo de vida do processo de projeto do edifício e o segundo com o ciclo de vida completo do edifício (construção e manutenção). Em ambos, integração longitudinal é entendida como medidas que integram, durante a fase de projeto, conhecimentos sobre as fases do ciclo de vida que geralmente ocorrem de forma sequencial (projeto => construção => manutenção). Essa integração longitudinal baseia-se no conceito de engenharia simultânea. Engenharia simultânea é uma abordagem desenvolvida em ambientes de produção para integrar sistematicamente o projeto simultâneo de produtos e seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Durante o processo de projeto, especialistas de diferentes fases do ciclo de vida do produto (especialistas de, por exemplo, qualidade, produção, suporte e comercialização) são envolvidos na concepção do produto. As vantagens esperadas com a implementação de engenharia simultânea são um aumento na cooperação entre diferentes unidades funcionais da empresa, aumento da qualidade e diminuição dos custos de produção ao longo do ciclo de vida do produto, aumento da produtividade e uma diminuição no tempo de taxa de transferência da produção. A redução no tempo de taxa de transferência da

produção (ou tempo de espera) é frequentemente entendido como a melhoria mais importante. O tempo de taxa de transferência é o tempo necessário para executar todas as operações necessárias para completar uma ordem de fabricação, neste caso a solicitação do projeto de construção. A integração longitudinal proposta no trabalho dos autores não se refere à sobreposição ou simultaneidade no desenvolvimento das fases de projeto e construção, tal como proposto pela abordagem *fast track*. Está relacionada, pelo contrário, à consideração dos requisitos e características das fases de construção, bem como operação da construção e manutenção na definição da informação técnica do projeto da construção. Tal consideração se reflete não somente em soluções técnicas para a construção, mas também na inclusão de documentos destinados a orientar a sua construção, operação e manutenção, em consonância com a definição de engenharia simultânea. Especialistas em construção de edificações, operação e manutenção devem ser incluídos na equipe da célula de projeto para garantir uma integração eficaz e longitudinal.

Para Aquere, Dinis-Carvalho e Lima (2013), a visão unificada do projeto deve ser traduzida em uma atitude da equipe de busca contínua de soluções conjuntas para a definição do edifício. Nesta perspectiva, interferências entre as soluções obtidas para os diversos sistemas funcionais do edifício são identificadas e gerenciadas de forma contínua desde a sua origem. Na abordagem tradicional, as interferências entre soluções derivadas de visões parciais do edifício são identificadas apenas numa fase posterior do ciclo de vida do projeto, conhecido como soluções de interface. Em resumo, na integração longitudinal, a identificação e resolução de interferências que surgem a partir das interfaces entre várias especialidades não constitui uma fase específica do ciclo de vida, como no caso das soluções de interface, mas sim, torna-se uma atividade contínua que ocorre em todas as fases do processo de projeto.

Para Aziz e Hafez (2013), engenharia simultânea pode ser descrita como execução em paralelo de várias tarefas por equipes multidisciplinares com o objetivo de obter produtos mais favoráveis no que concerne funcionalidade, qualidade e produtividade. Muitas melhorias podem ser feitas usando a engenharia simultânea. Agendamento pode ser recuperado através da análise de rede (CPM e PERT). Muitas outras oportunidades podem ser alcançadas a partir de atividades sobrepostas, dividindo as atividades e reduzindo o tempo de transferência entre diferentes atividades. Os parâmetros importantes de planejamento para o agendamento de atividades simultâneas são prazo de execução, quantidade e risco sob ambiguidade. A engenharia simultânea foca nos esforços da equipe; comunicação e compartilhamento da informação são as chaves para descobrir novas ideias. Enquanto a parceria com subempreiteiros e fornecedores também pode ser uma boa mudança em relação a engenharia

simultânea, o sucesso da produção enxuta depende do envolvimento de todos os participantes nas fases iniciais do projeto.

### **2.10.13 Abordagem puxada**

A abordagem “puxada” (do inglês *pull-driven approach* - PDA) foi originalmente proposta como uma técnica de produção enxuta para puxar materiais através do sistema de produção a fim de atender a demandas específicas de clientes (NG, ZHENG e XIE, 2013). Percebendo que as técnicas de produção enxuta podem ajudar a reduzir o desperdício na construção, algumas tentativas foram feitas para aplicar o PDA na construção. A filosofia do PDA incorpora ideias emprestadas da construção enxuta e de parcerias, de forma que todas as atividades estão se esforçando para identificar parceiros correspondentes para demonstrar sua superioridade na utilização de recursos. O objetivo final é conseguir recursos para as atividades. Com isso, um *ranking* de pré-definições não é mais necessário e as atividades não podem ocupar recursos, assim como devem estar prontas para dividir uma vez que ocorra uma boa combinação de atividades. Enquanto o melhor uso dos recursos é garantido, desperdício pode ser minimizado e o cronograma geral também pode ser melhorado através de melhor gestão dos recursos.

Existem cinco princípios fundamentais para o pensamento enxuto, que devem ser seguidos passo a passo para ganhar o máximo de benefício do sucesso *lean* (AZIZ e HAFEZ, 2013). Um deles é a utilização do princípio de “puxar” no processo de produção e construção, em vez de empurrar. Isso significa produzir exatamente o que o cliente quer, no tempo que o cliente precisa, e sempre preparado para as alterações feitas pelo cliente. A ideia é reduzir a produção desnecessária e usar a ferramenta de gestão *Just In Time*.

Sacks e Goldin (2007) relatam em seu trabalho a substituição da programação de rede de atividades fixas para a execução de trabalhos de acabamento em apartamentos de arranha-céus por um método dinâmico de “puxar” os apartamentos através do processo de acabamento, de acordo com a maturidade das alterações de projeto dos clientes. A sequência de trabalho de andar por andar é substituída com uma sequência ditada pela disponibilidade de informações de projeto estáveis. O representante de mudança do cliente avalia a maturidade de projeto de cada apartamento e libera a informação para o site de acordo com uma lista de classificação continuamente atualizada de arquivos dos apartamentos. Idealmente, os apartamentos não são introduzidos no processo a menos que todas as condições para a sua conclusão estejam completamente atendidas (por exemplo, documentos de projeto foram finalizados, equipes de trabalho, equipamentos e materiais estão

disponíveis). A programação de “puxar” com o “fluxo de peça única” tem duas importantes vantagens potenciais:

- O desperdício de retrabalho é essencialmente eliminado. Trabalhos de acabamento não são executados de acordo com desenhos padrão antes que as alterações possam ser entregues, mas em vez disso são sempre executadas de acordo com as exigências de projeto dos clientes;
- O trabalho em andamento (do inglês *work in progress* - WIP) é controlado. O nível desejado pode ser determinado aproximadamente multiplicando a taxa de transferência necessária em relação ao cronograma geral do projeto pelo tempo de ciclo prático necessário para execução contínua dos trabalhos de acabamento em cada apartamento. Em geral, o WIP será equivalente ao número de equipes de trabalho mais um pulmão controlado.

Ao contrário de uma linha de produção linear, o fluxo puxado de uma "estação de trabalho" (equipe de trabalho) para a próxima usando o estilo de controle de fluxo "Kanban" não é aplicável. Sinais “puxados” não são visíveis na construção da forma que são na indústria de manufaturados, porque os "produtos" não se movem ao longo de uma linha de produção, na realidade, as equipes de trabalho se movem de produto para produto. Não só deve a quantidade de WIP entre quaisquer duas equipes de trabalho ser comunicada às equipes explicitamente, mas também a sua localização.

#### **2.10.14 Kanban**

Para Salem et al. (2006), vários métodos são associados com *just-in-time*, um deles é o *kanban* japonês para o sistema de "cartão" ou "sinal", que é usado para minimizar os inventários de acordo com pedidos vindos de trás no fluxo, que fluem através de cartas, cestas ou sinais digitais.

A estratégia do *Kanban* é baseada em componentes-chave (AZIZ e HAFEZ, 2013), ou seja, mercado, *kanbans* de fornecedor, veículo de coleta, lojas satélite e sistema de gestão de inventário. Lugares de mercado são armazéns no local da obra que guardam diferentes materiais e pequenas ferramentas para os trabalhadores. Da mesma forma, lojas satélite situam-se na obra, e recebem produtos do local de mercado. Veículos de coleta coletam materiais de fornecedores preferenciais para o local de operação. *Kanban* usam caixas plásticas como um sinal para “puxar” materiais dos fornecedores para o local da obra, usando o conceito de Just-In-Time. Formulários de pedido são normalmente usados como sinais *kanban* entre lojas de mercado e satélites. O sistema de *kanban* inicia normalmente com portas abertas, para que a obra possa puxar materiais desde o fornecedor até determinados

perímetros. Posteriormente, o material solicitado de fornecedores chega ao mercado, e produtos são colhidos mais tarde das lojas, que geralmente são gerenciadas por pontos de registro.

A implementação de técnicas de gestão de produção avançadas, tais como conceitos de construção enxuta como filtragem de pacotes de trabalho para estabilizar os fluxos de trabalho, fluxo “puxado/tracionado” de equipes e materiais e controle de qualidade embutido no processo, exige fluxos de informação eficazes e rápidos para o local de trabalho, bem como vindo do mesmo. O requisito-chave — fazer com que o estado do processo seja transparente para todos os participantes — é mais difícil de alcançar na construção do que na fabricação, porque as equipes de trabalho se movem continuamente dentro de um ambiente físico, que também está se modificando. Novas ferramentas de visualização assistidas por computador podem cumprir as necessidades que ferramentas mais simples, tais como cartões *Kanban*, cumprem na fabricação. Em seu trabalho, Sacks, Treckmann e Rozenfeld (2009) apresentam o caso de dois protótipos com interfaces de usuário projetados para facilitar o fluxo do processo, que foram concebidos e implementados no âmbito de sistemas de software de modelagem de informações de construção BIM (do inglês *Building Information Modeling*). Eles demonstram aspectos da sinergia entre o BIM e construção enxuta. Em função dos ambientes físicos dinâmicos e dispersos e as modalidades de contratação fracionadas típicas da construção, interfaces de visualização baseados em BIM são ferramentas importantes para fornecer a transparência ao processo.

#### **2.10.15 Kaizen**

*Kaizen* significa melhoria ou mudança boa, e o termo é comumente usado para se referir aos esforços de melhoria firmemente focados e bem definidos, geralmente ocorrendo em um número definido de dias. A maioria dos eventos *kaizen* varia de alguns dias até 1 a 2 semanas de duração; na iniciativa relatada por Yerian et al. (2012), realizou-se uma série de eventos *kaizen* de 2 dias. Durante os eventos *kaizen*, todas as questões levantadas pelos participantes, que estavam além do escopo dos eventos, foram capturadas em um "depósito" para posterior análise. Todas as atividades foram facilitadas por 2 engenheiros de processo internos com experiência na aplicação de métodos *lean* na indústria de transformação. Os patrocinadores executivos designados foram o presidente do instituto de medicina laboratorial e de patologia e o chefe do laboratório de referência.

A principal ferramenta *lean* usada nos estudos de caso atuais, *kaizen* (normalmente entendido como um evento) é uma abordagem intensiva e concentrada para melhoria de

processo. *Kaizen* busca otimização operacional, eliminando desperdício — atividades sem valor agregado do ponto de vista do cliente. Este tipo de atividade é baseado em equipe e envolve funcionários de diferentes níveis da organização. Construção sustentável pode ser operacionalizada usando uma abordagem de *kaizen*, com foco em desempenho ambiental, social e econômico dos processos de construção de casas. A realização de um evento *kaizen* ajuda a eliminar desperdícios, empoderando os funcionários com a responsabilidade, tempo e ferramentas para descobrir áreas de melhoria e dar suporte à mudança. Os estudos de caso apresentados no trabalho de Nahmens e Ikuma (2012) usaram *kaizen* combinado com análise ambiental e de segurança para aumentar a sustentabilidade nos processos de construção de casas modulares.

Gao e Low (2014b) relatam em seu trabalho, que a metodologia de resolução de problemas é uma habilidade que é profunda e forte em todos os níveis da organização dentro da Toyota. O modelo de resolução de problemas começa com funcionários da Toyota, vendo problemas como oportunidades. Ir e ver onde os problemas ocorrem é importante para os líderes da Toyota. Esta é uma crença de que só fazendo assim podem ser coletados dados a serem verificados e problemas colocados sob controle. Além disso, quando um consenso é alcançado, é necessário considerar cuidadosamente várias opções. O princípio final de *kaizen* (melhoria contínua) reforça o ciclo de aprendizagem de PDCA (do inglês *plan-do-check-act*) na resolução de problemas.

A melhoria contínua (do japonês *Kaizen*) não pode ser associada com uma técnica específica. Na verdade, todas as técnicas são usadas para gerar melhoria contínua através da resolução de problemas e pensamento criativo (SALEM et al., 2006). No entanto, na manufatura enxuta, círculos de qualidade oferecem uma oportunidade para os trabalhadores participarem ativamente na melhoria de processos. Estas equipes reúnem-se periodicamente para propor ideias para os problemas mais visíveis no local de trabalho. Qualidade, manutenção, redução de custos e problemas de segurança podem ser trabalhados pelas equipes para fornecer soluções potenciais para futuras atividades. Os benefícios dos círculos de qualidade não são somente as ideias implementadas, mas também o processo de aprendizagem que os trabalhadores experimentam. Baseado em um conjunto de metas, trabalhadores dão sua contribuição sobre seu progresso durante as reuniões de grupo diárias para desenvolver e melhorar as tarefas. No final do mês, são estabelecidas novas metas. Estudos de primeira execução são usados para redesenhar as atribuições críticas. As operações são examinadas em detalhe, trazendo ideias e sugestões para explorar formas alternativas de fazer o trabalho. O ciclo PDCA (do inglês *plan, do, check, act*) é utilizado para desenvolver o

estudo de primeira execução. Primeiro, se “planeja” (do inglês *plan*) um processo de trabalho para estudar, analisar as etapas do processo e gerar ideias sobre como eliminar passos desnecessários. Para “fazer” (do inglês *do*), se testam novas ideias na primeira execução. Para “verificar” (do inglês *check*), o que realmente acontece é descrito e medido. Para “atuar” (do inglês *act*), a equipe é convocada e integrantes da equipe comunicam o método melhorado como o novo padrão a ser atendido. Para garantir a melhoria contínua, Salem et al. (2006) lembram que as competências da equipe devem ser melhor utilizadas para desenvolver as contribuições individuais e conjuntas.

O estudo de James et al. (2014) apresenta os resultados da iniciativa de um construtor de casas modulares para melhorar os processos usando uma abordagem *lean*, através de uma série de eventos *Kaizen*. O objetivo principal de um evento *Kaizen* (do japonês "mudança para melhor") é melhorar o processo e o ambiente de trabalho através da redução de desperdícios, tais como retrabalho e materiais de sucata. Eventos *Kaizen* são divididos em três fases: fase 1 – planejamento, preparação, coleta de dados da linha de base e debate de soluções; fase 2 – implementação de soluções e coleta de dados de acompanhamento; e a fase 3 — apresentação dos resultados. *Kaizen* são geralmente curtos e se concentram em alcançar seus objetivos em um período de tempo limitado. Avaliações de segurança usando a análise de segurança do trabalho podem ser integradas dentro dessas três fases. Eventos *Kaizen* melhoraram com sucesso as operações de construção, embora o uso do *Kaizen* na indústria da construção não pode ser generalizado. Uma compilação de 22 estudos de caso em empresas de construção dos EUA mostrou que apenas duas empresas utilizaram *Kaizen* como ferramenta de gestão da qualidade. Uma dessas empresas relatou que *Kaizen* foi capaz de reduzir 20 defeitos chave em plantas de novas casas antes de atingir o processo de construção. Outro estudo recente das empresas de construção chinesas encontrou uma baixa conscientização e implementação do *Kaizen*. Apesar da baixa utilização de *Kaizen* na construção em geral, vários estudos de caso têm encontrado resultados positivos do uso de *Kaizen* na construção de casas modulares, um deles com aumento de 57% na taxa de transferência e aumento de 10% na eficiência do trabalho, e outro com aumento de 55% na taxa de transferência e 16% de aumento na atividade de valor agregada.

Segurança é um dos desafios mais significativos na indústria da construção, junto com baixas taxas de produtividade. Tradicionalmente, segurança e produtividade têm sido abordados separadamente, mas ambos são críticos para o sucesso operacional. No estudo de Ikuma, Nahmens e James (2011) propõe-se uma estrutura unificada para abordar a produtividade e segurança simultaneamente como o método mais eficaz de melhorar a



indústria da construção, particularmente a construção de casas modulares. Este modelo, segurança e gestão enxuta integrados em *kaizen* (do inglês *Safety and Lean Integrated Kaizen - SLIK*), é composto por estratégias de produção enxuta, combinadas com métodos de análise de segurança. O objetivo do estudo de caso foi testar essa estrutura unificada em uma planta de construção de casas modulares e avaliar a eficácia na produtividade e segurança. O estudo de caso utilizou uma estrutura geral de evento *kaizen*, que incorporou uma atenção específica à segurança. *Kaizen* é uma ferramenta *lean* usada para rápida melhoria de processo. Mais notavelmente, envolve os trabalhadores de linha nos processos de decisão para melhorias e se concentra em fazer mudanças rápidas e viáveis. A análise de segurança foi incorporada a *kaizen* através da utilização de análise de segurança de trabalho realizada antes e após melhorias e através da inclusão do tema segurança nas discussões da equipe sobre melhorias.

#### **2.10.16 Seis Sigma**

Compreendendo como variabilidade as incertezas na construção que produzem atrasos nas entregas de material e equipamento, erros de projeto, pedidos de alteração, avarias de equipamentos, mau funcionamento de ferramentas, utilização imprópria da equipe, greves trabalhistas, efeitos ambientais, acidentes e exigências físicas do trabalho, para eliminar estas variações e criar fluxo de trabalho em um processo, é amplamente reconhecida a utilização do método LSS (do inglês *Lean Six Sigma*).

Andújar-Montoya et al. (2015) explicam em seu estudo que Seis Sigma é uma metodologia baseada em estatística que fornece um modelo estruturado para organizar e implementar iniciativas estratégicas de melhoria de processo para atingir reduções na variabilidade do processo. No âmbito da indústria da construção, Seis Sigma tem sido aplicado independentemente para melhorar o desempenho geral, reduzindo a variabilidade de processo nas atuais operações de construção. Além disso, foi implementado como uma iniciativa de qualidade na construção tradicional, aumentando a satisfação do cliente e rentabilidade, por meio da melhoria da qualidade dos produtos. Também tem sido usado para melhoria da sustentabilidade e qualidade em estruturas compostas pré-fabricadas, aplicando Seis Sigma para aumentar a gestão da qualidade, e ao mesmo tempo reduzir o consumo de energia durante a construção, poluição, ruído e desperdícios. Da mesma forma, para reduzir e eliminar o desperdício em construções residenciais pré-fabricadas, princípios da gestão enxuta e Seis Sigma tem sido usados por trabalhar em unísono como um modelo integrado. Esta combinação de ferramentas da gestão enxuta e Seis Sigma também tem sido aplicada na construção tradicional, onde cada metodologia complementa a outra, para eliminar

desperdícios e variações e criar fluxo de trabalho. *Lean* não possui as ferramentas para reduzir a variação e trazer um processo sob controle estatístico e, da mesma forma, apesar do fato do Seis Sigma oferecer uma série de ganhos sozinho, o processo seria lento e seus custos serão muito altos. Mais especificamente, *lean* beneficia Seis Sigma na identificação dos desperdícios, fornecendo a poderosa ferramenta de mapeamento do fluxo de valor que destaca o desperdício e atrasos, enquanto melhora a velocidade do processo ou o ciclo de tempo.

No estudo de Bos et al. (2014), os autores explicam que LSS (do inglês *Lean Six Sigma*) convergiu dos princípios da gestão enxuta e da abordagem Seis Sigma e combina o melhor dos dois mundos em um modelo estruturado que reduz e elimina desperdícios de processo (*lean*), defeitos e variação (Seis Sigma). Pesquisas sobre a base de usuários *lean* e Seis Sigma, argumentam que o LSS é agora a abordagem mais utilizada e substituiu o *lean* e Seis Sigma como metodologias individuais. No entanto, as empresas do setor de construção parecem relutantes em adotar técnicas de melhoria de processo tais como o modelo LSS. Empresas da indústria da construção sempre correram atrás de outras indústrias na adoção de inovações de melhoria de processo, com a firme convicção de que sua indústria difere demais para que estas técnicas comprovadas possam ser úteis ou aplicáveis a seus processos. Por causa desta relutância, apenas algumas poucas empresas de construção são conhecidas por usarem LSS, o que, por sua vez, significa que há muito pouca literatura disponível sobre tal uso.

O conceito e método Seis Sigma podem ser relevantes para todas as indústrias, incluindo construção, já que visa melhorar a qualidade e reduzir a variabilidade e erros. Semelhante à manufatura enxuta e serviços enxutos, Seis Sigma pode desempenhar um papel complementar à construção enxuta (AL-AOMAR, 2012). A melhoria da qualidade no contexto de construção contribui para o foco *lean* sobre a velocidade de entrega e eficácia nos custos, reduzindo repetições, atrasos e retrabalhos nas tarefas concluídas e garantindo a qualidade dos materiais entregues para o local de trabalho. Da mesma forma, a construção enxuta contribui para o foco de qualidade de Seis Sigma, reduzindo a variabilidade do processo, agilizando o fluxo de trabalho e aumentando a transparência do canteiro de obras. Assim, a classificação Sigma (ou seja, a avaliação do nível de Sigma de pacotes de trabalho entregues por equipes ou empreiteiros) pode ser usada para quantificar e avaliar a qualidade do trabalho. Uma aplicação combinada de *lean* e Seis Sigma para projetos de construção pode ser referida como *Lean Seis Sigma-Construção*. O objetivo é melhorar o processo de construção através de técnicas enxutas (menos desperdícios e custos) e por meio do processo

Seis Sigma DMAIC (do inglês *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), gerando menos variabilidade e alta qualidade.

Bos, Kemper e Waal (2014) esclarecem no seu trabalho que Seis Sigma é uma técnica usada para melhorar os processos por meio de um modelo estruturado que é aplicado em um projeto. Seis Sigma é focado principalmente na redução da variação do processo. Devido à qualidade de um produto ou processo ser fortemente dependente da lacuna entre o que é esperado por um cliente e o que é realmente entregue, Seis Sigma visa realizar um processo que é tão previsível quanto pode ser em todos os fatores que garantem a satisfação do cliente. O aumento da previsibilidade pode ser realizado, diminuindo o número de defeitos em um processo. Argumenta-se frequentemente que Seis Sigma se esforça por um nível de qualidade igual a 3,4 defeitos por milhão de produtos. Em outras indústrias, tais como a indústria de serviços e a indústria da construção, atingir um nível de qualidade tão alto é pouco realista, porque é muito mais difícil tratar defeitos igualmente. Na indústria da construção, um defeito é definido como tudo o que não está em conformidade com a especificação do cliente. Isso contrasta com o que é visto na indústria de manufatura, onde um defeito é definido como um produto que não satisfaz a especificação do mesmo. Portanto, Seis Sigma é uma filosofia que visa melhorar continuamente a qualidade do processo, ao invés de realmente atingir o nível de qualidade "Seis Sigma".

Desde que iniciou seu uso na indústria da construção em 2000, muito pouco tem sido publicado sobre o efeito de Seis Sigma no setor. As pesquisas centraram-se principalmente em materiais de construção, segurança e saúde, ignorando, na maior parte, o valor da gestão na realização de projetos individuais (SULLIVAN, 2011). Pesquisadores afirmam que tem sido difícil aplicar o Seis Sigma para construção, porque, ao contrário da indústria de transformação, "falta uma metodologia sistemática para avaliar a taxa de defeito e a melhoria de desempenho, já que os defeitos são removidos no processo de produção." Como resultado, muitos tentaram combinar os princípios do *lean* e Seis Sigma para aumentar a relevância para a indústria. Publicações teóricas foram apoiadas por pouca ou nenhuma documentação sobre implementação de Seis Sigma em qualquer nível na construção. Resultados que têm sido publicados focam na capacidade do contratante para melhorar o desempenho, aumentando a atividade, sem abordar os custos ou benefícios financeiros para o contratante.

*Lean* Seis Sigma (LSS) é uma metodologia de melhoria testada e focada em melhorar qualquer tipo de processo em uma organização. Projetos de LSS na Holanda são aplicados principalmente em serviços e engenharia, que são ambientes relativamente amigáveis aos empregados em termos de demanda física (LOKKERBOL, SCHOTMAN e DOES, 2012).

Empregados no setor da construção, no entanto, estão envolvidos com trabalho fisicamente exigente. Isto traz novos tipos de desafios para uma organização, claramente trazidos à luz por ocorrências de lesões relacionadas ao trabalho ou, ainda mais trágico, mortes. Em um mundo onde projetos de LSS são dominados por aumentar a eficiência do pessoal, aumentar as receitas ou reduzir os tempos de produção, problemas de segurança invocam uma nova dimensão de projetos de LSS.

## 2.11 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO – DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Alves (2009) compilou diversas definições sobre Fatores Críticos de Sucesso (FCS), citando principalmente Rockart (1981), que define os FCS como um limitado número de áreas de atividade, nas quais um resultado satisfatório assegurará o desempenho do departamento ou da organização. Segundo o autor, os FCS apresentam as seguintes características:

- Específicos: são específicos de um determinado gerente de um determinado setor e em um dado momento;
- Temporais: são válidos para um determinado período; e
- Mensuráveis: o desempenho em cada um dos FCS deve ser constantemente medido.

Um dos recursos preciosos de uma organização é o tempo dos seus gerentes, e esses sofrem uma sobrecarga de informações através de várias fontes, tais como diversos *softwares* e setores da organização.

No ambiente hoje vivido pelas organizações, com um grande volume de informações e um cenário dinâmico e de complexidades, os gerentes necessitam cada vez mais de acesso às informações estritamente pertinentes às suas principais funções e responsabilidades. É importante para um gerente definir claramente seus objetivos, para que ele possa focá-los. Um método para determinar precisamente a informação mais necessária é a análise dos FCS.

Para Alves (2009), a análise dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) é uma ferramenta no planejamento estratégico, que permite que a organização identifique e controle os aspectos mais importantes da gestão, e tem sido amplamente utilizada nas organizações. São variáveis estruturais básicas que mais afetarão o sucesso ou fracasso no alcance de seus objetivos. Estas variáveis (FCS) devem receber constante e cuidadosa atenção dos gerentes. Estas áreas chaves (FCS) devem ir bem para o negócio prosperar e os objetivos dos gerentes serem atendidos. Em contrapartida, se os resultados nestas áreas não forem adequados, os resultados da organização serão piores que os desejados.

Para os diversos níveis gerenciais, são identificados FCS num processo tipicamente *top-down*, onde os objetivos e FCS organizacionais vão sendo detalhados por cada divisão departamento, gerência, etc., de modo que os objetivos de uma determinada unidade organizacional contribuam para os objetivos da unidade do nível acima e também para os objetivos da organização.

Para cada FCS, é definida uma medida, ou indicador, que permita a medição e avaliação do status do FCS. Outra característica do FCS é a especificidade para cada gerente.

Diferentes gerentes terão diferentes necessidades de informações e consequentemente terão diferentes FCS (Fatores Críticos de Sucesso), relativos à sua situação particular. Os FCS também variam de acordo com diferentes tipos de projetos. Os FCS também mudarão frequentemente, quando houver mudança no setor econômico no qual a organização está inserida, mudança da posição que a organização ocupa no setor e quando problemas ou oportunidades surgirem para um determinado gerente. São, portanto, temporais.

Os FCS podem ter diferentes fontes, segundo Alves (2009):

- Natureza da indústria: cada indústria apresenta um grupo de FCS que é determinado pelas características da própria indústria e que merece atenção gerencial;
- Estratégia competitiva e posição da indústria: cada empresa integrante de uma indústria está numa situação determinada por sua história e estratégia competitiva atual. A posição resultante da empresa na indústria dita alguns FCS. A estratégia, objetivos e metas da organização são uma fonte de FCS para gerentes, bem como os FCS organizacionais e dos gerentes acima dele na hierarquia;
- Fatores ambientais: os fatores do ambiente externo à empresa são aqueles fatores que ela possui pouco ou nenhum controle, tais como política nacional e demandas de mercado. A empresa deve definir e buscar sua missão, que será refletida através de objetivos e FCS, tendo em vista a tendência à mudança do ambiente;
- Fatores temporais: trata-se de áreas de atividade dentro da organização que se tornam críticas por um período particular de tempo devido ao acontecimento de algo extraordinário. Normalmente, estas áreas não gerariam FCS. Para um dado projeto, FCS também mudarão de acordo com a mudança de uma fase no ciclo de vida do projeto;
- Posição gerencial: cada posição gerencial funcional possui um grupo de FCS associado à natureza desta função (qualidade, produção, finanças, etc.).

Os FCS são elementos condicionantes no alcance dos objetivos da organização e estão ligados diretamente com o sucesso da empresa, explicam Gonçalves e Musetti (2008)

em seu trabalho. Para identificar os FCS, existem duas maneiras. A primeira é dissecar os recursos organizacionais e o mercado a fim de identificar os segmentos que são mais decisivos e importantes. A segunda é descobrir o que distingue as organizações mal sucedidas das organizações bem sucedidas e analisar a diferença entre elas, isto é, fazer um *benchmarking*. Após a identificação, os FCS devem ser priorizados. Para priorizar, deve-se analisar, por meio do Sistema de Medição de Desempenho (SMD), em quais FCS a organização está mal sucedida e focar a força de melhoria neles.

Para Bernardi (2010), os FCS (Fatores Críticos de Sucesso) são atividades cujos resultados favoráveis são absolutamente necessários para o sucesso do processo. Falhas nessas atividades implicam retrabalho e prejuízos e têm maior impacto negativo no resultado final. Dependem da capacitação e da adequação da infra-estrutura da unidade/organização.

Em um mercado cada vez mais exigente de inovações e qualidade, a necessidade de acesso às informações relacionadas ao papel do gerente na empresa e às suas responsabilidades particulares aumenta grandemente. Segundo Quintella, Rocha e Alves (2005), uma maneira de se determinar, com grande precisão, as informações necessárias é o método dos FCS. Estes definem as áreas de *performance* essenciais para que a organização complete sua missão.

Desta forma, qualquer atividade ou iniciativa que a organização toma, deve assegurar consistente alta *performance* nessas áreas; caso contrário, a organização pode não completá-la. O conceito de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) é utilizado há muito tempo: Aristóteles expressou a ideia de que os líderes deviam criar poucas e simples metas para suas organizações; e ressaltou que as organizações que assim o fizeram obtiveram melhores resultados do que as que não o fizeram. Da mesma forma, o Barão Von Clausewitz, escrevendo ao *staff* sobre os princípios da guerra, definiu um deles como sendo a "concentração de forças": segundo ele, os "maus generais" pulverizavam suas forças pelo campo de batalha, enquanto os "bons generais", de forma a garantir a vitória, concentravam suas forças nas poucas batalhas críticas que precisavam ser vencidas. Quintella, Rocha e Alves (2005) citam Peter Drucker, que no início da década de 70, em seu livro *The Effective Executive*, citava que os executivos de sucesso focavam seu tempo e energia num pequeno número de problemas críticos ou oportunidades.

A maioria dos gerentes utiliza o conceito de FCS, mesmo que implicitamente. Mas, uma vez explicitados, a alocação de recursos poderá ser mais corretamente definida. Os FCS estão relacionados às situações particulares de cada gerente, e que certamente irão diferir de um gerente para outro, de acordo com a sua localização na hierarquia da organização. Os FCS

também podem variar com mudanças no ambiente da indústria, ou com problemas ou oportunidades de cada gerente. Os FCS não são um conjunto padrão de medidas, algumas vezes chamado de "indicadores-chave", que podem ser aplicados em todas as divisões da empresa. Ao contrário, os FCS são áreas de maior importância para um gerente em particular, de uma determinada divisão da empresa, em um determinado período no tempo.

Quintella, Rocha e Alves (2005) apresentam um conjunto de definições na literatura sobre FCS, compiladas por Verstraete (2000):

- São as variáveis graças às quais a gerência pode influenciar, por sua decisão e de forma significativa, a posição de cada firma em uma indústria. Esses fatores variam geralmente de uma indústria para outra; mas, no interior de uma indústria em particular, eles derivam da interação de dois tipos de variáveis: as características econômicas e tecnológicas do setor e as armas competitivas sobre as quais diferentes firmas do setor construíram suas estratégias;
- É o nome das coisas que devem andar bem para assegurar o sucesso de uma organização ou de um gerente; as competências em que há a necessidade de atenção especial e constante para obter alta *performance*;
- São as características, condições ou variáveis que, se corretamente seguidas, mantidas e geradas, podem ter um impacto significativo sobre o sucesso de uma firma de um determinado setor;
- É tudo sobre o que a empresa conta para atingir seus objetivos de longo prazo de resistir às forças do setor investigado (as cinco forças da tipologia de Porter) para ser competitiva em seu grupo estratégico e não submeter-se à concorrência de outros grupos. Ou, ao contrário, se viável, preparar a passagem para um outro grupo. Os FCS podem aparecer de duas formas: 1) Barreiras que conferem à empresa uma vantagem competitiva; e 2) *Performances* críticas que, sem dar à empresa uma vantagem distinta, lhe permitem propor uma oferta genérica de resultados conforme seus objetivos, *performance* tal que, sua insuficiência ou sua degradação levará à eliminação da firma ou comprometimento de sua posição;
- Elementos constituintes do êxito num setor, durante um período de sua história;
- É um elemento de oferta que tem valor para os clientes (usuários, distribuidores, especificadores) e um conhecimento e/ou vantagem de custo essencial em uma cadeia de concepção - produção - e distribuição do produto (ou serviço), que permite criar uma vantagem competitiva;
- Elementos sobre os quais se fundamenta prioritariamente a concorrência, correspondente às competências que é necessário controlar para ter *performance*.

Moura e Botter (2011) relatam que a metodologia de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) tem como base definir as principais informações relevantes para cada organização, do ponto de vista de seus executivos, e permear essas informações por toda empresa com o

objetivo de todos atuarem na mesma direção e sentido, para alcançarem os resultados almejados. Os FCS foram definidos como áreas ou atividades empresariais que devem receber uma atenção especial da gestão da organização, para que os resultados sejam alcançados, visando a uma vantagem competitiva frente aos concorrentes. A análise dos FCS de uma empresa abrange tanto o ambiente interno como o externo (FCS do setor industrial onde a empresa está inserida). Moura e Botter (2011) compilaram um conjunto de conceitos e definições sobre FCS (Fatores Críticos de Sucesso) disponíveis na literatura:

- Ponto-chave para determinar os FCS de uma empresa é a entrevista com os executivos da empresa, conforme definiu Rockart nos estudos feitos pelo MIT;
- Diferem de competências e recursos. Competências e recursos são fatores essenciais para estar no mercado, mas que não necessariamente caracterizam as diferenças nos valores criados para as organizações;
- Podem ser explicados como um número limitado de áreas, cujos resultados, se eles são satisfatórios, assegurarão desempenho competitivo de sucesso para uma organização;
- Características ou variáveis que, quando propriamente sustentadas, mantidas ou gerenciadas, podem ter um impacto significativo para o sucesso de uma empresa que compete numa determinada indústria;
- Variáveis onde a gerência de uma organização pode influenciá-las, interferindo na posição que uma empresa possui dentro de uma determinada indústria;
- Para a Engenharia da Qualidade, podem ser definidos como fatores necessários para assegurar efetivamente a implantação de um sistema que garanta a qualidade do produto em todas as etapas de seu ciclo, desde o desenvolvimento do projeto até a fase final da manufatura do produto;
- Devem ser analisados não de forma estática e individual, e sim de maneira global, avaliando-se o impacto no desempenho operacional e na melhora da produtividade de uma organização;
- Podem ser definidos como áreas críticas de uma empresa que merecem atenção especial para que ela alcance seus objetivos e torne-se competitiva em seu segmento de atuação.

Desde a década de 70, um problema comum enfrentado pelas empresas é a dificuldade que os administradores têm em obter as informações que realmente necessitam para tomar suas decisões a partir dos sistemas de informação existentes. Carli, Delamaro e Salomon (2010) explicam que o pesquisador Rockart do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) propôs em 1979 uma abordagem que tem por foco os Fatores Críticos de Sucesso (FCS): "O número limitado de áreas nas quais os resultados, se satisfatórios,



asseguram o desempenho competitivo bem-sucedido para a organização". Atualmente, dá-se o nome de FCS a uma relação de itens que devem ser observados durante o planejamento, execução e controle de um projeto, para que seus resultados sejam alcançados.

Para facilitar o entendimento dos diversos FCS em projetos apresentados pela literatura, Morioka e Carvalho (2013), propuseram uma classificação em cinco dimensões de FCS: planejamento e controle, natureza do projeto, recursos humanos, *stakeholders* e meio externo ao projeto (ver Quadro 15).

Fatores críticos de sucesso de projeto			
Grupo	Dimensão	Observações	Exemplos
Projeto e gestão de projeto	Planejamento e controle	- Atuação direta do gerente de projeto	Objetivos claros e realistas; Gestão de mudanças efetiva; Gestão de riscos efetiva; Controle e monitoramento efetivos; Organização clara e simples para o projeto; Controle gerencial dinâmico e eficiente
	Natureza do projeto	- Referência às características do projeto, evidenciando a necessidade de uma tipologia adequada	Tecnologia conhecida; Valor percebido do projeto; Projeto de grande porte, alto nível de complexidade, muitas pessoas envolvidas, longa duração
Pessoas	Recursos humanos	- Preocupação com a equipe do projeto	Boa comunicação e bom <i>feedback</i> ; Equipe de projeto suficiente e qualificada; Gerente de projetos bem preparado; Boa liderança; Treinamentos adequados; Motivação e seleção da equipe
	<i>Stakeholders</i>	- Verificação dos envolvidos no projeto	Suporte da alta diretoria; Envolvimento de clientes e usuários; Bom desempenho de fornecedores, contratados e consultores; Diversos pontos de vista
Empresa	Meio externo	- Características externas ao âmbito do projeto em si	Adaptação, cultura e estrutura da organização; Estabilidade política; Ferramentas e métodos de gestão de projetos bem escolhidos; Compreensão do ambiente do projeto (contexto); Sistema de informações gerenciais confiável

Quadro 15: Fatores críticos de sucesso em projetos.

Fonte: Morioka e Carvalho, 2013.

Para Gambôa, Caputo e Filho (2004) os FCS podem ser considerados como fatores-chave que a organização deve ter ou precisar e que, juntos, podem realizar uma missão.

Moraes e Laurindo (2003) comentam em seu trabalho que uma das primeiras propostas para o problema de seleção e priorização de projetos de TI foi o método dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS), que foca, principalmente, os sistemas de informação gerenciais e executivos, e é baseado na definição, por parte dos altos executivos, das atuais necessidades representadas pelos FCS. Os FCS são definidos como as áreas onde um resultado satisfatório "garante o sucesso do desempenho competitivo da organização". Os principais FCS podem ser identificados na estrutura do setor, na estratégia competitiva, na posição da indústria, na localização geográfica e nos fatores ambientais e temporais. Embora tenha sido concebido primariamente para definição de sistemas de informação, esse método apresenta importante impacto nas práticas gerenciais e de planejamento estratégico. É comum definir FCS para diferentes funções da empresa, como FCS de marketing, de manufatura, de projeto, dentre outros.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 DESENHO MISTO DE PESQUISA

##### 3.1.1 Abordagem de pesquisa

Creswell (2003) mostra na Figura 26 como três elementos da investigação (ou seja, alternativas de reivindicações de conhecimento, estratégias e métodos) combinam-se para formar diferentes abordagens para a pesquisa. Essas abordagens, por sua vez, são convertidas em processos no projeto de pesquisa. Etapas preliminares na concepção de uma proposta de pesquisa são avaliar as reivindicações do conhecimento trazidas para o estudo, a fim de considerar a estratégia de investigação que será usada e identificar os métodos específicos.

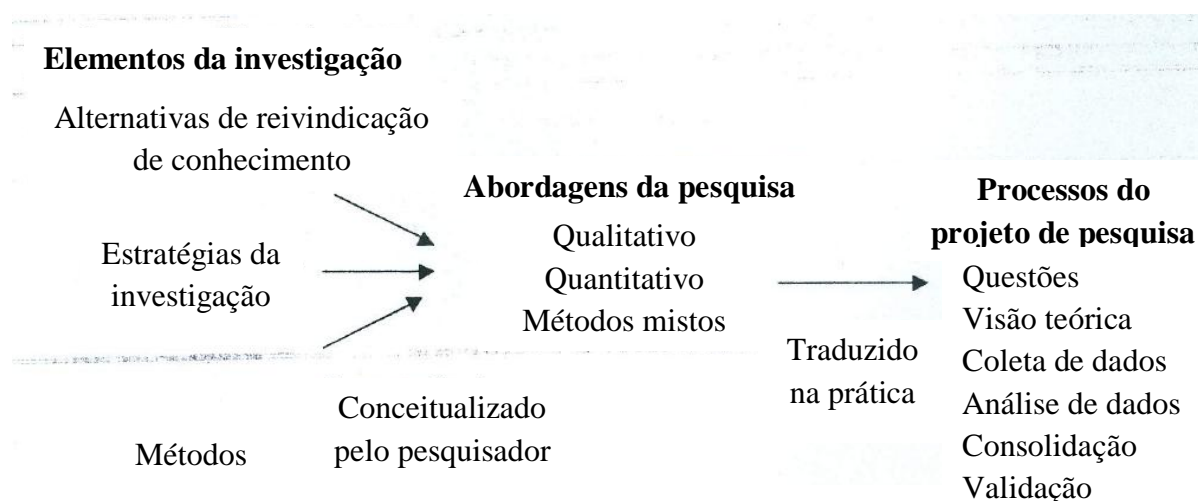


Figura 26: Elementos da investigação, abordagens da pesquisa e processos do projeto de pesquisa.

Fonte: Creswell, 2003.

Afirmar uma reivindicação de conhecimento significa que os pesquisadores iniciam um projeto com certas suposições sobre como eles vão aprender e o que eles vão aprender durante a investigação. Estas reivindicações podem ser chamadas paradigmas, pressupostos filosóficos, epistemologias e ontologias, ou metodologias de pesquisa. Filosoficamente, pesquisadores fazem reivindicações sobre o que é conhecimento (ontologia), como o conhecemos (epistemologia), que valores entram nele (axiologia), como escrevemos sobre ele (retórica) e os processos para estudá-la (metodologia). Existem quatro principais escolas de pensamento sobre reivindicações de conhecimento: pós-positivismo, construtivismo, advocacia/participativa e pragmatismo. No caso deste trabalho, a escola mais aderente é a do pragmatismo, onde as reivindicações de conhecimento surgem de ações, situações e consequências ao invés de condições antecedentes (como pós-positivismo). Há uma

preocupação com aplicações sobre "o que funciona" e soluções para os problemas. Ao invés dos métodos serem importantes, o problema é mais importante, e os pesquisadores utilizam todas as abordagens para entender o problema.

Operando em um nível mais aplicado existem as estratégias de investigação, que fornecem uma direção específica para os procedimentos em um projeto de pesquisa. Existem estratégias para as abordagens quantitativa, qualitativa e de métodos mistos. No caso deste trabalho, a opção é pelas estratégias para métodos mistos, bem menos conhecidos que as estratégias quantitativas ou qualitativas, envolvendo a coleta e análise de ambas as formas de dados em um único estudo. Nos métodos mistos (CRESWELL, 2003), abordagens associadas a métodos de campo, tais como as observações e entrevistas (dados qualitativos) são combinadas com pesquisas (*surveys*) tradicionais (dados quantitativos). Reconhecendo que todos os métodos têm limitações, pesquisadores sentiram que enviesamentos inerentes em qualquer método único poderiam neutralizar ou cancelar os enviesamentos de outros métodos. Daí nasceu a triangulação de fontes de dados, um meio para a busca de convergência através de métodos qualitativos e quantitativos. Depois surgiram razões adicionais para a mistura de diferentes tipos de dados. Por exemplo, os resultados de um método podem ajudar a desenvolver ou informar o outro método. Alternativamente, um método pode ser incluído dentro de outro método para fornecer visões em diferentes níveis ou unidades de análise.

Em particular, existem três estratégias gerais nos métodos mistos, a sequencial, simultânea e transformativa, sendo que para os fins deste trabalho optou-se pela sequencial. Procedimentos sequenciais são aqueles em que o pesquisador pretende elaborar ou expandir os resultados de um método com outro método. Isso pode envolver um início com um método qualitativo para fins exploratórios, seguido de um método quantitativo, com uma amostra adequada para que o pesquisador possa generalizar os resultados de uma população. Como alternativa, o estudo pode começar com um método quantitativo em que teorias ou conceitos são testados, para ser seguido por um método qualitativo envolvendo exploração detalhada com alguns casos ou indivíduos.

Finalmente, o terceiro elemento importante que entra em uma abordagem de pesquisa é o método específico de coleta de dados e análise. Na abordagem de métodos mistos, o pesquisador tende a basear reivindicações de conhecimento em motivos pragmáticos (por exemplo, orientado por consequência, centrado no problema e pluralista). Ele emprega estratégias de investigação que envolvem a coleta de dados simultaneamente ou sequencialmente para melhor compreender os problemas de pesquisa. A coleta de dados envolve informações numéricas (por exemplo, em instrumentos de pesquisa), bem como

informações de texto (por exemplo, em entrevistas) para que o banco de dados final represente informações tanto quantitativas como qualitativas.

Com base no acima exposto, definiu-se para este trabalho a utilização da abordagem de métodos mistos, com reivindicação do conhecimento pragmático e coleta de dados qualitativos e quantitativos sequencialmente. O estudo começa com uma fase qualitativa (análise de conteúdo), seguido de uma fase quantitativa por meio de um levantamento (*survey*) para generalizar os resultados de uma população.

O método também é dedutivo, como no estudo de Silva et al. (2004), que utilizou pesquisa bibliográfico-documental. Silva, Oliveira e Filho (2005) utilizaram na sua pesquisa uma metodologia que, quanto ao procedimento foi dedutivo-analítica, quanto aos objetivos foi descritiva e quanto à abordagem foi qualitativa-quantitativa. Silva e Rue (2015) optaram pelo método de abordagem dedutivo, em conjunto com a técnica de pesquisa bibliográfica, da mesma forma que Silva, Diniz e Neto (2013) empregaram em seu trabalho o método científico-dedutivo com pesquisa bibliográfica.

### **3.1.2 Modelo conceitual**

Robson (2011) discorre sobre a importância dos modelos conceituais. Modelos conceituais explicam, graficamente ou de forma narrativa, os principais aspectos a serem estudados, os fatores chave, constructos e variáveis, e as possíveis correlações entre os mesmos. O desenvolvimento de um modelo conceitual força o pesquisador a ser explícito sobre o que ele pensa que está fazendo. Ajuda também a ser seletivo, decidir quais são as características importantes, quais correlações são importantes de serem mencionadas e, por conseguinte, quais dados vão ser coletados e analisados.

Para facilitar a discussão de características de desenhos mistos de pesquisa, um sistema de notação aparece extensivamente em toda a literatura de métodos mistos, com "quan" para indicar os métodos quantitativos de um estudo e "qual" para indicar os métodos qualitativos (CRESWELL e CLARK, 2011). A forma abreviada visa transmitir um status igual dos dois métodos (ou seja, ambas as abreviaturas têm o mesmo número de letras e mesmo formato). A prioridade relativa dos dois métodos no âmbito de um estudo particular é indicada através do uso de maiúsculas e minúsculas – isto é, os métodos priorizados são indicados com letras maiúsculas (ou seja, QUAN e/ou QUAL) e os métodos secundários com letras minúsculas (ou seja, quan e/ou qual).

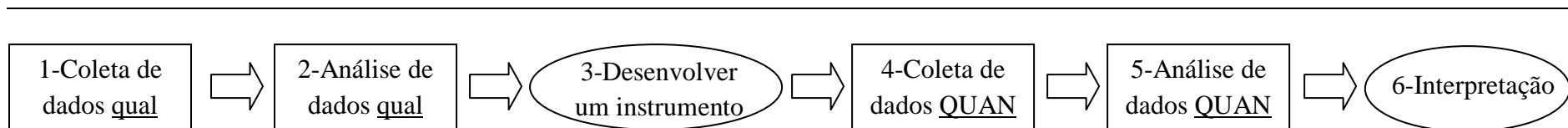
Além disso, a notação usa um mais (+) para indicar os métodos que ocorrem ao mesmo tempo e uma seta (→) para indicar os métodos que ocorrem em uma sequência. A

partir deste sistema de notação, diagramas processuais têm sido usados para transmitir a complexidade dos desenhos mistos de pesquisa (CRESWELL e CLARK, 2011). Estes diagramas usam formas geométricas (retângulos e elipses) para ilustrar as etapas no processo de pesquisa (ou seja, coleta de dados, análise de dados, interpretação) e setas feitas com linhas sólidas ( $\rightarrow$ ) para mostrar a progressão através destas etapas. Eles incorporam detalhes sobre procedimentos e produtos específicos (por exemplo, relatórios específicos de produtos para uma agência de financiamento) que vão além do nível de informação transmitida pelo sistema de notação de desenhos mistos de pesquisa.

A pesquisa exploratória é um projeto de duas fases em que o pesquisador começa coletando e analisando dados qualitativos na primeira fase. A partir dos primeiros resultados exploratórios, o pesquisador constrói uma segunda fase, na qual dados quantitativos são coletados e analisados para testar ou generalizar os achados qualitativos iniciais. O estudo de Myers e Oetzel (2003) é um exemplo de uso de uma pesquisa exploratória para estudar um problema de pesquisa. O objetivo geral do estudo foi descrever e medir as dimensões de assimilação organizacional. A notação para seu estudo pode ser escrita como: qual  $\rightarrow$  QUAN = validar dimensões exploratórias projetando e testando um instrumento. Os autores utilizaram duas fases conectadas para implementar este método de estudo em um desenho misto de pesquisa exploratório. O projeto começou com a coleta e análise de dados qualitativos para explorar um fenômeno. A partir desta fase inicial, um instrumento foi desenvolvido em um ponto de *interface*. Os pesquisadores usaram este instrumento para coletar dados quantitativos em uma segunda fase e concluíram interpretando o que foi aprendido através das duas fases.

No caso deste trabalho, será utilizada a mesma notação do estudo de Myers e Oetzel (2003), ou seja, “qual  $\rightarrow$  QUAN = validar dimensões exploratórias projetando e testando um instrumento”, em seis etapas, com seus respectivos procedimentos e produtos, conforme mostrado na Figura 27.

## Etapas do Método de Pesquisa



### Procedimentos

- |  |  |   |   |   |   |
|--|--|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9 frases pesquisa</li> <li>• Bases SciELO e Scopus</li> <li>• 2010 a 2015</li> <li>• <i>Articles e Reviews</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo bibliométrico</li> <li>• Leitura resumos</li> <li>• Eliminação registros incompletos ou ã aderentes</li> <li>• Análise de conteúdo de 81 docs. c/ método PRISMA</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala Likert de 1 a 5, além de “não entendi”</li> <li>• Baseado no Modelo Toyota de Liker (2004), adaptado para a construção civil, feito c/base na revisão literatura</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amostra não probabilística de 5 grupos organizados totalizando 140 profissionais envolvidos c/ construção civil</li> <li>• 60 respondentes</li> <li>• Questionário por e-mail e formulário presencial</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de confiabilidade</li> <li>• Validação do conteúdo</li> <li>• Validação do constructor</li> <li>• Análise fatorial exploratória</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir dimensões</li> <li>• Evidenciar validação do constructo</li> <li>• Discutir a extensão até onde foram validadas as dimensões qualitativas</li> </ul> |
|--|--|---|---|---|---|

### Produtos

- |   |  |  |   |   |   |
|---|--|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 156 documtos. const. enxuta</li> <li>• 11 documtos. fatores críticos sucesso (FCS)</li> <li>• 6 geral p/ tese</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 88 documtos. p/ rev. literat. (71 doc. const. enxut; 11 FCS e 6 geral)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seção A: perfil empresas e respondentes</li> <li>• Seção B: 35 práticas de const. enxuta</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição numérica para as 35 práticas ao longo de 14 princípios e 4 camadas do modelo Toyota de Liker (2004)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alfa Ordinal</li> <li>• Teste KMO</li> <li>• Teste Esfericidade Bartlett</li> <li>• Extração cargas fatoriais</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrição das dimensões</li> <li>• Instrumento validado às dimensões das medições</li> </ul> |
|---|--|--|---|---|---|

Figura 27: Modelo conceitual com diagrama contendo etapas, procedimentos e produtos da pesquisa.

Fonte: O próprio autor, 2015.

As seis etapas de trabalho do modelo conceitual são esclarecidas a seguir:

1. Coleta de dados qual – realizou-se uma pesquisa nas bases científicas Scopus e SciELO, a partir de 2010, abordando construção enxuta por meio de 7 frases de pesquisa, com resultados limitados a *articles* e *reviews*. Foram encontrados 156 documentos sobre construção enxuta, além de 11 especificamente sobre “fatores críticos de sucesso (FCS)” e mais 6 de buscas no Google e site na internet;
2. Análise de dados qual – análise de documentos utilizando método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Após leitura dos resumos e eliminação de registros incompletos ou não aderentes, restaram 81 documentos que, após análise de conteúdo, foram reduzidos para 71. Somados aos 11 documentos sobre FCS e 6 da busca no Google e sites, obteve-se um total de 88 documentos para a revisão da literatura;
3. Desenvolver um instrumento – construiu-se um instrumento de pesquisa (*survey*) para a coleta de dados, a partir da revisão da literatura na etapa 2. Esse questionário é um instrumento auto-respondido, ou seja, sem interferência de nenhum entrevistador na obtenção das informações. A primeira parte do questionário visou obter informações sobre o perfil básico da empresa e dos respondentes. Na segunda parte do questionário os entrevistados foram convidados a avaliar 35 atributos relacionados a práticas do Modelo Toyota em termos da extensão em que deveriam ser implementadas nas empresas para que a filosofia de gestão enxuta possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, num horizonte de 10 anos. Para avaliar as práticas foi utilizada uma escala Likert de 5 pontos e a opção NE (não entendi);
4. Coleta de dados QUAN – a amostra, não probabilística, foi formada por 140 profissionais de 5 grupos organizados do estado do RJ envolvidos com atividades relacionadas ao setor de construção civil: 1-Empresas do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio de Janeiro (Sinduscon-Rio), certificadas no nível "A" do SiAC (Conformidade de Empresas de Serviços e Obras) do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat); 2-Empresas da Comissão de Materiais, Tecnologia, Produtividade e Qualidade (COMAT); 3-Cursos de educação executiva para o setor de construção civil, promovidos pelo Instituto Euvaldo Lodi (IEL-RJ), vinculado à FIRJAN; 4-Especialistas, consultores e técnicos de empresas de serviços para o setor de construção civil; 5-Professores universitários. A coleta de dados foi realizada por meio eletrônico (e-mail) e formulário presencial, entre os meses de setembro e dezembro de 2015, obtendo-se respostas de 60 entrevistados;
5. Análise de dados QUAN – após o levantamento e organização dos dados, foi realizada uma validação da confiabilidade do instrumento utilizando o Alfa Ordinal, seguida de uma validação de conteúdo e validação de constructor, por meio dos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de Esfericidade de Bartlett. Foi realizada uma análise fatorial exploratória;
6. Interpretação – elaborou-se um *ranking* das 35 práticas de construção enxuta, calculando as estimativas das proporções de concordantes para cada uma das práticas e seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

### 3.2 FASE QUALITATIVA DA PESQUISA

Uma estratégia geral para realizar pesquisa social é fazer uso dos dados disponíveis. Em contraste com estratégias de pesquisa que se baseiam em dados coletados em primeira mão (experimentais, *surveys*, estudos de campo), o pesquisador de dados disponíveis minera informações de segunda mão (SINGLETON JR e STRAITS, 2010). A fonte de tais informações inclui registros públicos escritos, variando de processos judiciais, estatísticas vitais até arquivos de dados do censo; documentos particulares, tais como diários, cartas, registros de negócios e relatórios fiscais; os meios de comunicação; evidências físicas não verbais, tais como obras de arte, vestuário e outros artefatos; e arquivos de dados de ciências sociais gerados a partir de *surveys* e etnografias.

A pesquisa de dados disponíveis, incluindo a análise secundária de dados de *surveys* existentes, é atualmente o mais popular método de pesquisa social. Em comparação com outras estratégias de pesquisa, é mais adequada para a análise das variáveis estruturais sociais, para a pesquisa transcultural e para estudos do passado e de mudança social. Além disso, muitas vezes fornece medidas não reativas de conceitos, pode permitir ao pesquisador os meios para aumentar o tamanho da amostra e para replicar a pesquisa, e geralmente custa menos ao pesquisador individual, explicam Singleton Jr e Straits (2010).

Quando se usam os dados coletados para outra finalidade, a busca de dados adequados e a avaliação e o refinamento dos dados tornam-se fases de pesquisa extremamente importantes. Em geral, o problema de pesquisa deve orientar a busca de fontes de dados disponíveis. A literatura da pesquisa também pode fornecer indicações úteis para localizar fontes, que podem ser aumentadas consultando bibliotecas ou várias listas de conjuntos de dados de acesso público.

Algumas fontes de informação podem exigir a construção criativa de medidas substitutas ou indiretas das principais variáveis ou a utilização de indicadores múltiplos. É importante, no entanto, de se ter cuidado com medidas menos que satisfatórias que podem ser adotadas apenas por causa da disponibilidade dos dados. Também é essencial avaliar a validade dos dados para determinar a sua autenticidade, por exemplo, se as definições usadas na compilação de registros se alteraram ao longo do tempo, se mudou o significado de palavras e frases em documentos escritos e assim por diante. Após tal avaliação, muitas vezes é necessário refinar ou fazer ajustes para permitir a adequada interpretação.

Finalmente, deve-se considerar a disponibilidade de dados como uma amostra da informação. A maioria dos dados do censo e vários arquivos de *surveys* se baseiam em



amostras excepcionalmente boas, embora não livres de erros. Singleton Jr e Straits (2010) alertam que registros escritos do passado mais remoto, invariavelmente sofrem de perdas de qualidade e materiais físicos estão sujeitos a danos. Para conjuntos de dados volumosos, amostragem probabilística baseada no tempo e/ou espaço muitas vezes é possível e necessária. A análise de dados disponíveis de pesquisa depende dos fins da pesquisa e da natureza da fonte de informação.

As diversas fontes de dados dão origem a diferentes formas de análise, com fins de pesquisa distintos. Uma abordagem de pesquisa de dados disponíveis é a análise de conteúdo, cujo objetivo é desenvolver critérios sistemáticos e objetivos para transformar o texto escrito em dados quantitativos confiáveis (SINGLETON JR e STRAITS, 2010). Mais do que apenas uma simples técnica, a análise de conteúdo é um conjunto de métodos para analisar o conteúdo simbólico de qualquer comunicação. A ideia básica é reduzir o teor total de uma comunicação (por exemplo, todas as palavras ou todas as imagens visuais) a um conjunto de categorias que representa alguma característica de interesse da pesquisa. Assim, a análise de conteúdo pode envolver a descrição sistemática de materiais verbais ou não verbais.

Sua aplicação não é limitada à análise dos dados existentes. Ainda assim, sua aplicação mais comum é a palavra disponível impressa ou falada. A análise de conteúdo tem sido aplicada a documentos escritos com conteúdo variado e complexo, incluindo editoriais de jornais, plataformas de partidos políticos, romances e discursos gravados. Selecionar e definir as categorias para análise de conteúdo é análogo a decidir sobre um conjunto de perguntas fechadas numa pesquisa *survey*. Em vez de dar as perguntas para os entrevistados que fornecem as respostas, o analista de conteúdo aplica-as a um documento e codifica a categoria apropriada. As "perguntas" aplicadas ao documento devem ser adequadas para a finalidade da pesquisa, e as categorias devem ser claramente definidas e mutuamente exclusivas.

Analistas de conteúdo referem-se às suas unidades de análise como unidades de registro, que é esse elemento do texto que é descrito pelas categorias de conteúdo. Pode ser a única palavra ou símbolo; a frase, parágrafo ou outra unidade gramatical; todo o texto; ou algum outro aspecto do texto como o personagem ou o enredo. Em geral, unidades menores podem ser codificadas com mais confiabilidade do que as unidades maiores porque elas contêm menos informações. Por outro lado, unidades menores tais como palavras podem não ser suficientes para extrair o significado da mensagem, e pode haver unidades demais para o pesquisador gerenciar. Estas limitações se aplicam ao uso de computadores na análise de conteúdo, porque, neste momento, as únicas unidades programáveis para análise de computador são palavras, seus sentidos e frases como expressões idiomáticas e substantivos.

### 3.2.1 Definição das bases científicas que foram utilizadas na busca de publicações

Optou-se por utilizar duas bases científicas para a busca de publicações:

- Scientific Electronic Library Online – O Programa SciELO existe há 15 anos em prol do melhoramento dos periódicos científicos que indexa e publica em acesso aberto, teve origem no Brasil e se expandiu para outros 15 países;
- Scopus – Com base no artigo de Treinta et al. (2014):

Em relação à avaliação de jornais e revistas [...] o Scopus é atualmente a maior base de dados, tendo em vista a ampla cobertura de resumos e citações de literatura que oferece, além de possuir diversas ferramentas que possibilitam ao pesquisador acompanhar, analisar, visualizar e exportar pesquisas. Atualmente, o Scopus disponibiliza o Journal Analyzer, que oferece uma visão rápida do desempenho dos períodos, sendo que em 2010 adicionou duas novas métricas de periódicos: SNIP e SJR. A utilização de ambos indicadores evita que a avaliação das publicações fique restrita a uma única métrica. Além disso, ambos os indicadores conseguem atuar de forma realmente complementar, além de serem métricas públicas e com suas metodologias de cálculo publicadas.

### 3.2.2 Frases de pesquisa utilizadas e registros encontrados

As bases científicas SciELO e Scopus foram acessadas pelo portal de periódicos da CAPES/MEC, via Universidade Federal Fluminense (UFF). A pesquisa contabilizou registros até o mês de março de 2015, apresentando os seguintes resultados (Tabela 11), limitados aos tipos de documento *article* e *review* na base Scopus, que foi utilizada especificamente para obtenção do estado-da-arte de conhecimento a respeito de construção enxuta.

Tabela 11: Frases de pesquisa nas bases Scopus e SciELO.

Frases de pesquisa	Scopus	SciELO
1. Construction OR building AND industry AND lean OR lean construction	299	
2. Construction OR building AND industry AND lean OR lean construction (a partir de 2010)	144	
3. Construction OR building AND industry AND lean OR lean construction AND productivity (a partir de 2010)	25	
4. Construction OR building AND industry AND lean OR lean construction AND sustainability (a partir de 2010)	12	
5. Construction OR building AND industry AND lean OR lean construction AND brazil (a partir de 2010)	1	
6. Construction OR building AND lean (a partir de 2010)		9
7. Construction OR building AND lean AND brazil (a partir de 2010)		2
8. Construção OR construção civil AND lean (a partir de 2010)		3
9. Construção OR construção civil AND lean AND brasil (a partir de 2010)		1

Fonte: O próprio autor, 2015.

Os resultados demonstram que ainda existem poucas publicações científicas tratando do tema *lean* na construção civil do Brasil, portanto, representa uma oportunidade para contribuições científicas a partir dos resultados encontrados por meio deste trabalho. Os únicos estudos identificados nas bases Scopus e SciELO, a partir de 2010, envolvendo o Brasil e já eliminando as duplicidades, foram os de Vivan e Paliari (2012) e de Alves, Milberg e Walsh (2012).

### 3.2.3 Estudo bibliométrico dos documentos encontrados

Quando foram analisados os resultados da frase de pesquisa 1, verificou-se que, dos 299 documentos encontrados, o primeiro registro remonta a 1984, percebendo-se um aumento no número de registros a partir de 2005 e um equilíbrio a partir de 2010 (Figura 28).

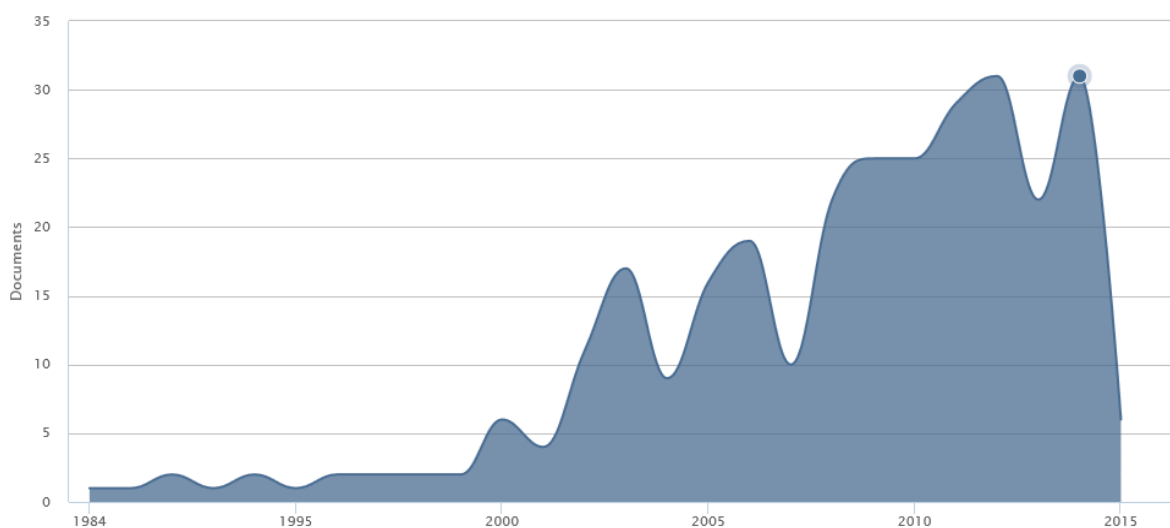


Figura 28: Distribuição dos 299 documentos encontrados na base Scopus ao longo do tempo.

Fonte: O próprio autor, 2015.

Simulando a frase de pesquisa 1, limitando o ano a partir de 2010 (frase de pesquisa 2), foram encontrados 144 documentos (48%), quase metade dos 299 documentos encontrados na frase de pesquisa 1 (Figura 29).

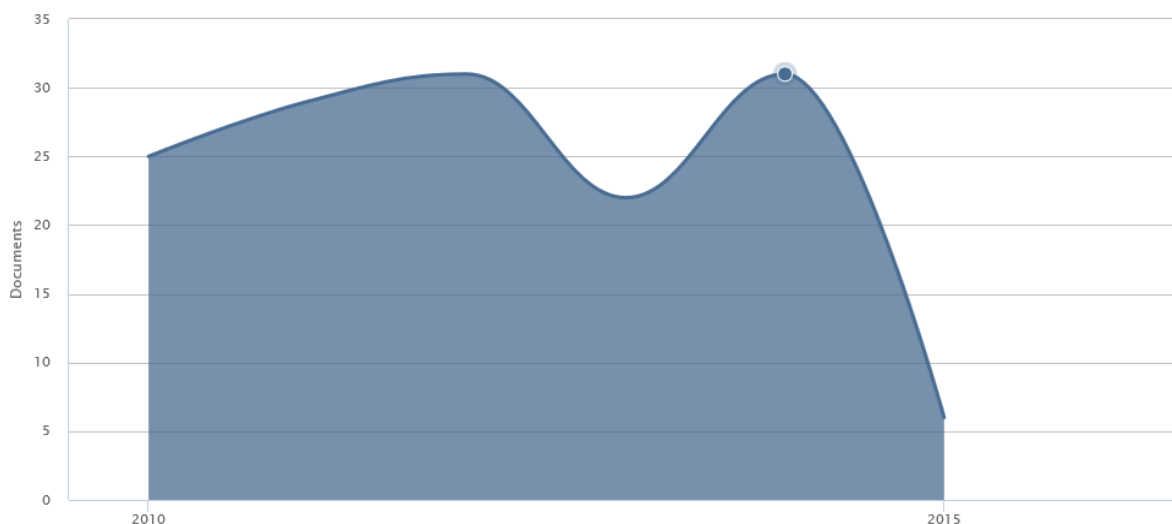


Figura 29: Distribuição dos 144 documentos encontrados na base Scopus ao longo do tempo, a partir de 2010.

Fonte: O próprio autor, 2015.

Considerando que a partir de 2010 existe um equilíbrio no número de documentos (Tabela 12), que quase metade dos registros estão disponíveis a partir daquele ano, e que este trabalho visa ser desenvolvido a partir de literatura mais recente, optou-se por limitar a análise aos 144 documentos encontrados na frase de pesquisa 2, que foram catalogados por meio do *software* EndNotes, e cuja análise bibliométrica será apresentada a seguir.

### 3.2.3.1 Documentos por ano na base Scopus

Tabela 12: Documentos por ano na base Scopus, a partir de 2010.

Ano	Nº de documentos
2015 (até março)	4
2014	33
2013	22
2012	31
2011	29
2010	25

Fonte: O próprio autor, 2015.

Entre 2010 e 2014, houve em média 28 documentos por ano publicados tratando do tema *lean* na construção civil, portanto, é um assunto que nos últimos anos vem mantendo o interesse da comunidade científica.

### 3.2.3.2 Fontes com maior número de documentos na base Scopus

A Tabela 13 relaciona as fontes com maior número de documentos na base Scopus (a partir de 4 registros), bem como o somatório das métricas SNIP (*Source Normalized Impact per Paper*) e SJR (*SCImago Journal Rank*), um dos critérios utilizados na priorização da leituras dos documentos a serem considerados para a revisão da literatura.

Tabela 13: Fontes com maior número de documentos na base Scopus, a partir de 2010.

Fonte	Nº de documentos	SNIP	SJR	SNIP+ SJR
Construction Management and Economics	5	1,012	0,724	1,736
Journal of Manufacturing Technology Management	4	1,196	0,656	1,852
Quality Engineering	4	1,049	0,523	1,572
Construction Innovation	4	1,020	0,392	1,412
Engineering Construction and Architectural Management	4	0,672	0,468	1,14

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.2.3.3 Autores com maior número de documentos na base Scopus

A Tabela 14 apresenta os autores com maior número de documentos na base Scopus (a partir de 3 registros). Com exceção de Pasquire, C., todos possuem publicações científicas incluídas na revisão da literatura, com base nos critérios estabelecidos em 3.2.4.

Tabela 14: Autores com maior número de documentos na base Scopus, a partir de 2010.

Autor	Nº de documentos
Sacks, R.	6
Nahmens, I.	5
Pasquire, C.	4
Ikuma, L.H.	4
Ko, C.H.	3
Ballard, G.	3
Koskela, L.	3
Gao, S.	3
Low, S.P.	3
Wu, P.	3

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.2.3.4 Documentos por país da organização que submeteu o documento, na base Scopus

A Tabela 15 correlaciona os países de origem das organizações (universidades, empresas, associações empresariais etc.) que submeteram os documentos e a quantidade de documentos submetidos e publicados (a partir de 5 registros).

Nota-se uma preponderância dos EUA e Reino Unido existindo, portanto, um grande espaço para publicações científicas de organizações brasileiras.

Tabela 15: Documentos por país da organização que submeteu o documento, na base Scopus, a partir de 2010.

País	Nº de documentos
EUA	38
Reino Unido	20
Índia	9
Suécia	7
Austrália	7
Países baixos	6
Israel	6
Taiwan	5
Malásia	5
Singapura	5

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.2.3.5 Documentos por área de conhecimento na base Scopus

A Tabela 16 indica as áreas de conhecimento relacionadas aos documentos (podendo existir mais de uma por documento), mostrando que existe uma preponderância das áreas de engenharia e negócios, gestão e contabilidade. Esse resultado é um incentivo para a apresentação de artigos científicos, no âmbito do curso de engenharia civil da UFF.

Tabela 16: Documentos por área de conhecimento na base Scopus, a partir de 2010.

Área de conhecimento	Nº de documentos
Engenharia	89
Negócios, Gestão e Contabilidade	62
Ciências da decisão	19
Ciências da computação	18
Ciências sociais	10
Ciências ambientais	7
Artes e humanidades	6
Economia, Econometria e Finanças	5

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.2.3.6 Documentos por tipo na base Scopus

A Tabela 17 apresenta a distribuição dos documentos pesquisados, mostrando que existe espaço para submissão de artigos e/ou revisões da literatura existente, tratando de construção enxuta, especialmente para situações envolvendo o Brasil.

Tabela 17: Documentos por tipo na base Scopus, a partir de 2010.

Tipo de documento	Nº de documentos
Artigo	133
Revisão da literatura existente	11
Total	144

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.2.4 Critérios para definição das publicações utilizadas na revisão da literatura

Os dados disponíveis na fase qualitativa da pesquisa, tiveram seu conteúdo analisado por meio do método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), um guia de recomendações para uma revisão sistemática de literatura, descrito por Moher et al. (2009), utilizando o fluxo de informações através de quatro fases (identificação, seleção, elegibilidade e inclusão) mostrado na Figura 30.

A pesquisa foi realizada em duas etapas, a primeira tratando da obtenção de conhecimento para subsidiar a elaboração de um resumo sobre os fatores críticos de sucesso, indispensáveis para que a construção enxuta possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos. Fases:

1. Identificação – pesquisa realizada entre os dias 6 de janeiro e 29 de março de 2015, na base científica Scopus, filtrando registros a partir de 2010, apenas *article* ou *review*, com o objetivo de obter o estado-da-arte em conhecimento a respeito de construção enxuta. Para a frase de pesquisa (construction) OR (building) AND (industry) AND (lean) OR (lean construction) foram encontrados 144 registros. A base SciELO também foi acessada com a frase (construction) OR (building) AND (lean), encontrando-se 9 registros, a partir de 2010. Para a frase (construção) OR (construção civil) AND (lean), foram encontrados 3 registros, a partir de 2010. Foram identificados, portanto, um total de 156 registros (conjunto 1);
2. Seleção – Após leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, procedeu-se com a eliminação dos registros não aderentes (por exemplo, de outros setores industriais diferentes de construção civil), em duplicidade, e que não dispunham do documento completo na base Scopus, caso este não tenha sido encontrado numa segunda busca no Google acadêmico. Restaram 76 registros na base Scopus, além de 5 registros na base SciELO, portanto, totalizando 81 registros (conjunto 2);

3. Elegibilidade – após leitura completa dos 81 documentos e análise do conteúdo, elegeram-se 71 estudos (conjunto 3) relacionados aos propósitos deste trabalho;
4. Inclusão – os 71 estudos foram incluídos na revisão da literatura, além de 11 publicações tratando especificamente de conceitos e definições sobre fatores críticos de sucesso, identificados na base SciELO, bem como 6 artigos e estudos considerados relevantes aos propósitos deste trabalho, oriundos de buscas diretas no Google e páginas de organizações na internet, totalizando assim 88 publicações.

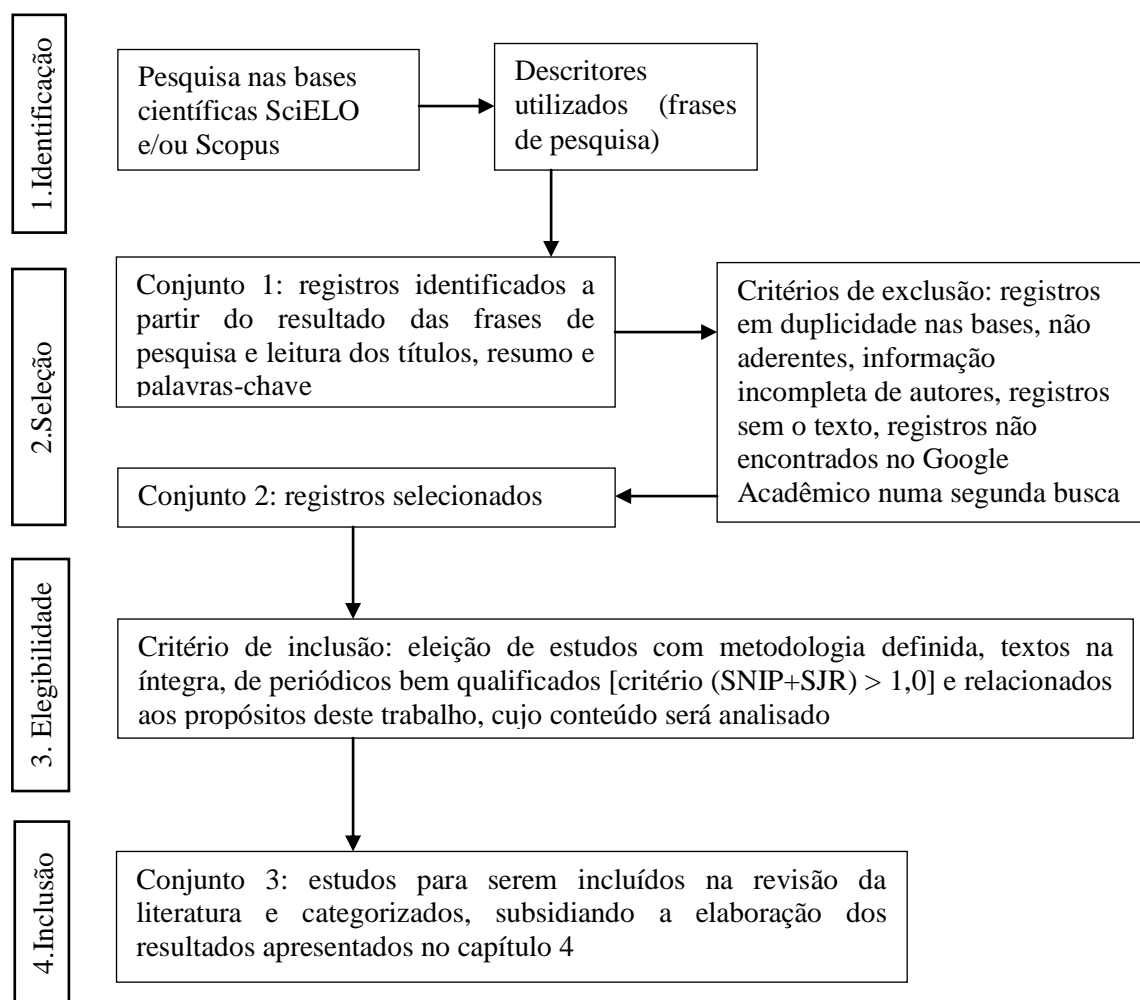


Figura 30: Fluxo de informações através das quatro fases de uma revisão sistemática de literatura.

Fonte: Elaborado a partir de Moher et al. (2009).

A segunda etapa envolveu a obtenção de informações sobre cada um dos 16 princípios/técnicas de construção enxuta que contribuem para a sustentabilidade nas organizações (OGUNBIYI, OLADAPO E GOULDING, 2014), a partir dos 71 estudos supracitados da fase 3.

Todas as 88 publicações incluídas na revisão da literatura foram categorizadas no Quadro 16, subsidiando a geração dos resultados, apresentados no próximo capítulo 4.



Nº	Referências	Ano	Título	Fonte
1	Al-Aomar	2012	A lean construction framework with Six Sigma rating	International Journal of Lean Six Sigma
2	Alsehaimi, Fazenda, Koskela	2014	Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study	Engineering, Construction and Architectural Management
3	Alves	2009	Melhores práticas em implantação de escritório de gerenciamento de projetos.	Dissertação apresentada ao curso de mestrado em engenharia de produção da Universidade Federal Fluminense
4	Alves, Milberg, Walsh	2012	Exploring lean construction practice, research, and education	Engineering, Construction and Architectural Management
5	Andrade, Arrieta	2011	Last planner en subcontrato de empresa constructora	Revista de la Construcción
6	Andújar-Montoya et al.	2015	A Construction Management Framework for Mass Customisation in Traditional Construction	Sustainability
7	Aquere, Dinis-Carvalho, Lima	2013	Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process	J. Constr. Eng. Management
8	Arayici et al.	2011	Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice	Automation in Construction
9	Aziz, Hafez	2013	Applying lean thinking in construction and performance improvement	Alexandria Engineering Journal
10	Badurdeen, Wijekoon, Marksberry	2011	An analytical hierarchy process-based tool to evaluate value systems for lean transformations	Journal of Manufacturing Technology Management
11	Ballard	2000	The Last Planner System of Production Control	The University of Birmingham, Department of Civil Engineering
12	Becker et al.	2014	Investigation into the Relationship of Construction Engineering and Management Education with Specialty Trade Contractors	Practice Periodical on Structural Design and Construction
13	Bernardi et al.	2010	Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste	Gestão Produção
14	Boggelen	2011	The contribution of AAC in securing a sustainable future. AAC innovations from a life cycle perspective	Cement, Wapno, Beton
15	Bos et al.	2014	Generic Lean Six Sigma project definitions for the construction industry	Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage
16	Bos, Kemper, Waal	2014	A study on how to improve the throughput time of Lean Six Sigma projects in a construction company	International Journal of Lean Six Sigma
17	Bulhões, Picchi	2011	Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações	Amb. Construído
18	CBIC	2012	A produtividade da construção civil brasileira	CBIC

Nº	Referências	Ano	Título	Fonte
19	Carli, Delamaro, Salomon	2010	Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital	Produção
20	Dave et al.	2016	Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards	Automation in Construction
21	Deshpande et al.	2012	Lean Techniques in the Management of the Design of an Industrial Project	J. Manage. Eng.
22	Diekmann et al.	2003	Measuring lean conformance	International Group for Lean Construction
23	Eriksson	2010	Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project	Supply Chain Management: An International Journal
24	EY	2014	Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil	EY
25	FIRJAN	2014	Construção Civil: Desafios 2020	FIRJAN
26	Fernández, Cárdenas, Armiñana	2011	La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador	Revista de Obras Públicas
27	Firmawan, Othman, Yahya	2012	Improving project performance and waste reduction in construction projects: a case study of a government institutional building project	International Journal of Technology
28	Forno et al.	2014	Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools	Int J Adv Manuf Technol.
29	Gambôa, Caputo, Filho	2004	Método para gestão de riscos em implementações de sistemas ERP baseado em fatores críticos de sucesso	J.Inf.Syst. Technol. Manag.
30	Gao, Low	2014	Impact of Toyota Way Implementation on Performance of Large Chinese Construction Firms	J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract
31	Gao, Low	2014	The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction	Total Quality Management & Business Excellence
32	Gao, Low	2014	The Last Planner System in China's construction industry — A SWOT analysis on implementation	International Journal of Project Management
33	Gonçalves, Musetti	2008	A importância do processo de alinhamento da estratégia com projetos Seis Sigma: um estudo multicase em operadores logísticos	Gestão Produção
34	González et al.	2015	Lean-Based Simulation Game for Construction Management Classrooms	J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.
35	González et al.	2010	Improving Planning Reliability and Project Performance Using the Reliable Commitment Model	J. Constr. Eng. Manage.
36	Green, May	2005	Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion, and the meaning of 'leanness'	Building Research & Inform.
37	Grönqvist, Male, Kelly	2006	The Function Priority Matrix: Meeting the Function of Function Analysis	J.. Value Solutions Ltd

Nº	Referências	Ano	Título	Fonte
38	Hamzeh et al.	2015	Understanding the role of “tasks anticipated” in lookahead planning through simulation	Automation in Construction
39	Han et al.	2012	Automated post-simulation visualization of modular building production assembly line	Automation in Construction
40	Harper, Hazleton	2014	New Engineer’s Knowledge for Success with Subcontractors and Trade Partners	Practice Periodical on Structural Design and Construction
41	Ibrahim et al.	2010	Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, present and future	Benchmarking: An International Journal
42	Ikuma, Nahmens, James	2011	Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding	J. Constr. Eng. Manage.
43	Issa	2013	Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time	Alexandria Engineering Journal
44	James et al.	2014	The impact of Kaizen on safety in modular home manufacturing	Int J Adv Manuf Technol.
45	Kim et al.	2015	Impact of Measuring Operational-Level Planning Reliability on Management-Level Project Performance	J. Manage. Eng.
46	Kim, Bae	2010	Assessing the Environmental Impacts of a Lean Supply System: Case Study of High-Rise Condominium Construction in Korea	J. Archit. Eng.
47	Ko, Tsai	2013	Applying Lean Production A3 to Enhance Construction Work Flow	Life Science Journal
48	Koranda et al.	2012	An Investigation of the Applicability of Sustainability and Lean Concepts to Small Construction Projects	Journal of Civil Engineering
49	Koskela	1992	Application of the new production philosophy to construction	CIFE Technical Report, Stanford University
50	Lee et al.	2014	Advancing Impact of Education, Training, and Professional Experience on Integrated Project Delivery	Practice Periodical on Structural Design and Construction
51	Liker	2004	The Toyota way: 14 management principles from the world’s greatest manufacturer	New York: McGraw-Hill
52	Lokkerbol, Schotman, Does	2012	Quality Quandaries: Personal Injuries: A Case Study	Quality Engineering
53	Love et al.	2011	Champions of practice: context and habitus for unbounded learning in construction projects	Facilities
54	Mahalingam, Yadav, Varaprasad	2015	Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption: Evidence from Two Indian Cases	J. Constr. Eng. Manage.
55	Mahamid, Elbadawi	2014	Construction Material Waste: Recognition and Analysis	Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology

Nº	Referências	Ano	Título	Fonte
56	Meiling, Backlund, Johnson	2012	Managing for continuous improvement in off-site construction - Evaluation of lean management principles	Engineering, Construction and Architectural Management
57	Mello, Amorim	2009	O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos	Produção
58	Moraes, Laurindo	2003	Um estudo de caso de gestão de portfólio de projetos de tecnologia da informação	Gestão Produção
59	Morioka, Carvalho	2014	Análise de fatores críticos de sucesso de projetos: um estudo de caso no setor varejista	Produção
60	Moura, Botter	2011	Análise da competitividade da indústria marítima Brasileira - associação dos fatores críticos de sucesso com suas dimensões	Produção
61	Nahmens, Ikuma	2012	Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding	Journal of Architectural Engineering
62	Nesensohn et al.	2014	Maturity and maturity models in lean construction	Australasian Journal of Construction Economics and Building
63	Ng, Zheng, Xie	2013	Allocation of construction resources through a pull-driven approach	Construction Innovation
64	Ogunbiyi, Oladapo, Goulding	2014	An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK	J.. Construction Innovation
65	Pavez, González, Alarcón	2010	Improving the Effectiveness of New Construction Management Philosophies using the Integral Theory	Revista de la Construcción
66	Pinch	2005	Lean construction: eliminating the waste	Construc. Executive
67	Priven, Sacks	2015	Effects of the Last Planner System on Social Networks among Construction Trade Crews	J. Constr. Eng. Manage.
68	Quintella, Rocha, Alves	2005	Projetos de veículos automotores: fatores críticos de sucesso no lançamento	Produção
69	Rockart	1981	A Primer on Critical Success Factors	Massachusetts Institute of Technology
70	Rosenbaum, Toledo, González	2014	Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study	Improving. J. Constr. Eng. Manage.
71	Rother, Harris	2002	Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção	Lean Institute Brasil
72	Rother, Shook	1999	Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício	Lean Institute Brasil
73	Sacks, Goldin	2007	Lean Management Model for Construction of High-Rise Apartment Buildings	J. Constr. Eng. Manage.
74	Sacks, Radosavljevic, Barak	2010	Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction	Automation in Construction

Nº	Referências	Ano	Título	Fonte
75	Sacks, Treckmann, Rozenfeld	2009	Visualization of Work Flow to Support Lean Construction	J. Constr. Eng. Manage.
76	Salem et al.	2006	Lean Construction: From Theory to Implementation	J. Manage. Eng.
77	Sarhan, Fox	2013	Performance measurement in the UK construction industry and its role in supporting the application of lean construction concepts	Australasian Journal of Construction Economics and Building
78	Scherer, Ribeiro	2013	Proposição de um modelo para análise dos fatores de risco em projetos de implantação da metodologia lean	Gestão Produção
79	Sullivan	2011	Quality Management Programs in the Construction Industry: Best Value Compared with Other Methodologies	J. Manage. Eng.
80	Tatum	2011	Core elements of construction engineering knowledge for project and career success	J. Constr. Eng. Manage.
81	Tezel, Nielsen	2013	Lean Const. Conformance among Const. Contractors in Turkey	J. Manage. Eng.
82	Tserng, Yin, Ngo	2013	A lean prebid planning model for construction contractors: a case study in Vietnam	Journal of Marine Science and Technology
83	Tykkä et al.	2010	Development of timber framed firms in the construction sector — Is EU policy one source of their innovation?	Forest Policy and Economics
84	Verstraete	2000	Essai de Conceptualisation de la Notion de Facteur Clé de Succès et de Facteur Stratégique de Risque	CLAEÉE
85	Vilasani, Neitzert, Rotimi	2014	Developing and evaluating a framework for process improvement in an alliance project: a New Zealand case study	Construction Management and Economics
86	Wu, Low, Jin	2013	Identification of non-value adding (NVA) activities in precast concrete installation sites to achieve low-carbon installation	Resources, Conservation and Recycling
87	Yerian et al.	2012	A Collaborative Approach to Lean Laboratory Workstation Design Reduces Wasted Technologist Travel	Am J Clin Pathol.
88	Yu et al.	2013	Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation	Journal of Management in Engineering

Quadro 16: Publicações incluídas na revisão da literatura.

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.3 FASE QUANTITATIVA DA PESQUISA

No método científico, um indivíduo começa com uma teoria, coleta dados que suportam ou refutam a teoria, e então faz as revisões necessárias antes de testes adicionais serem realizados. Operando em um nível mais aplicado existem as estratégias de investigação, que fornecem uma direção específica para os procedimentos em um projeto de pesquisa. No caso deste trabalho, a opção é pelas estratégias para abordagem quantitativa. As estratégias de investigação associadas com pesquisa quantitativa incluem os experimentos verdadeiros e experimentos menos rigorosos chamados quase-experimentos e estudos correlacionais, bem como experimentos únicos de assunto específico (CRESWELL, 2003).

Mais recentemente, estratégias quantitativas envolveram experimentos complexos com muitas variáveis e tratamentos (por exemplo, experimentos fatoriais e projetos de medições repetidas). Elas também incluíram modelos sofisticados de equações estruturais que incorporaram caminhos causais e a identificação da força coletiva de múltiplas variáveis. Estratégias de investigação comumente utilizadas são experimentos e *surveys*:

- Experimentos: incluem experimentos verdadeiros, com a atribuição aleatória dos sujeitos às condições de tratamento, bem como quase-experimentos que usam projetos não aleatórios, que incluem os projetos de assunto único.
- *Surveys*: incluem estudos transversais e longitudinais, utilizando questionários ou entrevistas estruturadas para a coleta de dados, com a intenção de generalizar a partir de uma amostra de uma população.

Um elemento importante que entra em uma abordagem de pesquisa é o método específico de coleta de dados e análise. Na abordagem quantitativa o pesquisador desenvolve seu conhecimento a respeito do assunto pesquisado (ou seja, pensamento de causa e efeito, redução para variáveis específicas e hipóteses e questões, uso de medição e observação e o teste de teorias), emprega estratégias de investigação como experimentos e *surveys*, e coleta dados com instrumentos pré-determinados que geram dados estatísticos.

#### 3.3.1 Instrumento e escala

O instrumento de pesquisa foi construído a partir da revisão da literatura, na forma de questionário (on-line) e formulário (presencial), tendo sido submetido previamente à avaliação de técnicos do Sistema FIRJAN do Núcleo de Estudos e Pesquisas da Construção Civil e da Gerência de Pesquisas, bem como pesquisadores da Universidade Federal Fluminense (UFF).

É crucial identificar os atributos operacionalizados no modelo Toyota para este estudo e para a preparação do instrumento de pesquisa, de forma que foi elaborado um questionário estruturado não disfarçado (CARNEVALLI e MIGUEL, 2001) contendo 35 atributos do modelo Toyota de Liker (2004), abrangendo 14 princípios em 4 camadas, dividido em duas seções:

- Seção A, tratando do perfil básico da empresa e dos respondentes;
- Seção B, em que os entrevistados são convidados a avaliar 35 atributos relacionados a práticas do Modelo Toyota em termos da extensão em que deveriam ser implementadas nas empresas para que a filosofia *lean* possa ser adotada na indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos. Uma lista completa dos atributos de pesquisa está incluída no apêndice. Eles são medidos usando uma escala de Likert de 1 (discordo completamente) a 5 (concordo completamente), além da opção NE (não entendi a afirmativa), como mostrado no exemplo do Quadro 17.

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
P3: Usar o sistema "puxado"						
P2.3.1 Materiais devem ser pedidos tão próximo quanto possível das exatas necessidades						
P2.3.2 É importante esforçar-se para que seja possível um baixo nível de inventário de material (mesmo sem estoque) no canteiro de obras						
P2.3.3 Conteúdo do trabalho, tempo de atividade, requisitos de materiais, entre outras informações, devem ser preparadas de forma clara antes de liberar uma tarefa de trabalho para uma equipe						

Quadro 17: Exemplo da escala de medição utilizada no instrumento.

Fonte: O próprio autor, 2015.

O instrumento possuía originalmente 91 atributos, que foram reduzidos para 35, a partir de sugestões de uma empresa de consultoria, que presta serviços especializados na implantação da filosofia *lean* em organizações, bem como de uma empresa do setor de construção civil, que adota a construção enxuta (do inglês *lean construction*).

A abordagem de classificação de Likert é amplamente utilizada e tem a vantagem de ser relativamente fácil de desenvolver, explica Robson (2011). Ela foi originalmente concebida por Likert na década de 1930. O mais comum é ter cinco expressões alternativas fixas, rotuladas como "concordo completamente", "concordo", "indecisos", "discordo" e "discordo completamente". Codificação de 1, 2, 3, 4 e 5 são atribuídos a essas alternativas, com direção de ponderação dependendo se a instrução é positiva ou negativa (por exemplo, 5 para um "concordo completamente" com uma declaração positiva e "discordo

completamente" com uma indicação negativa). Itens em uma escala de Likert podem parecer interessantes para os entrevistados e as pessoas frequentemente apreciam completar uma escala deste tipo. Isso pode ser de importância, não só porque se eles estão interessados, eles são propensos a dar respostas mais consistentes, mas também porque em muitas situações as pessoas não estão preparadas para cooperar em algo que parece chato.

Escalas podem ser testadas para a validade e confiabilidade, utilizando métodos diferentes, conforme demonstrado mais adiante neste trabalho.

Para melhor entendimento da nomenclatura utilizada ao longo deste trabalho, é importante explicar que o atributo ou prática 2.3.3, por exemplo, representa a variável X 2.3.3, na qual o "2" representa a camada do modelo Toyota à qual o atributo está relacionado, o "3" representa o constructor ou princípio na qual o atributo se encaixa, dentro da camada já citada, e o "3" significa qual das variáveis ou subprincípios desse princípio está sendo estudada. Sendo assim, no Quadro 16, trata-se do atributo ou prática X 2.3.3, que pertence ao Modelo Toyota de Processo (camada 2), dentro do constructor ou princípio de usar o sistema "puxado" (princípio 3), sendo o 3º subprincípio desse constructor (variável X. 2.3.3).

### **3.3.2 Amostra e coleta dos dados**

O objetivo deste trabalho é identificar os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos, portanto, era importante que a amostra, não probabilística, fosse definida de forma a deter o conhecimento técnico para responder o instrumento de pesquisa. Com base nessa premissa, foram contatados profissionais de cinco grupos organizados, a seguir descritos:

1. O Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio de Janeiro (Sinduscon-Rio), filiado à Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), congrega 178 empresas associadas. Esse conjunto foi cruzado com as 120 empresas do estado do RJ certificadas no nível "A" do SiAC (Conformidade de Empresas de Serviços e Obras), que constavam na página do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), em 7/8/2015. O cruzamento apontou 35 empresas. Estas empresas têm sistemas de gestão da qualidade implantados (ISO 9001:2008), e outros requisitos específicos para a construção civil, portanto, possuem uma maior probabilidade de atender aos objetivos desta pesquisa;
2. Profissionais das empresas participantes da Comissão de Materiais, Tecnologia, Produtividade e Qualidade (COMAT), que promove reuniões com suas empresas associadas (construtoras e empresas de serviços para o setor de construção civil);



3. Participantes dos cursos de educação executiva do Instituto Euvaldo Lodi (IEL-RJ), direcionados ao setor de construção civil. O IEL-RJ integra o Sistema FIRJAN, e é responsável pela capacitação empresarial, por meio de cursos e eventos para gestores (proprietários e executivos) das empresas do RJ;
4. Especialistas, consultores e técnicos de empresas, que prestam serviços especializados para o setor de construção civil;
5. Professores/pesquisadores da UFF, CEFET-RJ e UNICAMP, em função da importância da educação universitária em construção enxuta.

Com base no acima exposto, definiu-se uma amostra não probabilística, não aleatória e intencional (CARNEVALLI e MIGUEL, 2001) de 140 participantes a serem entrevistados (Tabela 18). A coleta dos dados foi realizada por meio eletrônico (e-mail) e presencial (formulário).

Tabela 18: Amostra da pesquisa.

Grupo Organizado	Número de entrevistados	Forma de aplicação do instrumento
Empresas nível "A" SiAC/ PBQP-H	35	E-mail
Reunião COMAT	10	Presencial
Especialistas, consultores e técnicos	6	E-mail
Professores da UFF, CEFET-RJ e UNICAMP	7	E-mail
Curso IEL setor construção civil - Três Rios (gestão de incorporações e construções)	13	E-mail
Curso IEL setor construção civil - Três Rios (estudo de viabilidade técnico e econômica)	23	E-mail
Curso IEL setor construção civil - Volta Redonda (MS Projet aplicado à construção civil)	19	Presencial
Curso IEL setor construção civil – Nova Friburgo (gestão de incorporações e construções)	11	Presencial
Curso IEL setor construção civil – Município RJ (gerenciamento de projetos)	16	Presencial
Total	140	

Fonte: O próprio autor, 2015.

A pesquisa foi conduzida entre os meses de setembro e dezembro de 2015 sendo que, do total da amostra de 140 entrevistados, foram obtidas 60 respostas (43%). Para aumentar o número de respondentes, adotaram-se algumas técnicas descritas por Sarhan e Fox (2013),

tais como carta-convite, informando os objetivos do estudo, além de acompanhamento e lembretes por contato direto e e-mail.

### **3.3.3 Análise dos dados**

Este trabalho faz uso de técnicas de análises exploratórias de dados, que podem ser definidas como o conjunto de procedimentos e de técnicas de manejo de dados com os objetivos de construir gráficos e tabelas sem envolver grande teorização sobre o assunto; fornecer contribuições valiosas para avaliar a qualidade dos dados; gerenciar e monitorar a precisão da coleta dos dados; e calibrar instrumentos de mensuração, entre outros. Em síntese, a análise exploratória investiga características latentes nos dados que indiquem possíveis padrões, tendências ou modelos (FREITAS et al., 2008). Essas técnicas são utilizadas na análise descritiva dos dados, que deve ser realizada após a coleta e a digitação dos dados em um banco de dados apropriado. Uma análise descritiva detalhada permite ao pesquisador conhecer os dados, organizá-los e sintetizá-los de forma a obter o máximo de informações possíveis a respeito do conjunto de características para responder uma série de questões a serem estudadas, segundo Silva (2014).

O trabalho também fez uso de análise multivariada de dados, que se refere a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto sob investigação (HAIR et al, 2009). Qualquer análise simultânea de mais de duas variáveis de certo modo pode ser considerada análise multivariada. Em muitos casos, técnicas multivariadas são um meio de executar em uma única análise aquilo que antes exigia múltiplas análises usando técnicas uni-variadas. Outras técnicas multivariadas, contudo, são unicamente projetadas para lidar com questões multivariadas, como análise fatorial, que identifica a estrutura subjacente de um conjunto de variáveis, ou análise discriminante, que discrimina grupos com base em um conjunto de variáveis. Para ser considerada verdadeiramente como multivariada, contudo, todas as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas de maneira que seus diferentes efeitos não podem ser significativamente interpretados de forma separada.

Os dados foram analisados utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2015). Foram utilizadas estatísticas descritivas, incluindo frequências, porcentagens e moda (valor mais frequente em uma amostra), para descrever as características da amostra analisada.

Com a finalidade de determinar a confiabilidade, validade e objetividade (terminologia utilizada para verificar a consistência interna dos dados, verificar a

replicabilidade de questionários) dos dados coletados, alguns testes específicos foram aplicados como, por exemplo, o alfa ordinal, o critério Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett.

Para a aplicação da análise fatorial, utilizou-se o teste de KMO ( $KMO > 0.50$ ) e o teste de esfericidade de Bartlett. A análise fatorial, no caso deste trabalho, teve como objetivo principal explicar a correlação ou covariância, entre um conjunto de variáveis, em termos de um número menor de variáveis não-observáveis. Essas variáveis não-observáveis ou fatores são calculados pela combinação linear das variáveis originais. A análise fatorial pode ser exploratória ou confirmatória, a exploratória busca encontrar tais fatores em um conjunto de variáveis e a confirmatória tenta verificar se relações existentes segundo algum modelo teórico estão bem definidas para a amostra em questão.

O coeficiente alfa de confiabilidade ordinal proposto por Zumbo, Gadermann e Zeisser (2007) considera como limite aceitável valores maiores que 0,6. Para medições envolvendo dados ordinais (dados qualitativos que possuem uma ordenação natural das suas categorias), o alfa Ordinal estima mais precisamente a consistência interna do que o alfa de Cronbach (CORRÊA, 2012), pois se baseia em uma matriz de correlação policórica (é uma medida de associação bivariada utilizada quando as duas variáveis são ordinais com 3 ou mais categorias) em vez de uma matriz de covariância de Pearson (matriz de covariâncias calculada para dados quantitativos) .

Em seguida, tentou-se ajustar uma análise fatorial confirmatória para verificar o quão bem as práticas estavam alocadas às 4 camadas estabelecidas do modelo Toyota de Liker (2004), porém, pelo pequeno número de unidades experimentais não foi possível prosseguir com tal investigação. Foi, então, realizada uma análise fatorial exploratória para dados ordinais. Para determinar o número de fatores foi utilizado o critério de Kaiser. Foi utilizada uma rotação Varimax para obter os fatores finais. A rotação Varimax é um método de rotação ortogonal e pretende que, para cada componente principal, existam apenas alguns pesos significativos e todos os outros sejam próximos de zero, isto é, o objetivo é maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal, daí o nome Varimax.

As variáveis que possuíam cargas fatoriais (pesos das variáveis dentro de cada fator na análise fatorial) menores do que 0,5 ou comunalidades (porção da variância que uma variável compartilha com todas as outras variáveis consideradas, é também a proporção de variância explicada pelos fatores comuns) menores que 0,25 foram excluídas (FILHO, SALVADOR-SILVA e TEIXEIRA, 2014). Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes de hipóteses.

### 3.3.3.1 Características dos entrevistados, empresas e percepções sobre construção enxuta

Por meio da Figura 31 percebe-se que os 60 respondentes possuem, em sua maioria (33,3%), mais de 20 anos de experiência de mercado. Além disso, possuem escolaridade elevada, isto é, 51,7% dos respondentes possuem ou pós-graduação ou mestrado ou doutorado.

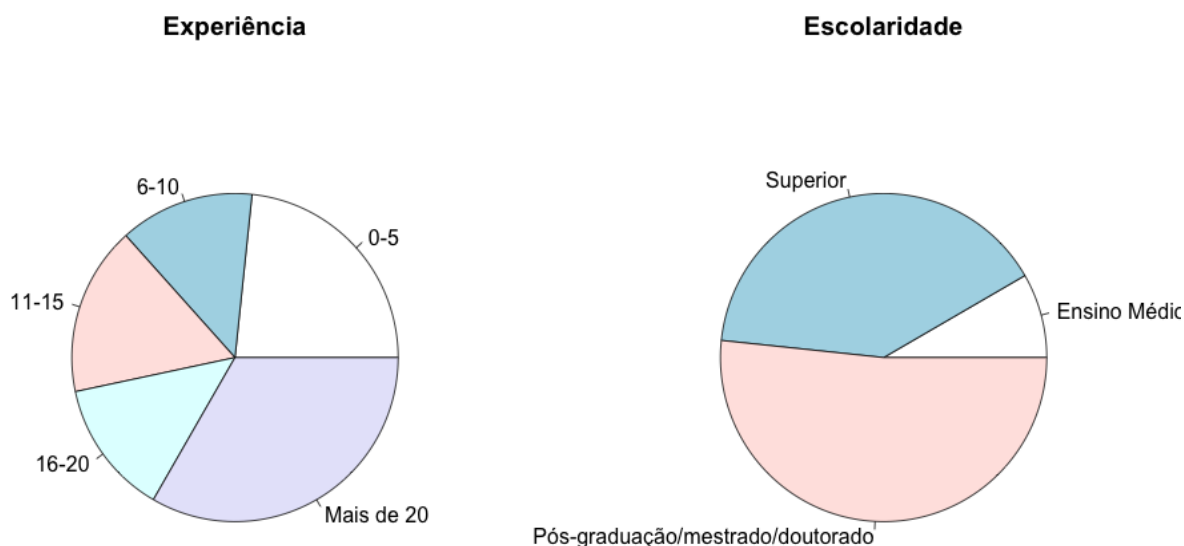


Figura 31: Características dos entrevistados.

Fonte: O próprio autor, 2015.

Bloom e Reenen (2010) afirmam no seu estudo, que a educação está fortemente correlacionada com altas pontuações em gestão, se for considerado o nível de escolaridade tanto dos gerentes como dos trabalhadores. Considerando que, no caso deste trabalho, a grande maioria dos 60 respondentes possui no mínimo um curso de graduação, é plausível que os gestores sejam mais propensos a estar a par dos benefícios das práticas de gestão moderna como manufatura enxuta.

Os autores perceberam que a educação no nível de trabalhadores é positivamente associada com pontuações de gestão, sugerindo que a implementação de muitas das práticas pode ser mais fácil quando a força de trabalho é mais bem informada. Muitas das melhores práticas de gestão dependem significativamente da iniciativa dos trabalhadores, tais como as técnicas de manufatura enxuta de inspiração japonesa.

Pode-se perceber pela Figura 32, que em sua maioria, as empresas onde trabalham os respondentes são de médio porte (41,7%), possuem um tempo de operação de mais de 20 anos (43,3%) e tem como local de atuação o estado do Rio de Janeiro (85%).

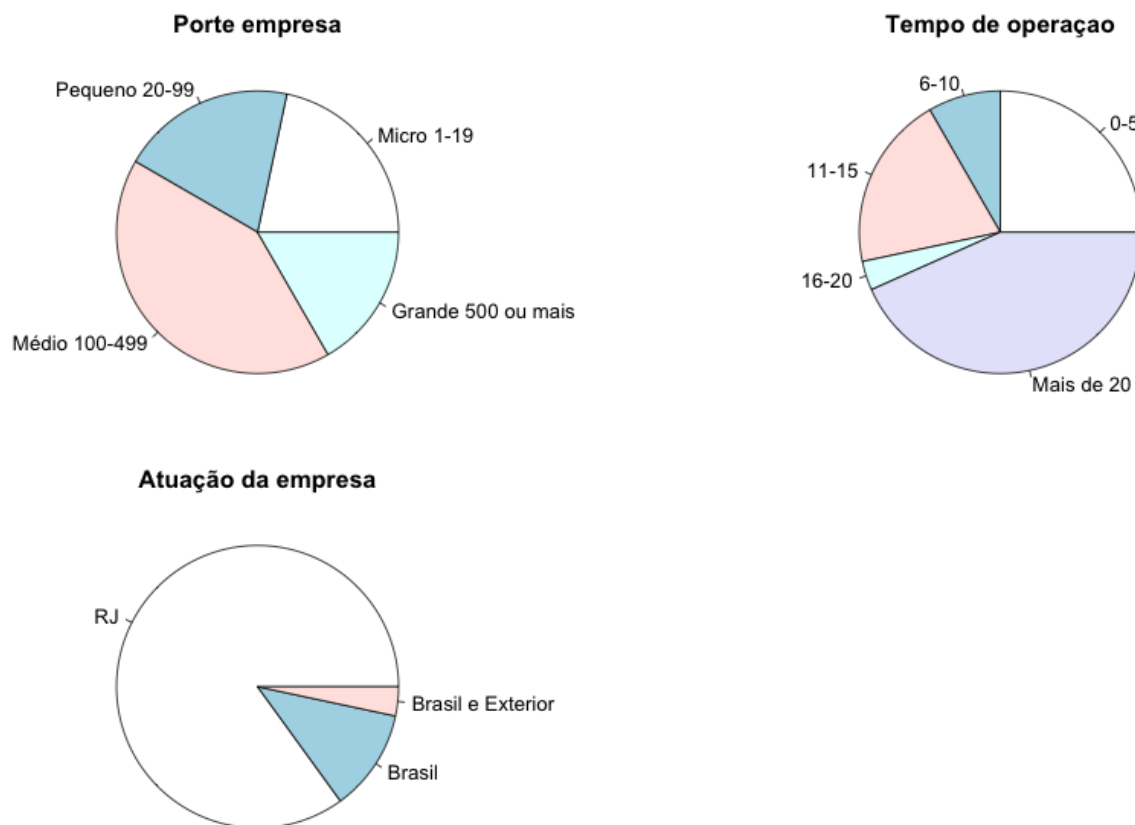


Figura 32: Características das empresas nas quais os entrevistados trabalham.

Fonte: O próprio autor, 2015.

Considerando que pouco menos da metade das empresas possuem mais de 20 anos de operação e são de médio porte, é de se supor que tenham uma estrutura de gestão consolidada, facilitando a absorção de novos conhecimentos de filosofias de gestão como a construção enxuta, tanto no nível de gestão, como no nível de chão de fábrica.

Já na Figura 33, percebe-se que 43,3% das empresas conhecem o conceito de construção enxuta (do inglês *lean construction*), mas somente 28,8% delas fazem uso deste conceito. Das empresas que afirmaram utilizar a construção enxuta, 47% são de médio porte e 35% possuem mais de 20 anos de operação.

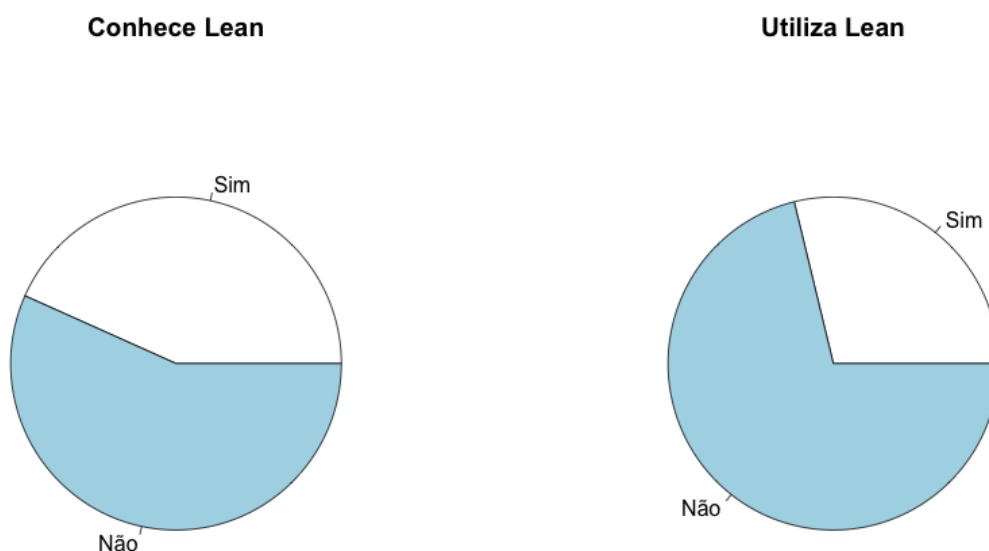


Figura 33: Percepções sobre construção enxuta.

Fonte: O próprio autor, 2015.

O fato de menos de um terço das empresas respondentes adotarem a filosofia de gestão enxuta, apesar de possuírem experiência operacional comprovada e funcionários com boa escolaridade, corrobora a percepção de Bloom e Reenen (2010), de que a lenta evolução das práticas de gestão — "gestão científica" de Taylor, produção em massa de Ford, corporação no formato M de Sloan, movimento de qualidade de Deming e "produção enxuta" da Toyota — sugere que as práticas de gestão têm uma semelhança com tecnologias de processo que se difundem lentamente ao longo do tempo.

A lenta difusão tecnológica pode ter várias causas, mas um fator bem estudado é a informação. Novas práticas de gestão são muitas vezes complexas e de difícil introdução sem a ajuda de funcionários ou consultores com experiência prévia dessas inovações.

A aquisição de competências sobre modernas práticas de gestão passa necessariamente pela educação, ou seja, pelo aprendizado dos conceitos e ferramentas de construção enxuta nas escolas técnicas e universidades, para garantir a formação de profissionais alinhados às necessidades do mercado. Autores como Alves, Milberg e Walsh (2012), Becker et al. (2014), Harper e Hazleton (2014), Lee et al. (2014) e Love et al. (2011) desenvolveram diversas pesquisas envolvendo a educação e construção enxuta.

### 3.3.3.2 Análise de confiabilidade do questionário

Com a finalidade de determinar a confiabilidade, validade e objetividade dos dados coletados, alguns testes específicos foram aplicados como, por exemplo, o alfa ordinal, o critério KMO e o teste de esfericidade de Bartlett.

Para verificar a existência de uma grande consistência interna e de uma forte relação entre os itens de cada camada, utilizou-se o alfa ordinal, uma vez que os dados são provenientes de uma escala Likert. O objetivo é verificar se existe uma grande correlação entre as variáveis pertencentes a camada em questão, entre os itens que compõe a camada.

Deste modo, a utilização de um coeficiente de validação para dados ordinais se faz necessário, isto é, o alfa ordinal estima a consistência interna de forma mais precisa que o alfa de Cronbach, pois se baseia em uma matriz policórica de correlação em vez de uma matriz de covariância de Pearson.

A Tabela 19 apresenta os valores dos Alfa ordinal para as 4 camadas do Modelo de Liker (2004), utilizado no instrumento de pesquisa. Percebe-se que somente para a camada 1 o valor do alfa ordinal não é razoável, indicando uma fraca correlação entre as 3 práticas que compõem esta camada. Nas demais, observa-se uma alta correlação e uma grande consistência interna.

Tabela 19: Alfa ordinal para as camadas da construção enxuta.

Camada	Número de Práticas	Alfa Ordinal
1	3	0,34
2	19	0,93
3	7	0,91
4	6	0,88

Fonte: O próprio autor, 2015.

Ao construir um instrumento de pesquisa é necessário verificar se o mesmo é válido. Silva (2014) cita em seu trabalho autores para os quais a validade se refere ao grau no qual as evidências suportam as inferências realizadas. Ou seja, um instrumento pode ser considerado como válido quando este mede o que se propõe. A validação normalmente apresenta dois tipos: validação de conteúdo e validação de constructor.

### 3.3.3.3 Validação de conteúdo do questionário

A validade de conteúdo representa a garantia do planejamento e da construção das assertivas. Silva (2014) faz referência a autores em seu trabalho para os quais a utilização de conceitos teóricos comprovados para a definição das assertivas e facilidade do uso pelos respondentes está associada diretamente à validade do conteúdo. Sendo assim, uma das formas de analisar a validade do conteúdo é verificar o número de dados perdidos, ou seja, perguntas não respondidas ou respostas NE (não entendi). Se essa a percentagem de perdas for maior que 10% considera-se que há problema no conteúdo.

Pela Tabela 20 percebe-se que em 15 das 35 práticas, ou seja, em 42,9% das práticas pelo menos um dos respondentes não compreendeu a mesma. Apesar do número expressivo de alternativas não compreendidas, nota-se que o percentual médio, por alternativa, de respondentes que não entenderam é de apenas 4,14%. A prática com o maior percentual de respondentes que não compreenderam a mesma foi a P1.1.2 – perdas a curto prazo afetam a tomada de decisão, mas são menos importantes do que perseguir objetivos de longo prazo.

Se considerarmos somente as respostas válidas, isto é, desconsiderar para cada prática somente os respondentes que não entenderem a mesma, observa-se que a moda de todas as práticas se encontram nas categorias concordo ou concordo completamente. Além disso, vale ressaltar os baixos percentuais para as categorias discordo completamente e discordo.

Tabela 20: Percentual de respostas “não entendi” a alternativa por prática e percentual segundo a concordância dos respondentes, considerando somente os que entenderam alternativas.

Variáveis	NE (%)	Considerando somente os válidos				
		DC	D	CDP	C	CC
P1.1.1	0,0	1,7	0,0	1,7	45,0	<b>51,5</b>
P1.1.2	11,7	1,9	18,9	24,5	<b>39,6</b>	15,1
P1.1.3	0,0	0,0	0,0	3,3	38,3	<b>58,3</b>
P2.2.1	1,7	1,7	11,9	8,5	32,2	<b>45,8</b>
P2.2.2	10,0	3,7	16,7	9,3	<b>38,9</b>	31,5
P2.2.3	1,7	1,7	3,4	6,8	35,6	<b>52,5</b>
P2.3.1	0,0	0,0	15,0	26,7	<b>43,3</b>	15,0
P2.3.2	10,0	0,0	16,7	18,5	<b>48,1</b>	16,7
P2.3.3	3,3	0,0	10,3	12,1	<b>46,6</b>	31,0
P2.4.1	1,7	5,1	6,8	16,9	<b>37,3</b>	33,9
P2.4.2	0,0	0,0	6,7	11,7	<b>43,3</b>	38,3
P2.4.3	0,0	0,0	6,7	8,3	40,0	<b>45,0</b>



Variáveis	NE (%)	Considerando somente os válidos				
		DC	D	CDP	C	CC
P2.5.1	0,0	0,0	5,1	16,9	<b>49,2</b>	28,8
P2.5.2	3,3	0,0	0,0	8,6	37,9	<b>53,4</b>
P2.5.3	1,7	0,0	8,5	8,5	<b>44,1</b>	39,0
P2.6.1	0,0	0,0	6,7	16,7	<b>46,7</b>	30,0
P2.6.2	3,3	0,0	6,9	6,9	<b>43,1</b>	<b>43,1</b>
P2.7.1	0,0	0,0	5,0	10,0	<b>51,7</b>	33,3
P2.7.2	0,0	0,0	13,3	13,3	<b>36,7</b>	<b>36,7</b>
P2.7.3	0,0	0,0	8,3	5,0	38,3	<b>48,3</b>
P2.8.1	1,7	0,0	0,0	8,5	<b>47,5</b>	44,1
P2.8.2	0,0	0,0	0,0	10,0	33,3	<b>56,7</b>
P3.9.1	0,0	1,7	3,3	6,7	38,3	<b>50,0</b>
P3.9.2	0,0	0,0	6,7	10,0	35,0	<b>48,3</b>
P3.9.3	0,0	0,0	1,7	3,3	36,7	<b>58,3</b>
P3.10.1	0,0	0,0	5,0	3,3	<b>51,7</b>	40,0
P3.10.2	0,0	0,0	1,7	11,7	40,0	<b>46,7</b>
P3.11.1	1,7	0,0	1,7	13,8	<b>51,7</b>	32,8
P3.11.2	1,7	0,0	1,7	8,5	<b>49,2</b>	40,7
P4.12.1	0,0	0,0	3,4	10,2	30,5	<b>55,9</b>
P4.12.2	0,0	0,0	1,7	5,1	33,9	<b>59,3</b>
P4.13.1	0,0	0,0	6,8	6,8	<b>49,2</b>	37,3
P4.13.2	0,0	1,8	0,0	14,5	<b>49,1</b>	34,5
P4.14.1	3,4	0,0	8,8	7,0	31,6	<b>52,6</b>
P4.14.2	5,2	0,0	9,1	7,3	<b>43,6</b>	40,0

NE – não entendi a alternativa; DC – discordo completamente; D – discordo; CDP – concordo e discordo parcialmente; C – concordo e CC – concordo completamente.

Fonte: O próprio autor, 2015.

### 3.3.3.4 Validação de constructor no questionário

Normalmente, a identificação de constructos e a averiguação do relacionamento entre eles são essenciais, dentro de uma pesquisa, já que nos permite organizar ideias partindo do princípio que um tipo de comportamento pode se correlacionar com outro. Silva (2014) explica em seu trabalho que o constructor representa a hipótese de que um tipo de comportamento irá se correlacionar com outro, afetando o tratamento do experimento.

Sant'anna, Moraes e Kilimnik (2005) fazem referência em seu trabalho a diversos autores, para os quais a análise fatorial exploratória é uma técnica estatística aplicada a um conjunto de variáveis quando o pesquisador está interessado em descobrir quais formam subconjuntos coerentes e relativamente independentes uns dos outros. A análise fatorial exploratória se presta a diversos propósitos, dentre eles a análise da dimensionalidade das medições. Nesse caso, a suposição é que todas as variáveis constantes das escalas podem ser agrupadas em fatores que garantam a unidimensionalidade das medidas. Um segundo objetivo da análise fatorial exploratória é verificar se todos os indicadores constantes das medições são realmente relevantes para a pesquisa, sendo que essa relevância pode ser constatada de cinco maneiras:

1. Verificação das correlações entre os indicadores. A presença de indicadores relevantes encontra-se associada a um número expressivo de correlações bivariadas superiores a 0,30.
2. Verificar a medida de adequação da amostra, obtida por meio do teste Kaiser-Meyer-Olkin - KMO. Contido no intervalo [0, 1], quanto mais próximo de 1 (um) for o valor obtido, melhor a adequação da amostra.
3. Verificação dos valores da matriz de anti-imagem, os quais devem ser pequenos.
4. Análise da comunalidade dos indicadores, medida que indica o grau em que os itens encontram-se associados à combinação linear gerada pelo fator extraído.
5. Análise da carga dos indicadores.

Silva (2014) discorre sobre os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de Esfericidade de Bartlett, que tem como objetivo verificar se a aplicação da análise fatorial tem validade para as variáveis escolhidas, sendo justificado quando houver pouca quantidade de respondentes da pesquisa. O KMO varia de 0 à 1. Um valor de 0 indica que a soma de correlação parcial é grande em relação à soma das correlações, indicando a difusão do padrão de correlação. Já os valores próximos de 1 indica que os padrões de correlação são relativamente compactos e com isso a análise fatorial deve gerar fatores distintos e confiáveis. Desta forma é recomendável aceitar valores maiores que 0,5. Já o teste de esfericidade de Bartlett é usado para examinar a hipótese de que as variáveis não sejam correlacionadas na população, se P-valor é menor que 0,05, rejeita-se a hipótese.

No caso deste trabalho, a partir da matriz de correlações policóricas, obteve-se os índices Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) = 0,55 e o teste de esfericidade  $\chi^2$  de Bartlett = 4.203,65;  $p < 0,001$  e 595 graus de liberdade. Assim, as medidas de adequação da amostra corroboram a aplicação da análise fatorial (BLOK et al., 2014).

Inicialmente tentou-se ajustar uma análise fatorial confirmatória, utilizando o modelo com 4 fatores (camadas) e com as variáveis em cada camada definida como no questionário em anexo. Entretanto, devido ao baixo número de unidades experimentais e a grande quantidade de parâmetros a serem estimados, não foi possível utilizar a técnica para verificar a adequação do modelo existente. Decidiu-se então, realizar uma análise fatorial exploratória, isto é, considerar que o questionário é composto pelas 35 práticas, sem agrupamentos, e verificar possíveis associações entre as mesmas, procurando por possíveis fatores latentes.

Para decidir o número de fatores utilizou-se o critério de Kaiser que indicou 4 fatores, que são as combinações de variáveis que são correlacionadas e estão medindo alguma variável latente. A indicação dos fatores é encontrada a partir da quantidade de autovalores que são maiores do que a média dos autovalores, que significa a variância de cada fator.

A Figura 34 mostra a representação dos autovalores. A linha se encontra na média dos autovalores. As bolas que estão acima da reta representam os autovalores maiores do que a média, indicando a quantidade de fatores a serem ajustados na análise fatorial.

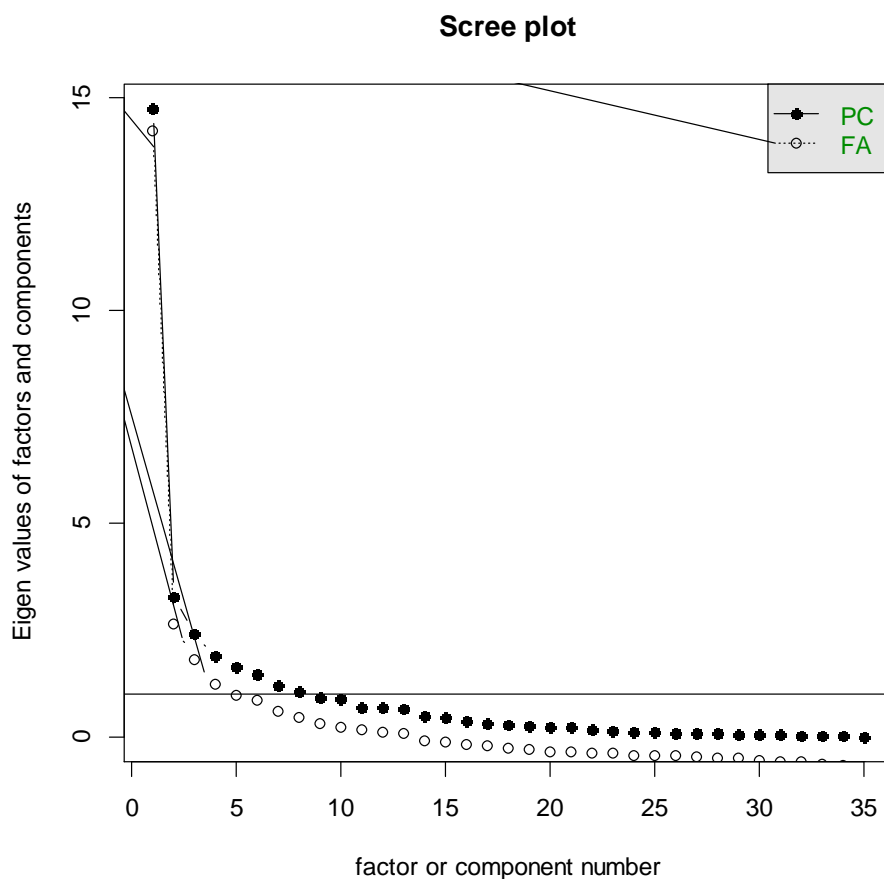


Figura 34: Scree plot considerando as 35 práticas de construção enxuta.

A Tabela 21 apresenta os itens com suas comunalidades e as cargas fatoriais de seus respectivos fatores.

Tabela 21: Comunalidades e cargas fatoriais rotacionadas.

Fator	Variáveis	Comunalidade	Carga Fatorial
F1	P2.5.2	0,52	0,508
	P2.5.3	0,38	0,687
	P2.6.1	0,42	0,689
	P2.6.2	0,26	0,725
	P2.8.1	0,45	0,679
	P2.8.2	0,49	0,675
	P3.9.1	0,35	0,606
	P3.9.3	0,38	0,723
	P3.10.1	0,45	0,595
	P3.10.2	0,58	0,514
	P4.14.1	0,37	0,553
	P4.14.2	0,45	0,510
	F2	P2.2.1	0,27
P2.2.2		0,60	0,618
P2.2.3		0,49	0,634
P2.3.3		0,28	0,777
P2.4.1		0,21	0,717
P2.4.2		0,36	0,632
P2.4.3		0,37	0,617
P2.7.3		0,51	0,644
F3	P2.5.1	0,48	0,500
	P2.7.1	0,29	0,664
	P2.7.2	0,33	0,691
	P4.12.1	0,23	0,642
	P4.13.1	0,41	0,520
F4	P2.3.1	0,63	0,551
	P4.13.2	0,36	0,517

Fonte: O próprio autor, 2015.

Notou-se que existem 8 práticas, P1.1.1, P1.1.2, P1.1.3, P2.3.2, P3.9.2, P3.11.1, P3.11.2 e P4.12.2, que não estão associadas a nenhum fator, pois apresentam carga fatorial menor que 0,5 ou comunalidade abaixo de 0,25. Pela análise de quais e quantas variáveis originais compõem cada fator na Tabela 21, foi feita a interpretação dos fatores representativos do questionário da construção enxuta.

Com relação ao Fator 1, percebe-se que as variáveis relacionadas representam práticas dos seguintes princípios do Modelo Toyota de Liker (2004):

- P5: Construir uma cultura de parar para corrigir problemas (P2.5.2 e P2.5.3)
- P6: Tarefas padronizadas (P2.6.1 e P2.6.2)
- P8: Estratégia de aquisição de nova tecnologia (P2.8.1 e P2.8.2)
- P9: Crescer líderes e liderança (P3.9.1 e P3.9.3)
- P10: Desenvolver pessoas e promover o trabalho em equipe (P3.10.1 e P3.10.2)
- P14: Prática de *Hansei* (reflexão) e *Kaizen* (melhoria contínua) (P4.14.1 e P4.14.2)

A associação dessas variáveis engloba aspectos de cultura, liderança, desenvolvimento de pessoas para trabalhar de forma padronizada e procurando a melhoria contínua, bem como estratégia. Estes aspectos somente se realizam em organizações com uma filosofia de longo prazo (P1), portanto, pode-se entender que as variáveis P1.1.1, P1.1.2 e P1.1.3, também estão sendo consideradas indiretamente, como variáveis latentes.

As variáveis (práticas) relacionadas com o Fator 2, representam os princípios:

- P2: Fluxo de uma peça (P2.2.1, P2.2.2 e P2.2.3)
- P3: Usar o sistema “puxado” (P2.3.3)
- P4: Nivelar a carga de trabalho (*Heijunka*) (P2.4.1, P2.4.2 e P2.4.3)
- P7: Controle visual (P2.7.3)

A associação dessas variáveis engloba principalmente aspectos processuais, portanto, pode-se entender que a variável P2.3.2, tratando de baixo nível de inventário, também pode ser considerada indiretamente, como variável latente.

As variáveis (práticas) relacionadas com o Fator 3, representam os princípios:

- P5: Construir uma cultura de parar para corrigir problemas (P2.5.1)
- P7: Controle visual (P.2.7.1 e P2.7.2)
- P12: Prática de *Genchi Genbutsu* (ir ao local onde o valor é criado para testemunhar e entender a verdadeira situação) (P4.12.1)
- P13: Estratégia de tomada de decisão (P4.13.1)

A associação dessas variáveis engloba aspectos de cultura para tomada de decisão, ainda ao local do problema, o que implica necessariamente em preparo da liderança, portanto, pode-se entender que a variável P3.9.2, pode ser considerada indiretamente (latente).

Com relação ao Fator 4, as variáveis (práticas) relacionadas representam os princípios P3: Usar o sistema “puxado” (P2.3.1) e P13: Estratégia de tomada de decisão (P4.13.2), para as quais não se identificou relação com as variáveis P3.11.1, P3.11.2 e P4.12.2.

#### 4 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA FILOSOFIA ENXUTA

Para responder à questão central deste trabalho “Quais são os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, num horizonte de 10 anos?”, é importante antes relembrar alguns conceitos e definições sobre Fatores Críticos de Sucesso (FCS), identificados no capítulo 2.11:

Para Alves (2009), com base em Rockart (1981), os FCS apresentam três características importantes, são específicos, temporais e mensuráveis, e podem ter diversas fontes: natureza da indústria, estratégia competitiva, fatores ambientais (externos), fatores temporais e posição gerencial (qualidade, produção, finanças etc.). Os FCS não são um conjunto padrão de medidas, algumas vezes chamado de "indicadores-chave", que podem ser aplicados em todas as divisões da empresa. Ao contrário, os FCS são áreas de maior importância para a empresa, em um determinado período no tempo.

Moura e Botter (2011) compilaram um conjunto de conceitos e definições sobre FCS disponíveis na literatura, incluindo:

- Podem ser definidos como fatores necessários para assegurar efetivamente a implantação de um sistema que garanta a qualidade do produto em todas as etapas de seu ciclo, desde o desenvolvimento do projeto até a fase final da manufatura do produto;
- Devem ser analisados não de forma estática e individual, e sim de maneira global, avaliando-se o impacto no desempenho operacional e na melhora da produtividade de uma organização;

Morioka e Carvalho (2013) propuseram uma classificação em cinco dimensões de FCS para implantação de projetos: planejamento e controle, natureza do projeto, recursos humanos, *stakeholders* e meio externo ao projeto;

Moraes e Laurindo (2003) comentam em seu trabalho os principais FCS podem ser identificados na estrutura do setor, na estratégia competitiva, na posição da indústria, na localização geográfica e nos fatores ambientais e temporais.

Com base no acima exposto, e considerando que este trabalho é de natureza estratégica, especificamente voltado para o setor da construção civil do estado do Rio de Janeiro, com horizonte temporal de 10 anos, envolvendo a implantação de uma filosofia/sistema de gestão para aumento de produtividade, que permeia toda a empresa, pretende-se responder à questão central por meio dos 3 objetivos específicos deste trabalho, a seguir descritos.

#### 4.1 RANKING DE PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA

Inicialmente, faz-se necessário priorizar as 35 práticas de construção enxuta, vinculadas aos 14 princípios e 4 camadas do Modelo Toyota de Liker (2004), base do instrumento de pesquisa deste estudo, que foi respondido por 60 entrevistados. O objetivo é estabelecer um *ranking*, que permita subsidiar a decisão quanto às práticas que serão priorizadas, e às quais serão direcionados recursos (técnicos, humanos e financeiros).

Para tal, Foram calculadas as estimativas das proporções de concordantes (concordo ou concordo completamente) para cada uma das práticas e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, com o intuito de ranquear a importância das mesmas. Pode-se observar pela Tabela 22 que a prática P1.1.3 obteve o maior percentual de concordo, 96,6%, enquanto a prática P1.1.1 obteve 96,5%. Entretanto, observa-se que existe uma sobreposição dos intervalos de confiança, indicando não haver diferença estatisticamente significativa entre o percentual de concordo das duas práticas.

Tabela 22: *Ranking* de práticas de construção enxuta.

<i>Ranking</i>	Prática	Descrição	% Concordo	IC (95%)
1	P1.1.3	Entender exigência do cliente é o trabalho prioritário	96,6	[87,4;99,4]
2	P1.1.1	Sustentar um propósito constante (visão, missão e valores da empresa)	96,5	[87,4;99,4]
3	P3.9.3	Os líderes devem compreender a política e procedimentos da empresa, e comunicar estas aos membros da sua equipe	95,0	[85,2;98,7]
4	P4.12.2	Analisar e compreender completamente a situação antes de tomar decisões	93,2	[82,7;97,8]
5	P3.10.1	Selecionar a melhor pessoa para um determinado trabalho	91,7	[80,8;96,9]
6	P2.8.1	Nova tecnologia deve apoiar os valores da empresa	91,6	[80,6;96,8]
7	P2.5.2	É importante prevenir para que atribuições com defeito ou "sem inspeção" não entrem no próximo processo	91,3	[80,2;96,7]
8	P2.8.2	Nova tecnologia deve demonstrar seu potencial para melhorar processos	90,0	[78,8;95,8]
9	P3.11.2	Trabalhar com os parceiros para melhorar a eficácia do projeto	89,9	[78,5;95,8]
10	P3.9.1	Os líderes são motivados a inspirar as pessoas para alcançar objetivos	88,3	[76,8;94,8]

Ranking	Prática	Descrição	% Concorde	IC (95%)
11	P2.2.3	Layout da obra deve ser organizado para melhorar o fluxo de materiais e movimentação de empregados para minimizar desperdícios devido ao movimento, deslocamento e viagens	88,1	[76,4;94,7]
12	P3.10.2	Treinamento deve ser fornecido para equipar os empregados com as habilidades necessárias antes de serem atribuídos ao trabalho	86,7	[74,8;93,7]
13	P2.7.3	Sinalizações apropriadas são usadas para identificar layouts, trânsito, preocupações de segurança, etc.	86,6	[74,8;93,6]
14	P4.13.1	Usar metodologias apropriadas de solução de problemas (por exemplo, 5 porquês <i>Whys</i> ) para determinar a causa raiz de problemas	86,5	[74,4;93,5]
15	P4.12.1	Resolver o problema, indo para os lugares (por exemplo, o local de construção), onde os problemas são descobertos	86,4	[74,4;93,5]
16	P2.6.2	É importante incorporar em novos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) as melhorias criativas dos empregados com relação a um padrão	86,2	[74,0;93,3]
17	P2.4.3	Atividades diárias de trabalho devem ser planejadas para equilibrar a disponibilidade de material, mão de obra, disponibilidade de máquina e carga de trabalho entre as operações	85,0	[72,9;92,5]
18	P2.7.1	Ajudas visuais devem ser adotadas para fazer com que desperdícios, problemas e condições anormais fiquem rapidamente aparentes para funcionários	85,0	[72,9;92,5]
19	P3.11.1	Respeitar as capacidades dos parceiros	84,5	[72,0;92,2]
20	P4.14.1	É importante uma reflexão sobre erros (por exemplo, defeitos, retrabalho, questões de segurança, etc.) regularmente	84,2	[71,6;92,0]
21	P4.13.2	Em linhas gerais, considerar soluções alternativas	83,6	[70,7;91,8]
22	P4.14.2	Atividades <i>kaizen</i> são conduzidas no local de trabalho dos empregados	83,6	[70,7;91,8]
23	P3.9.2	Os líderes vão separar tempo para compreender os problemas e causas raiz antes de agir	83,3	[71,0;91,3]
24	P2.5.3	Os funcionários são “empoderados” a serem responsáveis pela qualidade	83,1	[70,5;91,1]



Ranking	Prática	Descrição	% Concordo	IC (95%)
25	P2.4.2	Gerente de projetos deve planejar o trabalho com <i>inputs</i> de outras partes, incluindo subcontratados, fornecedores, clientes, etc.	81,6	[69,1;90,0]
26	P2.2.1	É importante os empregados estarem preocupados com a eliminação de desperdícios em seu trabalho diário (desperdício pode ser retrabalho, baixa qualidade, defeitos ou esperas)	78,0	[65,0;87,3]
27	P2.5.1	Os funcionários se dedicam a fornecer qualidade “embutida” em todos os aspectos das operações	78,0	[64,9;87,3]
28	P2.3.3	Conteúdo do trabalho, tempo de atividade, requisitos de materiais, entre outras informações, devem ser preparadas de forma clara antes de liberar uma tarefa de trabalho para uma equipe	77,6	[64,4;87,0]
29	P2.6.1	Os funcionários são incentivados a melhorar os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) existentes com base na sua própria experiência	76,7	[63,6;86,2]
30	P2.7.2	A informação postada em termos de status do trabalho, cronograma, qualidade, segurança, etc. deve estar num lugar em que a maioria dos trabalhadores possa vê-la diariamente, e está atualizada	73,4	[60,1;83,5]
31	P2.4.1	Encarregados (últimos planejadores) assumirão compromissos do que as equipes farão cada semana com base no que está pronto para ser feito	71,2	[57,7;81,8]
32	P2.2.2	Material, equipamentos e outros recursos devem ser fornecidos de forma " <i>just-in-time</i> " quando necessário	70,4	[56,2;81,6]
33	P2.3.2	É importante esforçar-se para que seja possível um baixo nível de inventário de material (mesmo sem estoque) no canteiro de obras	64,8	[50,5;77,0]
34	P2.3.1	Materiais devem ser pedidos tão próximo quanto possível das exatas necessidades	58,3	[44,9;70,7]
35	P1.1.2	Perdas a curto prazo afetam a tomada de decisão, mas são menos importantes do que perseguir objetivos de longo prazo	54,7	[40,5;68,2]

Fonte: O próprio autor, 2015.

#### 4.2 FERRAMENTAS/TÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO ENXUTA

A partir do *ranking* das práticas, elaborou-se o Quadro 18, representando a proposta de um modelo que correlaciona cada uma das 35 práticas de construção enxuta deste estudo com as 4 camadas e 14 princípios do Modelo Toyota de Liker (2004) e com as 16

ferramentas/técnicas de construção enxuta, que contribuem para a sustentabilidade nas organizações, identificadas a partir da pesquisa de Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014), e descritas na revisão da literatura.

Para cada uma das ferramentas/técnicas, identificou-se a sugestão de fases de implantação, a seguir apresentadas de forma resumida, com base no estudo de caso de Eriksson (2010) e recomendações de Green e May (2005):

- I. Eliminação de desperdícios do ponto de vista técnico e operacional. As responsabilidades e foco são ligados aos gerentes ao invés de trabalhadores individuais. Essência é eliminação de movimentos desnecessários, corte de custos desnecessários, otimização do fluxo de trabalho e compartilhamento dos benefícios do desempenho melhorado;
- II. Reforçar relações de cooperação e trabalho em equipe entre os atores da cadeia de abastecimento. Essência é a cooperação, modelo com acordos de longo prazo, reuniões e facilitadores;
- III. Mudança estrutural na governança do projeto. Essência é TI, pré-fabricação, último planejador, atividades de baixo para cima e ênfase nos indivíduos, um repensar do projeto e construção, diminuição de forças competitivas, contratos de longo prazo, treinamento em todos os níveis de funcionários e uma perspectiva de sistemas tanto dos processos como do produto.

#### 4.3 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Por último, com o objetivo de auxiliar na implantação de cada uma das 16 ferramentas/técnicas de construção enxuta, elaborou-se o Quadro 19, contendo os fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura.

Ferramentas <i>lean</i> /técnicas de construção enxuta para permitir a sustentabilidade		1- <i>Just-in-time</i>	2-Ferramentas de visualização	3-Reuniões diárias de grupo/ equipe	4-Análise de valor	5-Mapeamento fluxo de valor	6-Gestão qualidade total	7-Falha segura para qualidade	8-5S (cinco S)	9-Manutenção preventiva total	10-Estudos primeira produção	11-Último planejador	12-Engenharia simultânea	13-Abordagem puxada	14- <i>Kanban</i>	15- <i>Kaizen</i>	16-Seis Sigma	
Fases de implantação das ferramentas <i>lean</i> /técnicas		I	I, II, III	III	II, III	II, III	III	III	I	III	III	III	III	I	II, III	II, III	III	Práticas (35)
Camadas	Princípios																	
Filosofia	1-Filosofia de longo prazo				X	X	X		X			X		X	X	X	X	P1.1.1, P1.1.2, P1.1.3
Processo	2-Fluxo de uma peça	X												X	X			P2.2.1, P2.2.2, P2.2.3
	3-Usar sistema "puxado"	X										X		X	X			P2.3.1, P2.3.2, P2.3.3
	4-Nivelar carga de trabalho	X				X			X	X		X			X			P2.4.1, P2.4.2, P2.4.3
	5-Cultura de parar para corrigir problemas				X		X	X	X			X	X		X	X	X	P2.5.1, P2.5.2, P2.5.3
	6-Tarefas padronizadas					X			X									P2.6.1, P2.6.2
	7-Controle visual		X			X			X						X			P2.7.1, P2.7.2, P2.7.3
	8-Estratégia de aquisição de nova tecnologia		X				X					X					X	P2.8.1, P2.8.2

Ferramentas <i>lean</i> /técnicas de construção enxuta para permitir a sustentabilidade		1- <i>Just-in-time</i>	2-Ferramentas de visualização	3-Reuniões diárias de grupo/ equipe	4-Análise de valor	5-Mapeamento fluxo de valor	6-Gestão qualidade total	7-Falha segura para qualidade	8-5S (cinco S)	9-Manutenção preventiva total	10-Estudos primeira produção	11-Último planejador	12-Engenharia simultânea	13-Abordagem puxada	14- <i>Kanban</i>	15- <i>Kaizen</i>	16-Seis Sigma	
Fases de implantação das ferramentas <i>lean</i> /técnicas		I	I, II, III	III	II, III	II, III	III	III	I	III	III	III	III	I	II, III	II, III	III	Práticas (35)
Camadas	Princípios																	
Pessoas e Parceiros	9-Crescer líderes e liderança															X		P3.9.1, P3.9.2, P3.9.3
	10-Desenvolver pessoas e trabalho em equipe			X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	P3.10.1, P3.10.2
	11-Respeitar a rede estendida de parceiros e fornecedores	X				X						X	X	X	X			P3.11.1, P3.11.2
Solução de problemas	12-Vá ver por si mesmo			X				X	X		X					X		P4.12.1, P4.12.2
	13-Estratégia de tomada de decisão		X			X										X		P4.13.1, P4.13.2
	14-Prática de reflexão e melhoria contínua	X	X		X	X	X	X	X		X		X	X		X	X	P4.14.1, P4.14.2

Quadro 18: Modelo de correlação entre práticas de construção enxuta, ferramentas *lean*/técnicas para permitir a sustentabilidade e fases de implantação.

Fonte: O próprio autor, 2015.

Categoria	Autor	Fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura
Produtividade na construção civil	CBIC (2012)  EY (2014)	<u>Treinar/qualificar mão de obra</u> - na visão das construtoras consultadas pela FGV, no que tange investimentos prioritários para melhorar a produtividade das empresas, 55% indicaram a necessidade de treinamento da mão de obra e 39% a adoção de novos processos produtivos (que dependem de treinamento). Da mesma forma, executivos consultados do setor de construção civil indicaram baixa qualificação da mão de obra e a falta de métodos de gestão apropriados (que dependem da qualificação) como as principais lacunas para <u>ganho de produtividade</u> .
A filosofia de gestão enxuta baseada no Sistema Toyota de Produção	Spear e Bowen (1999)	<u>Entender a essência do Modelo Toyota</u> – a chave para entender o sucesso da Toyota é desvendar o paradoxo de que a especificação rígida é o que possibilita a flexibilidade e a criatividade: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O Sistema Toyota de Produção cria uma comunidade de cientistas. Sempre que a Toyota define uma especificação, é um estabelecimento de conjuntos de hipóteses que podem então ser testadas. Em outras palavras, segue o método científico. Para fazer alterações, a Toyota usa um rigoroso processo de resolução de problemas que requer uma avaliação detalhada do estado atual de um assunto e um plano de melhoria, ou seja, com efeito, um teste experimental das alterações propostas.</li> <li>• Os gerentes da Toyota não dizem aos trabalhadores e supervisores especificamente como fazer seu trabalho. Eles usam uma abordagem de ensino e aprendizagem que permite que os seus trabalhadores descubram as regras em consequência da resolução de problemas.</li> <li>• Ao longo dos anos, a Toyota desenvolveu um conjunto robusto de ferramentas e práticas que ela usa como contramedidas, mas muitas foram alteradas ou até mesmo eliminadas, conforme as melhorias foram sendo feitas. Então, o fato de uma empresa utilizar ou não qualquer ferramenta especial ou prática, não é nenhuma indicação de que ela verdadeiramente está aplicando as regras da Toyota de projeto e melhoria.</li> </ul>
Modelos envolvendo a construção enxuta	Gao e Low (2014a)	<u>Adotar um modelo</u> - os autores analisaram os modelos atuais de implementação de construção enxuta e propuseram um modelo alternativo para a indústria da construção civil baseada no Modelo Toyota de Liker (2004). A abrangência do Modelo Toyota significa que ele permite olhar de múltiplos ângulos o modelo de construção enxuta para a indústria de construção. Liker concebeu o Modelo Toyota como um modelo de pirâmide, incorporando um conjunto de princípios, tanto no nível de chão de fábrica como no nível corporativo.
Indicadores para a construção enxuta	Sarhan e Fox (2013)  Al-Aomar (2012)	<u>Utilizar indicadores financeiros e não financeiros</u> - os indicadores chave de desempenho orientados para resultados financeiros são a técnica mais comum utilizada entre organizações de construção para a medição de desempenho. Entre os indicadores não financeiros, os mais importantes são segurança, qualidade e satisfação do cliente, e secundariamente desempenho da equipe, produtividade, funcionalidade e eficiência no planejamento. <u>Utilizar indicadores Lean Seis Sigma (LSS)</u> - qualidade (classificação Sigma), velocidade (índice de desempenho do cronograma), custo (índice de desempenho de custo), valor (índice de valor) e desperdícios (índice de desperdício).

Categoria	Autor	Fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura
	Koranda et al. (2012)	<u>Utilizar indicadores integrando lean e sustentabilidade</u> - conhecimento de <i>lean</i> e sustentabilidade; gerenciamento de alteração de pedidos; quantidade diária e total de material na obra; impacto de materiais sustentáveis e da reciclagem e reuso; tempo médio de instalação e de materiais na obra; tempo de espera pelos itens; número total e sequência de atividades; espaço de armazenamento e de trabalho disponível; quantidade de equipamento na obra; variedade de materiais; custos do projeto, mão de obra e gerencial.
Instrumentos de pesquisa sobre construção enxuta	Gao e Low (2014b)	<u>Aplicar questionário para avaliar as práticas de construção enxuta</u> - muitas tentativas foram feitas para compreender completamente a abordagem enxuta e sua aplicação na construção. Entre esses esforços, o Modelo Toyota é visto como uma abordagem adequada que aponta vários aspectos enxutos, abrangendo filosofia de longo prazo, processos, pessoas e parceiros, e resolução de problemas. O questionário utilizado nesta tese, se baseou no trabalho dos autores, que investigaram o impacto da implementação do Modelo Toyota sobre o desempenho de qualidade e produtividade das grandes empresas de construção na China, por meio de 91 atributos, distribuídos em 14 princípios e 4 camadas principais.
Desperdício na construção civil	Tserng, Yin e Ngo (2013) Mahamid e Elbadawi (2014)	<u>Identificar os tipos de desperdícios</u> – defeitos, atrasos, excesso de produção, excesso de processamento, manter excesso de inventário, transporte desnecessário, movimentação desnecessária de pessoas e equipamentos. <u>Identificar as causas dos desperdícios</u> – os autores identificaram 40 causas de desperdício de material em projetos de construção, bem como taxas de desperdício de matérias de construção.
Sustentabilidade e construção enxuta	Ogunbiyi, Oladapo e Goulding (2014)  Firmawan, Othman e Yahya (2012) Nahmens e Ikuma (2012)	<u>Aplicar técnicas de construção enxuta na construção sustentável</u> – os autores elaboraram uma relação dos benefícios da sincronização de <i>lean</i> e sustentabilidade, elencaram princípios <i>lean</i> /técnicas para permitir a sustentabilidade, bem como um ranking de áreas de ligação entre construção enxuta e sustentabilidade. <u>Avaliar benefícios da aplicação enxuta no projeto de prédios “verdes”</u> – reduzir o impacto ambiental (água e emissões) e minimizar desperdícios <u>Analisar o efeito lean sobre o triple bottom line da sustentabilidade</u> – ao autores verificaram que num estudo de caso de construção de casas modulares, a construção enxuta resultou em um impacto ambiental significativo, reduzindo o desperdício de material em 64%, um efeito social significativo, reduzindo ou eliminando os principais riscos de segurança em função de força excessiva, má postura, trabalhadores atingidos e um efeito econômico significativo através da redução de horas de produção em 31%.
Educação e construção enxuta	Alves, Milberg e Walsh (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ter acadêmicos constantemente trabalhando com profissionais da indústria para continuar a adaptar os conceitos/sistemas da construção enxuta e não apenas ferramentas;</li> <li>• Desenvolver currículo de graduação que incorpore construção enxuta;</li> <li>• Desenvolver currículo técnico/profissional que incorpore construção enxuta;</li> <li>• Utilizar metáforas para explicar os conceitos <i>lean</i> e como eles estão relacionados, simulações com atividades em grupo e vídeos educacionais;</li> <li>• Parceria com organizações profissionais e instituições de pesquisa.</li> </ul>

Categoria	Autor	Fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura
	Harper e Hazleton (2014)  Lee et al. (2014)	<u>Novos conhecimentos para engenheiros de construção</u> - os novos engenheiros de construção precisam adquirir conhecimentos de tecnologias e práticas emergentes, complementando os quatro elementos principais do conhecimento de engenharia de construção: fundamentos técnicos, materiais de construção, recursos aplicados na construção e operações de construção no campo. <u>Introdução de construção enxuta no currículo de universidades</u> – introduzir a construção enxuta nos currículos de mais escolas de gerenciamento de construção, podendo ser introduzido como um curso independente ou como um tópico dentro de um curso existente.
Cuidados na implantação de construção enxuta	Yu et al. (2013)  Green e May (2005) Bulhões e Picchi (2011)  Scherer e Ribeiro (2013)	<u>Iniciar com projeto piloto</u> – para superar o ceticismo prevalente entre chefias, iniciar a jornada <i>lean</i> com um projeto piloto envolvendo uma linha de produção (ou área), durante um determinado período de tempo e, a partir do sucesso, expandir as práticas <i>lean</i> na empresa. <u>Implantar projeto piloto <i>lean</i> em diferentes fases</u> – os autores sugerem três fases, com crescente nível de complexidade. <u>Ter diretrizes para implementação do fluxo contínuo na construção civil</u> - diagnóstico, criação de condições iniciais, e Planejamento e Controle da Produção (PCP): 1. Elaboração de um mapa do estado atual do sistema de produção; 2. Identificação, a partir deste mapa, dos processos que apresentam potencial de implementação de fluxo contínuo; 3. Proposição do mapa de estado futuro no qual se pode obter fluxo contínuo com base nas oportunidades de melhoria identificadas; 4. Detalhamento do processo, mudando para uma perspectiva mais operacional, por meio do Gráfico de Balanceamento do Operador; e 5. Elaboração da Tabela do Trabalho Padronizado Combinado. <u>Avaliar os fatores de risco em projetos de implantação <i>lean</i></u> - alinhamento estratégico, capacidade financeira, capacidade e qualidade dos fornecedores, rede de transportes, cultura organizacional, comprometimento da alta diretoria, comprometimento dos colaboradores, liderança, treinamento, comunicação, configuração do trabalho, autonomia dos colaboradores, visão holística e gestão do projeto.

Quadro 19: Fatores críticos de sucesso para adoção da filosofia de gestão enxuta pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, segundo a revisão da literatura.

Fonte: O próprio autor, 2015.

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS

Este trabalho demonstrou a importância da construção civil para a economia mundial, do Brasil e especificamente do Rio de Janeiro, bem como a necessidade das empresas do setor adotarem métodos de gestão para o aumento da produtividade, como a construção enxuta, respeitando critérios de sustentabilidade.

Partindo dessa constatação, procurou-se responder à questão central, vinculada ao problema de pesquisa, sobre quais são os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, em 10 anos.

A questão central foi respondida, atendendo-se assim ao objetivo geral deste trabalho, bem como as subquestões, por meio dos objetivos específicos abaixo:

- Estruturando-se um *ranking* de práticas de construção enxuta, com base no Modelo Toyota de Liker (2004), que possa ser priorizado para alocação de recursos (técnicos, financeiros e humanos) na implantação das ferramentas/técnicas *lean*;
- Propondo um modelo de correlação de práticas de construção enxuta com suas respectivas ferramentas/técnicas *lean*, que contribuam para a sustentabilidade das organizações, bem como fases de implantação das mesmas;
- Elaborando um resumo com base na revisão da literatura, dos fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que as ferramentas/técnicas *lean*, atreladas às práticas de construção enxuta, possam ser adotadas pelas empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.

Este estudo fez uso de um desenho misto de pesquisa, com uma fase de abordagem qualitativa, seguida de uma segunda fase de abordagem quantitativa. Na fase qualitativa, utilizou-se o método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para subsidiar a análise de conteúdo dos registros encontrados por meio das buscas nas bases científicas Scopus e SciELO, a partir do ano 2010. Percebeu-se que ainda existem poucos artigos tratando do tema *lean* na construção civil do Brasil, portanto, representa uma oportunidade para contribuições científicas a partir dos resultados encontrados neste trabalho. Nota-se uma preponderância de publicações dos EUA e Reino Unido existindo, portanto, um grande espaço para publicações científicas de organizações brasileiras. As áreas de conhecimento mais relacionadas às publicações encontradas foram as áreas de engenharia e negócios, gestão e contabilidade, o que é um incentivo para a apresentação de artigos científicos, no âmbito dos cursos de engenharia e interdisciplinar do Brasil.



A partir dos resultados encontrados na fase qualitativa deste trabalho, procedeu-se com a construção de um instrumento de coleta de dados, na forma de questionário para envio por e-mail, e formulário no caso presencial. Na fase quantitativa, submeteu-se o instrumento de coleta de dados a uma amostra não probabilística de 140 profissionais envolvidos com setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro, entre os meses de setembro e dezembro de 2015, obtendo-se retorno de 60 entrevistados. As respostas mostraram que um terço possui mais de 20 anos de experiência no mercado e mais da metade possui algum tipo de pós-graduação. A maioria das empresas é de médio porte e possui mais de 20 anos de tempo de operação, tendo como principal local de atuação o estado do Rio de Janeiro.

Uma constatação importante foi que 43,3% das empresas conhecem o conceito de construção enxuta (do inglês *lean construction*), mas somente 28,8% delas fazem uso deste conceito, o que corrobora a importância estratégica deste trabalho, no sentido de subsidiar as empresas, universidades e escolas técnicas com conhecimento para que a construção enxuta (*lean construction*) possa ser adotada pelas mesmas.

Os dados foram analisados utilizando-se o software R, por meio de estatísticas descritivas, incluindo frequências, porcentagens e moda, para descrever as características da amostra analisada. Com a finalidade de determinar a confiabilidade, validade e objetividade dos dados coletados, alguns testes específicos foram aplicados como, por exemplo, o alpha ordinal, o critério Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett. Foi realizada uma análise fatorial exploratória para dados ordinais.

Apesar das contribuições trazidas por este trabalho, existem limitações na pesquisa, basicamente relacionadas às palavras-chave utilizadas nas frases de pesquisa, escolha das bases científicas pesquisadas e perfil dos respondentes da pesquisa (*survey*).

Mesmo com as limitações na pesquisa, entende-se que este estudo representa um diferencial, no sentido do conhecimento disponibilizado, que pode contribuir para que mais empresas adotem a construção enxuta, como forma de aumentar sua produtividade, a do setor da indústria de construção civil, bem como a do país. O trabalho também é de utilidade para pesquisadores, que podem explorar diversas linhas de pesquisa a partir dos resultados encontrados, desenvolvendo novos trabalhos científicos.

Como sugestão de pesquisas futuras, entende-se que é importante desenvolver trabalhos que estudem a relação “produtividade x construção enxuta” e “produtividade x competitividade”, nas empresas do setor da indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-AOMAR, R. **A lean construction framework with Six Sigma rating**. International Journal of Lean Six Sigma. Vol. 3. No. 4, 2012. pp. 299-314.

ALSEHAIMI, A. O.; FAZENDA, P. T.; KOSKELA, L. **Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study**. Engineering, Construction and Architectural Management. Vol. 21. Iss. 1, 2014. pp. 51 – 64.

ALVES, R. O. **Melhores práticas em implantação de escritório de gerenciamento de projetos**. Dissertação apresentada ao curso de mestrado em engenharia de produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

ALVES, T. C. L.; MILBERG, C.; WALSH, K., D. **Exploring lean construction practice, research, and education**. Engineering. Construction and Architectural Management. Vol. 19. No. 5, 2012. pp. 512-525.

ANDRADE, M.; ARRIETA, B. **Last planner en subcontrato de empresa constructora**. Revista de la Construcción. Volumen 10. No. 1, 2011.

ANDÚJAR-MONTOYA, M. D.; GILART-IGLESIAS, V.; MONTOYO, A.; MARCOS-JORQUERA, D. **A Construction Management Framework for Mass Customisation in Traditional Construction**. Sustainability, 2015. 7, 5182-5210.

AQUERE, A. L.; DINIS-CARVALHO, J.; LIMA, R. M. **Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process**. J. Constr. Eng. Manage., 2013. 139(5): 538-546.

ARAYICI, Y., COATES, P., KOSKELA, L., KAGIOGLOU, M., USHER, C., O'REILLY, K. **Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice**. Automation in Construction, 2011. 20, 189–195.

AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. **Applying lean thinking in construction and performance improvement**. Alexandria Engineering Journal, 2013. 52, 679–695.

BADURDEEN, F.; WIJEKOON, K.; MARKSBERRY, P. **An analytical hierarchy process-based tool to evaluate value systems for lean transformations**. Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 22. No. 1, 2011. pp. 46-65.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: Essential Step in Production Control**. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 124. N° 1, 1998. pp. 11-17.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. The University of Birmingham, Department of Civil Engineering, 2000.

BECKER, T.; SANVIDO, V.; KUFAHL, G.; ELSTON, A.; WOODARD, N. **Investigation into the Relationship of Construction Engineering and Management Education with Specialty Trade Contractors**. Practice Periodical on Structural Design and Construction. Vol. 19. No. 1. February 1, 2014. ©ASCE American Society of Civil Engineers.

BERNARDI, A. C. de C.; RODRIGUES, A. de A.; MENDONÇA, F. C.; TUPY, O.; JUNIOR, W. B.; PRIMAVESI, O. **Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste**. Gest. Prod. Vol. 17. No. 2. São Carlos, 2010.

BLOK, V., WESSELINK, R., STUDYNKA, O., KEMP, R. **Encouraging sustainability in the workplace: a survey on the pro-environmental behaviour of university employees**. J. Clean. Prod. 106, 55–67. doi:10.1016/j.jclepro.2014.07.063, 2014.

BLOOM, N.; REENEN, J. V. **Why do management practices differ across firms and countries?** Journal of Economic Perspectives. Vol. 24. N. 1, 2010. p. 203-224. Disponível em: <<http://worldmanagementsurvey.org/wp-content/images/2010/07/Why-Do-Management-Practices-Differ-Across-Firms-and-Countries-Bloom-and-Van-Reenen.pdf>>. Acesso em: mar. 2015.

BOGGELLEN, W. M. v. **The contribution of AAC in securing a sustainable future. AAC innovations from a life cycle perspective**. Cement, Wapno, Beton, 2011.

BOS, A. V. D.; KEMPER, B. P. H.; DONGEN, J. P. W. V.; KRUTE, M. S. **Generic Lean Six Sigma project definitions for the construction industry**. Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage. Vol. 8. Nos. 3/4, 2014. 257.

BOS, A. V. D.; KEMPER, B.; WAAL, V. D. **A study on how to improve the throughput time of Lean Six Sigma projects in a construction company**. International Journal of Lean Six Sigma. Vol. 5. No. 2, 2014. pp. 212-226.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F., A. **Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações**. Amb. Construído. Porto Alegre. V. 11. N. 4. Out./dez., 2011. p. 205-223.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **A produtividade da construção civil brasileira**. Brasília: CBIC, 2012. Disponível em: <<http://cbic.org.br>>. Acesso em mar. 2015.

CARLI, P. C. de; DELAMARO, M. C.; SALOMON, V. A. P. **Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital**. Prod. Vol. 20. No. 4. São Paulo. Oct./Dec., 2010. Epub May 28, 2010.

CARNEVALLI, J. A.; MIGUEL, P. A. C. **Desenvolvimento da pesquisa de campo, amostra e questionário para realização de um estudo tipo survey sobre aplicação do QFD no Brasil**. Etec Agrícola de Iguape, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Mapa estratégico da indústria 2013-2022**. 2. Ed. Brasília: CNI, 2013a. Disponível em: <<http://www.cni.org.br>>. Acesso em: mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Sondagem especial indústria de transformação e extrativa: produtividade**. Brasília: CNI. Ano 3. N. 3, dez. 2013b. Disponível em: <<http://www.cni.org.br>>. Acesso em: mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Sondagem indústria da construção**. Brasília: CNI. Ano 6. N. 1, Jan. 2015. Disponível em: <<http://www.cni.org.br>>. Acesso em: abr. 2015.

CORRÊA, C. R. **Situações Incômodas no Trabalho: confiabilidade de uma escala de medida utilizando o Coeficiente Alfa Ordinal**. Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Medicina. Juiz de Fora, 2012.

CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches**. 2<sup>th</sup> Ed. Thousand Oaks: Sage Publications Inc., 2003. Páginas 3 – 27.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conducting mixed methods research**. 2<sup>nd</sup> Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc., 2011. Chapter 4, p. 107-142.

DAVE, B.; KUBLER, S.; FRÄMLING, K.; KOSKELA, L. **Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards**. Automation in Construction, 2016. 61, 86–97.

DESHPANDE, A. S.; FILSON, L. E.; SALEM, O. M.; MILLER, R. A. **Lean Techniques in the Management of the Design of an Industrial Project**. J. Manage. Eng., 2012. 28(2): 221-223.

DIEKMANN, J. E.; BALONICK, J.; KREWEDL, M.; TROENDLE, L. **Measuring lean conformance**. Proc. 11th Annual Conf. of the Int. Group for Lean Construction. International Group for Lean Construction. Blacksburg. Virginia, 2003.

ERIKSSON, P. E. **Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project**. Supply Chain Management: An International Journal, 2010. 15/5, 394–403.

EY. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**. São Paulo: EY, 2014. Disponível em: <<http://ey.com.br>>. Acesso em mar. 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Construção Civil: Desafios 2020**. Rio de Janeiro: FIRJAN, julho, 2014c. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br>>. Acesso em: mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Decisão Rio 2014-2016**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2014b. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br>>. Acesso em: mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Número de empresas do setor de construção civil do estado do Rio de Janeiro**. Divisão de Cadastro Unificado. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2014a.

\_\_\_\_\_. **Estudo com dados do IBGE**, Rio de Janeiro: FIRJAN, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Estudo com dados do MTE**, Rio de Janeiro: FIRJAN, 2015b.

FERNÁNDEZ, A. D. R.; CÁRDENAS, L. F. A.; ARMIÑANA, E. P. **La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador**. Revista de Obras Públicas nº 3.518. Año 158, Febrero 2011.

FILHO, N. H., SALVADOR-SILVA, R., TEIXEIRA, M. A. **Análise de Teoria de Resposta ao Item de um Instrumento Breve de Avaliação de Comportamentos Antissociais**. Psico 45. 2014, 120–125.

FIRMAWAN, F.; OTHMAN, F.; YAHYA, K. **Improving project performance and waste reduction in construction projects: a case study of a government institutional building project.** *International Journal of Technology*, 2012. 2: 182-192.

FORNO, A. J. D.; PEREIRA, F. A.; FORCELLINI, F. A.; KIPPER, L. M. **Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools.** *Int J Adv Manuf Technol.*, 2014. 72:779–790.

FREITAS, A. R. de; JÚNIOR, W. B.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C. D.; MOREIRA, A.; VILELA, D. **Técnicas de análises exploratórias em dados de cultivares de alfafa.** *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol. 37. No. 9. Viçosa, Set. 2008.

GAMBÔA, F. A. R.; CAPUTO, M. S.; FILHO, E. B. **Método para gestão de riscos em implementações de sistemas ERP baseado em fatores críticos de sucesso.** *JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag. (Online)*. Vol.1. No.1. São Paulo, 2004.

GAO, S.; LOW, S. P. **Impact of Toyota Way Implementation on Performance of Large Chinese Construction Firms.** *American Society of Civil Engineers. J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 2014b. 140.

\_\_\_\_\_. **The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction.** *Total Quality Management & Business Excellence*, 2014a. 25:5-6, 664-682.

\_\_\_\_\_. **The Last Planner System in China's construction industry — A SWOT analysis on implementation.** *International Journal of Project Management*, 2014c. 32, 1260–1272.

GONÇALVES, B. S. de O.; MUSETTI, M. A. **A importância do processo de alinhamento da estratégia com projetos Seis Sigma: um estudo multicase em operadores logísticos.** *Gest. Prod.* São Carlos. V. 15. N. 3. Set.-dez., 2008. p. 551-562.

GONZÁLEZ, V. A.; OROZCO, F.; SENIOR, B.; INGLE, J.; FORCAEL, E.; ALARCÓN, L. F. **LEBSCO: Lean-Based Simulation Game for Construction Management Classrooms.** *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 2015. 141(4): 04015002.

GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L. F.; MATURANA, S.; MUNDACA, F.; BUSTAMANTE, J. **Improving Planning Reliability and Project Performance Using the Reliable Commitment Model.** *J. Constr. Eng. Manage.*, 2010. 136(10): 1129-1139.

GREEN, S.; MAY, S. **Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion, and the meaning of ‘leanness’.** *Building Research & Inform.* Vol. 33. No. 6, 2005. pp. 498-511.

GRÖNQVIST, M.; MALE, S.; KELLY, J. **The Function Priority Matrix: Meeting the Function of Function Analysis.** *Value Solutions Ltd.*, 2006.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** 6ª Ed. Bookman, Capítulo 1 – Introdução, 2009. p. 23-45.

HAMZEH, F. R.; SAAB, I.; TOMMELEINB, I. D.; BALLARD, G. **Understanding the role of “tasks anticipated” in lookahead planning through simulation.** *Automation in Construction* 49, 2015. 18–26.

HAN, S. H.; AL-HUSSEIN, M.; AL-JIBOURI, S.; YU, H. **Automated post-simulation visualization of modular building production assembly line.** Automation in Construction. Volume 21. January, 2012. Pages 229–236.

HARPER, C.; HAZLETON, R. **New Engineer's Knowledge for Success with Subcontractors and Trade Partners.** Practice Periodical on Structural Design and Construction. Vol. 19. No. 1. February 1, 2014. ©ASCE American Society of Civil Engineers.

IBRAHIM, A. R. B., ROY, M. H., AHMED, Z. U., IMTIAZ, G. **Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, present and future.** Benchmarking: An International Journal. Vol. 17. No. 2, 2010. pp. 232-252.

IKUMA, L. H.; NAHMENS, I.; JAMES, J. **Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding.** J. Constr. Eng. Manage., 2011. 137(7): 551-560.

ISSA, U. H. **Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time.** Alexandria Engineering Journal. Volume 52. Issue 4. December, 2013. Pages 697–704.

JAMES, J.; IKUMA, L. H.; NAHMENS, I.; AGHAZADEH, F. **The impact of Kaizen on safety in modular home manufacturing.** Int J Adv Manuf Technol., 2014. 70:725–734.

KIM, S.-C.; KIM, Y.-W.; PARK, K. S.; YOO, C.-Y. **Impact of Measuring Operational-Level Planning Reliability on Management-Level Project Performance.** J. Manage. Eng., 2015. 31(5): 05014021.

KIM, Y.-W.; BAE, J. **Assessing the Environmental Impacts of a Lean Supply System: Case Study of High-Rise Condominium Construction in Korea.** J. Archit. Eng., 2010. 16(4): 144-150.

KO, C.-H.; TSAI, P.-C. **Applying Lean Production A3 to Enhance Construction Work Flow.** Life Science Journal, 2013. 10(2).

KORANDA, C., CHONG, W. K., KIM, C., CHOU, J.-S., KIM, C. **An Investigation of the Applicability of Sustainability and Lean Concepts to Small Construction Projects.** KSCE Journal of Civil Engineering, 2012. 16(5):699-707.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** CIFE Technical Report. No. 72. Stanford University. Stanford. CA., 1992.

LEE, H. W.; ANDERSON, S. M.; KIM, Y.-W.; BALLARD, G. **Advancing Impact of Education, Training, and Professional Experience on Integrated Project Delivery.** Practice Periodical on Structural Design and Construction. Vol. 19. No. 1. February 1, 2014. ©ASCE American Society of Civil Engineers.

LIKER, J. K. **The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2004.

LOKKERBOL, J.; SCHOTMAN, M. A. M.; DOES, R. J. M. M. **Quality Quandaries: Personal Injuries: A Case Study.** Quality Engineering, 2012. 24:102–106.

LOVE, P.; EDWARDS, D.; LOVE, J.; IRANI, Z. **Champions of practice: context and habitus for unbounded learning in construction projects.** Facilities. Vol. 29. No. 5/6, 2011. pp. 193-208.

MAHALINGAM, A.; YADAV, A. K.; VARAPRASAD, J. **Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption: Evidence from Two Indian Cases.** J. Constr. Eng. Manage., 2015. 141(7): 05015006.

MAHAMID, I.; ELBADAWI, I. A. Q. **Construction Material Waste: Recognition and Analysis.** Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 2014. 8(11): 1312-1318.

MEILING, J.; BACKLUND, F.; JOHNSON, H. **Managing for continuous improvement in off-site construction - Evaluation of lean management principles.** Engineering, Construction and Architectural Management. Vol. 19. No. 2, 2012. pp. 141-158.

MELLO, L. C. B. D. B.; AMORIM, S. R. L. D. **O subsector de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos.** Produção. V. 19. N. 2. Maio/ago., 2009. p. 388-399.

MOHER D., LIBERATI A., TETZLAFF J., ALTMAN D. G. **The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement.** PLoS Med., 2009. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707599/> (Acesso em 22 de dezembro de 2015).

MORAES, R. de O.; LAURINDO, F. J. B. **Um estudo de caso de gestão de portfólio de projetos de tecnologia da informação.** Gest. Prod. Vol. 10. No. 3. São Carlos. Dec., 2003.

MORIOKA, S.; CARVALHO, M. M. de. **Análise de fatores críticos de sucesso de projetos: um estudo de caso no setor varejista.** Prod. Vol. 24. No. 1. São Paulo. Jan./Mar., 2014. Epub Mar 19, 2013.

MOURA, D. A. de; BOTTER, R. C. **Análise da competitividade da indústria marítima Brasileira - associação dos fatores críticos de sucesso com suas dimensões.** Prod. vol. 21. No. 4. São Paulo, 2011. Epub Aug 12, 2011.

MYERS, K. K.; OETZEL, J. G. **Exploring the dimensions of organizational assimilation: creating and validating a measure.** Communication Quarterly, 2003. 51, p. 438-457.

NAHMENS, I.; IKUMA, L. H. **Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding.** Journal of Architectural Engineering. Vol. 18, No. 2, June 1, 2012. ©ASCE, American Society of Civil Engineers.

NESENSOHN, C.; BRYDE, D.; OCHIENG, E.; FEARON, D. **Maturity and maturity models in lean construction.** Australasian Journal of Construction Economics and Building, 2014. 14 (1) 45-59.

NG, S. T.; ZHENG, D. X. M.; XIE, J. Z. **Allocation of construction resources through a pull-driven approach.** Construction Innovation. Vol. 13. No. 1, 2013. pp. 77-97.

OGUNBIYI, O.; OLADAPO, A.; GOULDING, J. **An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK.** Construction Innovation. Vol. 14. No. 1, 2014. pp. 88-107.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Measuring Productivity OECD Manual: Measurement of aggregate and industry-level productivity growth.** Paris: OECD, 2001. Disponível em: <<http://www.SourceOECD.org>>. Acesso em mar. 2015.

PAVEZ, I.; GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L. F. **Improving the Effectiveness of New Construction Management Philosophies using the Integral Theory.** Revista de la Construcción. Volumen 9. No 1, 2010. Páginas: 26 – 38.

PINCH, L. **Lean construction: eliminating the waste.** Construc. Executive, 2005. pp. 34-37.

PRIVEN, V.; SACKS, R. **Effects of the Last Planner System on Social Networks among Construction Trade Crews.** J. Constr. Eng. Manage., 2015. 141(6): 04015006.

QUINTELLA, H. L. M. de M.; ROCHA, H. M.; ALVES, M. F. **Projetos de veículos automotores: fatores críticos de sucesso no lançamento.** Prod. Vol. 15. No. 3. São Paulo. Sept./Dec., 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2015.

ROBSON, C. **Real World Research: a resource for users of social research methods in applied settings.** 3<sup>rd</sup> Ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. Pg. 44 – 69, 302 - 314.

ROCKART, J. F. **A Primer on Critical Success Factors.** Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, 1981.

ROSENBAUM, S.; TOLEDO, M.; GONZÁLEZ, V. **Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study.** J. Constr. Eng. Manage., 2014. 140(2): 04013045.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SACKS, R.; GOLDIN, M. **Lean Management Model for Construction of High-Rise Apartment Buildings.** J. Constr. Eng. Manage., 2007. 133(5): 374-384.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. **Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction.** Automation in Construction. 19, 2010. 641–655.

SACKS, R.; TRECKMANN, M.; ROZENFELD, O. **Visualization of Work Flow to Support Lean Construction.** J. Constr. Eng. Manage., 2009. 135(12): 1307-1315.



SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; MINKARAH, I. **Lean Construction: From Theory to Implementation**. J. Manage. Eng., 2006. 22(4): 168-175.

SANT'ANNA, A. de S.; MORAES, L. F. R de; KILIMNIK, Z. M. **Competências individuais, modernidade organizacional e satisfação no trabalho: um estudo de diagnóstico comparativo**. RAE-eletrônica, SciELO Brasil, 2005.

SARHAN, S; FOX, A. **Performance measurement in the UK construction industry and its role in supporting the application of lean construction concepts**. Australasian Journal of Construction Economics and Building, 2013. 13 (1) 23-35.

SCHERER, J. O.; RIBEIRO, J. L. D. **Proposição de um modelo para análise dos fatores de risco em projetos de implantação da metodologia lean**. Gest. Prod. Vol. 20. No. 3. São Carlos, 2013.

SILVA, A. C. B. da; OLIVEIRA, E. C. de; FILHO, J. F. R. **Revista Contabilidade & Finanças - USP: uma comparação entre os períodos 1989/2001 e 2001/2004**. Rev. contab. finanç. Vol. 16. No. 39. São Paulo. Sept./Dec., 2005.

SILVA, C. B.; DINIZ, N. M.; NETO, R. L. **O aborto no anteprojeto do novo código penal brasileiro: reflexões jurídicas e bioéticas**. Rev. Bioética y Derecho. No. 29. Barcelona. Set., 2013.

SILVA, C. C. M da. **Avaliação das práticas de gestão das incubadoras do estado do Rio de Janeiro baseado no modelo Cerne**. Projeto final apresentado ao curso de graduação em engenharia de produção da Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciência e Tecnologia, Departamento de Engenharia. Rio das Ostras. RJ, 2014.

SILVA, M. C. da; CHACON, M. J. M.; PEDERNEIRAS, M. M. M.; LOPES, J. E. de G. **Procedimentos metodológicos para a elaboração de projetos de pesquisa relacionados a dissertações de mestrado em Ciências Contábeis**. Rev. contab. finanç. Vol. 15. No. 36. São Paulo. Sept./Dec., 2004.

SILVA, R. L. da; RUE, L. A. de la. **A acessibilidade nos sites do Poder Executivo estadual à luz dos direitos fundamentais das pessoas com deficiência**. Rev. Adm. Pública. vol. 49. no. 2. Rio de Janeiro. Mar./Apr., 2015.

SINGLETON JR., R. A.; STRAITS, B. C. **Approaches Social Research**. 5<sup>th</sup> Ed. Oxford University Press, Inc., 2010. Chapter 12, p. 393-430.

SPEAR, S. **Learning to lead at Toyota**. Harvard Business Review. May, 2004. Disponível em: <<https://hbr.org/2004/05/learning-to-lead-at-toyota/ar/1>>. Acesso em mar. 2015.

SPEAR, S; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review. Sep./Oct., 1999. Disponível em: <<https://hbr.org/1999/09/decoding-the-dna-of-the-toyota-production-system>>. Acesso em mar. 2015.

SULLIVAN, K. T. **Quality Management Programs in the Construction Industry: Best Value Compared with Other Methodologies**. J. Manage. Eng., 2011. 27(4): 210-219.

TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C. **SAGE Handbook of Mixed Methods in Social Behavioral Research**. 2<sup>th</sup> Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc., 2010. Páginas 275 – 304, e 339 - 352.

TATUM, C. B. **Core elements of construction engineering knowledge for project and career success**. J. Constr. Eng. Manage., 2011. 10.1061/ (ASCE)CO.1943-7862.0000306, 745–750.

TEZEL, A.; NIELSEN, Y. **Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey**. American Society of Civil Engineers. J. Manage. Eng., 2013. 29:236-250.

TREINTA, F. T.; FILHO, J. R. F.; SANT'ANNA, A. P.; RABELO, L. M. **Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão**. Production. V. 24. N. 3. July/Sept., 2014. p. 508-520. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132014000300002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132014000300002&script=sci_arttext) >. Acesso em: mar. 2015.

TSERNG, H. P.; YIN, S. Y.-L.; NGO, T. L. **A lean prebid planning model for construction contractors: a case study in Vietnam**. Journal of Marine Science and Technology. Vol. 21, No. 4, 2013. pp. 430-441.

TYKKÄ, S., MCCLUSKEY, D., NORD, T., OLLONQVIST, P., HUGOSSON, M., ROOS, A., UKRAINSKI, K., NYRUD, A. Q., BAJRIC F. **Development of timber framed firms in the construction sector — Is EU policy one source of their innovation?** Forest Policy and Economics, 2010. 12, 199–206.

VERSTRAETE, T. **Essai de Conceptualisation de la Notion de Facteur Clé de Succès et de Facteur Stratégique de Risque**. CLAEÉE – Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises. URA. CNRS 936, 2000.

VILASINI, N.; NEITZERT, T.; ROTIMI, J. **Developing and evaluating a framework for process improvement in an alliance project: a New Zealand case study**. Construction Management and Economics, 2014.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C. **Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame**. Ambient. constr. Vol. 12. No. 4. Porto Alegre. Oct./Dec., 2012.

WU, P.; LOW, S. P.; JIN, X. **Identification of non-value adding (NVA) activities in precast concrete installation sites to achieve low-carbon installation**. Resources, Conservation and Recycling, 2013. 81, 60– 70.

YERIAN, L. M.; SEESTADT, J. A.; GOMEZ, E. R.; MARCHANT, K. K. **A Collaborative Approach to Lean Laboratory Workstation Design Reduces Wasted Technologist Travel**. Am J Clin Pathol., 2012. 138:273-280.

YU, H.; AL-HUSSEIN, M.; AL-JIBOURI, S.; TELYAS, A. **Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation**. Journal of Management in Engineering. Vol. 29. No. 1. January 1, 2013. 29(1): 103-111.

ZUMBO, B. D., GADERMANN, A. M., ZEISSER, C. **Ordinal versions of coefficients alpha and theta for Likert rating scales.** *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 2007. 6, 21-29.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO CONSTRUÇÃO ENXUTA (*LEAN CONSTRUCTION*)

Prezado Sr. (a)

Nome:

---

Organização:

---

Telefone:

E-mail:

---

O Sistema FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - vem trabalhando na disseminação da filosofia de gestão enxuta (*lean* em inglês), baseada no Modelo Toyota, junto às empresas de diversos setores industriais.

A filosofia de gestão enxuta foi criada após a 2ª guerra mundial pela Toyota, fabricante japonês de automóveis, com o objetivo principal de eliminar desperdícios e agregar valor para o cliente externo, reduzindo ao máximo o tempo entre a solicitação e entrega para o cliente.

Estudos científicos comprovam o efeito positivo da gestão enxuta sobre a sustentabilidade da organização, nas suas três dimensões: econômica (redução de custos e aumento de lucro), social (melhora do ambiente de trabalho e saúde ocupacional) e ambiental (redução/eliminação de desperdícios e otimização do uso de recursos).

No que tange o setor de construção civil, estamos realizando um levantamento para identificar quais são as práticas consideradas fatores críticos de sucesso, portanto, imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.

Uma vez conhecendo as práticas consideradas imprescindíveis, teremos condições de identificar os métodos e ferramentas *lean* (chamadas de contramedidas pela Toyota) associadas às práticas, que poderão ser disponibilizadas às empresas do setor de construção civil por meio de produtos/ações do IEL, SESI e SENAI, em articulação com o Núcleo de Construção Civil da Gerência de Desenvolvimento Setorial do Sistema FIRJAN.

O questionário em anexo foi construído a partir de artigos científicos, e verificado por especialistas do tema *lean* e empresa que trabalha com a filosofia de gestão enxuta na construção civil, conhecido como construção enxuta (*lean construction* em inglês).

Você terá acesso aos resultados consolidados da pesquisa, por ter respondido ao questionário. Estamos à disposição e agradecemos desde já se você puder nos indicar outros profissionais da tua confiança que possamos contatar convidando-os a responderem o questionário.

Cordialmente,

Alberto Besser

Superintendente IEL-RJ/Sistema FIRJAN

T.: (21) 2563-4516, E-mail: [abesser@firjan.org.br](mailto:abesser@firjan.org.br)

**Questionário para identificar os fatores críticos de sucesso, considerados imprescindíveis para que a filosofia de gestão enxuta, baseada no Modelo Toyota, possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos.**

**Parte A - Perfil do Respondente e da Organização**

1. Qual é a sua posição na organização? Marcar um X.

<input type="checkbox"/> Proprietário/acionista	<input type="checkbox"/> Diretor/gerente geral	<input type="checkbox"/> Gerente de projeto
<input type="checkbox"/> Gerente de contrato	<input type="checkbox"/> Gerente/técnico de qualidade	<input type="checkbox"/> Gerente regional
<input type="checkbox"/> Engenheiro	<input type="checkbox"/> Arquiteto	<input type="checkbox"/> Professor/pesquisador
<input type="checkbox"/> Outros		

2. Qual é seu tempo de experiência profissional (anos)? Marcar um X.

0-5       6-10       11-15       16-20       Mais de 20

3. Qual é seu grau de escolaridade? Marcar um X.

Ensino médio       Superior       Pós-graduação/mestrado/doutorado

4. Qual é o porte da sua organização (número de funcionários)? Marcar um X.

Micro 1-19       Pequeno 20-99       Médio 100-499       Grande 500 ou mais

5. Qual é o tempo de operação da sua organização (anos)? Marcar um X.

0-5       6-10       11-15       16-20       Mais de 20

6. Onde é a atuação da organização? Marcar um X.

Estado do Rio de Janeiro       Brasil       Brasil e Exterior

7. Qual é a principal área de operação da sua organização? Marcar um X.

<input type="checkbox"/> Edifícios residenciais e comerciais	<input type="checkbox"/> Instalações de infraestrutura
<input type="checkbox"/> Instalações de auto-estrada e transporte	<input type="checkbox"/> Tubulações
<input type="checkbox"/> Projeto e arquitetura	<input type="checkbox"/> Obras de túneis
<input type="checkbox"/> Projetos de energia	<input type="checkbox"/> Barragens
<input type="checkbox"/> Obras de marinas	<input type="checkbox"/> Reforço-restauração
<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Instalações industriais
	<input type="checkbox"/> Aeroportos
	<input type="checkbox"/> Ensino/pesquisa

8. A sua organização conhece a construção enxuta (*lean construction*), baseado no conceito de manufatura/produção enxuta (*lean manufacturing*) do Sistema Toyota de Produção?

Sim       Não

9. A sua organização utiliza a construção enxuta (*lean construction*)?

Sim       Não

**Parte B - Práticas de construção enxuta que devem ser priorizadas como fatores críticos de sucesso para que a filosofia de gestão enxuta (*lean*) possa ser adotada pela indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro, nos próximos 10 anos**

As 35 práticas de construção enxuta (*lean construction*) estão agrupadas ao longo dos 14 princípios e 4 camadas do Modelo Toyota e todas devem ser assinaladas com as alternativas de 1 a 5 ou NE, conforme a percepção pessoal do respondente, onde:

- (1) – Discordo Completamente
- (2) – Discordo
- (3) – Concordo e Discordo parcialmente (posição de neutralidade)
- (4) – Concordo
- (5) – Concordo Completamente
- NE – Não entendi a alternativa

Após análise criteriosa de cada uma das 35 práticas, marque um X apenas naquele quadrado que melhor represente sua opinião quanto à importância da prática para que a indústria da construção civil do estado do Rio de Janeiro possa adotar a filosofia de gestão enxuta, nos próximos 10 anos.

**Camada 1 - O Modelo Toyota de Filosofia (Princípio 1)**

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P1: Filosofia de longo prazo</b>						
P1.1.1 Sustentar um propósito constante (visão, missão e valores da empresa)						
P1.1.2 Perdas a curto prazo afetam a tomada de decisão, mas são menos importantes do que perseguir objetivos de longo prazo						
P1.1.3 Entender exigência do cliente é o trabalho prioritário						

**Camada 2 - O Modelo Toyota de Processo (Princípios 2-8)**

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P2: Fluxo de uma peça</b>						
P2.2.1 É importante os empregados estarem preocupados com a eliminação de desperdícios em seu trabalho diário (desperdício pode ser retrabalho, baixa qualidade, defeitos ou esperas)						
P2.2.2 Material, equipamentos e outros recursos devem ser fornecidos de forma " <i>just-in-time</i> " quando necessário						
P2.2.3 Layout da obra deve ser organizado para melhorar o fluxo de materiais e movimentação de empregados para minimizar desperdícios devido ao movimento, deslocamento e viagens						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P3: Usar o sistema "puxado"</b>						
P2.3.1 Materiais devem ser pedidos tão próximo quanto possível das exatas necessidades						
P2.3.2 É importante esforçar-se para que seja possível um baixo nível de inventário de material (mesmo sem estoque) no canteiro de obras						
P2.3.3 Conteúdo do trabalho, tempo de atividade, requisitos de materiais, entre outras informações, devem ser preparadas de forma clara antes de liberar uma tarefa de trabalho para uma equipe						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P4: Nivelar a carga de trabalho (<i>Heijunka</i>)</b>						
P2.4.1 Encarregados (últimos planejadores) assumirão compromissos do que as equipes farão cada semana com base no que está pronto para ser feito						
P2.4.2 Gerente de projetos deve planejar o trabalho com <i>inputs</i> de outras partes, incluindo subcontratados, fornecedores, clientes, etc.						
P2.4.3 Atividades diárias de trabalho devem ser planejadas para equilibrar a disponibilidade de material, mão de obra, disponibilidade de máquina e carga de trabalho entre as operações						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P5: Construir uma cultura de parar para corrigir problemas</b>						
P2.5.1 Os funcionários se dedicam a fornecer qualidade "embutida" em todos os aspectos das operações						
P2.5.2 É importante prevenir para que atribuições com defeito ou "sem inspeção" não entrem no próximo processo						
P2.5.3 Os funcionários são "empoderados" a serem responsáveis pela qualidade						

PRÁTICAS NA EMPRESA						NE
<b>P6: Tarefas padronizadas</b>						
P2.6.1 Os funcionários são incentivados a melhorar os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) existentes com base na sua própria experiência prática						
P2.6.2 É importante incorporar em novos POPs as melhorias criativas dos empregados com relação a um padrão						



PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P7: Controle visual</b>						
P2.7.1 Ajudas visuais devem ser adotadas para fazer com que desperdícios, problemas e condições anormais fiquem rapidamente aparentes para funcionários						
P2.7.2 A informação postada em termos de status do trabalho, cronograma, qualidade, segurança, etc. deve estar num lugar em que a maioria dos trabalhadores possa vê-la diariamente, e está atualizada						
P2.7.3 Sinalizações apropriadas são usadas para identificar layouts, trânsito, preocupações de segurança, etc.						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P8: Estratégia de aquisição de nova tecnologia</b>						
P2.8.1 Nova tecnologia deve apoiar os valores da empresa						
P2.8.2 Nova tecnologia deve demonstrar seu potencial para melhorar processos						

### **Camada 3 - O Modelo Toyota de Pessoas e Parceiros (Princípios 9-11)**

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P9: Crescer líderes e liderança</b>						
P3.9.1 Os líderes são motivados a inspirar as pessoas para alcançar objetivos						
P3.9.2 Os líderes vão separar tempo para compreender os problemas e causas raiz antes de agir						
P3.9.3 Os líderes devem compreender a política e procedimentos da empresa, e comunicar estas aos membros da sua equipe						

<b>P10: Desenvolver pessoas e promover o trabalho em equipe</b>						
P3.10.1 Selecionar a melhor pessoa para um determinado trabalho						
P3.10.2 Treinamento deve ser fornecido para equipar os empregados com as habilidades necessárias antes de serem atribuídos ao trabalho						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
<b>P11: Respeitar a rede estendida de parceiros e fornecedores</b>						
P3.11.1 Respeitar as capacidades dos parceiros						
P3.11.2 Trabalhar com os parceiros para melhorar a eficácia do projeto						

**Camada 4 - O Modelo Toyota de Solução de Problemas (Princípios 12-14)**

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
P12: Prática de <i>Genchi Genbutsu</i> (ir ao local onde valor é criado para testemunhar e entender a verdadeira situação)						
P4.12.1 Resolver o problema, indo para os lugares (por exemplo, o local de construção), onde os problemas são descobertos						
P4.12.2 Analisar e compreender completamente a situação antes de tomar decisões						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
P13: Estratégia de tomada de decisão						
P4.13.1 Usar metodologias apropriadas de solução de problemas (por exemplo, 5 porquês <i>Whys</i> ) para determinar a causa raiz de problemas						
P4.13.2 Em linhas gerais, considerar soluções alternativas						

PRÁTICAS NA EMPRESA	1	2	3	4	5	NE
P14: Prática de <i>Hansei</i> (reflexão) e <i>Kaizen</i> (melhoria contínua)						
P4.14.1 É importante uma reflexão sobre erros (por exemplo, defeitos, retrabalho, questões de segurança, etc.) regularmente						
P4.14.2 Atividades <i>kaizen</i> são conduzidas no local de trabalho dos empregados						