UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará

Ricardo William da Silva

Resíduos da Construção Civil: controle por meio do método *Lean Construction*

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Marcelo de Souza Picanço

Belém – Pará – Brasil

2018

Universidade Federal do Pará
Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Ricardo William da Silva

Resíduos da Construção Civil: controle por meio do método *Lean Construction*

Dissertação de Mestrado

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Marcelo de Souza Picanço

Belém

junho de 2018

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ricardo William da Silva.

TÍTULO: Resíduos da Construção Civil: controle por meio do método *Lean Construction.*

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Ricardo William da Silva

Avenida Almirante Wandenkolk, Passagem Secundária, nº91, Umarizal.

66055-600 Belém – PA – Brasil.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do ITEC/UFPA-Belém-PA

S586 Silva, Ricardo William da, 1990 -
Resíduos da construção civil: controle por meio do método Lean Construction / Ricardo William da Silva. - 2018.

Orientador: Marcelo de Souza Picanço
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.

1.Construção civil- Estimativas. 2. Resíduos sólidos. 3.Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). I. Título.

CDD 22. ed. – 6 9 2 . 5

Elaborado por Kelren Cecília dos Santos Lima da Mota – CRB-2/1461

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONTROLE POR MEIO DO MÉTODO LEAN CONSTRUCTION

AUTOR:

RICARDO WILLIAM DA SILVA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 08 / 06 / 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Orientador (UFPA)

Profa. Dra. Fabiane Letícia Lizarelli
Membro Externo (UFSCAR)

Prof. Dr. Leony Luis Lopes Negrão
Membro Externo (UFPA)

Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Membro Externo (UFPA)

Prof. Dr. Alcebiades Negrão Macêda
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando a alcançar os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me dado forças, saúde e sabedoria para superar os inúmeros obstáculos que apareceram na minha frente durante o mestrado. Todas as conquistas e vitórias que conseguir até hoje foi graças ao Senhor que sempre esteve do meu lado me abençoando e me iluminando nessa trajetória tão árdua.

À minha esposa Thais, que sempre esteve do meu lado nos momentos mais difíceis, dando-me forças para superar as barreiras e me apoiando sempre, e aos meus filhos Matheus e Leonardo, que apesar de serem bem crianças sempre foram a minha maior motivação para que conseguisse alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais Aldair e Ana Rosa, que sempre me incentivaram e me apoiaram na busca dos meus objetivos.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Marcelo Picanço e ao meu Coorientador Prof. Dr. Léony Negrão pelas suas valiosas contribuições.

Aos profissionais das empresas que se dispuseram a me ajudar a desenvolver este trabalho.

Sem dúvida nenhuma, nada seria possível sem o envolvimento e participação de todos vocês. Um muito obrigado a todos!

RESUMO

As atividades do setor da Construção Civil são responsáveis pela geração de certa quantidade de resíduos, que quando depositados inadequadamente, provocam impactos nos centros urbanos, afetando negativamente direta e indiretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente. Diante dessa problemática, as práticas do *Lean Construction* surgem como uma alternativa para redução das perdas e desperdícios nos canteiros de obras e, consequentemente, de Resíduos da Construção Civil (RCC). Haja vista a existência de poucos estudos com uma conexão direta entre as práticas do *Lean Construction* e a redução dos RCC, o presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto e a proposição das práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da Construção em duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém. Para tanto, foi feito um estudo de caso múltiplo em um canteiro de obra de uma empresa construtora que possui as certificações de qualidade ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A, na condição de que esta adota às práticas do *Lean Construction*, e em outra de uma empresa que não possui nenhuma certificação considerando que a mesma não adota tais práticas *lean* em suas obras. Dessa forma, as duas obras foram analisadas com intuito de compará-las e verificar quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução dos Resíduos da Construção Civil. Os resultados obtidos demonstraram que nos dois canteiros não é dada uma atenção especial para redução de perdas e desperdícios, e, consequentemente, para a redução da geração de RCC, que a organização do canteiro influi na redução de tais resíduos, que a fatores a falta de conhecimento nas práticas do *Lean Construction*, apoio da alta administração e treinamento desencadeiam os RCC, e que são aplicadas algumas práticas *Lean* isoladas, sem conexão nenhuma entre elas, de forma “natural” e “involuntária”. Posteriormente foram elaborados propostas de melhorias visando à redução da geração de RCC, por meio de algumas práticas e ferramentas *lean* encontradas na literatura. Portanto, constatou-se que a implementação das práticas *Lean* pode gerar vários benefícios às empresas e aos seus respectivos canteiros de obras, e contribuir direta e indiretamente na redução RCC.

Palavras-Chave: *Lean* Construction. Resíduos da Construção Civil.

ABSTRACT

The activities of the Civil Construction sector are responsible for the generation of a certain amount of waste, which when deposited improperly, provoke impacts in the urban centers, affecting negatively directly and indirectly the society, the economy and the environment. In face of this problem, Lean Construction practices appear as an alternative to reduce losses and waste at construction sites and, consequently, Civil Construction Waste (RCC). Considering the existence of few studies with a direct connection between the practices of Lean Construction and the reduction of RCC, the present work has the objective of analyzing the impact and the proposal of the practices of Lean Construction in the reduction of Construction Waste in two works of vertical construction located in the city of Belém. For this purpose, a multiple case study was carried out at a construction site of a construction company that has ISO 9001: 2008 and PBQP-H level A certifications, provided that it adopts the practices of Lean Construction, and another one of a company that does not have any certification considering that it does not adopt such lean practices in its works. Thus, the two works were analyzed in order to compare them and verify how Lean Construction practices can contribute to the reduction of Civil Construction Waste. The results showed that the two sites do not pay special attention to the reduction of losses and wastes, and, consequently, to the reduction of CCR generation, that the organization of the construction site influences the reduction of such residues, that to factors lacking knowledge in Lean Construction practices, senior management support and training trigger RCCs, and that some isolated Lean practices are applied without any connection between them in a "natural" and "unintentional" way. Subsequently, proposals were made for improvements aimed at reducing the generation of RCC, through some practices and lean tools found in the literature. Therefore, it was verified that the implementation of Lean practices can generate several benefits to the companies and their respective construction sites, and contribute directly and indirectly to the RCC reduction.

Keywords: Lean Construction. Construction wastes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Foco de estudos sobre a adoção de práticas *lean* 3
Tabela 2 - Estratégia de Pesquisa 7
Tabela 3 – Composição do RCC em algumas cidades Brasileiras 14
Tabela 4 – Fonte geradora e componente dos RCC (%) 16
Tabela 5 – Estimativa de geração de RCC em alguns países 20
Tabela 6 – Geração de RCC e m algumas cidades brasileiras..... 21
Tabela 7 – Instrumentos legais e normativos de abrangência de nacional..... 23
Tabela 8 – Estados com a Política Estadual de Resíduos Sólidos..... 25
Tabela 9 – Instrumentos legais nos municípios relativos aos RCC..... 25
Tabela 10 – Normas técnicas brasileiras relativas aos resíduos sólidos e aos RCC..... 26
Tabela 11 – Princípios da abordagem *Lean*..... 29
Tabela 12 – Produção convencional x Produção Enxuta 32
Tabela 13 – Relação das Práticas *lean* com os onze princípios do *Lean Construction*.. 35
Tabela 14 – Estudos a cerca da adoção do *Lean Construction* 38
Tabela 15 – Resumo de 5W2H (plano de ação) 48
Tabela 16 – Classificações adotadas no trabalho 53
Tabela 17 – Fontes de evidência e seus objetivos no estudo..... 58
Tabela 18 – Testes e táticas adotadas no estudo..... 60
Tabela 19 – Resumo das entrevistas..... 84
Tabela 20 - Práticas adotadas nos canteiros 87
Tabela 21 – Ferramenta 5W2H utilizada para implantação dos princípios do *Lean Construction* 99
Tabela 22 – Resumo das práticas e ferramentas *lean* sugeridas..... 109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Total de RCC coletados Brasil e Regiões (tx1000/ano) 2
Figura 2 – Composição da Cadeia Produtiva da Construção por participação (%) no PIB total da cadeia. 4
Figura 3 - PIB Brasil X PIB da Construção Civil (Variação %) – 2004 a 2016 5
Figura 4 – Caracterização dos Geradores 12
Figura 5 – As perdas segundo seu momento de incidência e sua origem 18
Figura 6 – Resíduos da Construção Civil depositados em local inadequado 22
Figura 7 – Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional 30
Figura 8 – Modelo de processo do *Lean Construction* 31
Figura 9 – Método da Linha de Balanço (LOB – *Line of Balance Method*) 42
Figura 10 – Sistema de planejamento do *Last Planner* 45
Figura 11 – Símbolos utilizados na elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor 50
Figura 12 – Etapas da pesquisa 54
Figura 13 – (a) Instalações sanitárias; (b) Refeitório 64
Figura 14 – (a) Local de armazenamento da obra; (b) Aços armazenados; (c) Local de armazenamento das instalações hidráulicas 65
Figura 15 – (a) RCC gerados pela obra; (b) Restos de madeira entre os pavimentos; (c) Estruturas de Ferro desperdiçadas 68
Figura 16 – (a) Aviso para uso de EPI's; (b) Aparadores em torno da obra 69
Figura 17 – (a) Refeitório; (b) Instalações sanitárias 74
Figura 18 – (a) Armazenamento de tijolos; (b) Local de armazenamento das instalações hidráulicas; (c) Local de armazenamento de areia e brita 75
Figura 19 – (a) Aços expostos a céu aberto; (b) Aços armazenados 76
Figura 20 – Uso de escoras de madeira 77
Figura 21 – (a) RCC gerados na obra; (b) Restos de madeira; (c) Restos de telha e aços 79
Figura 22 – (a) Trabalhador usando EPI; (b) Aparadores usados na obra; (c) Redes de Proteção usadas na obra 80

LISTA DE SIGLAS

Símbolo	**Significado**
ABCIC	Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CIFE	*Center for Integrated Facility Engineering*
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COM	*Critical Path Method*
EAU	Emirados Árabes Unidos
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
EUA	Estados Unidos da América
FVS	Fichas de Verificação de Serviço
IGLC	*International Group of Lean Construction*
ISSO	Organização Internacional de Normalização
IT	Instruções de trabalho
JIT	*Just-in-time*
LCI	*Lean Construction Institute*
LOB	*Line of Balance*
LPS	*Last Planner System*
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PCC	Departamento de Engenharia de Construção Civil
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	*Program Evaluation and Review Technique*
PIB	Produto Interno Bruto
PMGRCC	Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção

PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPC	Número de atividades planejadas e completas
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SECOVI	Sindicato da Habitação
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade dos Serviços e Obras
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção
SNIS	Sistema Nacional de Informação de Saneamento
TQM	*Total Quality Management*
TPS	*Toyota Production System*
UFPA	Universidade Federal do Pará
WIP	*Work in Process*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1 PROBLEMÁTICA 1
1.2 QUESTÃO DE ESTUDO 4
1.3 JUSTIFICATIVA 4
1.4 OBJETIVO GERAL 6
1.5 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA 6
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 8
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS 8
2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 9
2.1.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 10
2.1.2.1 DEFINIÇÃO 10
2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 11
2.1.4 ORIGEM E COMPOSIÇÃO 12
2.1.5 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL X GERAÇÃO DE RESÍDUOS 16
2.1.6 IMPACTOS DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 22
2.1.7 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS 23
2.1.7.1 ÂMBITO NACIONAL 23
2.1.7.2 ÂMBITO ESTADUAL 24
2.1.7.3. ÂMBITO MUNICPAL 25
2.1.7.4 NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS 26
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO 26
2.2.1 PENSAMENTO ENXUTO (*LEAN THINKING)* 28
2.2.2 MODELOS DE PRODUÇÃO 30
2.2.3 LEAN CONTRUCTION (CONSTRUÇÃO ENXUTA) 32
2.2.4 ESTUDO DA LITERATURA ACERCA DA ADOÇÃO DO LEAN CONSTRUCTION 37
2.2.5 FERRAMENTAS DO *LEAN CONSTRUCTION* 40
2.2.5.2 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO OU ESTRATÉGICO VIA LOB E PERT/CPM 41
2.2.5.3 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO, TÁTICO OU LOOKAHEAD PLANNING 43

2.2.5.4 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO OU OPERACIONAL, LAST PLANNER 44
2.2.5.5 5S 46
2.2.5.6 GERENCIAMENTO VISUAL, ANDON E TRANSPARÊNCIA 46
2.2.5.7 PLANO DE AÇÃO (5W2H) 48
2.2.5.8 POKA-YOKE (À PROVA DE ERROS) 48
2.2.5.9 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 49
2.2.5.10 KANBAN 51
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 52
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 52
3.2 MÉTODO DA PESQUISA 54
3.2.1 DESENVOLVIMENTO DA TEORIA 55
3.2.2 PROPOSIÇÕES 55
3.2.3 UNIDADE DE ANÁLISE E SELEÇÃO DOS CASOS 56
3.2.4 LÓGICA QUE UNE OS DADOS ÀS PROPOSIÇÕES 57
3.2.5 CRITÉRIOS PARA INTERPRETAR AS CONSTATAÇÕES 57
3.2.6 FONTES DE EVIDÊNCIA 58
3.2.7 PROTOCOLO PARA O ESTUDO DE CASO 58
3.2.8 CRITÉRIOS PARA JULGAMENTO DA QUALIDADE DE PESQUISA .. 59
3.2.8.1 VALIDADE DO CONSTRUCTO 59
3.2.8.2 VALIDADE INTERNA E EXTERNA 59
3.2.8.3 CONFIABILIDADE 59
3.2.9 LIMITAÇÕES DA PESQUISA 60
3.3 COLETA DE DADOS 60
3.3.1 CONDUÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO 60
3.3.2 REDIGIR RELATÓRIO DO CASO INDIVIDUAL 61
3.4 ANÁLISE DE DADOS 61
3.4.1 TIRAR AS CONCLUSÕES ENTRE OS CASOS 61
3.4.2 RELATÓRIO DE CASOS CRUZADOS 61
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 62
4.1 RELATÓRIO INDIVIDUAL – CONSTRUTORA “A” 62
4.1.2 DADOS DA CONSTRUTORA 62
4.1.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 62
4.1.4 CARACTERIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA 63

4.1.6 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO 68
4.1.6.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR 68
4.1.6.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE 69
4.1.6.3 REDUZIR A VARIABILIDADE 70
4.1.6.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO 70
4.1.6.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS 70
4.1.6.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS 71
4.1.6.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS 71
4.1.6.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO 71
4.1.6.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS 71
4.1.6.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO 72
4.1.6.11 BENCHMARKING 72
4.2 RELATÓRIO INDIVIDUAL – EMPRESA B 72
4.2.1 DADOS DA CONSTRUTORA 73
4.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 73
4.2.3 CARACTERIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA B 73
4.2.4 RESULTADO DA ENTREVISTA 76
4.2.5 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO 78
4.1.5.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR 78
4.1.5.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE 80
4.1.5.3 REDUZIR A VARIABILIDADE 81
4.1.5.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO 81
4.1.5.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS 81
4.1.5.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS 82
4.1.5.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS 82
4.1.5.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO 82
4.1.5.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS 82
4.1.5.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO 83
4.1.5.11 BENCHMARKING 83
4.3 RELATÓRIO DE CASOS CRUZADOS 84

4.3.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR 89
4.3.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE 91
4.3.3 REDUZIR A VARIABILIDADE 91
4.3.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO 92
4.3.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS 92
4.3.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS 93
4.3.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS 93
4.3.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO 93
4.3.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS 94
4.3.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO 95
4.3.11 BENCHMARKING 95
4.4. VALIDAÇÕES DAS PROPOSIÇÃO TEÓRICAS.....94
4.4.1 PROPOSIÇÃO 1: A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RCC NÃO É UMA PRIORIDADE NOS CANTEIROS DE OBRAS. 95
4.4.2 PROPOSIÇÃO 2: A ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO INFLUI NA REDUÇÃO DOS RCC. 96
4.4.3 PROPOSIÇÃO 3: A FALTA DE CONHECIMENTO NAS PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION*, APOIO DA ALTA ADMINISTRAÇÃO E TREINAMENTO SÃO FATORES QUE DESENCADEIAM OS RCC. 96
4.4.4 PROPOSIÇÃO 4: AS PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION* IMPACTAM E CONTRIBUEM NA REDUÇÃO DE RCC. 96
5. PROPOSTAS DE MELHORIA 98
5.1 PRINCÍPIOS E PRÁTICAS SUGERIDAS 100
5.1.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR 100
5.1.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE 101
5.1.3 REDUZIR A VARIABILIDADE 102
5.1.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO 103
5.1.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS 104
5.1.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DA SAÍDA 104
5.1.7 AUMENTAR À TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO 105
5.1.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO 106
5.1.9 MELHORIA CONTÍNUA 106

5.1.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO 108
5.1.11 BENCHMARKING 108
6. CONCLUSÃO 111
6.1 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS 112
7. REFERÊNCIAS 113
APÊNDICE A - PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO 128
APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTAS – ETAPA 1 132
APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTAS – ETAPA 2 133
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PROPOSTO – ETAPA 2 135
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO ENGENHEIRO DO CANTEIRO DE OBRA A 137
APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO ENGENHEIRO DO CANTEIRO DE OBRA B 139

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo inicial constam tópicos que constituem a introdução deste trabalho, tais como: problemática, questão de estudo, justificativa, objetivo geral, contribuição científica e a estrutura desta dissertação.

1.1 PROBLEMÁTICA

As atividades da construção civil relacionam-se de forma direta com a economia, pois é uma grande geradora de emprego, renda e tributos. É um setor responsável pela grande absorção de mão de obra e por obras, tais como: casas, edifícios, pontes, barragens, fundações de máquinas, estradas, aeroportos e outras infraestruturas.

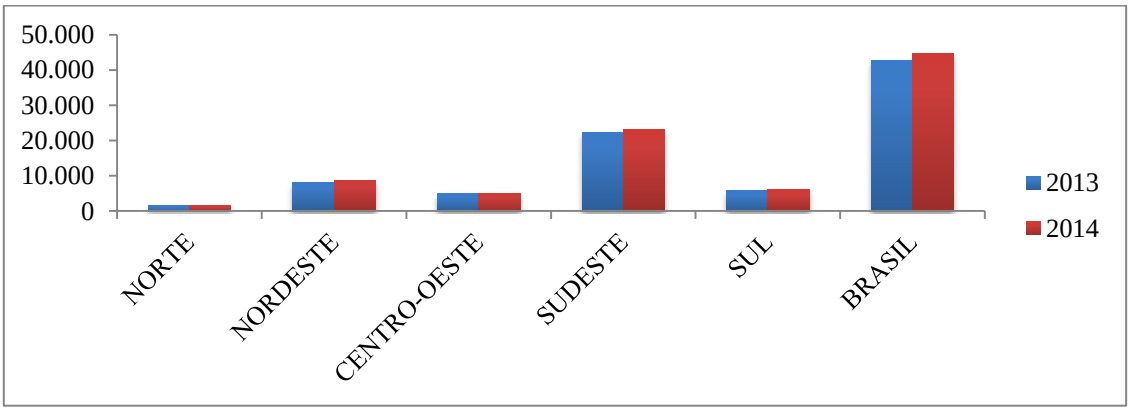
No entanto, segundo Pinto (2005) esta atividade também se constitui como uma grande geradora de impactos ambiental devido o alto consumo de recursos naturais, modificação da paisagem e geração de resíduos. Quando depositados inadequadamente, segundo esse autor, tais resíduos provocam:

- Degradação das áreas de manancial e de proteção permanente;
- Proliferação de agentes transmissores de doenças;
- Assoreamento de rios e córregos;
- Obstrução dos sistemas de drenagem, tais como piscinões, galerias, sarjetas, etc.
- Ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana;
- Existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade.

Um estudo sobre o panorama dos resíduos sólidos, realizado no Brasil pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) em 2015, observa-se que os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de Resíduos de Construção Civil (RCC) em 2014, e em relação a 2013 teve um aumento de 4,1%, vide fig. 1. Mesma situação observada nos anos anteriores, o que exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCC, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos, e excluem os

resíduos sob a responsabilidade dos geradores. Dessa forma, a questão dos Resíduos da Construção Civil é preocupante, pois, tais resíduos são gerados em relevantes volumes e, com frequência, dispostos irregularmente em espaços públicos, comprometendo a qualidade ambiental nas municipalidades.

Figura 1 - Total de RCC coletados Brasil e Regiões (tx1000/ano)



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2015)

Haja vista o aumento da competitividade no mercado entre as empresas, a maior exigência dos clientes, a maior preocupação com o meio ambiente, a busca por maior lucratividade dos investidores, faz com que as empresas invistam no gerenciamento de seus projetos e dos resíduos da construção civil. Isso pode ser possível, por exemplo, conforme Ingle e Waghmare (2016), a partir da adoção das práticas *Lean Construction*, uma vez que as mesmas possibilitam a redução de perdas/desperdícios nas atividades da construção civil.

O interesse pela adoção da filosofia *Lean* na construção é baseado, principalmente, nas evidências empíricas de que suas práticas melhoram a competitividade das empresas em seus mercados, na forma de redução dos prazos e custos e aumento da qualidade, aspectos demandados pelo mercado (MULLENS; NAHMENS, 2004; ALARCON; SEGUEL, 2002; SANCHEZ; PÉRES, 2001).

De acordo com Ballard e Howell (2003) países como Reino Unido, Austrália, EUA e Brasil ganharam benefícios significativos pela adoção dos conceitos de *Lean Construction*. Esses conceitos segundo Picchi (2003) são difundidos, sobretudo, por instituições que atuam como plataforma para o estudo e difusão da filosofia *lean*, como o *International Group of Lean Construction* (IGLC), tratando da aplicação em diversos assuntos, tais como: projeto, suprimentos e obra.

Observou-se alguns estudos sobre *Lean Construction* relacionado à otimização de processos (HOSSEINI; NIKAKHTAR; GHODDOUSI, 2012), aumento da

produtividade (MOTA; MOTA; ALVES, 2008), redução das perdas e desperdícios (INGLE; WAGHMARE, 2016), (PHENG; SHANG; PETER, 2016), (NIKAKHTAR *et al*., 2015), identificação das causas destas perdas e desperdícios, seus efeitos, soluções e suas principais fontes (KHANH; KIM, 2014; ILOZOR *et al.*, 2008; POLAT; BALLARD, 2004; LEE *et al.*, 1999).

Foram identificados também alguns estudos sobre as práticas *Lean* e sua relação com os benefícios econômicos (BALLARD, 2009; BALLARD *et a*l., 2008; BALLARD, 2000; HOWELL; BALLARD, 1994), estudos relacionando ao *Lean Construction* com a sustentabilidade (SAGGIN *et al.*,2015; NAHMENS; IKUMA, 2012; SONG; LIANG, 2011), e seus benefícios ambientais (GHOSH *et al.*, 2014), (GOLZAPOOR; GONZÁLES, 2013; BANTOWSKY, 2007). No entanto, foram identificados na literatura apenas dois estudos com uma conexão direta entre as práticas *Lean* e a redução de resíduos de construção civil; (SALGIN; ARROYO; BALLARD, 2016) realizado na Califórnia, (AGYEKUM; AYARKWA; ADJEI-KUMI, 2013) realizado em Gana, conforme seção 1.5. A tabela 1 resume essas constatações.

Tabela 1 - Foco de estudos sobre a adoção de práticas *lean*

FOCO/BENEFÍCIOS		**AUTORES**
PRÁTICAS *LEAN*	Benefícios Econômicos	(BALLARD 2009; BALLARD *et al*., 2008; BALLARD, 2000; HOWELL; BALLARD, 1994)
	Sustentabilidade	(SAGGIN *et al*.,2015; NAHMENS; IKUMA, 2012; SONG; LIANG, 2011)
	Benefícios Ambientais	(GHOSH *et al.*, 2014; GOLZARPOOR; GONZÁLES, 2013; BANTOWSKY, 2007).
	Otimização de processos	(HOSSEINI; NIKAKHTAR; GHODDOUSI, 2012)
	Aumentar a produtividade	(MOTA; MOTA; ALVES, 2008)
	Redução de perdas e desperdícios	(INGLE; WAGHMARE, 2016), (PHENG, SHANG; PETER, 2016), (NIKAKHTAR *et al*., 2015)
	Identificação de causa, soluções e fontes	(KHANH; KIM, 2014; ILOZOR *et al*., 2008; POLAT; BALLARD, 2004; LEE *et al.*, 1999)
PRÁTICAS *LEAN*	Resíduos da Construção Civil	**(SALGIN; ARROYO; BALLARD, 2016; AGYEKUM; AYARKWA; ADJEI-KUMI, 2013),**

Fonte: Autor (2018)

Baseado nessas evidências teóricas percebe-se a necessidade de mais investigações empíricas que possam contribuir cientificamente. Pois, conforme os estudos de Agyekum, Ayarkwa e Adjei-Kumi (2013), Cheng, Won e Das (2015).

Salgin, Arroyo e Ballard (2016), a redução dos resíduos da construção pode ser alcançada por meio da implementação das práticas do *Lean Construction*. Dessa forma, a presente pesquisa buscou contribuir com a literatura científica no preenchimento de tal lacuna.

1.2 QUESTÃO DE ESTUDO

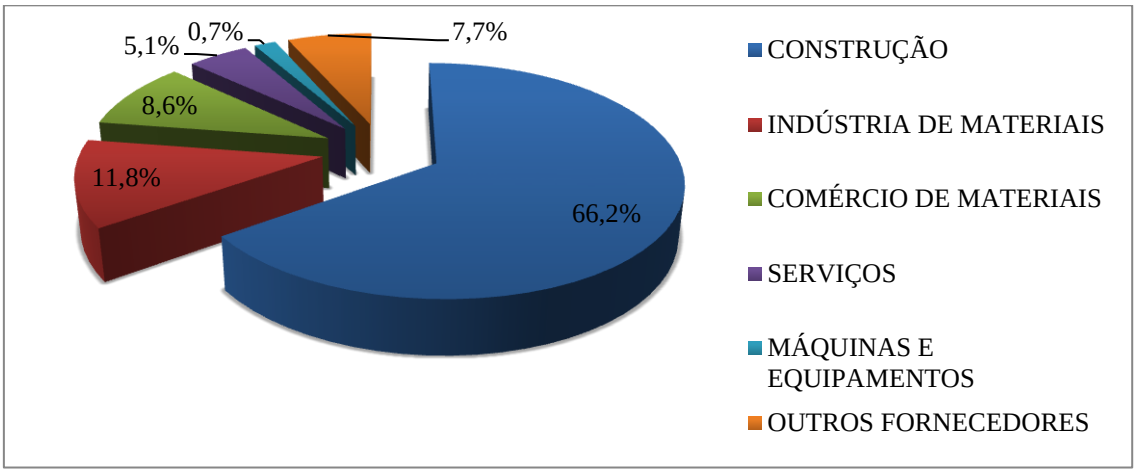
Com base nas discussões da seção 1.1, a questão que norteia este trabalho é: "Quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução dos Resíduos da Construção Civil?".

1.3 JUSTIFICATIVA

O setor da Construção Civil é um dos setores mais dinâmicos da economia brasileira, o qual desempenha um papel estratégico no processo de desenvolvimento econômico do Brasil por empregar mão de obra direta de maneira intensiva e dinamizar diversas cadeias produtivas pelo seu elevado efeito multiplicador e baixo coeficiente de importação (RABECHINI; CARVALHO, 2006). Li *et al*. (2003) afirmam que não pode haver atividade econômica sem a construção, o que enfatiza a relevância desse setor.

Segundo o banco de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2016), a Cadeia Produtiva da Construção tem um amplo incremento no Produto Interno Bruto brasileiro, conforme exposto na fig. 2, tendo uma representatividade de 66,2% de participação do PIB total da cadeia da construção em 2016. Enfatizando a sua grande importância para a composição da cadeia produtiva e o fato dela ser a principal consumidora dos demais materiais e serviços componentes desta cadeia.

Figura 2 – Composição da Cadeia Produtiva da Construção por participação (%) no PIB total da cadeia 2016.

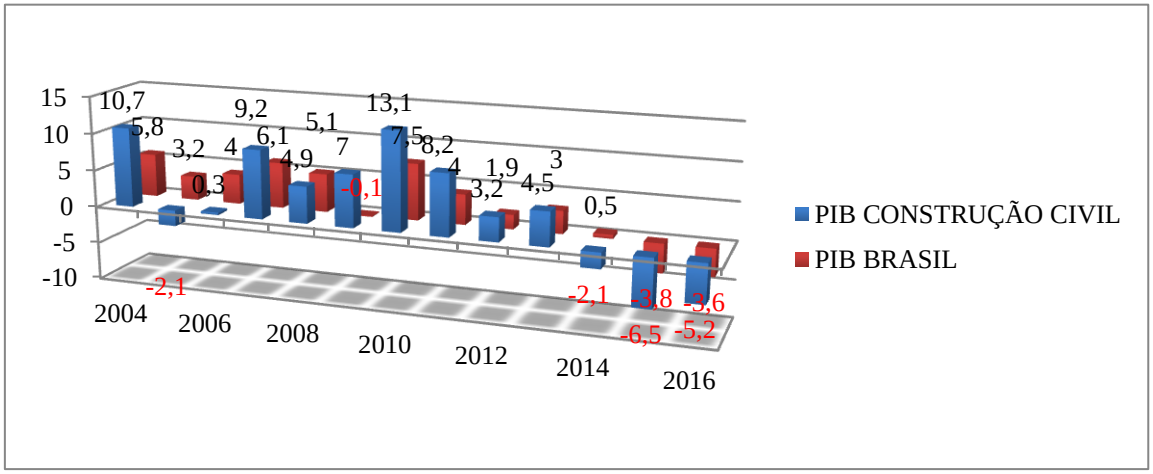


Fonte: Banco de Dados – CBIC (2016)

A construção civil foi um dos principais motores do setor industrial em 2010 registrando uma alta de 13,1% em sua contribuição para o PIB do país conforme o banco de dados do CBIC - fig. 2. Em relação ao ano de 2009, o segmento cresceu 16,4%, apresentando variação recorde na série iniciada em 1996. No entanto, atualmente, este setor encontra-se em um período de retração devido à crise econômica que vem assolando o Brasil nos últimos anos, segundo o CBIC foi registrada uma queda de 3,6% no PIB nacional e de 5,2% na atividade da construção civil em 2016 conforme exposto na fig. 3.

Figura 3 - PIB Brasil X PIB da Construção Civil (Variação %) – 2004 a 2016

.



Fonte: Adaptado de Banco de Dados – CBIC

Apesar da crise, o setor da construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo de crescimento econômico e social (FERNANDEZ, 2012). No entanto, conforme Pinto (2005), esta atividade também se

constitui como uma grande geradora de impactos ambientais, sobretudo, provocando uma grande geração de resíduos da Construção Civil nas cidades.

Diante desse contexto, tendo vista o interesse pela adoção da filosofia *Lean* na construção (MULLENS; NAHMENS, 2004; ALARCON; SEGUEL, 2002; SANCHEZ; PÉRES, 2001), e sua importância na redução das perdas e desperdícios nos canteiros de obras (INGLE; WAGHMARE, 2016), (PHENG *et al.*, 2016), (HOSSEINI; WONG; ZAVICHI, 2015), e buscando suprir uma carência de estudos similares no contexto brasileiro e no mundo conforme visto na seção 1.1, o presente trabalho se justificou por analisar a adoção do impacto e contribuição das práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da construção civil, associada à necessidade de se compreender melhor quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução de tais resíduos.

1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto e a proposição de práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da construção em duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém.

1.5 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

Foi feito um levantamento de artigos relacionados às práticas do *Lean Construction* e a redução dos Resíduos da Construção Civil por meio da estratégia de pesquisa constituída de cinco passos utilizada no trabalho de Almeida e Picchi (2018), conforme tabela 2, e de um total de 158 artigos retornados, apenas dois apresentaram uma conexão direta entre as práticas do *Lean Construction* e a redução dos Resíduos da Construção Civil. Importante ressaltar, que não foi identificado nenhum artigo por meio da amostragem em “bola de neve”.

Dessa forma, a contribuição científica deste trabalho está justamente em suprir uma carência de estudos a cerca da relação entre essas duas áreas: *Lean Construction* e Resíduos da Construção Civil no mundo e no Brasil, sobretudo, por ser realizado na região norte. Bem como, servir como subsídio para ampliar as discussões a respeito desses temas por meio de múltiplos estudos de casos.

Tabela 2 - Estratégia de Pesquisa

Estratégia de busca	Objetivo	Decisões de pesquisa
1. Definição dos termos de busca	Definir termos que representem o tema de pesquisa e que possibilitem retornar na busca artigos relevantes para a pesquisa.	Termos: *construction waste, construction and demolition waste, lean construction, lean.*
2. Seleção de bases de dados	Selecionar bases de dados que retornem a maior quantidade de trabalhos relevantes sobre o tema estudado e definir as condições de contorno da busca.	Bases: Compendex, Scopus, Web of Science, Science Direct, SciELO, Emerald Insight e IGLC. Condições: artigos de revistas e conferências de 2008 a 2018, em inglês, português ou espanhol.
3. Formulação de *string* de busca	Formular uma *string* que represente os termos de busca da melhor forma possível e que possibilite ser replicado nas diversas bases de dados de maneira semelhante.	*String*: *(construction waste OR construction and demolition waste) AND (lean construction OR lean)*
4. Critérios de seleção dos artigos	Definir critérios de seleção e exclusão dos artigos retornados das bases de dados de forma a possibilitar uma triagem eficiente e eficaz dos artigos relevantes para avaliação.	Critérios: artigos repetidos, aderência do título, do resumo e do artigo como um todo à questão da pesquisa.
5. Amostragem em "bola de neve"	Identificar trabalhos relevantes para a pesquisa que não foram encontrados pelas bases de pesquisa e *string* utilizados.	Amostragem: busca por outros trabalhos relacionados ao assunto pesquisado a partir das referências dos artigos selecionados para análise.

Fonte: Adaptado de Almeida e Picchi (2018)

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está dividida em seis capítulos.

- No primeiro capítulo é apresentada a introdução e contextualização do tema, a justificativa, questão de pesquisa, os objetivos e a estrutura do trabalho.
- No segundo capítulo consta a revisão bibliográfica sobre os diversos aspectos relativos aos resíduos da construção civil e ao *Lean Construction*
- No terceiro capítulo serão apresentados os aspectos metodológicos deste estudo.
- No quarto capítulo é apresentada a análise e discussão dos resultados.
- No quinto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria.
- No sexto capítulo são apresentadas as conclusões a que este estudo conduziu e sugestões para a continuação da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo consta o referencial teórico sobre o assunto, o qual abordará os aspectos relativos aos Resíduos da Construção Civil, compreendendo inicialmente um tópico relacionado à questão dos resíduos sólidos, e, posteriormente, a definição, classificação, origem e composição, perdas na construção civil x geração de resíduos, impactos ambientais, aspectos legais e normativos inerentes aos RCC. Em seguida, será abordado o *Lean Construction* incluindo a sua origem, definição, princípios e principais ferramentas utilizadas no setor da construção civil, para servir de base para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são gerados em todas as atividades humanas. Estes resíduos são subprodutos dos processos econômicos, os quais incluem atividades extrativistas, produção industrial e de serviços (CARNEIRO *et al.*, 2001).

Durante décadas não havia nenhum cuidado em relação aos impactos de tais resíduos ao meio ambiente e sua destinação final. Segundo Carneiro (2005, p.13-14), a preocupação com os resíduos sólidos urbanos no Brasil começou a ser percebida, quando os problemas pelo mau gerenciamento dos resíduos passaram a influenciar negativamente na qualidade de vida da população.

Diante da preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou critérios de definição e classificação dos resíduos sólidos, por meio da NBR 10.004 (ABNT, 2004), visando fornecer subsídios para o seu gerenciamento e amenizar seus impactos ambientais.

Segundo essa norma os resíduos sólidos são definidos como: resíduos nos estados sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se também resíduo sólido, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, e determinados líquidos que apresentam certas especificidades que a tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, em seu art. 3°, inciso XVI, os resíduos sólidos são definidos como: material, substância,

objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, nos estados sólido ou semissólido, bem como os gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), o processo de classificação dos resíduos ocorre através da análise de suas características físicas e químicas, por meio da avaliação do nível de riscos ao meio ambiente e à saúde pública, além da forma de manuseio e de sua destinação adequada. Assim, esta norma classifica os resíduos em dois grandes grupos: os perigosos e não perigosos, subdividindo estes últimos em inertes e não inertes conforme segue:

a) resíduos classe I – perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma;

b) resíduos classe II A – não-inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegrabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

c) resíduos classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos sólidos são classificados pela PNRS (BRASIL, 2010) quanto à origem e à periculosidade conforme segue:

a) Quanto à origem:

- Resíduos domiciliares;
- Resíduos de limpeza urbana;
- Resíduos sólidos urbanos;
- Resíduos de estabelecimento comerciais e prestadores de serviços;
- Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
- Resíduos industriais;
- Resíduos de serviços de saúde;

- Resíduos da construção civil;
- Resíduos agrossilvopastoris;
- Resíduos de serviços de transporte;
- Resíduos de mineração;

b) Quanto à periculosidade:

- Resíduos perigosos;
- Resíduos não perigosos.

2.1.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir deste tópico consta a definição, classificação, origem e composição, perdas na construção civil x geração de resíduos, impactos ambientais e os aspectos legais e normativos relativos aos Resíduos da Construção Civil.

2.1.2.1 DEFINIÇÃO

Sendo as atividades da Indústria da Construção Civil uma grande geradora de impactos ambiental, sobretudo, devido a grande geração de Resíduos da Construção Civil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou por meio da Resolução N° 307 de 05 de julho de 2002 critérios e procedimentos para a gestão de RCC.

Para efeito dessa resolução os RCC em seu art. 2º, § 1º são conceituados como: os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, etc., comumente chamados de entulho de obras, caliça ou metralha.

Mais recentemente, a lei 12.305/2010 - PNRS definiu o termo *resíduo da construção civil, em seu Artigo 13*, como “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil incluída os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” (Brasil, 2010a, Artigo 13, inciso I, alínea h).

As terminologias Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos da Construção civil (RCC) têm sido difundidas no meio acadêmico para denominar os resíduos sólidos gerados nas atividades de construção e demolição. Na literatura alguns autores como: Cheng, Won e Das (2015) Esa, Halog e Rigamonti (2016) e Li *et al.* (2016), utilizam o termo RCD, enquanto outros, como: Pinto (2005), Jacobi e Besen (2011), Lima e Cabral (2013) e Klein e Gonçalves-Dias (2017), utilizam o RCC. No presente trabalho, adotou-se esta última por ser a mesma definição usada pela

Resolução CONAMA n°307/2002 e pela lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para saber a disposição final dos resíduos, bem como gerenciá-lo, é preciso saber a sua classificação. De acordo com a Resolução CONAMA 348/2004 (Artigo 3o, inciso IV), os RCC são classificados da seguinte forma:

I - classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
II - classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; (RESOLUÇÃO n° 469/2015, p.109)
III - classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso; (RESOLUÇÃO n° 431/11, p.123).
IV - classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (RESOLUÇÃO n° 348/04, p. 70).

A classificação dos RCC em quatro classes distintas possibilita ao gerador realizar um melhor manejo e segregação dos resíduos. Assim, o gerador poderá identificar a melhor solução para os resíduos gerados no seu empreendimento, atingindo dessa maneira, um menor custo de desperdício (FREITAS, 2009).

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004) os resíduos provenientes de construção e demolição podem ser classificados em resíduos de Classe II B – inertes, ou seja, não reagem quimicamente. Isto se deve ao fato deste resíduo ser constituído por componentes minerais não poluentes e ser praticamente inerte quimicamente. No entanto, muitos casos, dependendo da origem, da composição ou da qualidade destes

resíduos, podem apresentar altos níveis de contaminantes que podem inseri-los em outras classes (LIMA, 2005).

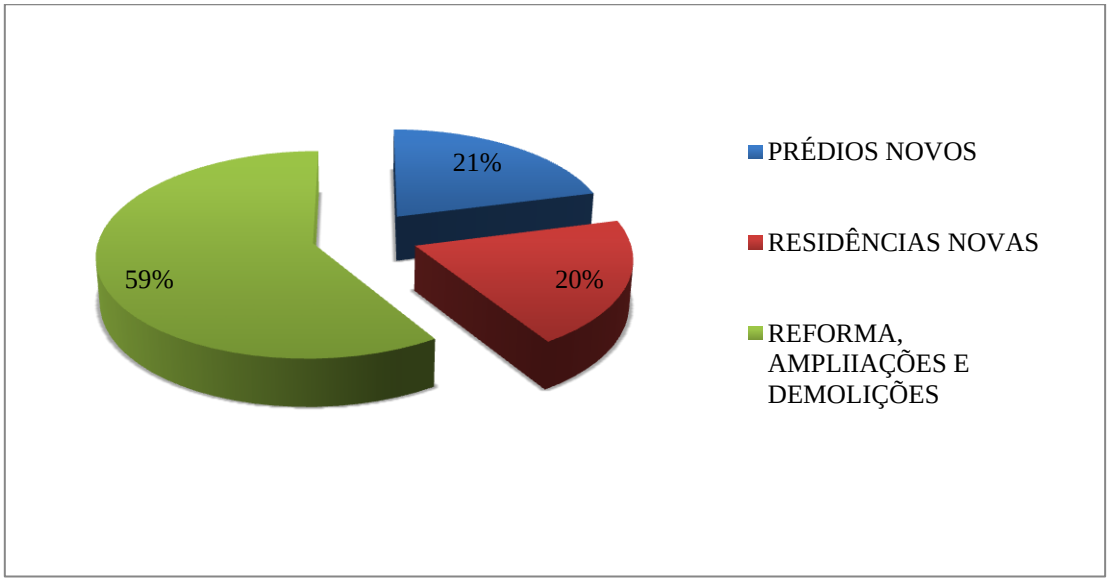
A mudança de classificação desses resíduos pode ocorrer devido à particularidade dos materiais produzidos em cada obra. Desta forma, uma determinada obra pode apresentar resíduo inerte e outra pode apresentar elementos que o tornam não inerte ou até mesmo perigoso podendo oferecer risco a saúde do ser humano (SILVA, 2007).

2.1.4 ORIGEM E COMPOSIÇÃO

Quanto às origens os RCD podem ser gerados basicamente de três formas: novas construções; reformas e demolições (MORAIS, 2006). Levy e Helene (1997) citam ainda fontes como as catástrofes naturais ou artificiais (incêndios, desabamentos, bombardeios, entre outros), deficiências inerentes ao processo construtivo e à baixa qualificação da mão de obra.

Segundo Pinto e Gonzáles (2005), a maior parte da geração de resíduos de construção provém das obras de ampliações e reformas de edificações existentes e sua demolição, que corresponde aproximadamente 60% da origem dos RCC, seguidas pela construção de novas edificações (residenciais, comerciais, industriais, etc.), que juntos correspondem a 41% dos resíduos gerados por esta atividade conforme fig. 3.

Figura 4 – Caracterização dos Geradores



Fonte: Adaptado de Pinto (2004, p.2)

Os RCD de construções novas e reformas podem surgir em quatros fases distintas da execução da obra, as quais diferem em tempo de realização e em quantidades produzidas. São elas: concretagem, alvenarias, revestimentos e acabamentos podendo diferir em função do tempo e na quantidade produzida (LEVY, 1997).

Cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção são oriundos de construções informais (obras não licenciadas de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis), enquanto que 15 a 30% são oriundos de obras formais (licenciadas pelo poder público) (PINTO, 2005).

A composição dos resíduos da construção civil é heterogênea e depende do tipo de construção e do grau de desenvolvimento econômico regional. Conforme Levy (1997*)* e Zordan (2000), um dos motivos para essa heterogeneidade é o fato desses resíduos serem produzidos em um setor com uma grande quantidade de técnicas e metodologias de produção cujo controle de qualidade do processo é algo novo.

A composição do RCD gerado também varia conforme a localidade da obra, devido às diversidades de tecnologia usada e da matéria-prima disponível. A madeira, por exemplo, é muito utilizada nas construções americanas e japonesas, e nem tanto nas construções europeias e brasileiras. Já o gesso é muito utilizado em construções da Europa e dos Estados Unidos (PINTO, 1999). Outros aspectos, como o desenvolvimento econômico da região e a estação do ano também podem interferir indiretamente na composição dos resíduos (KUNKEL, 2009).

A composição é basicamente formada por componentes inorgânicos e minerais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros (KUNKEL, 2009).

Em algumas cidades brasileiras, conforme mostra à tabela 3, a composição de RCD corresponde a mais de 60% do total de resíduos gerados em que esse valor corresponde à somatória dos percentuais de argamassa, concreto e material cerâmico, para cada cidade apresentada.

Tabela 3 – Composição do RCC em algumas cidades Brasileiras

MUNICÍPIO	Fonte	Argamassa (%)	Concreto	Mat. Cer.	Cer. Polida (%)	Rochas e Solos (%)	Outros (%)
São Paulo/SP	BRITO FILHO (1999)	25,2	8,2	29,6	ND	32	5
Porto Alegre/RS	LOVATO (2007)	44,2	18,3	35,6	0,1	1,8	ND
Ribeirão Preto/SP	ZORDAN (1997)	37,4	21,1	20,8	2,5	17,7	0,5
Salvador/BH	QUADROS; OLIVEIRA (2001)	53		9	5	27	6
Campina Grande/PB	NÓBREGA (2002)	28	10	34	9	1	18
Maceió/AL	VIEIRA (2003)	27,82	18,65	48,15	3,06	ND	2,32

Fonte: Adaptado de Cabral e Moreira (2011, p.15)

Nos Estados Unidos segundo Napier (2012) foi realizado um estudo entre (2009-2010) que constatou que do processamento de 20.000 toneladas de resíduos de construção civil foram identificados o seguinte percentual de desperdício de alguns materiais de construção; madeira 30%, concreto 5%, cascalho, agregado e finos, 20%, *drywall* 3%, cobertura de asfalto 5%, metais ferrosos e não ferrosos, 9%, plástico 1% e papel 3%. Assim, concluiu-se que o fluxo predominante de resíduos nos Estados Unidos vem da madeira, vale ressaltar, no entanto, que a própria apresenta um alto potencial de reutilização na construção e em outras indústrias, como a manufatura.

Tam *et al.* (2007) realizaram uma pesquisa em Hong Kong com o objetivo de avaliar os níveis de desperdício de diferentes materiais de construção em canteiros de obras. Os objetivos específicos do estudo foram identificar o material mais desperdiçado no canteiro de obras de Hong Kong, com foco específico no concreto, bloco, telhas, reforço e cofragem e também determinar como os projetos públicos e privados e as opções de subcontratação afetam os níveis de desperdício de material em sites em Hong Kong. Para tanto, foram investigados 19 projetos de construção entre 2003 e 2005 e foi utilizada abordagem quantitativa.

Esse estudo identificou o seguinte percentual de desperdício nos seguintes materiais de construção com opção de subcontratação de mão de obra; Concreto 8,99%, reforço 7,7%, cofragem, 20%, bloco / tijolo 8,9%, e ladrilhos 15,58%. O estudo concluiu que o material mais desperdiçado no canteiro de obras de Hong Kong é

cofragem de madeira, enquanto a opção de subcontratação de mão de obra e projeto público gera o maior nível de resíduos.

Perry e Kristy (2007) empreenderam uma pesquisa sobre a indústria da construção da Austrália, com o objetivo de avaliar a possibilidade de minimização de sua ocorrência no futuro. O estudo foi realizado em 23 habitações de média densidade e 20 projetos de construção destacada em Sidney. A abordagem quantitativa e qualitativa foi utilizada pelos pesquisadores na coleta dos dados. O estudo concluiu que os resíduos de tijolo é o maior desperdício em peso gerado no local de construção na Austrália. O estudo confirmou que 75% dos resíduos de tijolos é devido ao corte e foi recomendado que uma mudança no projeto de tijolos poderia reduzir a quantidade de resíduos gerados no local.

O estudo feito por Gihan, Ahmed, and Andel's (2010) no Egito revelou que as taxas mais elevadas de resíduos (13% em média) estavam relacionadas com estruturas de madeira. No entanto, o seu impacto no ambiente é menos negativo do que para outros materiais, uma vez que é vendido no final do projeto aos comerciantes de sucata que, por sua vez, usam para trabalhos menores. As taxas de resíduos de aço e de cimento parecem estar dentro das taxas médias permitidas de 7% e 5%, respectivamente. Isso pode ser devido ao seu alto custo na lista de quantidades que teria levado a um maior esforço dos empreiteiros para controlar seus resíduos.

Os diversos tipos de obras e atividades ligadas ao setor da construção civil têm influência direta na composição dos RCC conforme tabela 4:

Tabela 4 – Fonte geradora e componente dos RCC (%)

COMPONENTES	Trabalhos Rodoviários	Escavações	Sobras de Demolições	Obras diversas	Setor de Limpeza
Concreto	48	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12	5
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira, lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel/material org.	-	1	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2

Fonte: Adaptado de Levy (1997)

2.1.5 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL X GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Diante do crescente interesse pelo conhecimento de resíduos gerados pela indústria da construção civil, várias pesquisas foram realizadas no âmbito da questão das perdas e desperdícios na construção civil.

No Brasil, segundo Souza *et al*. (2004), destaca-se o trabalho pioneiro de Pinto (1989) o qual suscitou uma discussão ampla sobre o assunto. Picchi (1993), pela análise e estimativa das perdas financeiras na construção de edificações; Soibelman (1993), pelo número de casos estudados e pelo efetivo acompanhamento do processo de produção na quantificação das perdas; Santos (1995), pelo caráter proativo quanto à detecção e quanto às ações para a redução das perdas de materiais.

Enquanto no exterior, conforme Souza *et al*. (2004), destacam-se os trabalhos realizados por Skoyles (1976, 1978) e Skoyles; Skoyles (1987), no Reino Unido, iniciados na década de 1960, que serviram de base para os principais trabalhos realizados no Brasil e no exterior. Além destes, destacam-se também os trabalhos realizados por Enshassi (1996), Hong Kong Polytechnic (1993) e Mcdonald e Smithers (1998).

As perdas foram classificadas de acordo com a possibilidade de serem controladas, sua natureza e sua origem. Os critérios de classificação adotados foram adaptados dos estudos de Shingo (1981) e Skoyles (1987), conforme compilados abaixo:

1 – Perdas segundo seu controle:

- Perdas inevitáveis: são aquelas onde o investimento para sua redução ultrapassa a economia gerada por ela, correspondendo, assim, a uma perda aceitável;
- Perdas evitáveis: são consequências de um processo de baixa qualidade, onde os recursos são empregados de forma inadequada.

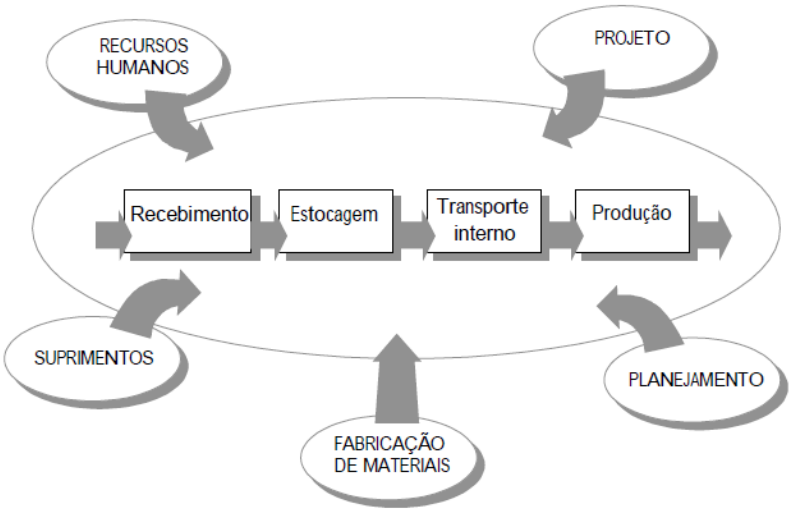
2 – Perdas segundo sua natureza:

- Perdas por superprodução: são aquelas que ocorrem quando é produzida uma quantidade maior que a necessária; por exemplo: produzir gesso em quantidade acima da consumida em um dia de trabalho;
- Perdas por substituição: ocorre quando é utilizado um material de desempenho superior ao necessário, como um concreto com resistência maior que a específica no projeto;
- Perdas no transporte: reflete-se em perdas de tempo, por exemplo: grande distância entre o estoque de material e a obra; ou então perdas de materiais por manuseio incorreto ou pelo uso de equipamentos de transporte inadequados;
- Perdas no procedimento: têm origem nas falhas de procedimentos ou no não cumprimento destes. Além disso, estão relacionadas à falta de treinamento da mão-de-obra, ineficiência dos métodos construtivos ou, então, à falta de detalhamento dos projetos. Por exemplo, pode-se citar a quebra de alvenaria para passagem dos sistemas prediais;
- Perdas de estoque: ocorrem quando existe estoque excessivo, causado pela programação inadequada da entrega dos materiais ou erros no quantitativo físico da obra, gerando falta de local adequado para estoque. Também pode ocorrer quando o estoque é feito em condições inadequadas como, por exemplo, armazenagem de areia diretamente sobre o solo;
- Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: essas perdas estão relacionadas com a falta de treinamento, utilização de materiais inadequados, problemas de planejamento ou falta de controle do processo construtivo. Causam redução do desempenho final ou retrabalho, como as falhas em impermeabilizações de construções.
- Outras: englobam perdas por roubo, vandalismo, acidentes entre outros.

3 – Perdas segundo sua origem:

A sua origem pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que o antecedem como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento. (Fig. 5)

Figura 5 – As perdas segundo seu momento de incidência e sua origem



Fonte: Formoso (1996)

A geração de resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas nos processos construtivos (FORMOSO *et al.*,1998). O conceito de perdas na construção civil é, com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação (FORMOSO *et al.*,1996). Sendo assim, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto à execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor.

Pinto (1999) relata que no processo construtivo o alto índice de perdas do setor é a principal causa do entulho gerado, embora nem toda perda se transforme efetivamente em resíduo, pois segundo John e Agopyan (2000), parte dessas perdas é incorporada nas construções, na forma de componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Como é o caso, por exemplo, da argamassa de revestimento (emboços com maior espessura que a especificada) e peças de concreto.

Uma importante pesquisa foi coordenada pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP –

USP) e financiada pelo PROGRAMA HABITARE sobre o tema perdas de materiais, intitulada ”Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra”, envolvendo 16 universidades em 12 estados brasileiros, e a participação de várias entidades setoriais de diversas regiões do país, tais como SEBRAE, SENAI, SINDUSCON e SECOVI, cujo objetivo era medir a incidência de perdas em canteiros de obras de várias capitais brasileiras (AGOPYAN *et al*., 1998).

Segundo Paliari (1999), essa pesquisa permitiu a identificação de aspectos até então não abordados, e avançou significativamente no estudo da questão das perdas e desperdícios. Os resultados demonstraram que existe grande variabilidade nas perdas de materiais entre diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa.

Essa variabilidade demonstra a possibilidade de combater as perdas, bem como a geração de resíduos - sem mudança das tecnologias, por meio do aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e transporte e melhor gestão de processos (JOHN; AGOPYAN; 2003).

Os custos dessas perdas são distribuídos por toda sociedade e toda cadeia produtiva, desde o aumento do custo final das edificações até os encargos sociais e fiscais cobrados pelas prefeituras. Pois, geralmente esse custo é embutido em impostos para disponibilizar a remoção, o transporte e o tratamento do resíduo de construção (MENDES *et al.*, 2004).

A geração de RCC é diferente entre várias localidades, devido a diversos fatores, como: número de habitantes, nível educacional, costumes da população, poder aquisitivo, leis e regulamentações especificas, processos construtivos, incluindo as peculiaridades de cada construtora, o que irá interferir diretamente no tipo e quantidade de resíduo gerado (COSTA, 2012).

Vários estudos foram realizados visando obter uma estimativa da geração de resíduos da construção civil no Brasil e em diversos países. Na tabela 5 são apresentadas as principais estimativas da geração de RCC encontrados na literatura.

Tabela 5 – Estimativa de geração de RCC em alguns países

PAÍS	QUANTIDADE ANUAL		
	Em milhões t/ano	**Em kg/habitante/ano**	**Fonte**
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	(EU, 1999; TOLSTOY; BORKUND, CARLSON, 1998)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	(RUIVO; VEIGA *apud* MARQUES NETO, 2009; EU, 1999)
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300	(EU, 1999; LAURITZEN, 1998; BROSSINK; BROUWERS; VAN KESSEL, 1996)
Brasil	31	230 - 760	(ABRELPE, 2011; PINTO; GONZÁLES, 2005; PINTO, 1999; CARNEIRO *et al.*, 2001)
Reino Unido	50 - 70	600 - 690	(DETR; 1998; LAURITZEN, 1998)
Japão	99	785	(KASAI, 1999)
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	(EPA, 1998; PENG, GROSSKOPF; KIBERT, 1994)
Dinamarca	2,3 - 10,7	440 - 2.010	(LAURITZEN; 1998)
Bélgica	7,5 - 34,7	735 - 3.359	
Alemanha	79 - 300	963 - 3.658	
Itália	35 - 40	600 - 690	

Fonte: Adaptado de Fernandez (2012)

Segundo John e Agopyan (2003), a grande variabilidade das estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país ocorre em razão da classificação do que é considerado resíduo de construção, pois, alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros não. Outras razões decorrem da importância relativa da atividade de construção, da tecnologia empregada, da idade dos edifícios, entre outros.

No entanto, conforme enfatizado por Oliveira *et al.* (2011), essas taxas são de utilização limitada para estimativas futuras, haja vista que o ritmo da construção civil é extremamente associado ao momento econômico que determinado país está enfrentando. Desta maneira, retrata a geração de RCC apenas naquele período de estudo ou levantamento.

Segundo Pinto (1999), como os resíduos oriundos de atividades construtivas são normalmente gerados em grandes volumes, eles representam uma parcela significativa dos Resíduos Sólidos Urbanos. Diante disso, também foram realizados vários estudos em municípios brasileiros visando estimar o volume diário de RCC e estabelecer a participação destes materiais em relação à quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos em determinadas cidades, conforme tabela 6.

Tabela 6 – Geração de RCC e m algumas cidades brasileiras

MUNICÍPIO	FONTE	GERAÇÃO DIÁRIA (t)	PARTICIPAÇÃO EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
São Paulo	I & T - 1995	17.240	55%
Ribeirão Preto	I & T - 1995	1043	50%
Diadema	I & T - 1995	458	57%
Campinas	I & T - 1996	1.800	64%
São José do Rio Preto	I & T - 1997	687	67%
São José dos Campos	I & T - 1997	733	67%
Guarulhos	I & T - 2001	1.043	70%
Jundiaí	I & T - 2001	712	62%
Piracicaba	I & T - 2001	620	58%
Santo André	I & T - 2003	1.013	54%

Fonte: Adaptado Pinto (2005, p. 08)

Em algumas dessas cidades brasileiras a maioria desses resíduos são depositados clandestinamente em córregos e drenagens, colaborando para enchentes, favorecendo a proliferação de mosquitos e outros vetores, levando boa parte das prefeituras a usar parte dos recursos públicos para uma remoção adequada. (LIMA, 2005). Dessa forma, verifica-se a necessidade das empresas construtoras adotarem medidas para gerenciar e reduzir a geração desses resíduos para minimização dos impactos ambientais.

Li *et al.* (2011) relatam que, em Xangai, na China, por exemplo, estima-se que a quantidade gerada desses resíduos é de 21.100.000 toneladas/ano, que representam 45% do total de resíduos sólidos gerados. Em Hong Kong segundo o Departamento de proteção ambiental (2002), 3.158 toneladas por dia de resíduos são depositados em aterros representando 23% do total de resíduos sólidos e nos Estados Unidos em 2007 os resíduos da construção e demolição representaram 26% dos resíduos sólidos (USEPD, 2009) e 48% dos resíduos sólidos na Coréia do Sul em 2013 (*Ministry of Environment and Korea Environment Corporation*, 2014).

No Reino Unido de um total de 200 milhões de toneladas de resíduos gerados em 2012, metade são oriundos de atividades de construção e demolição (DEFRA, 2015). Enquanto isso, o volume de resíduos da construção e demolição gerado anualmente na Índia foi de 14,5 milhões de toneladas, este número é apenas uma estimativa, uma vez que é difícil produzir uma quantidade exata de resíduos gerados devido à falta de informação (PAPPU *et al*., 2007). A Malásia não é exceção, gera 26 mil toneladas de resíduos da construção e demolição diariamente que congestionam os aterros já sobrecarregados (ZULZAHA, 2014).

Os Emirados Árabes Unidos (EAU) são considerados um dos maiores produtores de resíduos, dos quais 75% é proveniente de resíduos de construção segundo o site oficial do Ministério da Informação e Cultura (2007) e ocupa o segundo lugar nos EUA em termos de percentagem de resíduos per capita entre os países do mundo

A quantidade de resíduos de construção depositados no aterro sanitário de Dubai em 2007 atingiu 27,7 milhões de toneladas, quase três vezes o volume gerado em 2006 (ou seja, 10,6 milhões de toneladas) conforme Agyekum, Ayarkwa e Adjei-kumi (2013). A indústria da construção da Austrália gera cerca de 13.000 milhões de toneladas de resíduos, o que equivale a cerca de 42% do total de resíduos gerados na Austrália (ABS, 2013).

2.1.6 IMPACTOS DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A falta de medidas gerenciais em relação aos Resíduos da Construção Civil provoca sérios impactos nos centros urbanos, os quais afetam negativamente direta e indiretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente.

No âmbito social, o problema ocorre quando os Resíduos da Construção Civil, muitas das vezes, acabam sendo depositados em rios, logradouros públicos, vias e locais irregulares, comprometendo a qualidade de vida da população e a paisagem, e contribuindo com a proliferação de vetores de doenças e com a degradação urbana de pequenas e grandes cidades (KARPINSK *et al.*, 2009), conforme fig. 6.

Figura 6 – Resíduos da Construção Civil depositados em local inadequado

Fonte: Portal dos Resíduos Sólidos

Além disso, ainda interfere no direito de ir e vir da população, que muitas vezes é obrigada a transitar nas pistas de rolamento com os automóveis, pois as calçadas estão tomadas por resíduos descartados indevidamente.

Na área econômica, esse impacto é percebido pelo aumento de gastos por parte do Poder Público com a saúde, limpeza e remoção de tais resíduos para locais adequados, bem como com a construção e manutenção de ambientes adequados para recebê-los (BRUM, 2013). Esses recursos poderiam estar sendo destinados para melhorias em outras áreas, como saúde e educação.

Brito Filho (1999) aponta, por exemplo, que na cidade de São Paulo a prefeitura municipal recolhe cerca de 4 mil toneladas de RCC ao custo mensal de 4,5 milhões de reais. Este estudo também mostra que o recolhimento dos RCC ainda pode variar entre 5,4 a 14,8 U$/ton.

E o meio ambiente também sofre as consequências devido à contaminação dos solos, rios e lençóis freáticos, caracterizando o RCC como um agente poluente dos grandes centros urbanos (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

2.1.7 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

É de suma importância destacar que os RCC estão sujeitos à legislação federal referente aos resíduos sólidos, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras conforme consta a seguir.

2.1.7.1 ÂMBITO NACIONAL

A tabela 7 destaca os instrumentos legais, na esfera nacional, relacionados à gestão e ao gerenciamento dos RCC, em ordem cronológica crescente:

Tabela 7 – Instrumentos legais e normativos de abrangência de nacional

DOCUMENTO	DESCRIÇÃO
Decreto n° 7.404/2010	Regulamenta a Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a PNRS, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa, e dá outras providências.
Resolução n° 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.
Resolução n° 448/2004	Altera a Resolução Conama n°307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.
Lei Federal n° 6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei Federal n° 9.605/1998	Lei de Crimes Ambientais: dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Lei Federal n° 10.257/2001	Estatuto das Cidades: regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da Política urbana e dá outras providências.
Lei Federal n° 11.445/2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979, n° 8.306, de 11 de maio de 1990, n° 8.666, de 21 de junho de 1993 e n° 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n° 6.528, de 11 de maio; e dá outras providências.
Lei Federal n° 12.305/2010	Altera a Resolução Conama n°307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

Fonte: Adaptado de Fernandez (2012)

O marco divisor da gestão dos resíduos da construção civil pode ser considerado a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 05 de julho de 2002, e que entrou em vigor no dia 03 de janeiro de 2003, e dispõe sobre a responsabilidades dos municípios em implementarem seus planos de gerenciamento integrado de RCC, bem com diretrizes, critérios e procedimentos para o manejo adequado destes resíduos.

Como visto anteriormente, essa resolução define, classifica, estabelece quem são os agentes envolvidos na gestão dos RCC e sugere as suas possíveis destinações. É baseada no princípio de priorizar a não geração de resíduos, a proibição da disposição final dos resíduos em locais inapropriados como, por exemplo, aterros sanitários, bota-foras, locais de proteção ambiental, encostas e outras áreas protegidas por lei. Bem como, no princípio da viabilidade técnica e econômica da fabricação de materiais produzidos a partir da reciclagem de parte dos RCC. Tudo isso, aliado ao princípio da gestão integrada destes resíduos para proporcionar à população benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

No entanto, deve existir o envolvimento tanto dos grandes e pequenos geradores, quanto das administrações municipais. O Artigo 5º da Resolução nº 307, o qual foi alterado pela Resolução 448 de 2012, que dispõe que os municípios e o Distrito Federal são responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Os planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de acordo com art. 8° da resolução 448/12 devem ser elaborados pelos grandes geradores visando estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos, e deverão conter a caracterização, triagem, forma de acondicionamento, transporte e a destinação de acordo com o estabelecido nesta resolução.

2.1.7.2 ÂMBITO ESTADUAL

A tabela 8 destaca as leis presentes em alguns estados brasileiros que instituíram a Política Estadual de Resíduos Sólidos, pode-se constatar que o estado do Pará, estabeleceu algumas providências para os resíduos sólidos na lei n° 7.731, de 20 de setembro de 2013 que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico.

Tabela 8 – Estados com a Política Estadual de Resíduos Sólidos

ESTADO	REGULAMENTAÇÃO
Ceará	Lei n° 13.103/2001
Minas Gerais	Lei n° 18.031/2001
Mato Grosso	Lei n° 7.862/2002
Rio de Janeiro	Lei n° 4.191/2003
Santa Catarina	Lei n° 13.557/2003
Paraná	Lei n° 13.557/2005
São Paulo	Lei n° 12.300/2006
Pernambuco	Lei n° 12.008/ 2001 (antiga) Lei n° 14.236/2010 (nova)

Fonte: Adaptado de Fernandez (2012)

2.1.7.3. ÂMBITO MUNICPAL

A tabela 9 destaca as leis presentes em alguns municípios brasileiros, inclusive em Belém.

Tabela 9 – Instrumentos legais nos municípios relativos aos RCC

MUNICÍPIOS	DOCUMENTOS	REGULAMENTAÇÃO
Belém	Lei no 8.014/2000	Dispõe sobre a coleta, o transporte e a destinação final de resíduos sólidos industriais e entulhos em aterros sanitários ou incineradores municipais, não abrangidos pela coleta regular.
Belo Horizonte	Lei no 9.193/2006	Dispõe sobre a implantação de usina de reciclagem de resíduos sólidos e dá outras providências.
	Lei no 8.357/2002	Institui o Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Controlada por Produtor e dá outras providências.
Campo Grande	Lei Complementar no 92/2006	Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de coletores do tipo caçamba para acondicionamento de entulhos comercial, industrial e domiciliar, e dá outras providências.
Cuiabá	Lei no 3.241/1993	Dispõe sobre a colocação de caixas coletoras de lixos, entulhos e resíduos de construções e dá outras providências.
Curitiba	Lei no 11.682/2006	Dispõe sobre as normas do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Curitiba (Lei no 11.682/2006), que classifica os materiais em grupos e dá as diretrizes para a destinação destes.
Florianópolis	Lei Complementar no 305/2007	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC no município de e dá outras providências.
	Lei Complementar no 398/2010	Institui a política municipal de coleta seletiva de resíduos sólidos no município de Florianópolis, cria o conselho gestor e dá outras providências.
Fortaleza	Decreto no 9.374/1994	Disciplina a coleta e a destinação dos resíduos sólidos gerados por obras de construção civil e dá outras providências.
Manaus	Lei no 1.411/2010	Dispõe sobre a organização do sistema de limpeza urbana do município de Manaus.
Natal	Decreto Municipal no 13.972	Determina que os locais de despejo de RCC deverão ter uma licença especial para funcionarem.
Recife	Decreto no 18.082/1998	Regulamenta a Lei no 16.377/1998 no que tange ao transporte e à disposição de RCC e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências.

São Paulo	Lei no 14.803/2008	Dispõe sobre o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos e seus componentes, o Programa Municipal de Gerenciamento e Projetos de Gerencia- mento de Resíduos da Construção Civil conforme previstos na Resolução Conama no 307/2002; disciplina a ação dos geradores e transportadores destes resíduos no âmbito do sistema de limpeza urbana do município de São Paulo e dá outras providências.
	Decreto no 48.075/2006	Dispõe sobre o uso de agregados em obras públicas municipais.
	Decreto no 42.217/2002	Regulamenta a Lei no 10.315, de 30 de abril de 1987, no que se refere ao uso de áreas destinadas ao transbordo e à triagem de RCC e resíduos volumosos, na forma que especifica, e dá outras providências.

Fonte: Adaptado de Fernandez (2012)

2.1.7.4 NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS

As normas técnicas representam um importante instrumento para viabilizar o manejo correto dos resíduos em áreas especificas e viabilizar também a responsabilidade para os agentes geradores e públicos.

Nelas podem ser encontrados critérios de classificação de resíduos, diretrizes para desenvolvimento de projetos de áreas de transbordo, triagem, aterros e reciclagem, e características para obtenção de agregados reciclados que podem ser empregados na construção de pavimentos e concreto sem função estrutural (Tabela 10).

Tabela 10 – Normas técnicas brasileiras relativas aos resíduos sólidos e aos RCC

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR 10.004	Resíduos Sólidos (classificação)
NBR 15.112	RCC e resíduos volumosos - áreas de transbordo e triagem (diretrizes para projeto, implantação e operação).
NBR 15.113	RCC e resíduos inertes - aterros (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.114	RCC - áreas para reciclagem (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.115	Agregados reciclados de RCC - execução de camada de pavimentação (procedimentos).
NBR 15.116	Agregados reciclados de RCC - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (requisitos).

Fonte: ABNT (2004)

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Na década de 50, segundo Womack *et al.* (1990), após um período de dificuldade, parte da força de trabalho da Toyota teve que ser demitida, devido a um colapso nas vendas. Até então, após seus treze anos de funcionamento, a Toyota teria produzido um total de 2.685 automóveis em todo o período; em contrapartida, as empresas americanas de automóveis estavam produzindo diariamente 7.000 unidades

em um único dia. Dentro deste contexto Eiji Toyoda e Taiichi Ohno iniciaram um esforço para a mudança desse cenário.

Ohno começou a trabalhar com equipes e líderes de equipe, os quais deveriam trabalhar de forma conjunta e da melhor maneira para realizar as operações necessárias. Após as equipes estarem trabalhando de maneira continua, Womack *et al.* (1990) explicam que uma parte do tempo foi destinada por Ohno para que a equipe sugerisse maneiras de gerar uma melhoria coletiva do processo. Este processo contínuo de melhoria é conhecido pelo termo japonês *kaizen*.

Segundo Womack *et al.* (1990), em se tratando do retrabalho, Ohno permitiu que cada trabalhador da linha de montagem, ao contrário do sistema de produção em massa, pudesse parar a linha de produção caso algum defeito fosse detectado. De maneira sistemática os trabalhadores aprenderam a identificar a raiz do problema, e posteriormente a sugerir a correção para que este mesmo problema nunca voltasse a ocorrer, o que reduziu o número de erros bruscamente. Outras consequências foram à redução da necessidade de retrabalho e o aumento da qualidade dos carros fabricados.

Sendo assim, a Toyota alcançou o fluxo contínuo em uma linha de produção de baixo volume, aprendendo a mudar rapidamente as ferramentas de um produto para o próximo, e reduzindo o dimensionamento das máquinas de maneira que diversos tipos de passos do processo pudessem ser concretizados imediatamente uns após os outros, conservando um fluxo contínuo do produto (WOMACK *et al*., 2004).

De acordo com Womack *et al*. (1990) outro sistema criado pela Toyota foi uma nova maneira de coordenar o fluxo de materiais dentro do sistema de fornecimento diário de suprimentos, o *just-in-time*. Nesse sistema foi estabelecido que as partes seriam produzidas apenas quando a próxima etapa as requisitasse. O sistema de produção e gerenciamento desenvolvido na Toyota foi o resultado de esforços de tentativa e erro para competir com a produção em massa já estabelecida nas indústrias de automóvel americanas e europeias (SHINGO, 1996).

O Sistema Toyota de Produção pode ser resumido como um sistema que analisa as perdas nos sistemas produtivos e visa a sua eliminação, priorizando sempre as melhorias do processo, bem como reduzir os estoques finais e intermediários; por meio de pequenos lotes de produção e uma alta quantidade de entregas e transporte

(SHINGO, 1996). O interesse nas suas ideias surgiu principalmente pelo alto grau de competitividade que ele oferecia, por meio da análise das atividades envolvidas no processo, permitindo identificar as diferenças entre desperdício e valor, a partir da ótica de clientes e usuários convencionais (KOSKELA, 2004).

2.2.1 PENSAMENTO ENXUTO (*LEAN THINKING)*

O *Lean Thinking* pode ser entendido como a generalização do Sistema Toyota de Produção, e o objetivo de todo sistema baseado no *Lean Thinking* é eliminar todo desperdício (ou *muda,* em japonês), ou seja, toda a atividade que absorve recursos, mas não cria valor na ótica do cliente, que pode ser excesso de produção, movimento, transporte, estoque, espera, atividades desnecessárias e defeitos.

Esse sistema teve um sucesso tão grande que os pesquisadores Womack *et al.* (1990), tendo como objetivo expandir o conhecimento a respeito deste novo sistema de produção japonês ocidentalmente, definiram TPS como *lean manufacturing.* O termo *Lean* foi utilizado para definir uma Manufatura Enxuta; ou uma Manufatura livre de desperdícios (WOMACK *et al*., 1990), e foi adotado visando caracterizar este novo paradigma de produção que, em comparação ao paradigma da produção em massa, utiliza metade dos recursos empregados para desenvolver novos produtos em metade do tempo, além de resultar em menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK; JONES; ROOS, 1992, p. 3).

Em suma é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, e ao mesmo tempo aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam (WOMACK *et al*., 2004). São cinco os princípios do *Lean* Thinking: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. Esses princípios são considerados os mais amplos e bastante aplicados em diversos setores industriais (FONTANINI; PICCHI, 2003) conforme segue:

1 - Valor - Entender o que é valor para o cliente e oferecer maior valor agregado, sem desperdícios. O valor está relacionado ao processo de identificação e satisfação das necessidades do cliente. São exigências individuais ou sociais que devem ser satisfeitas com bens e serviços.

2 - Fluxo de Valor - Identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria prima ao cliente final; Relaciona-se com a necessidade de identificar toda a cadeia do processo de formação de valor (cadeia produtiva, fábrica ou um processo de produção específico).

3 - Fluxo - produção em fluxo, estável, sem interrupções; Este princípio tem foco nas modificações de processos de forma que ocorram em fluxo contínuo.

4 - Puxar - produzir somente quando demandado pelo cliente ou processo posterior; é a capacidade da empresa em projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente deseja.

5 - Perfeição – está relacionado à melhoria contínua (*KAIZEN*) através da rápida detecção, esforço de todos os envolvidos no processo para a redução ou eliminação de todo o tipo de desperdício e solução de problemas na base.

Visando aprofundar as principais ideias da filosofia enxuta, para que não fosse considerada apenas como estratégias de manufatura e aumentar sua aplicabilidade em outras indústrias, Liker (2005) desenvolveu outra série de princípios. Os princípios buscam detalhar ainda mais os primeiros cinco citados acima. A tabela 11 apresenta os 14 princípios e as suas 4 grandes áreas de classificação.

Tabela 11 – Princípios da abordagem *Lean*

ÁREA	PRINCÍPIO
Propósito: Longo prazo	1. Fundamentar as decisões gerenciais em uma filosofia de longo prazo, mesmo que seja contrária a metas financeiras de curto prazo.
Processo correto	2. Criar um fluxo contínuo para desvendar problemas. 3. Utilizar sistemas puxados para evitar o excesso e a falta de produção. 4. Nivelar a carga de trabalho, para que permaneça nivelada (sem sobressaltos) (*heijunka*). 5. Criar uma cultura de resolução de problemas, a fim de obter qualidade correta na primeira vez. 6. O trabalho padronizado é base da melhoria contínua e capacitação dos funcionários. 7. Usar controles visuais para evidenciar problemas ocultos. 8. Trabalhar só com tecnologia confiável e cuidadosamente testada que ajude os funcionários e o processo.
Pessoas e Organização	9. Crie líderes que entendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros. 10. Desenvolva pessoas e grupos excepcionais que sigam a filosofia da empresa. 11. Comprometa-se com a rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
Resolver problemas com melhoria contínua	12. Ir e ver por si mesmo para entender completamente a situação. 13. Tome decisões lentamente por consenso, considerando minuciosamente todas as opções; implante rapidamente. 14. Torne-se uma organização de aprendizagem mediante a reflexão e melhoria contínua.

Fonte: Adaptado de Liker (2005)

2.2.2 MODELOS DE PRODUÇÃO

A diferença básica entre a Filosofia convencional de produção e a Produção Enxuta é principalmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos produtivos no setor da construção civil. (FORMOSO, 2002)

O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação), conforme ilustra a fig. 6. Esse modelo é também denominado de modelo de conversão. (FORMOSO, 2002)

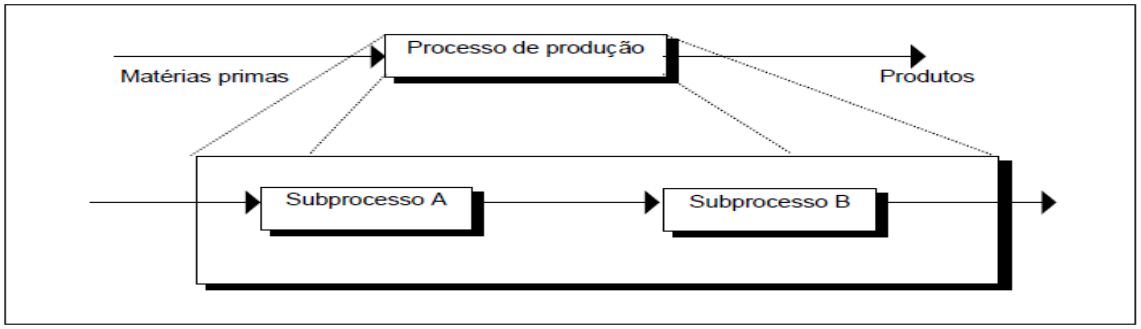
Segundo Formoso (2002), este modelo apresenta implicitamente, as seguintes características:

a) O processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão. Por exemplo, a execução da estrutura pode ser subdividida em execução de formas, corte, dobragem e montagem de armaduras e lançamento do concreto;

b) O esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada subprocessos separadamente;

c) O valor do produto (*output*) de um subprocessos é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos.

Figura 7 – Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional



Fonte: Formoso (2002)

Segundo o autor, este é o modelo adotado, por exemplo, nos orçamentos convencionais, que são tipicamente segmentados por produtos intermediários (por exemplo, vigas, paredes, portas, etc.), e também nos planos de obra, nos quais são normalmente representadas apenas as atividades de conversão.

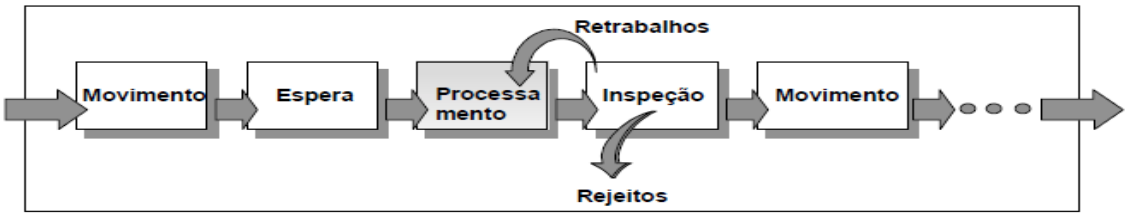
No entanto, conforme Formoso (2002), as principais deficiências do modelo de conversão são:

a) Existência de uma parcela de atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão, que não são explicitamente consideradas, e que, geralmente, em processos complexos, originam a maior parte dos custos.
b) Tendência de foco do controle de produção e esforço de melhorias voltadas nos subprocessos individuais e não no sistema de produção como um todo, limitando a melhoria da eficiência global.
c) A não consideração dos requisitos dos clientes, ocasionando na produção de produtos inadequados.

Para Ballard e Howell (2004), a percepção do gerenciamento tradicional, não consegue enxergar o fluxo relativo ao movimento de matérias, pessoas e informações, já que foram educados a dar ênfase na utilização dos recursos no processo produtivo.

O modelo de processo do *Lean Construction*, por sua vez, assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo composto por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção, conforme demonstrado na fig.8. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo (FORMOSO, 2002).

Figura 8 – Modelo de processo do *Lean Construction*



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Os processos do *Lean Construction* são caracterizados pela geração de valor, e esse conceito está diretamente relacionado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento conseguem atender os requisitos dos clientes, tanto internos quanto externos. (FORMOSO, 2002).

Koskela (1997) propõe uma comparação entre a produção convencional e a produção enxuta, que estão resumidas na tabela 12:

Tabela 12 – Produção convencional x Produção Enxuta

	FILOSOFIA CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO	FILOSOFIA DE PRODUÇÃO ENXUTA
Conceito de produção	• Produção consiste em conversão. • Todas as atividades agregam valor.	• Produção em conversão e fluxos. • Existem atividades que agregam e atividades que não agregam valor.
Foco de controle	• Custos das atividades	• Custo, tempo e valor dos fluxos. • Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor.
Foco de melhorias	• Incremento de eficiência pela implantação de novas atividades.	• Incremento de eficiência em atividades que agregam valor, através de melhoria contínua e novas tecnologias.

Fonte: Koskela (1997)

Para Ballard e Howell (1996), o *Lean Construction* possui, pelo menos, dois focos que a distinguem do gerenciamento tradicional da construção. Um foco é sobre perdas e sua redução, o tempo e dinheiro perdidos, quando materiais e informação são imperfeitos e ineficientes. O outro é no gerenciamento dos fluxos e, para isso, coloca em evidência o sistema de gerenciamento de processos, juntamente com o processo de produção.

2.2.3 *LEAN CONTRUCTION* (CONSTRUÇÃO ENXUTA)

Desde que Womack *et al.* (1990) chamaram a atenção para este novo paradigma da produção, diversos setores, sobretudo, o setor da construção civil dedicaram grande atenção às possibilidades de aplicações em seus ambientes. Koskela (1992) definiu *Lean Construction* como uma filosofia de produção enxuta orientada e adaptada à indústria da construção civil e suas peculiaridades. Howell (1999), por sua vez, define o *Lean Construction* como "um novo caminho para o gerenciamento na indústria da Construção Civil, com implicações nas relações comerciais e na concepção dos projetos, planejar e controlar técnicas que reduzam o desperdício, melhorando a confiabilidade dos fluxos produtivos".

O *Lean Construction* é uma maneira de projetar sistemas de produção para minimizar desperdício de materiais, tempo e esforço, a fim de gerar a quantidade máxima possível valor (BALLARD *et al.*, 2004; KOSKELA; HOWELL, 2002).

Eliminar o desperdício em um processo é uma das principais prioridades na teoria do *Lean Construction* (MAO; ZHANG, 2008; AL-SUDAIRI, 2007; FARRAR *et al*., 2004; DUNLOP; SMITH, 2004). É também uma concepção global e filosofia de entrega com um objetivo primordial de maximizar o valor de todas as partes interessadas por meio de melhorias sistemáticas, sinérgicos e contínuas nos acordos contratuais, design de produto e método de seleção, a cadeia de abastecimento e a confiabilidade do fluxo de trabalho de operações do local (ABDELHAMID, 2004).

Para Mossman (2009), o *Lean Construction* foi definido como o processo contínuo de eliminação de desperdícios, atendendo ou superando todos os requisitos do cliente, com foco no fluxo de valor inteiro e a busca da perfeição na execução de um projeto.

As ideias do *Lean Construction* surgiram no Japão nos anos 50, a partir de duas filosofias básicas, o próprio *Total Quality Management* e também o *Just in Time* (JIT), sendo o Sistema de Produção da Toyota no Japão a sua aplicação mais proeminente (SHINGO, 1986). Teve como marco principal a publicação do relatório técnico n° 72 – "*Application of the new philosofy in the Construction industry"*, por Koskela (1992), publicado pelo CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) ligada à Universidade de Stanford nos Estados Unidos da América – EUA, e representa um marco nos esforços de acadêmicos em estender os benefícios da produção enxuta para o setor da construção civil.

Conforme Formoso (2002), nesse relatório, Koskela (1992) desafia os profissionais de Construção Civil a quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no STP. Em seguida, foi fundada em 1993, a *International Group for Lean Construction* (IGLC), instituição criada para multiplicação dessa filosofia a nível mundial (LORENZON, 2008).

Em seu trabalho principal, Koskela (1992) apresenta onze princípios heurísticos para projeto e melhoria de fluxo de processo, que são à base do *Lean Construction*. Segundo o autor, para a obtenção dos resultados esperados, esses princípios devem ser aplicados de forma integrada na gestão dos processos. Os onze princípios do *Lean Construction* de acordo com esse autor são:

- Reduzir atividades que não agregam valor. Para Koskela (1992), as atividades que agregam valor são as que convertem materiais e/ou informação considerando as necessidades dos clientes. E as que não agregam, são as que despendem tempo, recursos ou espaço, mas não agregam valor.

- Aumentar o valor do produto, identificando as necessidades dos clientes, tanto internos quanto externos, para projeto do produto e na gestão da produção;
- Reduzir a variabilidade, da matéria prima (dimensão característica), do processo (tempo para a execução) e na demanda (necessidade dos clientes). A dificuldade de intervenção de cada aspecto, não é variável;
- Reduzir o tempo de ciclo, que pode ser definido como a soma de todos os tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produzir um determinado produto. A eliminação dos tempos improdutivos provocará a compressão do tempo total dessa série de atividades;
- Simplificar por meio da redução do número de passos ou partes, relacionando aos sistemas construtivos a diminuição de elementos ou, principalmente, a padronização destes;
- Aumentar a flexibilidade de saída, conforme Koskela (1992) inclui a aplicação de algumas práticas, como: a minimização do tamanho dos lotes para combinar com a demanda, formação de uma força de trabalho multe especializada, entre outras.
- Aumentar a transparência do processo, pois de acordo com Koskela (1992), a falta deste princípio aumenta a propensão de erros, reduz a visibilidade de erros e reduz a motivação pela melhoria.
- Manter o foco no processo global, não por partes ou atividades isoladas, pois conforme Isatto (2000) há o risco de subotimizar uma atividade específica dentro de um processo, e comprometer negativamente o desempenho do processo como um todo.
- Introduzir a melhoria contínua no processo. Para Koskela (1992, p.22), "os esforços para reduzir os desperdícios e aumentar o valor é uma atividade interna, incremental e iterativa, que pode e deve ser realizada continuamente".
- Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões. O paradigma deve ser abordado tanto nas atividades produtivas quanto nas atividades de transformações; e
- *Benchmarking*, conforme Koskela (1992, p. 23) "é um estímulo útil para alcançar melhorias por meio da reconfiguração radical dos processos", e inclui conhecer empresas líderes no setor entendendo os seus pontos fortes e fracos, e incorporando as melhores práticas aplicadas.

Em geral, segundo Koskela (1992) esses princípios se aplicam tanto ao fluxo total do processo quanto aos seus subprocessos. Além disso, implicitamente, definem problemas de fluxo de processo, tais como, complexidade, falta de transparência ou controle segmentado. Carvalho (2013) apresentou uma compilação de diversas práticas *lean* relacionadas aos onzes princípios de Koskela (1992) que serviu de base para a elaboração do questionário, conforme tabela 13.

Tabela 13 – Relação das Práticas *lean* com os onze princípios do *Lean Construction*

Princípios	**Práticas *Lean***
1- Reduzir as atividades que não agregam valor	- Incentivos para a redução de desperdícios na obra (FEARNE; FOWLER, 2006)
	- Redução de desperdícios desde a fase de concepção do projeto (BALDWIN *et al*., 2009)
	- Trabalhadores encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado (SALEM *et al*., 2006)
	- Planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos (SAURIN; FORMOSO, 2006; FEARNE; FOWLER, 2006; SALEM *et al*., 2006; AKINTOYE, 1995 *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Utilização de pré-moldados na obra (CASTRO, 2013; BALDWIN *et al*., 2009; GREEN; MAY, 2005)
	- Segurança dos trabalhadores é garantida na obra (SACKS, ROZENFELD; ROZENFELD, 2005 *apud* GHOSH; CORBETT, 2009).
	- Adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008; O'CONNOR; YANG, 2004; *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Adoção de ferramentas de TI para detectar e corrigir erros antes da produção (GREEN; MAY, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010; CHENG; WON; DAS, 2015)
2 -Aumentar o valor para o cliente	- Pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto (MAO; ZHANG, 2008; JORGENSEN; EMMITT, 2008; WINCH, 2006; WRIGHT, 2000; *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto (BALDWIN *et al*., 2009; STYHRE *et al*., 2004; FREIRE; ALARCÓN, 2002; WRIGHT, 2000; *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
	- Mudança de métodos construtivos quando necessário (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
	- Manutenção antes da entrega (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
	- Projeto executado mantendo os prazos planejados (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
3 - Reduzir a variabilidade	- Utilização de dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes (KOSKELA; 1992; SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Padronização nas atividades (KOSKELA; 1992; SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Medição, identificação e eliminação de problemas no processo (KOSKELA; 1992; SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
4 - Reduzir os tempos de ciclo	- Gerenciamento da interação entre atividades (HOWELL, 1999) com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas (JORGENSEN; EMMITT, 2008; WINCH, 2006; GREEN; MAY, 2005; PHENG; FANG, 2005; WRIGHT, 2000 *apud* ERIKSSON, 2010)

Princípios	Práticas *Lean*
	- Atividades que agregam valor isolado das atividades de suporte (KOSKELA; 1992; SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Ordem dos processos é alterada quando necessário (SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra (KOSKELA; 1992; SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Fiscalização diária na obra (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
	- Cumprimento e melhoramento da programação de tarefas (BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010; OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007)
	- Alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação (OLIVEIRA; LIMA ;MEIRA, 2007; KOSKELA, 1992)
5 - Simplificação dos processos	- Utilização de pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos (GREEN; MAY, 2005; BALDWIN *et al*., 2009; ABCIC, 2017)
	- Minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento (KOSKELA; 1992)
	- Fluxo de trabalho confiável (WINCH, 2006; ELFVING *et al*., 2005; MILLER *et al*., 2002; *apud* ERIKSSON, 2010)
6 - Aumentar a flexibilidade das saídas	- *Set-ups* rápidos (PICCHI, 2003)
	- Utilização de equipamentos flexíveis (PICCHI, 2003)
	- Operários multifuncionais (PICCHI, 2003)
	- Planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de - trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias (ERIKSSON, 2010)
7 - Aumentar a transparência dos processos	- Exposição a todos os funcionários dos marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento desses na execução (SACKS *et al*., 2010; SALEM *et al*., 2006)
	- Manutenção da limpeza e da organização do ambiente de trabalho (SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
	- Controles visuais na obra (SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999)
8 - Focar no planejamento e controle do processo completo	- Uso da ferramenta *Last Planner* (JORGENSEN; EMMITT, 2008; BALLARD *et al*., 2003; WRIGHT, 2000)
	- Acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma (ERIKSSON, 2010; WRIGHT, 2000)
	- Identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidências de erros (ERIKSSON, 2010)
	- Planos semanais para controle do fluxo de trabalho (ERIKSSON, 2010)
	- Estabelecimento de marcos no projeto (SACKS *et al*., 2010; SALEM *et al*., 2006)
	- Planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades (CONTE; GRANSBERG, 2001)
	- Controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção (CONTE; GRANSBERG, 2001)
	- Uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado (CONTE; GRANSBERG, 2001)
9 - Melhoria contínua dos processos	- Desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro (SUESS, 2005; PHENG; FANG, 2005; ELFVING *et al*., 2005 *apud* ERIKSSON, 2010)

Princípios	Práticas *Lean*
	- Relações de cooperação entre a empresa e fornecedores trabalhando juntos para transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas (ERIKSSON, 2010)
	- Uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe (GREEN; MAY, 2005; ERIKSSON, 2008 *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia (HOWELL, 1999)
	- Funcionários encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo (PHENG; FANG, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Reuniões periódicas da equipe
	- Treinamento periódico (GREEN; MAY, 2005; FREIRE; ALARCÓN, 2002 *apud* ERIKSSON, 2010)
	- Uso de indicadores de desempenho (FREIRE; ALARCÓN, 2002 *apud* ERIKSSON, 2010)
10 - Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	- Gestão e análise de fluxos de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades (HIROTA; FORMOSO, 2000; MECCA, 1999)
	- Desenvolvimento das competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança (HIROTA; FORMOSO, 2000)
11 – Benchmarking	- Busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países (KOSKELA; 1992)

Fonte: Adaptado de Carvalho (2013)

2.2.4 ESTUDO DA LITERATURA ACERCA DA ADOÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION*

Haja vista a necessidade de discutir, amadurecer, consolidar e difundir essa nova abordagem para a construção civil vários autores, a partir do trabalho de Koskela (1992), passaram a oferecer contribuições no sentido de melhorar, definir essa nova filosofia de produção na construção civil, e demonstrar seus benefícios, por exemplo: Reino Unido (MOSSMAN, 2009; VILASINI; NEITZERT; GAMAGE, 2011), Estados Unidos (HOWELL, 1999; NAHMENS; IKUMA, 2009), Brasil (SILVA; CARDOSO, 1999; SANTOS, 1999; ISATTO *et al*., 2000; PICCHI; GRANJA, 2004; SAGGIN *et al*., 2015), Singapura (DULAIMI; TANAMAS, 2001; PHENG, SHANG; PETER, 2016), Chile (ALARCON; DIETHELM, 2001), Holanda (JOHANSEN *et al*., 2002) Turquia (POLAT; BALLARD, 2004), África do Sul (EMUZE; SMALLWOOD, 2012), Índia (DINESHKUMAR; DHIVYAMENAGA. 2016; INGLE; WAGHMARE, 2016). A tabela 14 resume tais estudos a cerca da adoção do *Lean Construction*.

Tabela 14 – Estudos a cerca da adoção do *Lean Construction*

ÁREA DE ESTUDO	PAÍSES	AUTORES
LEAN CONSTRUCTION	Estados Unidos	(HOWELL, 1999; NAHMENS; IKUMA, 2009)
	Brasil	(SILVA; CARDOSO, 1999; SANTOS, 1999; ISATTO *et al*., 2000; PICCHI; GRANJA, 2004; SAGGIN *et al*.,2015)
	Singapura	(DULAIMI; TANAMAS, 2001; PHENG, SHANG; PETER, 2016)
	Chile	(ALARCON; DIETHELM, 2001)
	Holanda	(JOHANSEN *et al*., 2002)
	Turquia	(POLAT; BALLARD, 2004)
	Reino Unido	(MOSSMAN, 2009; VILASINI; NEITZERT; GAMAGE, 2011)
	África da Sul	(EMUZE; SMALLWOOD, 2012)
	Índia	(DINESHKUMAR; DHIVYAMENAGA. 2016); (INGLE; WAGHMARE, 2016)

Fonte: Autor (2018)

Picchi e Granja (2004), por exemplo, constataram que na maioria das experiências de implementação do *Lean Construction*, são utilizadas ferramentas isoladas em cada obra e, geralmente, fragmentadas, sem conexão entre elas. E destacaram que o grande desafio tanto para pesquisas futuras quanto para empresas e profissionais que busquem a aplicação prática do *Lean Thinking* no setor de construção, "é a busca de metodologias que traduzam formas de implementação dos princípios para o ambiente da construção, sendo a aplicação específica de ferramentas uma decorrência".

Dulaimi e Tanamas (2001) relataram em seu estudo realizado em Cingapura que 21 empresas de Construção Civil certificadas na norma ISO 9000, iniciaram processos de implantação das práticas do *Lean Construction*, atendendo às recomendações do relatório da Construção Civil publicado em 1999. Segundo os autores somente partes dos conceitos desta filosofia foram implantados, e apontaram como principais barreiras para o sucesso da implantação: a resistência cultural, falta de trabalhadores qualificados e comprometidos, a alta rotatividade e falta de treinamento.

Polat e Ballard (2004) identificaram as principais causas de perdas na indústria da construção civil turca e estabeleceram um quadro inicial para esforços futuros associados com a prevenção e eliminação de perdas inerentes à construção, por meio de um *survey* realizado com 116 empreiteiros turcos, que revelou um número significativo de causas de perdas na indústria da construção turca resultante da falta das técnicas do *Lean Construction*.

As próprias empresas têm buscado interpretar os conceitos para este ambiente, haja vista que a adoção de suas práticas tem demonstrado, por meio de evidências empíricas, contribuir na competitividade das empresas, na forma de redução dos prazos, custos e aumento da qualidade, dentre outras (SANCHEZ; PÉRES, 2001).

Na construção civil o planejamento e gerenciamento de obras sob a abordagem *Lean* são diferentes do que se é tradicionalmente em grande parte dos projetos da construção civil; o gerenciamento conforme as práticas do *Lean Construction* busca demonstrar de forma ampla os objetivos dos processos, maximizando o valor para o cliente ao nível de projeto e aplicando um controle da produção ao longo do ciclo de vida do projeto (BALLARD; HOWELL, 1998).

Importante destacar os estudos encontrados na literatura com uma conexão direta entre as práticas do *Lean Construction* e os Resíduos da Construção e Demolição: o de Agyekum, Ayarkwa e Adjei-kumi (2013) visou identificar as principais fontes e causas de resíduos de materiais em canteiros de obras decorrentes do armazenamento e manuseio de materiais de construção de alta geração de resíduos e empregar a abordagem do *Lean Construction* para reduzir esses resíduos. Para isso, foi aplicado um questionário estruturado em 226 organizações de construção civil e consultores na indústria de construção de Gana.

Os resultados desse estudo revelaram que o armazenamento e manipulação de materiais, fatores operacionais, fatores de projeto e documentação e fatores de suprimento são as principais fontes de resíduos em canteiros de construção. Entre as causas de desperdício de materiais estão às mudanças de última hora do cliente, erros por comerciantes, produtos comprados fora da especificação e falta de controle de materiais no local. Além disso, mostraram ainda que madeira, cimento / argamassa, concreto e blocos são os quatro principais materiais que têm o maior nível de desperdício em canteiros de obras.

O estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016), explorou como métodos de design *lean* podem reduzir os resíduos de construção civil e contribuir para a sustentabilidade

ambiental. Para isso, três estudos de caso foram conduzidos para analisar três projetos hospitalares na Califórnia que empregaram ferramentas e métodos enxutos durante o projeto. Os resultados mostraram que a redução de resíduos pode ser conseguida indiretamente por redução econômica de resíduos e com o auxílio das ferramentas *Lean.*

2.2.5 FERRAMENTAS DO *LEAN CONSTRUCTION*

Neste tópico serão apresentadas as principais ferramentas do *Lean Construction* que podem ser utilizadas para implantação em obras de construção.

2.2.5.1 PLANEJAMENTO

Um bom planejamento melhora a produtividade por meio da redução de atrasos, promove a realização do trabalho na melhor sequência construtiva, combina a força de trabalho com o trabalho disponível, coordena atividades polivalentes interdependentes, entre outras (WIGINESCKI, 2009).

Para Solomon (2004), o planejamento deve incluir organização, ou seja, sair de uma posição unicamente de alocação de tarefas para a estruturação de um ambiente adequado para a ação humana. A execução deve ser um canal de mão dupla, que atinja metas por meio do comprometimento. O gerenciamento de controle deve sair da auditoria para a busca de causas em tempo suficiente para a prevenção de problemas futuros.

Bernardes (2001) apresenta a seguir, com base no trabalho de vários autores, os diferentes níveis de planejamento baseados nos níveis gerenciais:

- Planejamento de longo prazo: devido à incerteza no ambiente da construção, este modelo de planejamento apresenta um baixo grau de detalhamento de atividades;
- Planejamento de médio prazo: também conhecido como planejamento tático ou *lookahead planning*, vincula as atividades estabelecidas no planejamento de longo prazo às atividades do planejamento de curto prazo;
- Planejamento de curto prazo: também conhecido como planejamento operacional, apresenta as tarefas a serem realizadas e suas respectivas equipes; o prazo em que o planejamento é realizado pode ser diário, semanal ou quinzenal. Uma ferramenta utilizada para ele em nível de planejamento é o *Last Planner.*

Com essa divisão em níveis, o planejamento traz uma melhor definição das atividades, proporcionando melhor visão ao gerente e aos envolvidos, já que a capacidade humana de conservar informações é reduzida (BERNARDES, 2001).

Esse modelo proposto tem como principais finalidades:

a) Fazer do PCP um processo gerencial, apresentando transparência no processo;

b) Reduzir incertezas no processo de produção;

c) Formalizar o planejamento para consultas e introdução de melhorias de produção ou na tomada de decisões;

d) Melhorar o gerenciamento;

e) Facilitar o controle.

2.2.5.2 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO OU ESTRATÉGICO VIA LOB E PERT/CPM

No planejamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período de construção e tem como objetivo a definição dos ritmos das atividades, que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento, como a estrutura, a alvenaria e as instalações hidrossanitárias (MENDES JR; HEINECK, 1998). Também se deve analisar o planejamento em função do fluxo de recursos financeiros, desenvolvidos no estudo de viabilidade e a partir da estimativa de custo são dadas instruções para a coordenação dessas atividades (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como a linha de balanço, no qual são especificadas informações a respeito do início e do fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN; BALLARD, 1997; MENDES JR.; HEINECK, 1998).

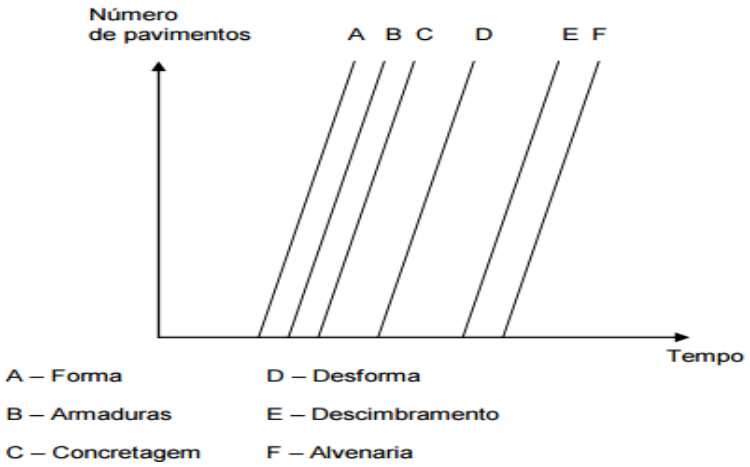
A técnica da Linha de Balanço (*Line of Balance* - LOB) para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 1940. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção. O método da LOB é um dos métodos mais conhecidos entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares (JUNQUEIRA, 2006).

A Linha de Balanço é uma técnica de planejamento e controle que considera o caráter repetitivo das atividades de uma edificação. Por meio da Linha de Balanço, o engenheiro da obra passará a ter uma visão mais simples da execução das atividades, servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e da qualidade nos

canteiros e poderá dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações em obra (JUNQUEIRA, 2006).

A técnica é de aplicação bastante simples, principalmente porque pode ser feita graficamente, se assumirmos a linearidade do desenvolvimento da tarefa, podendo ser visualizada em um gráfico espaço x tempo, indicando a unidade e quando a tarefa é executada nesta unidade. Cada linha do gráfico corresponderá a uma tarefa (JUNQUEIRA, 2006), conforme pode ser visto na fig. 8.

Figura 9 – Método da Linha de Balanço (LOB – *Line of Balance Method*)



Fonte: Junqueira (2006)

Através da adoção do conceito da Linha de Balanço, as atividades seguirão ritmos de produção definidos, permitindo dizer que a produção está balanceada. Esse balanceamento permite definir quantas unidades (cômodos, apartamentos ou pavimentos) estarão concluídas em um determinado tempo, permitindo estudo de reaproveitamento de equipes, melhor programação das equipes, evitar interrupções do trabalho de uma equipe, melhorando sua produtividade, minimização dos estoques e produtos em processo, entre os benefícios mais importantes (JUNQUEIRA, 2006).

Segundo Mendes Jr. (1998), a vantagem da aplicação da linha de balanço e projetos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de qualquer processo. Como limitação ao uso dessa técnica, tem-se que esta assume que a produção é linear, isto é, em ritmo de produção constante ao longo do tempo e há falta de adaptação a sistema de computadores.

Outras técnicas utilizadas para elaboração de planos se fazem através da utilização de *Program Evaluation* and Review Technique (PERT), *Critical Path*

Method (CPM) e Gráfico de Gantt, que podem ser encontrados em conjunto em softwares como MS Project e Open Project.

O planejamento com os métodos PERT/CPM é realizado através de uma rede, apresentando uma sequência lógica do planejamento, com as interdependências entre as operações, a fim de alcançar um determinado objetivo. São colocadas na rede as durações das tarefas, para permitir uma análise de otimização de tempo e/ou de custo e programação em calendário (HIRSCHFELD, 1978 *apud* OLIVEIRA, 2013).

O método PERT/CPM traz grandes vantagens para o gerenciamento de projetos, pois auxilia no planejamento, programação, coordenação e controle do projeto, evitando ou minimizando o risco dos efeitos advindos de uma ocorrência inesperada ou acidental durante a execução do projeto. (CUKIERMAN, 2000)

2.2.5.3 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO, TÁTICO OU *LOOKAHEAD PLANNING*

O sistema de planejamento *lookahead* trabalha com o controle de fluxo do projeto, dos suprimentos e da instalação através das unidades de produção. Nesse planejamento, as atividades que devem ser feitas em médio prazo são identificadas e destacadas, de maneira que as restrições e os problemas futuros possam ser trabalhados para possibilitar a realização da tarefa (WIGINESCKI, 2009).

Essas funções trabalham por meio de processos específicos, incluindo a definição da atividade, a análise de restrições, puxando o trabalho para unidades de produção e combinando carregamento e capacidade (BALLARD, 2000).

De acordo com Bernardes (2001), com o *lookahead* é possível analisar os fluxos de trabalho, de maneira que seu sequenciamento permita a redução de atividades que não agregam valor no processo de produção. Esses processos, segundo Ballard (2000), trabalham com as seguintes funções:

- Moldar a sequência do fluxo e a taxa de trabalho;
- Combinar o fluxo de trabalho com a capacidade;
- Decompor o cronograma geral de atividades em pacotes de trabalho e operações;
- Desenvolver métodos detalhados para executar o trabalho;
- Manter atividades executáveis (mas não prioritárias) prontas para serem executadas;
- Atualizar e revisar o cronograma de nível geral de acordo com a necessidade.

2.2.5.4 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO OU OPERACIONAL, LAST PLANNER

O planejamento de curto prazo é o nível no qual são tomadas as últimas decisões a respeito do fluxo de trabalho, tal como pequenos ajustes no sequenciamento das equipes, em função do cumprimento de tarefas antecedentes e da disponibilidade de recursos, tanto de mão de obra quanto de materiais e equipamentos. Dessa forma, procura-se eliminar ou reduzir a influência de imprevistos que dificultam a execução completa das tarefas (BALLARD; HOWELL, 1997).

Bernardes (2003), ressalta que a aplicação conjunta do plano de curto prazo, com o *lookahead*, faz parte de um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação do sistema de controle da produção *Last Planner* e define esse sistema como uma filosofia que busca melhorar o desempenho do processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) através de medidas que protejam a produção contra os efeitos da incerteza.

O LPS apresenta duas funções principais: o controle da unidade de produção e o controle de fluxo do trabalho. A primeira função visa fazer melhores atribuições para os trabalhadores através da aprendizagem contínua e de ações corretivas. Já a segunda função está voltada em fazer com que o fluxo de trabalho siga através da unidade de produção na melhor sequência possível (BALLARD, 2000).

No plano de curto prazo são definidos os pacotes que serão efetivamente executados a cada semana (BALLARD, 2000), a partir dos pacotes de trabalho disponibilizados pelo planejamento de médio prazo (portanto, sem restrições a sua execução) (FORMOSO *et al.*, 2016).

O LPS visa melhorar a produtividade apenas permitindo atribuições que foram preparadas para entrar em planos de trabalho semanais, e se concentra em ativamente preparar o trabalho. As atribuições são diretrizes bem definidas e sólidas que determinam que trabalho específico que será feito. A pessoa ou grupo que produz a atribuição é chamado de *Last Planner (*Ballard, 1994).

O *Last Planner* é a pessoa ou grupo responsável pelo planejamento operacional, estruturando o projeto do produto para facilitar a melhoria do fluxo de trabalho e o controle de unidades de produção. No sistema *Last Planner* a sequência de implantação prepara uma estrutura de planejamento de cronograma eficiente (SALEM *et al*., 2005).

De acordo com Ballard (1994), o *Last Planner* decide quais as tarefas a serem realizadas, ou seja, qual o trabalho específico a ser realizado no dia de amanhã. Ele é único, pois leva diretamente ao trabalho a ser realizado ao invés da produção de outros planos, conforme representado na fig. 9, a seguir:

Figura 10 – Sistema de planejamento do *Last Planner*

Fonte: Adaptado de Ballard (1994)

Segundo Ballard (2000), o *Last Planner* pode ser compreendido como um mecanismo para transformar o que deveria ser feito no que pode ser feito, formando um inventário de trabalho pronto, de onde o planejamento de trabalho semanal pode ser feito. Incluir tarefas neste planejamento semanal significa comprometer-se com o que será realmente feito.

Uma importante ferramenta existente no *Last Planner* é o percentual de produção concluída (PPC). Ballard (1994) apresenta o PPC como o número de atividades planejadas e completas, dividido pelo número de atividades planejadas, expresso em porcentagem, $\mathbf{PPC} = \frac{\text{ATIVIDADES PLANEJADAS E COMPLETAS}}{\text{ATIVIDADES PLANEJADAS}}$, ou seja: quantidade de atividades que os supervisores de equipes se comprometeram a fazer, comparada com o que foi realmente feito, é medida pelo PPC.

Com o uso do PPC é possível identificar problemas no sistema de produção, e consequentemente, com o uso dos cinco porquês, as causas destes problemas também podem ser encontradas. Dentro desta linha de pensamento, Ballard (1994), ensina que a primeira ação a ser tomada ao encontrar problemas é identificar as razões pelas quais o planejado não foi executado.

2.2.5.5 5S

O programa 5S foi utilizado no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Nesse contexto, o país encontrava-se totalmente desorganizado. Segundo Valverde e Cintra (2006), o programa mostrou ser bastante eficaz na reorganização das empresas que buscavam melhorar a qualidade de seus produtos e na reorganização da economia japonesa. Além dessas melhorias, vários outros benefícios puderam ser observados no uso do 5S, como a otimização de espaços, a redução dos tempos improdutivos, o aumento da vida útil de materiais e a redução do risco de acidentes.

O termo 5S é derivado de cinco palavras, em japonês, que têm por início a letra S, descritas a seguir (SANTOS *et al*., 2006):

- Seiri (senso de utilização): é a primeira ação estabelecida no Programa. É a seleção e eliminação do que não é necessário no local de trabalho.
- Seiton (senso de organização): são definidos os locais adequados e os critérios de estocagem e disposição dos materiais, ferramentas e equipamentos.
- Seiso (senso de limpeza): apresenta a eliminação da sujeira, para manter a limpeza no ambiente e também manter a atualização dos dados e informações, a fim de garantir a correta tomada de decisões.
- Seiketsu (senso de higiene e padronização): Proporciona condições favoráveis à saúde física e mental, mantendo o ambiente livre de poluentes para proporcionar melhor qualidade nas condições de trabalho.
- Shitsuke (autodisciplina): se caracteriza pela educação e compromisso. Desenvolve o hábito de observação, atendimento e seguimento das normas e procedimentos.

2.2.5.6 GERENCIAMENTO VISUAL, ANDON E TRANSPARÊNCIA

De acordo com Werkema (2010), a Gestão visual é a colocação de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção em um local acessível, para que possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos. Ainda segundo a autora, é importante destacar que o 5S e a padronização representam as bases para a implementação da gestão visual.

As vantagens do uso da Gestão Visual resultam nos seguintes benefícios para a empresa (WERKEMA, 2010):

- Melhoria da comunicação entre departamentos e turnos de trabalho e do feedback entre operadores, supervisores e gerentes.

- Aumento da rapidez de resposta na ocorrência de anomalias.
- Melhoria da compreensão sobre o funcionamento da produção.
- Visualização imediata do alcance – ou não – da meta estabelecida para a performance diária dos processos.
- Aumento da conscientização para a eliminação de desperdícios.
- Melhoria da capacidade de estabelecer e apresentar prioridades de trabalho.
- Visualização imediata dos procedimentos operacionais padrão utilizados

A alta rotatividade de operários e a presença de várias equipes distintas que se deslocam para dentro e para fora da construção tornam ainda mais importante à implantação de dispositivos visuais (FORMOSO *et al.*, 2001).

Uma ferramenta de gestão visual que mostra o estado das operações em uma área em um único local e avisa quando ocorre algo anormal chama se *Andon* (Léxico *Lean*, 2003). Entre os benefícios destacados, Koskela (2000) aponta as melhorias na comunicação em obra, prevenção de paradas na linha de produção com consequente alcance do fluxo contínuo, aumento da transparência no controle dos processos e promoção da automação.

A transparência permite ao sistema produtivo visualizar melhor o que está de fato acontecendo em suas diversas etapas, facilitando a realização de melhorias (BAUMHARDT, 2002). O nível de transparência deve ser suficiente para que até mesmo visitantes sejam capazes de compreender a situação atual de um sistema de produção e, consequentemente, identificar os problemas existentes (MOSER; SANTOS, 2003).

De acordo com Formoso *et al.* (2001), o baixo nível de transparência em canteiros de obras contribui para que os sistemas de produção na construção, geralmente, funcionem bastante abaixo de sua capacidade total.

Nesse contexto, segundo Santos (1999), o aumento da transparência significa aumentar a habilidade da produção em se comunicar com os trabalhadores, de modo que eles saibam o que devem fazer, como e quando. Essa é uma das principais ideias básicas de vários métodos e técnicas gerenciais como gerenciamento visual, *kanban*, programas 5S, *andon*, *poka-yoke*, entre outros.

2.2.5.7 PLANO DE AÇÃO (5W2H)

A técnica 5W2H é chamada de plano de ação, sendo capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. Uma ferramenta de caráter gerencial, que se aplica à realidade das equipes de aprimoramento no planejamento e condução de suas atividades, identificando as ações e as responsabilidades de forma organizada para sua execução. Segue os elementos básicos que se convencionou chamar 5W2H (OLIVEIRA, 1996). A tabela 15 traz um resumo da técnica 5W2H.

Tabela 15 – Resumo de 5W2H (plano de ação)

QUESTIONAMENTO	TRADUÇÃO	RESPOSTA PROCURADA
What?	O que será feito?	(ação, etapas, descrição)
Why?	Por que deve ser executada a tarefa ou projeto?	(justificativa, motivo)
Where?	Onde cada etapa será executada?	(local)
When?	Quando cada uma das etapas deverá ser executada?	(tempo, datas, prazos)
Who?	Quem realizará as tarefas?	(responsabilidade pela ação)
How?	Como deverá ser realizada cada tarefa/etapa?	(método, processo)
How much?	Quanto custará cada etapa?	(custo ou gastos envolvidos)

Fonte: Adaptado de Oliveira (1996)

2.2.5.8 POKA-YOKE (À PROVA DE ERROS)

Poka-yoke é um método que ajuda os operários a evitarem erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente etc. (Léxico *Lean*, 2003).

Trata-se de dispositivos que podem ser adaptados às máquinas e aos equipamentos com o objetivo de parar o seu funcionamento caso haja possibilidade de algum problema na qualidade (WIGINESCKI, 2009). A qualidade é garantida por cada um ainda na linha produtiva e não no final, com o produto pronto.

Segundo Shingo (1996), há duas maneiras nas quais *Poka-yoke* pode ser usado para evitar e corrigir erros. A frequência com que ocorrem os defeitos e o fato de eles poderem ou não ser corrigidos, uma vez que tenham ocorrido, irá influenciar na escolha entre esses dois métodos.

- A Poka-yoke de controle é o dispositivo corretivo muito eficaz, porque paralisa o processo produtivo até que a condição causadora de defeito tenha sido corrigida. Esse dispositivo identifica situações de maior gravidade;
- A Poka-yoke de advertência permite que o processo produtivo que está gerando o defeito continue mesmo no caso dos trabalhadores não atenderem ao aviso de alerta.

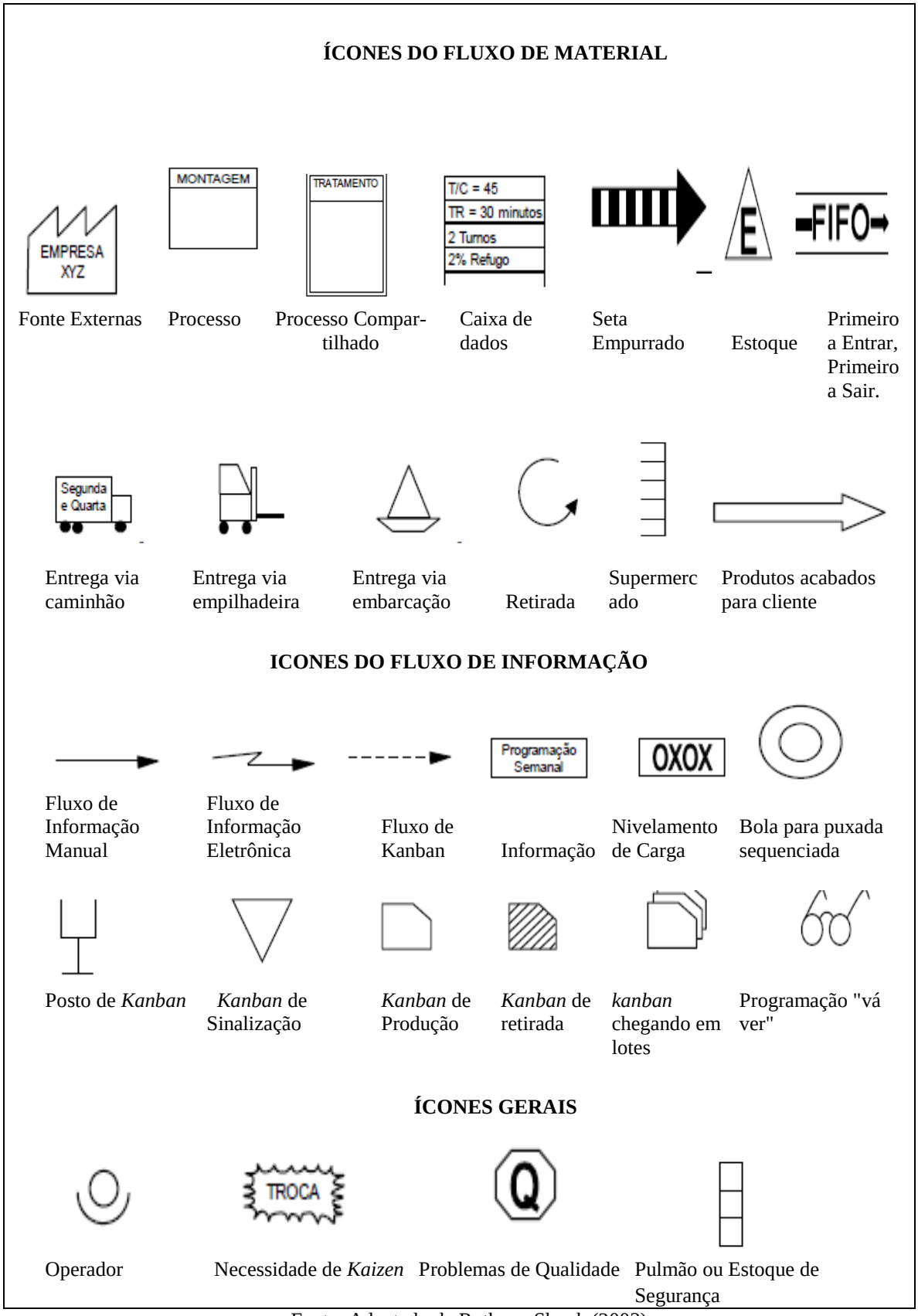
2.2.5.9 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) tem como objetivo principal auxiliar o desenho do estado atual e futuro dos processos produtivos e o do estado ideal, possibilitando enxergar a trajetória de fabricação de um produto do início até o fim, representando visualmente todos os processos de fluxos de material e informações envolvidos (WIGINESCKI, 2009).

Por meio de sua aplicação, é possível ter uma visualização mais integrada entre os processos, proporcionando a implementação de melhorias sistemáticas e permanentes que têm como objetivo a eliminação dos desperdícios e a identificação de suas principais fontes (ROTHER; SHOOK, 2003).

Segundo Walter e Zvirtes (2008), o MFV descreve detalhadamente como a produção deveria operar para criar os movimentos necessários a cada situação. A partir da utilização de ícones e símbolos são representados o fluxo de materiais e informações que o produto segue no fluxo de valor. A Fig. 11 apresenta alguns dos símbolos utilizados conforme Rother e Shook (2003).

Figura 11 – Símbolos utilizados na elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

2.2.5.10 KANBAN

Conforme Slack *et al*. (2009) é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado. Segundo o autor é um cartão utilizado por um estágio cliente, para avisar seu estágio fornecedor que mais material deve ser enviado.

Os Kanbans podem ser divididos em três tipos (SLACK *et al.*, 2009):

- Kanban de movimentação ou transporte: usado para avisar o estágio anterior que o material pode ser retirado do estoque e transferido para o destino específico. Nesse tipo, normalmente, terá detalhes como número e descrição do componente específico, o lugar de onde ele deve ser retirado e o destino para o qual ele deve ser enviado;
- Kanban de produção: representa um sinal para o processo de produção de que pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque. A informação contida nesse tipo, normalmente, inclui número e descrição do componente, descrição do próprio processo, materiais necessários para a produção do componente, além do destino para a qual o componente deve ser enviado depois de produzido;
- Kanban do fornecedor: utilizado para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componente para um estágio da produção. Nesse sentido, ele é similar ao Kanban de transporte, porém, normalmente, utilizado para integrar fornecedores externos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção serão apresentados os aspectos metodológicos, o qual aborda, inicialmente, a classificação da pesquisa, em seguida, o método de pesquisa e as etapas seguidas ao longo do desenvolvimento deste estudo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Do ponto de vista da sua natureza, esta pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos de forma prática e dirigidos à solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2005). Ou seja, saber quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução dos Resíduos da Construção Civil, tendo em vista que a sua grande geração provoca sérios impactos nos centros urbanos, os quais afetam negativamente direta e indiretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente.

Este estudo possui forma de abordagem qualitativa segundo Silva e Menezes (2005), pois foi feita uma interpretação dos fenômenos, no caso deste estudo relacionado ao *Lean Construction* e RCC, e atribuição de significados no processo de pesquisa, sem o uso de métodos e técnicas estatísticas, no qual o ambiente natural, no caso os canteiros de obras, foram às fontes diretas para coleta de dados e o pesquisador o instrumento-chave para o desenvolvimento deste estudo.

De acordo com Gil (1991) é classificada quanto aos seus objetivos como uma pesquisa exploratória, pois visou proporcionar maior familiaridade com o problema visando torná-lo explícito ou construir hipóteses, haja vista que conforme mencionado foram encontrados poucos estudos com uma conexão direta entre o *Lean Construction* e os Resíduos da Construção Civil. Bem como, uma pesquisa descritiva, pois visou descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, no caso o relacionamento das práticas do *Lean Construction* com a redução dos RCC, por meio do uso de técnica padronizada de coleta de dados, a qual será descrita posteriormente.

Do ponto de vista de seus procedimentos técnicos conforme Gil (1991) foi utilizado pesquisa bibliográfica, pois foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. E foi caracterizado como um estudo de caso, pois, *"envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento*" (GIL, p.58,

1991). Segundo Yin (2010) o estudo de caso é o mais recomendando quando uma questão “como” ou “por que” está sendo feita sobre um conjunto de eventos contemporâneos, que no caso deste estudo reside no problema da grande quantidade de RCC que têm sido gerados pelas empresas no meio urbano, e em algo que o investigador tem pouco ou nenhum controle, que são representados pelas empresas em estudo.

Para Yin (2010), existem quatro tipos de projetos de estudo de caso: projetos de caso único (holísticos) – quando há uma unidade única de análise e único caso; projetos de casos múltiplos (holísticos) – caso exista uma unidade única de análise e múltiplos casos; projetos de caso único (integrados) – se possuir unidades múltiplas de análise e único caso; e projetos de casos múltiplos (integrados) – caso existam unidades múltiplas de análise e múltiplos casos. Para este estudo, foi adotado o projeto de casos múltiplos (holísticos), pois este estudo de caso se caracteriza por conter mais do que um único caso e porque cada caso foi uma unidade única de análise.

Conforme Yin (2010), os benefícios analíticos de ter dois (ou mais) casos podem ser substanciais do que com o uso do projeto de caso único. Bem como, oferece a possibilidade de analisar casos que possuem situações contrastantes, permitindo uma comparação hipotética entre os achados; o qual é o que este trabalho se propôs a fazer – analisar o impacto e contribuição da adoção das práticas do *Lean Construction* na redução dos RCC em duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém e comparar os resultados. Na tabela 15 consta o resumo da classificação metodológica adotada neste trabalho.

Tabela 16 – Classificações adotadas no trabalho

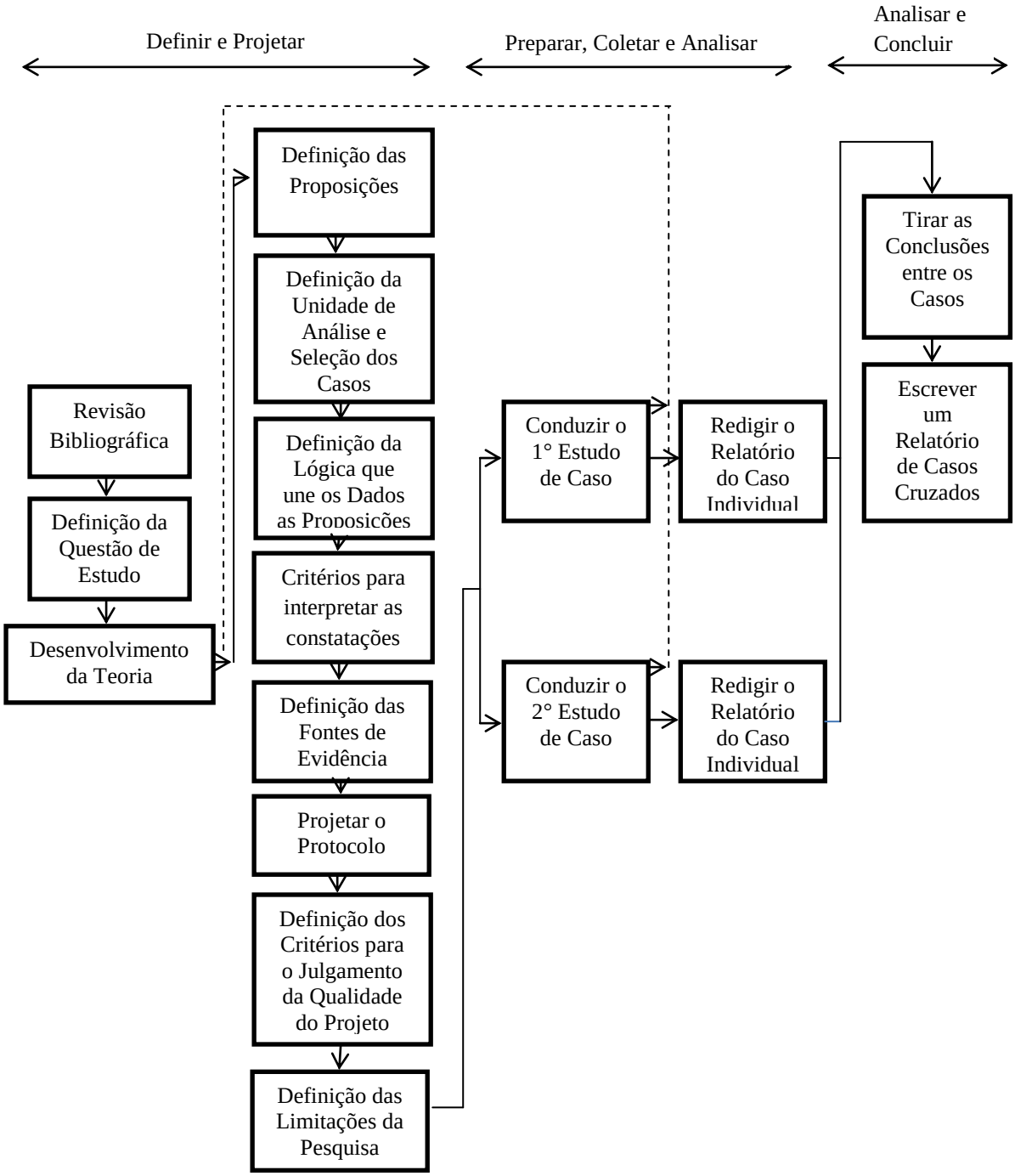
CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	
CATEGORIAS	**CLASSIFICAÇÃO**
Natureza	Aplicada
Objetivos	Exploratória e Descritiva
Abordagem	Qualitativa
Procedimentos Técnicos	Bibliográfica e Estudo de Caso Múltiplo

Fonte: Autor (2018)

3.2 MÉTODO DA PESQUISA

A lógica utilizada para essa pesquisa de estudos de caso múltiplos foi à lógica de replicação sugerida por Yin (2010). Essa abordagem é ilustrada na fig. 12, que representa o esquema para o método de estudo de caso múltiplo que foi adotado ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, o qual foi adaptado de Yin (2010).

Figura 12 – Etapas da pesquisa



Fonte: Adaptado de Yin (2010)

Foram utilizados os componentes fundamentais do projeto de pesquisa sugerido por esse autor para elaboração dessas etapas, os quais foram de suma importância para execução deste estudo, tais como: *(i)* questões do estudo, já apresentada na introdução; *(ii)* proposições; *(iii)* unidade(s) de análise; *(iv)* lógica que une os dados às proposições; e *(v)* critérios para interpretar as constatações, além de outros, de suma importância. A seguir será explicado o passo a passo do método proposto.

3.2.1 DESENVOLVIMENTO DA TEORIA

O passo inicial no projeto do estudo consistiu no desenvolvimento da teoria, que segundo Yin (2010), anterior à coleta de qualquer dado, é um passo essencial na realização dos estudos de caso. Pois, para o autor, a sua elaboração ajuda a cobrir de forma incremental os cinco componentes fundamentais do projeto de estudo de caso. Além de fortalecê-lo e propiciar uma capacidade superior para interpretar os dados eventuais.

Dessa forma, a teoria a ser utilizada para o presente estudo foi desenvolvida com base no estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016) que demonstrou que os métodos de projeto *Lean* e a redução de RCC não possuem uma relação causal direta. Assim, partindo deste pressuposto, este estudo mostrou como as práticas do *Lean Construction* podem impactar e contribuir na redução dos resíduos da construção civil em duas obras de construção vertical localizadas no município de Belém.

3.2.2 PROPOSIÇÕES

Em seguida foram definidas as proposições, os quais segundo Yin (2010), conduz o pesquisador na direção certa, dirigindo a atenção para algo que deve ser examinado de fato dentro do escopo do estudo, bem como permite refletir um importante aspecto teórico e auxiliar na busca de evidência relevante.

Para o presente estudo, no caso, foram estabelecidas as seguintes proposições com base no estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016):

1) A redução da geração de RCC não é uma prioridade no canteiro de obras.
2) A organização do canteiro influi na redução dos RCC.
3) A falta de conhecimento nas práticas do *Lean Construction*, comprometimento dos colaboradores e treinamento são fatores que desencadeiam os RCC.
4) As práticas do *Lean Construction* impactam e contribuem na redução de RCC.

3.2.3 UNIDADE DE ANÁLISE E SELEÇÃO DOS CASOS

De acordo com Yin (2010), a unidade de análise está relacionada com o problema fundamental de definir o que é o "caso" e com a maneira como foram definidas as questões iniciais de pesquisa. Sendo assim, a unidade de análise definida no presente estudos são duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém.

Em razão da ausência de um selo ou certificação relacionado à utilização das práticas do *Lean Construction*, foi adotado como critério para seleção dos casos, as certificações de qualidade ISO 9001:2008 e PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) nível A.

Segundo o Ministério das Cidades, o PBQP-H integra-se à Secretaria Nacional de Habitação e é um instrumento do Governo Federal que tem como objetivo organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. No portal do Ministério das Cidades, consta uma série de benefícios ao aderir ao programa, os quais englobam algumas das práticas *lean* apresentadas na revisão da literatura, tais como: redução de custo com melhoria de qualidade, aumento da produtividade, qualificação dos recursos humanos, defesa do consumidor e satisfação dos clientes.

Dessa forma, para responder a questão de estudo proposta, foi feito um estudo de caso múltiplo em um canteiro de obra de uma empresa construtora que possui as certificações de qualidade ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A, na condição de que essa adota às práticas do *Lean Construction*, o qual foi chamado de canteiro de obra A, e em uma obra de uma empresa que não possui nenhuma certificação considerando que essa não adota tais práticas em suas obras, chamada de canteiro de obra B, com intuito de compará-las e verificar quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução dos Resíduos da Construção Civil.

Neste estudo, apesar dos casos selecionados apresentarem esse contraste da certificação e adoção (e não) das práticas do *Lean Construction*, foi esperado que este trabalho pudesse reproduzir resultados semelhantes (replicação literal), e não contrastantes (replicação teórica), quanto ao impacto e contribuição das práticas do LC na redução de RCC, de forma a validar as proposições teóricas estabelecidas no tópico anterior.

Importante ressaltar também que, para seleção dos casos foi considerado empresas construtoras que tem como atividade principal a construção de edificações verticais (públicas, residenciais ou comerciais), desconsiderando-se os empreendimentos do tipo baixa renda, os quais possuem outras peculiaridades.

3.2.4 LÓGICA QUE UNE OS DADOS ÀS PROPOSIÇÕES

Nesta etapa, para análise dos dados desta pesquisa foi definida a estratégia analítica geral descrita por Yin (2010) de seguir as proposições teóricas definidas para servir como um guia para o confronto dos dados coletados e por foco na pesquisa. No caso, os resultados dos roteiros de entrevistas e do questionário aplicados aos Engenheiros das duas obras e as observações diretas feitas no canteiro, conforme o protocolo de estudo de caso (APÊNDICE – A) procuraram corroborar ou refutar tais proposições.

Essa estratégia foi usada em conjunto com a técnica de síntese de casos cruzados, que é uma técnica analítica que se aplica especificamente à análise de casos múltiplos. A técnica trata cada estudo de caso individual como um estudo separado e busca investigar se os diferentes casos compartilham similaridades e merecem ser considerados exemplos (replicações) do mesmo tipo de caso geral.

3.2.5 CRITÉRIOS PARA INTERPRETAR AS CONSTATAÇÕES

Foram definidos nesta etapa, com base no estudo de Salgin, Arroyo e Ballard (2016), alguns critérios considerados suficientes a serem utilizados neste estudo para interpretação dos achados e posterior comparação após os dados serem coletados. Isto foi de suma importância para analisar de fato o impacto e contribuição da adoção do *Lean Construction* sobre a redução da geração de RCC nas obras analisadas. Dessa forma, foram observados os seguintes critérios/condições:

- Se a redução da geração de RCC é uma prioridade nas obras.
- A forma como as práticas do *Lean Construction* podem contribuir para a redução de RCC.
- Se as práticas do *Lean Construction* impactam diretamente ou indiretamente na redução de RCC.

3.2.6 FONTES DE EVIDÊNCIA

Segundo Yin (2010) a evidência do estudo de caso pode vir de várias fontes. Assim, para o presente estudo, conforme exposto no Protocolo do Estudo de Caso (APÊNDICE – A) foram utilizadas as seguintes fontes de evidências com os respectivos objetivos (Tabela 17):

Tabela 17 – Fontes de evidência e seus objetivos no estudo

FONTES DE EVIDÊNCIA	OBJETIVO
Entrevistas	Conhecer as práticas que são e não são adotadas nos canteiros, as dificuldades existentes, procedimentos, etc.
Observações diretas	Descrever a atual situação do canteiro, quanto à infraestrutura, organização, fluxos, etc.
Questionário	Conhecer as práticas que são e não são adotadas nos canteiros e ampliar o entendimento a cerca das obras em estudo.

Fonte: Autor (2018)

Importante ressaltar, que o questionário (APÊNDICE – D) foi elaborado com base na compilação de práticas *lean* apresentadas por Carvalho (2013) relacionadas aos onze princípios de Koskela (1992) citadas no referencial teórico.

3.2.7 PROTOCOLO PARA O ESTUDO DE CASO

De acordo com Yin (2010), o protocolo contém os procedimentos e as regras gerais a serem seguidas na coleta de dados. É uma maneira importante de aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e orientar o investigador na realização da coleta de dados.

Segundo esse autor, o protocolo deve ter as seguintes seções:

a) Uma visão geral do projeto do estudo de caso (objetivos e patrocínios do projeto, assuntos do estudo de caso e leituras relevantes sobre o tópico sendo investigado). Procedimentos de campo (apresentação de credenciais, acessos aos “locais” do estudo de caso, linguagem pertencente à proteção dos participantes, fontes de dados e advertências de procedimentos).

b) Questões de estudo de caso (questões específicas de estudo de caso que o investigador deve ter em mente na coleta de dados, estruturas das tabelas para série específica de dados e potenciais fontes de informação para responder a cada questão)

c) Um guia para o relatório do estudo de caso (esboço, formato para os dados, uso e apresentação de outra documentação e informação bibliográfica).

O protocolo do estudo de caso, a ser utilizado neste trabalho, seguiu essa estrutura proposta por Yin (2010). O protocolo encontra-se no APÊNDICE A.

3.2.8 CRITÉRIOS PARA JULGAMENTO DA QUALIDADE DE PESQUISA

Para Yin (2010), quatro testes têm sido usados amplamente para julgar a qualidade de um estudo de caso: validade de constructo, validade interna, validade externa e confiabilidade. O mesmo autor destaca a necessidade de táticas para lidar com esses testes e recomenda que sejam aplicadas ao longo da condução subsequente do estudo de caso, não apenas em seu início, os quais serão explicados a seguir.

3.2.8.1 VALIDADE DO CONSTRUCTO

Para aumentar a validade deste critério, o presente estudo utilizou as táticas sugeridas por Yin (2010) de uso de múltiplas fontes de evidência, conforme descrito anteriormente (seção 3.2.6), para incentivar linhas convergentes de investigação, e revisão do rascunho do relatório porque, após cada caso, um relatório foi confeccionado e enviado para cada empresa analisada (informantes-chaves) para garantir a confiabilidade dos dados adquiridos, interpretados e analisados.

3.2.8.2 VALIDADE INTERNA E EXTERNA

Quanto ao teste de validade interna, devido esta pesquisa ser classificada como uma pesquisa exploratória e descritiva, este estudo não fornece as condições para o julgamento da qualidade da pesquisa deste teste. Salvo se fosse um estudo explanatório ou causal, conforme Yin (2010). Enquanto para o teste de validade externa foi utilizada a tática da replicação por meio do estudo de caso múltiplo para a obtenção da generalização analítica.

3.2.8.3 CONFIABILIDADE

Nessa pesquisa foram utilizadas duas táticas para o aumento da confiabilidade dos dados: o protocolo de pesquisa, para orientação do pesquisador na realização da coleta de dados (APÊNDICE - A); e uma base de dados, contendo separadamente os dados que foram coletados (base comprobatória) e o relato do pesquisador em forma de relatório em formato do *word*, *excel* e PDF, arquivado em local reservado para evitar o uso indevido dos dados, que são sigilosos.

A tabela 18 apresenta os três testes lógicos adotados na pesquisa e as táticas de estudo utilizadas.

Tabela 18 – Testes e táticas adotadas no estudo

TESTE DE CASO	TÁTICA DE ESTUDO
Validade do Constructo	Uso de múltiplas fontes de evidência Revisão do rascunho do relatório
Validade externa	Lógica de replicação em estudos de caso múltiplos
Confiabilidade	Protocolo de estudo de caso e banco de dados

Fonte: Autor (2018)

3.2.9 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste estudo de caso múltiplo foram elencadas as seguintes limitações da pesquisa:

- A dificuldade de conseguir empresas que permitissem a aplicação desse estudo em seus canteiros de obra.
- A restrição ao acesso às documentações e arquivos da empresa, que poderiam complementar ainda mais as observações feitas pelo pesquisador;
- A dificuldade de entrevistar os responsáveis por gerenciar as obra em estudo, dadas as suas inúmeras tarefas e a dificuldade em manter o entrevistado durante algum tempo para responder as questões do roteiro;
- A forte influência por parte do entrevistado e a possibilidade de este colocar seu ponto de vista sobre determinados eventos relevantes ao processo de pesquisa, em razão de ser a principal fonte de informação neste estudo;

3.3 COLETA DE DADOS

Nesta fase do trabalho consta como os estudos foram preparados, conduzidos e analisados, sendo constituída por duas etapas: condução dos estudos de caso e redigir relatório do caso individual, as quais serão descritas a seguir:

3.3.1 CONDUÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Os estudos de casos foram conduzidos minuciosamente com base em tudo que foi proposto no protocolo do estudo de caso, pois conforme exposto anteriormente (seção

3.2.7), este contém todos os procedimentos e as regras gerais que foram seguidas e utilizadas na coleta de dados.

3.3.2 REDIGIR RELATÓRIO DO CASO INDIVIDUAL

Após a coleta de dados nas obras e consolidação de todas as informações obtidas a partir das entrevistas e observações diretas realizadas nas obras, para cada caso individual, foi redigido um relatório que mostrou: os dados gerais da construtora, a caracterização da obra e canteiro em estudo, o resultado da entrevista realizada com o engenheiro responsável pela obra; e o resultado do questionário e observações feitas na obra quanto às práticas adotadas visando demonstrar a situação de cada canteiro de obra. Bem como, o porquê determinada proposição foi validada (ou não), e por que determinados resultados eram previstos ou não em cada estudo de caso, conforme exposto no protocolo do estudo de caso, e análise das evidências convergentes em relação aos fatos em estudo e às conclusões de cada caso e a informação que precisa ser replicada.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Na última fase do trabalho consta como o trabalho foi analisado e concluído, sendo constituída por duas etapas: tirar as conclusões entre os casos e relatório de casos cruzados, as quais serão descritas a seguir:

3.4.1 TIRAR AS CONCLUSÕES ENTRE OS CASOS

Após a elaboração dos relatórios individuais de cada caso, foram tiradas às conclusões entre os casos, quanto os seus pontos em comum no que diz respeito aos aspectos observados nos canteiros de obras e as proposições teóricas definidas, verificado se há necessidade de modificação ou não da teoria a ser definida, e analisado as possíveis implicações teóricas quanto ao tema em estudo

3.4.2 RELATÓRIO DE CASOS CRUZADOS

Conforme as etapas da pesquisa na fig. 13, este estudo de múltiplos casos apresentou, então, o relatório de casos cruzados, o qual abordou de forma detalhada as relações entre os dois casos estudados de modo a revelar particularidades e aspectos comuns quanto ao que foi observado nos dois canteiros de obras e às proposições teóricas definidas, para a análise do impacto e contribuição da adoção das práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da Construção Civil.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada a análise e discussão dos resultados, que é compreendido pelo relatório individual de cada estudo de caso realizado, e pelo relatório de casos cruzados.

4.1 RELATÓRIO INDIVIDUAL – CONSTRUTORA "A"

Nesta seção consta o relatório individual obtido a partir do estudo de caso feito no canteiro de obra da empresa que possui as certificações NBR ISO 9001: 2000 e PBQP-H Nível A, considerando que essa já adota as práticas *Lean* em suas obras. Tal relatório está estruturado com os dados gerais da construtora, a caracterização da obra e canteiro em estudo, o resultado da entrevista realizada com o engenheiro responsável pela obra em estudo; e o resultado do questionário e observações feitas na obra quanto às práticas adotadas.

4.1.2 DADOS DA CONSTRUTORA

A construtora "A" atua no mercado paraense com sede na cidade de Belém, desde 1979. Está consolidada na segurança e na qualidade dos serviços oferecidos aos seus clientes. A empresa é destacada pela sua seriedade, competência, ética e profissionalismo.

Por meio de seus diretores e colaboradores acumula vasta experiência na execução e administração de obras públicas e privadas. O foco maior da empresa é na construção de edifícios residenciais, comerciais, hospitais e shoppings com o mais alto padrão de acabamento e sofisticação, ajudando a mover a economia, a gerar empregos diretos e indiretos e a atrair novas empresas e serviços para a região.

Ao longo desses anos de atuação conquistou as certificações de qualidade NBR ISO 9001: 2008 e PBQP-H Nível A, e, em 2009, a empresa foi eleita a Construtora do Ano pelo Sindicato da Construção Civil do Estado do Pará (SINDUSCON).

4.1.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra analisada teve início em abril de 2016 e tem como previsão de conclusão março de 2020, sendo considerado um tipo de edificação pública. Sua estrutura é constituída de dois blocos. No momento, ainda está sendo construído o primeiro bloco, no qual possui dois subsolos, seis níveis e mais a cobertura. Os subsolos têm 2049,80 m² de área construída; o térreo tem 1000,16 m² de área construída; do 1º ao

6º nível tem-se 824,46 m² de área construída e a cobertura possui 1220 m² de área construída. O segundo bloco que ainda entrará em construção só possuirá dois níveis, pois servirá de estacionamento, com 2000,32 m² de área construída.

De acordo com o Engenheiro da obra, o qual trabalha há 10 anos na empresa, 56 funcionários fazem parte desta construção, são eles:

- 1 Engenheiro;
- 2 Estagiários de engenharia civil;
- 1 Técnico de segurança do trabalho;
- 1 estagiário de segurança do trabalho;
- 1 mestre de obra;
- 1carpinteiro;
- 49 operários.

4.1.4 CARACTERIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA

Foram observadas no canteiro de obra algumas áreas de vivência, tais como: instalações sanitárias constituídas por vasos sanitários e chuveiros, um local de refeições e bebedouros para uso dos colaboradores mantidos em bom estado de conservação e higiene, com ventilação e iluminação natural, localizado próximo do canteiro, conforme pode ser visualizado, por exemplo, na fig. 13. Importante enfatizar que toda refeição chega por meio de uma empresa terceirizada em horário pré-determinado. E a obra dispõe ainda de áreas de apoio como almoxarifado contendo as peças necessárias para execução dos serviços, e de escritórios para o trabalho diário do Engenheiro, estagiários, técnico de segurança do trabalho e mestre de obra.

Figura 13 – (a) Instalações sanitárias; (b) Refeitório

(a) (b)

Fonte: Autor (2018)

No que se refere aos acessos para a obra, existem 02 portões na frente do canteiro, um destinados à circulação de maquinários e caminhões de carga e descarga de materiais; e uma entrada para pedestres, por onde entram funcionários e visitantes.

Todo o concreto utilizado na obra provém de um caminhão betoneira, o qual é bombeado para o destino requerido, visando maior rapidez, economia de tempo no processo e entrega do projeto em um prazo menor. Os tijolos, a madeira, o isopor, as fôrmas, os aços, etc. utilizados na obra são armazenados no térreo da edificação. Sendo que os aços são armazenados em pilhas em cima de uma estrutura de madeira, e separados de acordo com a necessidade de uso, por tipo de bitola e material. E as tubulações hidráulicas são armazenadas em certa distância do canteiro de obra sobre uma estrutura de madeira feita especificamente para essa finalidade, sem qualquer identificação, conforme fig. 14. Contudo, foram encontradas algumas tubulações armazenadas no chão em outro local.

Figura 14 – (a) Local de armazenamento da obra; (b) Aços armazenados; (c) Local de armazenamento das instalações hidráulicas

(a) (b) (c)

Fonte: Autor (2018)

Importante ressaltar que, no térreo, é feito todo o processo de corte e dobragem das vigas, assim como a montagem das armaduras, pois esses são fornecidos inteiros. E quando, por exemplo, os tijolos são necessários nos pavimentos superiores estes são transportados com o auxílio de uma girica por meio do elevador instalado na obra, e as vigas de aços são içadas por meio do núcleo da área do elevador.

4.1.5 RESULTADO DA ENTREVISTA

Conforme entrevista que foi aplicada ao Engenheiro para análise de aspectos relacionados às práticas do *Lean Construction* e os Resíduos da Construção Civil, foram obtidas as seguintes respostas em relação às perguntas que foram elaboradas no roteiro:

- Você conhece o termo *Lean Construction* e os benefícios oriundos de suas práticas?

O Engenheiro conhece o termo *Lean Construction* e sabe que a aplicação de práticas enxutas nos canteiros pode trazer uma série de benefícios para obra, tais como: redução do consumo de materiais por meio de sua reutilização, redução dos desperdícios, otimização dos processos, e, pode propiciar o encurtamento do tempo de finalização das obras, em razão do incentivo ao uso de tecnologias que permitem uma melhor execução do projeto como um todo. Por outro lado, os operários desconhecem essa nomenclatura e os resultados positivos advindos da adoção dessas práticas.

- Quais as dificuldades enfrentadas na implementação das práticas do *Lean Construction*?

O Engenheiro apontou como possíveis entraves: o custo de implantação de tais práticas e a dificuldade de assimilação pelos operários e corpo técnico da obra.

- Quais as maiores dificuldades que o canteiro de obra enfrenta atualmente?

Uma das maiores dificuldades que o canteiro de obra enfrenta, segundo o Engenheiro, está na destinação dos RCC gerados pela obra, pois apenas 20% do total de madeira gerada pela obra são reaproveitadas por coletores que buscam esse material para aquecer caldeiras para produção de caranguejo. Os outros 80% tem destinação desconhecida.

- Quais os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra?

Segundo o próprio, o resíduo de madeira é o mais gerado na obra, seguido pelo ferro e tijolo.

- Quais as principais causas das perdas e desperdícios na obra?

As principais causas das perdas e desperdícios de acordo com o Engenheiro estão na falta de conscientização da mão de obra ou qualificação, pois, às vezes, o material é manuseado de forma inapropriada, com excessos, causando a perda do material no decorrer da obra. Outra causa de desperdício, está na qualidade do material fornecido. Por exemplo, durante o deslocamento do tijolo no interior da obra, dependendo da qualidade, esse pode quebrar ao longo do percurso, ou até mesmo na hora da montagem das estruturas.

- Quais práticas estão sendo adotadas para minimização das perdas e desperdícios no canteiro de obra?

Entre as práticas que estão sendo adotado no canteiro para minimização e gestão de RCC, o Engenheiro destacou a substituição de técnicas que foi feita por meio da utilização de materiais na obra que não são descartados após o seu uso. Pois, por exemplo, os materiais que eram usados para moldar as formas para laje, até um tempo atrás, eram constituídos todo por madeira, e após o seu uso, não podia mais ser reutilizado, causando um grande acúmulo desses resíduos na obra.

Hoje, as fôrmas utilizadas pela construtora em todas as suas obras são constituídas de plástico, denominada de Plasterit, uma placa plástica lisa utilizada para execução de lajes maciças, que mesmo depois de serem utilizadas, podem ser armazenadas e reaproveitadas em outras obras da empresa. Ainda segundo o Engenheiro, as formas de plástico da obra já foram utilizadas em três obras, e pela sua resistência, ainda pode ser utilizada em mais obras.

Outra prática adotada no canteiro para redução de resíduos é o uso de madeirite (também conhecido como compensado) plastificado, material que pode ser reutilizado em outras obras, em áreas desprovidas de cobertura, expostas aos efeitos do clima, para trabalhos que exigem resistência à água, ao invés de madeirite resinado. Contudo, este material, foi e é bastante utilizado em diversas partes da obra para confecção de escritórios para o Engenheiro, estagiário, técnico de segurança do trabalho. Bem como, para construção do refeitório e banheiros para os colaboradores.

- Há um plano de Gestão de Resíduos implantando no canteiro de obras?

No canteiro de obras não há nenhum plano de gestão de resíduos sólidos implantado.

- É feita a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequado de RCC conforme a resolução n° 307/2002?

Os RCC não são caracterizados, não é feita a triagem, acondicionamento, transporte e destinação conforme a resolução nº 307/2002. Tais resíduos são todos misturados e armazenados de forma inadequada em um único container, que quando é cheio é despachado por uma empresa terceirizada. Além disso, os RCC não são quantificados periodicamente.

- Podes mencionar alguns exemplos de redução do volume de RCC?

O Engenheiro não pôde mencionar nenhum exemplo de redução do volume de RCC gerado na obra.

- Você acha que as práticas do *Lean Construction* poderiam reduzir os RCC?

Segundo o Engenheiro da Obra, as práticas do *Lean Construction* podem auxiliar na redução de RCC e trazer diversos benefícios ao canteiro de obra.

4.1.6 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO

Conforme o resultado do questionário que foi aplicado ao Engenheiro para análise das práticas adotadas e das observações feitas no canteiro de obras, foram observadas que são adotadas de forma “natural” e “involuntária” algumas práticas do *Lean Construction* que contemplam quase todos os onze princípios *lean* conforme será descrito.

4.1.6.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

No que se refere ao primeiro princípio proposto por Koskela (1992) – redução das atividades que não agregam valor (ou seja, atividades que geram desperdícios), observou-se que há incentivo dentro da obra para redução dos desperdícios no canteiro de obras, que a redução de desperdícios foi pensada na fase de concepção do projeto, e que os trabalhadores são encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado. No entanto, observou-se certa quantidade de material desperdiçado pela obra, bem como foi verificado muitos materiais desperdiçados e espalhados em torno do canteiro e entre os pavimentos, tais como: madeira, aços, estruturas de ferro, carrinhos de mão, etc. conforme podemos observar, por exemplo, na fig. 15; e não é feito o planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos.

Figura 15 – (a) RCC gerados pela obra; (b) Restos de madeira entre os pavimentos; (c) Estruturas de Ferro desperdiçadas

(a) (b) (c)

Fonte: Autor (2018)

Além disso, a obra procura garantir a segurança dos colaboradores, por meio do incentivo ao uso dos equipamentos de proteção individual por meio de avisos no local de trabalho, bem como pela adoção de equipamentos de proteção coletiva como aparadores em torno da obra, para proteção dos trabalhadores contra a projeção de materiais provenientes dos processos construtivos conforme fig. 16. E é feita adoção de ferramentas de TI para integração dos agentes da cadeia e para detecção e correção de erros antes da produção.

Figura 16 – (a) Aviso para uso de EPI's; (b) Aparadores em torno da obra

(a) (b)

Fonte: Autor (2018)

4.1.6.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE

Quanto ao segundo princípio do *Lean Construction* – aumentar o valor para o cliente verificou-se que há clara identificação das necessidades do cliente desde o projeto, e que essa obra pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" da edificação. Não é feita a realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação em geral nas obras feitas pela construtora e nem pesquisas de mercado com compradores potenciais. Há mudança de métodos construtivos quando necessário. Haverá manutenção antes da entrega, ou seja, será verificada a conformidade de cada unidade quanto ao padrão de qualidade dos acabamentos e atendimento à personalização solicitada pelo cliente. E o projeto está sendo executado mantendo os prazos planejados.

4.1.6.3 REDUZIR A VARIABILIDADE

No que concerne ao terceiro princípio do LC – reduzir a variabilidade foi verificado que algumas atividades são padronizadas na obra, como a construção dos pavimentos da edificação que segue sempre o mesmo trajeto, os relatórios, formulários e ordens de serviço são os mesmos para todas as obras da construtora. São utilizados no canteiro técnicas, ou ferramentas que auxiliam na redução da variabilidade, tais como: dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes. Bem como, são adotadas práticas de identificação e eliminação de problemas no processo para verificação e solução de alguma inconformidade existente. No entanto, não é feita a medição e não existe nenhum procedimento sistemático para isso.

4.1.6.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO

No que diz respeito ao quarto princípio do *Lean Construction* – reduzir os tempos de ciclo foi constatado que a ordem dos processos é alterada quando necessário na obra, e que há uma preocupação em relação à sincronia e suavização dos fluxos na obra. Diariamente é feita uma fiscalização para verificação quanto à execução das tarefas e o andamento da obra, possibilitando a resolução de alguma inconformidade que possa existir.

Adicionalmente, percebe-se a busca pelo cumprimento e melhoramento da programação de tarefas na obra, pois, quando possível, certos serviços podem ser antecipados para que haja uma folga, permitindo que a obra seja concluída em um prazo antecipado, e são feitas alterações no *layout* do canteiro, quando necessário, para otimização de espaço e circulação. Entretanto, as atividades que agregam valor não são isoladas das atividades de suporte, e não há qualquer gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na inter-relação de tarefas ao invés de tarefas específicas.

4.1.6.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS

Em relação ao quinto princípio do *Lean Construction* – simplificação dos processos, segundo o Engenheiro da Obra o fluxo de trabalho é confiável. Todavia, conforme foi observado o fluxo existente no canteiro está sujeito a atrasos, há espera, entre outros problemas. Não são utilizados na obra pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos, bem como, não há a preocupação com a minimização do número de etapas, partes e ligações por meio de planejamento.

4.1.6.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS

No tocante ao sexto princípio do LC – aumentar a flexibilidade das saídas foi constatado que na obra não existem operários multifuncionais, o canteiro de obras dispõe de equipamentos flexíveis, e os *set-ups* (tempo decorrido para a troca de uma ferramenta, programa ou equipamento de um processo em execução até a inicialização do próximo processo), não são tão rápidos.

4.1.6.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS

No que concerne ao sétimo princípio do LC – aumentar a transparência do processo foi observado que na obra busca-se a manutenção da limpeza e da organização do ambiente do trabalho pelos operários diariamente. No entanto, o referido canteiro necessita de uma limpeza e organização mais acurada. Não há controles visuais na obra. Mas, é explícito a todos os colaboradores os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento desses na execução.

4.1.6.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO

Em relação ao oitavo princípio do *Lean Construction*, focar no planejamento e controle do processo completo, foi verificado que é feita a identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidência de erros na obra, o planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades, o controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção, e que há o uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado, e ainda o acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma.

Observou-se ainda, que é feito o estabelecimento de marcos (*milestones*), necessário para aumentar o foco no cronograma. Bem como, a definição de planos semanais para controle do fluxo de trabalho, fundamental caso seja necessário realizar um ajuste rápido no planejamento da produção. Entretanto, não é feita a utilização da ferramenta *Last Planner*, fundamental para melhora do planejamento e controle eficiente da produção.

4.1.6.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS

Em referência ao nono princípio do *Lean Construction*, melhoria contínua dos processos foi verificado que há o desenvolvimento de relacionamentos, boa

comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurado pelo engenheiro. E que os colaboradores são encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas que possam aparecer na obra.

Bem como, que existem relações de cooperação entre a empresa e fornecedores para a transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas. É feito o treinamento periódico dos colaboradores para melhor execução de suas tarefas e são realizadas reuniões com a equipe da obra sempre que necessário. Entretanto, não há o uso de indicadores de desempenho para medir e avaliar consistentemente a produtividade dos colaboradores, e também os reais benefícios obtidos após as mudanças realizadas e sua evolução ao longo do tempo.

4.1.6.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO

Quanto ao décimo princípio do *Lean Construction*, equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão foi observado que na obra ocorre à gestão do fluxo de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades. E são desenvolvidas as competências gerenciais dos profissionais para promoverem o processo de mudança, aspecto de suma importância para o incentivo da adoção e implementação das práticas do *Lean Construction* no canteiro de obras.

4.1.6.11 BENCHMARKING

E em relação ao último princípio do *Lean Construction*, Benchmarking foi verificado que não ocorre à busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes, e obras de outros países, para avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da organização.

4.2 RELATÓRIO INDIVIDUAL – EMPRESA B

A seguir consta o relatório individual obtido a partir do estudo de caso feito no canteiro de obra da empresa que não possui nenhuma certificação, considerando que essa não faz a adoção de nenhuma prática *lean*, o qual abordará: os dados gerais da construtora, a caracterização da obra e canteiro em estudo, o resultado da entrevista realizada com o engenheiro responsável pela obra em estudo; e o resultado do questionário e observações feitas na obra quanto às práticas adotadas.

4.2.1 DADOS DA CONSTRUTORA

A construtora B atua no ramo da construção civil, no mercado paraense com sede na cidade de Belém, há exatos 32 anos em duas frentes: construção de edificações (residenciais e comerciais). Os seus empreendimentos são de alto padrão. O seu público alvo é a classe média e a alta, e seu principal cliente é o consumidor final. A empresa não possui nenhum prêmio ou certificação. Apesar disto, já lançou mais de 15 projetos de edificação na cidade de Belém e, atualmente, está com um projeto em execução. Pode-se dizer que a própria conquistou um importante espaço no setor da construção civil na região.

"Tem como missão, projetar e erguer obras de forma ideal, para atender às expectativas dos clientes, realizando sempre um trabalho em conjunto, que gere satisfação e retorno para os seus funcionários e acionistas. Possui como valores o respeito às normas éticas, de segurança, aos direitos dos consumidores e ao bem estar de seus funcionários. Busca atuar, em todas as etapas de suas construções, com seriedade e solidez. E procura prezar pela responsabilidade social, tranquilidade e segurança dos prédios vizinhos as suas obras".

4.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A referida obra está localizada em uma região nobre da cidade de Belém, no Bairro Umarizal. É considerado um empreendimento de alto padrão, constituído de 1 uma torre e 29 pavimentos, sendo que até o instante, foram construídos 10 pavimentos. Logo, encontra-se em fase de alvenaria. A sua área construída é de aproximadamente 15000 m². A data de início da obra foi em agosto de 2015 e a previsão de término é em dezembro de 2020. Para sua execução conta ao todo com 48 colaboradores que inclui:

- 1 Engenheiro Civil
- 1 Técnico de Segurança do Trabalho
- 1 Estagiário
- 1 aprendiz
- 2 encarregado de carpintaria, elétrica e ferragem
- 42 operários

4.2.3 CARACTERIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA B

Foram observadas no canteiro de obra algumas áreas de vivência, tais como: escritório de obra, instalações sanitárias constituídas por vasos sanitários e chuveiros,

um local de refeições e bebedouros para uso dos colaboradores mantidos em perfeito estado de conservação e higiene, com ventilação e iluminação natural, localizado no primeiro andar da edificação, conforme fig. 17. Importante enfatizar que toda refeição chega por meio de uma empresa terceirizada em horário pré-determinado. E a obra dispõe ainda de áreas de apoio como almoxarifado contendo as peças necessárias para execução dos serviços, e de escritórios para o trabalho diário do Engenheiro, estagiários, técnico de segurança do trabalho e mestre de obra.

Figura 17 – (a) Refeitório; (b) Instalações sanitárias

(a) (b)

Fonte: Autor (2018)

No que diz respeito aos acessos para a obra, existem 02 portões na frente do canteiro, um destinado à circulação de maquinários e caminhões de carga e descarga de materiais; e uma entrada para pedestres, por onde entram funcionários e visitantes.

O local de produção do concreto ocorre na frente do canteiro com o auxílio da betoneira, o qual é despejado no subsolo para ser distribuído por toda obra. Sendo que no canteiro só é produzido o concreto dos pilares, enquanto o das vigas e lajes vem por caminhão betoneira. Os tijolos e a madeira são armazenados no subsolo da edificação, e quando necessários, são transportados com o auxílio de uma girica para os andares superiores por meio do elevador instalado na obra. Inclusive, essa girica auxilia também na remoção dos resíduos gerados nos processos construtivos. E as tubulações hidráulicas são armazenadas no primeiro andar da obra sobre uma estrutura de madeira feita especificamente para essa finalidade, sem qualquer identificação, como pode ser visto na fig. 18.

Para o armazenamento de areia e brita, foram construídas baías próximas do portão de entrada do canteiro de obras com contenções laterais feitas de madeira para evitar o escoamento, porém conforme fig. 19 ocorre o contato direto com o terreno, podendo ocasionar contaminação e desperdícios, bem como não existe qualquer cobertura para proteção dos agregados contra chuva e/ou queda de materiais.

Figura 18 – (a) Armazenamento de tijolos; (b) Local de armazenamento das instalações hidráulicas; (c) Local de armazenamento de areia e brita

(a) (b) (c)

Fonte: Autor (2018)

O aço é outro material que também é armazenado no subsolo da edificação, em pilhas, em cima de uma estrutura de madeira e separado com o auxílio de estacas de madeira, de acordo com a necessidade de uso, por tipo de bitola e material. Quando necessário nos andares superiores, são transportados com o auxílio de um guincho específico. Importante ressaltar, que esses não são devidamente organizados no espaço e que alguns são armazenados a céu aberto sujeito a intempéries, e que, no subsolo, é feito todo o processo de corte e dobragem das vigas, assim como a montagem das armaduras, pois essas são fornecidas inteiras conforme pode ser observado na fig. 19.

Figura 19 – (a) Aços expostos a céu aberto; (b) Aços armazenados

(a) (b)

Fonte: Autor (2018)

4.2.4 RESULTADO DA ENTREVISTA

Conforme entrevista que foi aplicada ao Engenheiro para análise de aspectos relacionados às práticas do *Lean Construction* e os Resíduos da Construção Civil, foram obtidas as seguintes respostas em relação às perguntas que foram elaboradas no roteiro:

- Você conhece o termo *Lean Construction* e os benefícios oriundos de suas práticas?

O Engenheiro, por sinal bastante experiente, conhece o termo *Lean Construction*, porém este e os operários desconhecem os seus benefícios e a necessidade e relevância da adoção dessas práticas no canteiro de obra.

- Qual motivo a que você atribui a não adoção das práticas do *Lean Construction*?

O Engenheiro apontou como possível motivo a falta de trabalhadores qualificados no mercado e a falta de planejamento da construtora.

- A empresa tem planos futuros de implementação das práticas do *Lean Construction*?

O Engenheiro não soube informar se a construtora tem planos futuros para implementação dessas práticas. Segundo o próprio, a mesma já chegou a contratar uma empresa de consultoria especializada em *Lean Construction* para implementar algumas melhorias em algumas obras anteriores, mas disse que há um bom tempo a empresa deixou de fazer isso.

- Quais as maiores dificuldades que o canteiro de obra enfrenta atualmente?

Dentre as maiores dificuldades enfrentadas na obra, o Engenheiro destaca a falta de investimentos da construtora em equipamentos e materiais mais sofisticados capazes de auxiliar na redução do consumo de recursos e desperdícios, pois tudo é feito de modo bastante tradicional na obra, por exemplo, a utilização recorrente de formas e escoras de madeira, fator negativo do ponto de vista ambiental, conforme pode ser observado na fig. 20.

Figura 20 – Uso de escoras de madeira

Fonte: Autor (2018)

- Quais os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra?

Segundo o Engenheiro, os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra são o cimento, areia e a madeira.

- Quais as principais causas das perdas e desperdícios na obra?

As principais causas das perdas e desperdícios de acordo com o Engenheiro é a falta de conscientização da mão de obra ou qualificação, pois, às vezes, o material é manuseado ou transportado no interior do canteiro de forma inadequada.

- Quais práticas estão sendo adotadas para minimização das perdas e desperdícios no canteiro de obra?

Não é feita a adoção de nenhuma prática para minimização dessas perdas e desperdícios no canteiro.

- Há um plano de Gestão de Resíduos implantando no canteiro de obras?

Não há nenhum plano de gestão de resíduos sólidos implantado no canteiro de obras.

- É feita a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequado de RCC conforme a resolução n° 307/2002?

Os RCC não são caracterizados, não é feita a triagem, acondicionamento, transporte e destinação conforme a resolução nº 307/2002. Tais resíduos são todos misturados e armazenados de forma inadequada em um único container, que quando é cheio é despachado por uma empresa terceirizada. Além disso, os RCC não são quantificados periodicamente.

- Podes mencionar alguns exemplos de redução do volume de RCC?

O Engenheiro não pôde mencionar nenhum exemplo de redução do volume de RCC gerado na obra.

- Você acha que as práticas do *Lean Construction* poderiam reduzir os RCC?

O Engenheiro reconhece que as práticas do LC poderiam reduzir os RCC gerados na obra.

4.2.5 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO

Conforme o resultado do questionário que foi aplicado ao Engenheiro para análise das práticas adotadas e das observações feitas no canteiro de obras, foram observadas que são adotadas de forma "natural" e "involuntária" algumas práticas do *Lean Construction* que contemplam quase todos os onze princípios *lean* os quais serão descritos posteriormente.

4.1.5.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

No que se refere ao primeiro princípio proposto por Koskela (1992) – redução das atividades que não agregam valor (ou seja, atividades que geram desperdícios), observou-se que há incentivo dentro da obra para redução dos desperdícios, tal como: a reutilização das madeiras utilizadas como escoras que não tem mais serventia para proteção da periferia Porém, a madeira que é reutilizada é analisada pelos próprios operários que decidem de acordo com sua avaliação se determinada madeira é passível de reutilização ou não, pois não há nenhum plano de reutilização implantado no canteiro de obra para isso. Foi verificado que os trabalhadores são encorajados a manterem o

local de trabalho limpo e organizado, mas, ainda assim, foi observada uma boa quantidade de resíduos gerados pela obra, bem como que há uma grande quantidade de materiais espalhados e desperdiçados pelo canteiro, tais como: restos de aço, madeira, telhas, etc., conforme pode ser observado, por exemplo, na fig. 21.

Figura 21 – (a) RCC gerados na obra; (b) Restos de madeira; (c) Restos de telha e aços

(a) (b) (c)

Fonte: Autor (2018)

Além do mais foi verificado que na referida obra, existe uma preocupação em garantir a segurança dos trabalhadores por meio da exigência do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), conforme podemos visualizar na fig. 22, um trabalhador assentando tijolo em altura com cinto de segurança preso à linha de vida, com vestimenta adequada, e fazendo uso de botina e capacete. Mas, mesmo assim, pode-se observar a falta do uso de luvas para a proteção das mãos durante a execução da alvenaria e a falta de avisos de segurança no canteiro de obra.

Bem como, foi verificado também, que a obra busca garantir a segurança da vizinhança, dos pedestres que transitam na calçada em frente da obra e dos próprios trabalhadores que circulam no seu interior, por meio da adoção de equipamentos de proteção coletiva (EPC), tais como: redes de proteção e aparadores em torno da obra, medidas de proteção contra queda e projeção de materiais provenientes da construção, conforme pode ser visualizado também na fig. 22.

Figura 22 – (a) Trabalhador usando EPI; (b) Aparadores usados na obra; (c) Redes de Proteção usadas na obra

(a) (b) (c)

Fonte: Autor (2018)

A redução de desperdícios foi pensada desde a fase de concepção do projeto, porém, observaram-se muitos desperdícios no canteiro. Não é feito o planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos, e utilização de pré-moldados na obra. Bem como, não há a adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia e para detectar e corrigir erros antes da produção.

4.1.5.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE

Quanto ao segundo princípio do *Lean Construction* – aumentar o valor para o cliente há clara identificação das necessidades do cliente desde o projeto, e essa obra pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" da edificação. Nunca houve a realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação e nem pesquisas de mercado com compradores potenciais. Há mudança de métodos construtivos quando necessário. Haverá manutenção antes da entrega, ou seja, será verificada a conformidade de cada unidade quanto ao padrão de qualidade dos acabamentos e atendimento à personalização solicitada pelo cliente. E o projeto está sendo executado mantendo os prazos planejados.

4.1.5.3 REDUZIR A VARIABILIDADE

No que se refere ao terceiro princípio do LC – reduzir a variabilidade foi verificado que algumas atividades são padronizadas na obra, tais como: a sequência que segue a montagem das formas que sempre começa pela mesma; a sacada interna à edificação que sempre é feita primeiro que a sacada externa. Bem como, são adotadas práticas de medição, identificação e eliminação de problemas no processo assim que é verificada alguma inconformidade, por exemplo, quando é verificado pelo Engenheiro da Obra que algum procedimento está sendo executado pelo trabalhador de forma inadequada é sugerida uma proposta de melhoria. No entanto, não existe nenhum procedimento sistemático para auxiliar na padronização, e não são utilizados dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes.

4.1.5.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO

Com relação ao quarto princípio do *Lean Construction* – reduzir os tempos de ciclo foi constatado que a ordem dos processos é pouco alterada quando necessário na obra, e que há uma preocupação em relação à sincronia e suavização dos fluxos na obra. Diariamente é feita uma fiscalização para verificação quanto à execução das tarefas e o andamento da obra, para a resolução de alguma inconformidade que possa aparecer.

Adicionalmente, percebe-se a busca pelo cumprimento e melhoramento da programação de tarefas na obra, pois, quando possível, certos serviços podem ser antecipados para que haja uma folga, permitindo que a obra seja concluída em um prazo antecipado, e são feitas alterações no *layout* do canteiro, quando necessário, para otimização de espaço e circulação. Entretanto, as atividades que agregam valor não são isoladas das atividades de suporte, e não há qualquer gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na inter-relação de tarefas ao invés de tarefas específicas.

4.1.5.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS

No que diz respeito ao quinto princípio do *Lean Construction* – simplificação dos processos, o fluxo de trabalho é confiável. Todavia, conforme foi observado tal fluxo existente no canteiro está sujeito a atrasos e espera, entre outros problemas. Não são utilizados na obra pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos, com exceção da utilização de pré-moldados conforme foi explicito no tópico 4.1.5.1, bem como, não há a preocupação com a minimização do número de etapas, partes e ligações por meio de planejamento.

4.1.5.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS

Quanto ao sexto princípio do LC – aumentar a flexibilidade das saídas foi constatado que na obra não existem operários multifuncionais, há poucos equipamentos flexíveis, e os *set-ups* (tempo decorrido para a troca de uma ferramenta, programa ou equipamento de um processo em execução até a inicialização do próximo processo), não são tão rápidos.

4.1.5.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS

No que concerne ao sétimo princípio do LC – aumentar a transparência do processo foi observado que na obra é feita a manutenção da limpeza e da organização do ambiente do trabalho pelos operários diariamente, mas, por outro lado, não há controles visuais na obra, e nem é explícito a todos os funcionários os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento desses na execução.

4.1.5.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO

Em relação ao oitavo princípio do *Lean Construction*, focar no planejamento e controle do processo completo, foi verificado que é feita a identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidência de erros na obra, o planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades, o controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção, e que há uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado, e ainda o acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma.

Entretanto, observou-se que não é feito o estabelecimento de marcos (*milestones*), necessário para aumentar o foco no cronograma. Não é feito o uso da ferramenta *Last Planner*, assim como, não há estabelecimento de planos semanais para controle do fluxo de trabalho, fundamental caso seja necessário realizar um ajuste rápido no planejamento da produção.

4.1.5.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS

Quanto ao nono princípio do *Lean Construction*, melhoria contínua dos processos foi observado que há o desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro. E que os colaboradores são encorajados a

desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas que possam aparecer na obra.

Porém, não existem relações de cooperação entre a empresa e fornecedores para a transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas. Não é feito nenhum tipo de treinamento aos colaboradores para melhor execução de suas tarefas. Não há o uso de indicadores de desempenho para medir e avaliar consistentemente, por exemplo, a produtividade dos colaboradores, os reais benefícios obtidos após as mudanças realizadas e sua evolução ao longo do tempo. E observou-se que são feitas poucas reuniões com a equipe da obra, apenas quando é necessário.

4.1.5.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO

Quanto ao décimo princípio do *Lean Construction*, equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão foi observado que na obra não é feita a gestão do fluxo de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades, e não são desenvolvidas as competências gerenciais dos profissionais para promoverem o processo de mudança, aspecto de suma importância para o incentivo da adoção e implementação das práticas do *Lean Construction* no canteiro de obras.

4.1.5.11 *BENCHMARKING*

E em relação ao último princípio do *Lean Construction*, *Benchmarking* foi verificado que não ocorre à busca por boas práticas por meio da análise de obras de empresas concorrentes, e obras de outros países, para avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da organização.

4.3 RELATÓRIO DE CASOS CRUZADOS

Na tabela 19 consta o resumo dos resultados obtidos a partir da entrevista realizada com os Engenheiros responsáveis pelas obras. Importante ressaltar que algumas perguntas foram feitas apenas para o Engenheiro de determinado canteiro, em razão de se considerar, conforme seção 3.2.3 dos procedimentos metodológicos, como condição para adoção das práticas do *Lean Construction* as certificações de qualidade NBR: ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A, ou seja, como o canteiro de obra A supostamente adota tais práticas, as perguntas em relação ao motivo da não adoção e sobre os planos futuros de implementação dessas práticas, por exemplo, foram feitas apenas para o Engenheiro do canteiro de obra B.

Tabela 19 – Resumo das entrevistas

PERGUNTAS	CANTEIRO DE OBRA A	CANTEIRO DE OBRA B
Você conhece o termo *Lean Construction* e os benefícios oriundos de suas práticas?	O Engenheiro conhece o termo *Lean Construction* e os benefícios que a adoção de suas práticas podem proporcionar a um canteiro de obra. No entanto, os operários não conhecem	O Engenheiro conhece o termo *Lean Construction.* Porém, este e os operários desconhecem a necessidade e a relevância da adoção de suas práticas no canteiro de obra
Quais as dificuldades enfrentadas na implementação das práticas do *Lean Construction*?	O Engenheiro apontou como possíveis entraves: o custo de implantação de tais práticas e a dificuldade de assimilação pelos operários e corpo técnico da obra.	-
Qual motivo a que você atribui a não adoção das práticas do *Lean Construction*?	-	O Engenheiro apontou como possível motivo a falta de trabalhadores qualificados no mercado e a falta de planejamento da construtora.
A empresa tem planos futuros de implementação das práticas do *Lean Construction*?	-	Não soube informar se a construtora tem planos futuros para implementação dessas práticas.
Quais as maiores dificuldades que o canteiro de obra enfrenta atualmente?	Destinação dos RCC para um local adequado.	Falta de investimentos em equipamentos e materiais mais sofisticados capazes de auxiliar na redução do consumo de recursos e desperdícios.

PERGUNTAS	CANTEIRO DE OBRA A	CANTEIRO DE OBRA B
Quais os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra?	Madeira, ferro e tijolo	Cimento, areia, tijolo
Quais as principais causas das perdas e desperdícios na obra?	Falta de conscientização ou qualificação da mão de obra, qualidade do material	Falta de conscientização ou qualificação da mão de obra
Quais práticas estão sendo adotadas para minimização das perdas e desperdícios no canteiro de obra?	Uso de técnicas e materiais que produzem menos RCC	Não é feita a adoção de nenhuma prática
Há um plano de Gestão de Resíduos implantando no canteiro de obras?	Não há nenhum plano de gestão de resíduos sólidos implantado	Não há nenhum plano de gestão de resíduos sólidos implantado
É feita a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequado de RCC conforme a resolução n° 307/2002?	Não é adotado nenhum desses procedimentos	Não é adotado nenhum desses procedimentos
Podes mencionar alguns exemplos de redução do volume de RCC?	Não foi mencionado nenhum exemplo de redução do volume de RCC gerado na obra	Não foi mencionado nenhum exemplo de redução do volume de RCC gerado na obra
Você acha que as práticas *do Lean Construction* poderiam reduzir os RCC?	Para o Engenheiro as práticas do *Lean Construction* podem auxiliar na redução de RCC, bem como pode trazer uma série de outros benefícios ao canteiro de obra.	Para o Engenheiro as práticas do LC podem auxiliar na redução dos RCC gerados na obra

Fonte: Autor (2018)

De posse dessas informações que estão sumarizadas na tabela 18, foi constatado que nos canteiros A e B, os engenheiros responsáveis pelas obras conhecem o termo *Lean Construction*. Contudo, apenas o do canteiro A sabe os seus benefícios, a importância e a necessidade da adoção dessas práticas no canteiro. E, em ambos canteiros de obra, os operários desconhecem essas práticas e seus benefícios.

A falta de familiaridade ou entendimento dos conceitos *lean* representa uma grande barreira para implementação dessas práticas. Contudo, segundo Salem *et al*. (2005), tal barreira pode ser eliminada por meio de treinamento dado aos colaboradores, reconhecimento da mudança de comportamento e estímulo ao envolvimento dos funcionários. Porém, é imprescindível que haja o apoio da alta de administração nesse processo (SHANG; PHENG, 2014).

Para Hirota e Formoso (2000), a postura conservadora, a falta de visão estratégica e sistêmica e à predominância da visão de curto prazo, que são características de grande parte dos profissionais de engenharia civil, são barreiras que dificultam bastante a implementação dessas práticas no setor. Tais características foram observadas, principalmente, no canteiro de obra B em razão das práticas que são e não são adotadas.

Foi observado que no canteiro A, o Engenheiro apontou como possíveis dificuldades na implementação: o custo de implantação de tais práticas e a dificuldade de assimilação pelos operários e corpo técnico da obra, e no canteiro B, o Engenheiro apontou como motivo para não implementação a falta de trabalhadores qualificados no mercado, que é, inclusive, uma dificuldade apontada por Dulaimi e Tanamas (2001), que influi negativamente no êxito de implementação das práticas *lean* e a falta de planejamento da construtora.

De fato, segundo Neto (2002), a introdução da filosofia *lean* estará comprometida se não houver um plano ou uma linha de pensamento coerente que conduza a empresa por um caminho seguro para a aplicação total dos princípios da construção *lean*, ocasionando um grande desperdício de tempo.

Sabe-se também que há um custo por trás da adoção das práticas do *Lean Construction*, por exemplo, na contratação de profissionais qualificados para implantação de tais práticas, uso de novas tecnologias, treinamentos. No entanto, grande parte das práticas *lean*, dentre as quais: incentivos para a redução de desperdícios na obra, realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação e pesquisas de mercado com compradores potenciais, fiscalização diária na obra, entre outras; são práticas simples que podem ser adotadas no dia-dia e que podem gerar resultados significativos.

A maior dificuldade que o canteiro A enfrenta atualmente, segundo Engenheiro, reside na destinação adequada dos RCC gerados pela obra, e isso é um problema, pois tais resíduos podem ser depositados em um local impróprio, tais como: logradouros

públicos, vias, rios e causar impactos no âmbito social (KARPINSK, *et al.*, 2009), na área econômica (BRUM, 2013) e no meio ambiente (OLIVEIRA; MENDES, 2008). E no canteiro B, a falta de investimentos em equipamentos e materiais mais sofisticados para auxiliar na redução do consumo de recursos e desperdícios da obra.

De fato, a construção civil é um dos setores mais conservadores no Brasil, com técnicas tradicionais ainda bastante arraigadas. Porém, hoje, o mercado dispõe de várias inovações tecnológicas que permitem uma série de benefícios, por exemplo, segundo Cheng, Won e Das (2015), erros de projeto que podem levar a retrabalho e desencadear desperdícios, podem ser detectados por meio da validação de projeto baseada na tecnologia BIM (*Building Information Model*). O uso de pré-fabricados de concreto também constitui, segundo a ABCIC - Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto (2017), uma alternativa para redução do consumo de materiais e energia, aumento da produtividade, qualidade, rapidez na construção, entre outros benefícios.

E no tocante a opinião quanto se as práticas do *Lean Construction* podem reduzir os RCC, tanto o Engenheiro do canteiro A, quanto do canteiro B, apesar deste desconhecer a necessidade e relevância das práticas do *Lean Construction*, relataram que tais práticas podem auxiliar sim na redução de RCC, bem como trazer uma série de benefícios ao canteiro de obra.

Na tabela 20 consta o resumo dos resultados obtidos a partir do questionário e observações feitas nos canteiros de obras em relação às práticas que são e não são aplicadas na obra, considerando os onze princípios do *Lean Construction*:

Tabela 20 - Práticas adotadas nos canteiros

Princípios	**Práticas *Lean* adotadas**	**Canteiros**	
		A	**B**
1- Reduzir as atividades que não agregam valor	- Incentivos para a redução de desperdícios na obra	x	x
	- Redução de desperdícios desde a fase de concepção do projeto	x	x
	- Trabalhadores encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado	x	x
	- Planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos		
	- Utilização de pré-moldados na obra	x	
	- Segurança dos trabalhadores é garantida na obra	x	x
	- Adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia	x	
	- Adoção de ferramentas de TI para detectar e corrigir erros antes da produção	x	

Princípios	Práticas *Lean* adotadas	Canteiros	
		A	B
2 -Aumentar o valor para o cliente	- Pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto	x	x
	- Identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto	x	x
	- Realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação		
	- Mudança de métodos construtivos quando necessário	x	x
	- Manutenção antes da entrega	x	x
	- Projeto executado mantendo os prazos planejados	x	x
3 - Reduzir a variabilidade	- Utilização de dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes	x	
	- Padronização nas atividades	x	x
	- Medição, identificação e eliminação de problemas no processo	x	x
4 - Reduzir os tempos de ciclo	- Gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas		
	- Atividades que agregam valor isolado das atividades de suporte		
	- Ordem dos processos é alterada quando necessário	x	x
	- Busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra	x	x
	- Fiscalização diária na obra	x	x
	- Cumprimento e melhoramento da programação de tarefas	x	x
	- Alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação	x	x
5 - Simplificação dos processos	- Utilização de pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos		
	- Minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento		
	- Fluxo de trabalho confiável	x	x
6 - Aumentar a flexibilidade das saídas	- *Set-ups* rápidos	x	x
	- Utilização de equipamentos flexíveis	x	x
	- Operários multifuncionais		
	- Planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de - trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias	x	
7 - Aumentar a transparência dos processos	- Exposição a todos os funcionários dos marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento desses na execução	x	
	- Manutenção da limpeza e da organização do ambiente de trabalho	x	x
	- Controles visuais na obra		
8 - Focar no planejamento e controle do processo completo	- Uso da ferramenta *Last Planner*		
	- Acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma	x	x
	- Identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidências de erros	x	x
	- Planos semanais para controle do fluxo de trabalho	x	
	- Estabelecimento de marcos no projeto	x	x
	- Planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades	x	x
	- Controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção	x	x
	- Uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado	x	x

Princípios	Práticas *Lean* adotadas	Canteiros	
		A	B
9 - Melhoria contínua dos processos	- Desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro	x	x
	- Relações de cooperação entre a empresa e fornecedores trabalhando juntos para transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas	x	
	- Uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe	x	
	- Redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia	x	
	- Funcionários encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo	x	x
	- Reuniões periódicas da equipe	x	x
	- Treinamento periódico	x	
	- Uso de indicadores de desempenho		
10 - Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	- Gestão e análise de fluxos de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades	x	
	- Desenvolvimento das competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança	x	
11 – Benchmarking	- Busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países		

Fonte: Autor (2018)

Conforme análise da tabela 19 pôde-se constatar que nos dois canteiros de obra são aplicadas algumas práticas isoladas, sem conexão nenhuma entre elas, de forma “natural e “involuntária”, relacionadas aos onze princípios do *Lean Construction* proposto por Koskela (1992). E que no canteiro A, o qual possui a certificações NBR ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A, há uma maior quantidade de práticas implementadas, aproximadamente 75% do total das práticas citadas, em relação a 55% no caso do canteiro B.

Essa aplicação fragmentada é considerada uma das principais razões para a limitação da extensão de resultados que podem ser obtidos com a implementação de conceitos *lean* (ROTHER, 1997 *apud* PICCHI; GRANJA, 2004). A seguir consta a análise da tabela 19 quanto aos onze princípios propostos por Koskela (1992).

4.3.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

No que se refere ao primeiro princípio proposto por Koskela (1992) – redução das atividades que não agregam valor (ou seja, atividades que geram desperdícios), foi observado que nos dois canteiros existem incentivos para a redução de desperdícios na obra. No entanto, verificou-se certa quantidade de material desperdiçada por ambos e, consequentemente, de RCC, pois, não é adotada nenhuma medida eficaz para minimização de tais desperdícios. E isso é um problema, pois a redução de desperdícios

consiste no elemento *core* mais importante da construção *lean* (MAO; ZHANG, 2008; JORGENSEN; EMMITT, 2008; FEARNE; FOWLER, 2006; BALLARD; HOWELL, 2003; GREEN, 1999 *apud* ERIKSSON, 2010), uma vez que a indústria da construção civil é grande geradora de desperdícios (BALDWIN *et al*., 2009).

Ainda que a redução de desperdícios tenha sido pensada na fase de concepção do projeto em ambos canteiros, as medidas adotadas ainda estão muito aquém da necessária para alcançar uma redução significativa desses. Segundo Baldwin *et al*. (2009), isso é um fator que deve ser cuidadosamente considerado pelos projetistas desde o processo de concepção do projeto.

Os trabalhadores são encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado nos dois canteiros. Entretanto, observou-se uma grande quantidade de materiais desperdiçados em torno do canteiro e entre os pavimentos (canteiro A), tais como: madeira, telhas, aços, estruturas de ferro, carrinhos de mão, etc. Indo de encontro ao que Salem *et* al. (2006) sugere, que os trabalhadores além de serem encorajados, devem manter o local de trabalho limpo e organizado toda vez que determinada atividade for concluída.

Nos dois canteiros, não foi feito o planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos, assim, a existência de estoques, armazenagem e transportes ineficientes são considerados desperdícios nos canteiros (FEARNE; FOWLER, 2006; SALEM *et al*., 2006 AKINTOYE, 1995 *apud* ERIKSSON, 2010). Há utilização de pré-moldados apenas no canteiro A, o que é fundamental para redução do tempo de obra, a necessidade de funcionários, os custos do empreendimento, o volume de RCC produzidos, e aumento da produtividade e competitividade das empresas (CASTRO, 2013).

A segurança nos dois canteiros de obra é garantida, ou a menos incentivada, por meio da exigência do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como: luvas, botas, óculos, capacetes, etc., e adoção de equipamentos de proteção coletiva (EPC), como: redes de proteção e aparadores em torno da obra, para proteção dos colaboradores contra queda e projeção de materiais provenientes dos processos construtivos, o que é natural do ideal da construção *lean* para a eliminação de desperdícios (SACKS, ROZENFELD; ROZENFELD, 2005 *apud* GHOSH; CORBETT, 2009). No entanto, foram encontrados avisos de segurança espalhados somente pelo canteiro A.

São utilizadas ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia e para detectar e corrigir erros antes da produção apenas no canteiro de obra da construtora A. Aspecto crucial à redução de desperdícios (GREEN; MAY, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010), e fundamental para integração entre os agentes da cadeia de suprimentos e suas tarefas, e aumento da chance de sucesso em relação a custos e ao cronograma (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008; O'CONNOR; YANG, 2004; *apud* ERIKSSON, 2010).

4.3.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE

Quanto ao segundo principio do *Lean Construction* – aumentar o valor para o cliente foi verificado que os dois canteiros pensam no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto, vital para a maximização do valor do *Lean Construction* (MAO; ZHANG, 2008; JORGENSEN; EMMITT, 2008; WINCH, 2006; WRIGHT, 2000; *apud* ERIKSSON, 2010). Jorgensen e Emmitt (2008) reforçam que a filosofia *lean* só faz sentido na construção civil se o valor e desperdícios são definidos em relação a uma perspectiva da "vida inteira" da edificação.

Há identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto nos dois canteiros (BALDWIN *et al*., 2009; STYHRE *et al*., 2004; FREIRE; ALARCÓN, 2002; WRIGHT, 2000; *apud* ERIKSSON, 2010). Ocorre mudança de métodos construtivos quando necessário; manutenção antes da entrega e os dois projetos estão sendo executado mantendo os prazos planejados (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007). Entretanto, não são realizados questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação, indo de encontro ao que sugere Oliveira, Lima e Meira (2007) e nem pesquisas de mercado com compradores potenciais.

4.3.3 REDUZIR A VARIABILIDADE

Em relação ao terceiro princípio – reduzir a variabilidade foi verificado que apesar de algumas atividades serem padronizadas nos dois canteiros de obra, conforme citado no relatório individual de cada caso. Tais atividades, no entanto, não estão documentadas e sistematizadas, consequentemente, os processos construtivos estão sujeitos a variações. São adotadas práticas de identificação e eliminação de problemas no processo, nos dois canteiros, para verificação e solução de alguma inconformidade existente. No entanto, não é feita nenhuma prática padrão de medição.

E apenas no canteiro de obra A são utilizados ferramentas que auxiliam na redução da variabilidade, como dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro),

como gabaritos e moldes. Segundo Koskela (1992) e Santos, Powell e Formoso (1999) abordagens como a utilização de *Poka-Yokes*, padronização de atividades (por meio da implementação de procedimentos padronizados) e medição, identificação da causa de falhas e eliminação de problemas no processo são fundamentais para redução da variabilidade nos processos.

4.3.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO

Com relação ao quarto princípio do *Lean Construction* – reduzir os tempos de ciclo foi constatado que a ordem dos processos é alterada quando necessário nos canteiros A e B, ocorre à busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra. Porém, as atividades que agregam valor não são isoladas das atividades de suporte em ambos canteiros, conforme sugere Santos, Powell e Formoso (1999) e Koskela (1992).

São feitas fiscalizações diárias nos dois canteiros de obra (OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007); cumprimento e melhoramento da programação de tarefas (BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010; OLIVEIRA; LIMA; MEIRA, 2007); e alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação (OLIVEIRA; LIMA ; MEIRA, 2007; KOSKELA, 1992). No entanto, não são feitos o gerenciamento da inter-relação entre atividades (HOWELL, 1999) com ênfase na inter-relação de tarefas ao invés de tarefas específicas (JORGENSEN; EMMITT, 2008; WINCH, 2006; GREEN; MAY, 2005; PHENG; FANG, 2005; WRIGHT, 2000 *apud* ERIKSSON, 2010).

4.3.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS

No tocante ao quinto princípio do *Lean Construction* – simplificações dos processos não são feitas a utilização de pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos nos dois canteiros, conforme sugere Koskela (1992), com exceção da utilização de pré-moldados pelo canteiro A. Segundo Green e May (2005) e Baldwin *et al*. (2009), tanto a pré-fabricação e a pré-moldagem contribuem para redução do desperdício de material (tópico 4.3.1) e encurtam a duração da obra. E não há minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento em ambos canteiros, conforme sugere Koskela (1992).

O fluxo de trabalho nos dois canteiros não é confiável, pois estão sujeitos a falhas, como: atrasos no transporte de material para os pavimentos superiores, etc.. Tal fluxo em um sistema como um todo é mais crítico do que a velocidade ou custo de atividades vistas de forma individual (WINCH, 2006; ELFVING *et al*., 2005; MILLER *et al*., 2002; *apud* ERIKSSON, 2010). Por meio dessa perspectiva, pode-se minimizar o

número de etapas, partes e ligações, simplificando, assim, o processo construtivo (KOSKELA, 1997 *apud* LOW; FANG, 2005; PHENG; FANG, 2005 *apud* ERIKSSON, 2010).

4.3.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS

Em referência ao sexto princípio do *Lean Construction* – aumentar a flexibilidade das saídas foi constatado que nos dois canteiros há a utilização de equipamentos flexíveis, mas no canteiro A existem mais. Nos dois canteiros não existem operários multifuncionais, e os *set-ups* do canteiro A são um pouco mais rápido que do canteiro B. Segundo Picchi (2003), tais práticas são fundamentais, porque, tornam os processos mais flexíveis.

Há planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias, apenas no canteiro A. Essa prática permite a identificação de tarefas que não foram cumpridas no prazo determinado para que suas respectivas causas sejam reconhecidas e, dessa forma, um plano de ação seja desenvolvido para se adequar à mudança (ERIKSSON, 2010).

4.3.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS

No que concerne ao sétimo princípio do LC – aumentar a transparência do processo foi observado que nos canteiros A e B que é feita a manutenção da limpeza e da organização do ambiente do trabalho pelos operários diariamente. No entanto, ambos contêm materiais espalhados por todo o canteiro. Não há controles visuais nos dois canteiros, indo de encontro com que A. Santos, Powell e Formoso (1999) sugerem, pois tal prática favorece o aumento da transparência nos processos. E é explícito, apenas no canteiro A, a todos os funcionários os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento desses na execução. Tal prática fará com que todos os participantes do projeto sintam-se mais envolvidos na sua execução (SACKS *et al*., 2010; SALEM *et al*., 2006).

4.3.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO

A respeito do oitavo princípio do *Lean Construction*, focar no planejamento e controle do processo completo, foi verificado que nos canteiros A e B, são feitos o acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma (ERIKSSON, 2010; WRIGHT, 2000); a identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidência de erros na obra (ERIKSSON, 2010); o planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos

de produtividade em determinadas atividades (CONTE; GRANSBERG, 2001); o controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção (CONTE; GRANSBERG, 2001); e é feito em ambos canteiros o uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado (CONTE; GRANSBERG, 2001).

Entretanto, observou-se que apenas no canteiro A é feito o estabelecimento de marcos (*milestones*), necessário para aumentar o foco no cronograma (SACKS *et al*., 2010; SALEM *et al*., 2006), e o estabelecimento de planos semanais para controle do fluxo de trabalho fundamental caso seja necessário realizar um ajuste rápido no planejamento da produção (ERIKSSON, 2010). E verificou-se que a ferramenta *Last Planner* não é utilizada nos dois canteiros, sendo um elemento chave capaz de melhorar o planejamento e controle eficiente da produção (JORGENSEN; EMMITT, 2008; BALLARD *et al*., 2003; WRIGHT, 2000).

4.3.9 MELHORIA CONTÍNUA DOS PROCESSOS

No que tange ao nono princípio do *Lean Construction*, melhoria contínua dos processos, o qual é de suma importância para redução de desperdícios (princípio 1) e para aumentar a eficiência no processo construtivo ao longo do tempo (NETO, 2002; GREEN; MAY, 2005), foi verificado que são adotados nos dois canteiros: o desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro (SUESS, 2005; PHENG; FANG, 2005; ELFVING *et al*., 2005 *apud* ERIKSSON, 2010). Os colaboradores em tais canteiros são encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas que possam aparecer na obra (PHENG; FANG, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010). E são feitas reuniões periódicas com a equipe da obra (SALEM *et al*., 2006 *apud* ERIKSSON, 2010). Importante ressaltar, que são realizadas poucas reuniões no canteiro de obra B.

Porém, foi verificado que apenas no canteiro de obra A, existem relações de cooperação entre a empresa e fornecedores para a transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas (ERIKSSON, 2010); o uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe (GREEN; MAY, 2005; ERIKSSON, 2008 *apud* ERIKSSON, 2010), redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia (HOWELL, 1999) e treinamento periódico (GREEN; MAY, 2005; FREIRE ; ALARCÓN, 2002 *apud* ERIKSSON, 2010). Entretanto, nenhum dos canteiros de obra faz uso de indicadores de desempenho, os

quais de acordo com Freire e Alarcón (2002 *apud* ERICKSSON, 2010), são vitais para determinar se a performance está melhorando.

4.3.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO

Quanto ao décimo princípio do *Lean Construction*, equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão foi observado que apenas o canteiro A faz a gestão do fluxo de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades (HIROTA; FORMOSO, 2000; MECCA, 1999) e busca desenvolver as competências gerenciais dos profissionais para promoverem o processo de mudança (HIROTA; FORMOSO, 2000), aspecto de suma importância para o incentivo da adoção e implementação das práticas do *Lean Construction* no canteiro de obras.

4.3.11 BENCHMARKING

E em relação ao último princípio do *Lean Construction*, Benchmarking foi verificado em ambos canteiros que não é feita a busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes, e obras de outros países, para avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da organização. Segundo Koskela (1992), ao realizar essa análise, as construtoras poderão incorporar (copiando ou modificando) melhores práticas à empresa, e delinear um nicho de mercado pela combinação das forças existentes da companhia com as melhores práticas externas.

4.4 VALIDAÇÕES DAS PROSIÇÕES TEÓRICAS

Dessa forma, a partir da análise dos dados obtidos nos dois canteiros, e a fim de validar as proposições teóricas que foram definidas na seção (3.2.2) dos procedimentos metodológicos, segue:

4.4.1 PROPOSIÇÃO 1: A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RCC NÃO É UMA PRIORIDADE NOS CANTEIRO DE OBRAS.

Constatou-se quanto a esta proposição teórica, que nos dois canteiros de obra, a redução de desperdícios de fato não é uma prioridade, consequentemente, a redução da geração de RCC. Pois, ainda que sejam aplicadas algumas práticas *lean* nas obras de forma isolada, observou-se certa quantidade de material desperdiçada por tais canteiros, e que não é adotada nenhuma medida eficaz para combater esse problema. Bem como, não há nenhum plano de gestão de resíduos necessário para definição de procedimentos

de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequada de RCC conforme a resolução n° 307/2002. Ou seja, não é dada uma atenção especial para essa questão primordial.

4.4.2 PROPOSIÇÃO 2: A ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO INFLUI NA REDUÇÃO DOS RCC.

Foi verificado quanto a esta proposição teórica que a organização do canteiro de fato influi na redução dos RCC, pois, por exemplo, se fosse feito um planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques nos canteiros, armazenagem e vias de circulação de pessoas, materiais e equipamentos ineficientes, (FEARNE; FOWLER, 2006; SALEM *et al*., 2006 AKINTOYE, 1995 *apud* ERIKSSON, 2010), por meio de um *layout* bem elaborado. Bem como, se os trabalhadores mantivessem o local de trabalho limpo e organizado conforme sugere Salem *et* al. (2006), a quantidade de materiais desperdiçados seria reduzida, pois os materiais seriam depositados e armazenados em um lugar adequado, longe de qualquer influência do clima, haveria vias de circulação de pessoas, materiais e equipamentos delimitados nos canteiros, o que iria tornar os processos mais eficientes e menos sujeitos a gerar RCC.

4.4.3 PROPOSIÇÃO 3: A FALTA DE CONHECIMENTO NAS PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION*, APOIO DA ALTA ADMINISTRAÇÃO E TREINAMENTO SÃO FATORES QUE DESENCADEIAM OS RCC.

Quanto a esta proposição teórica, verificou-se que de fato a falta de conhecimento nas práticas do *Lean Construction*, apoio da alta administração e treinamento é uns dos fatores que desencadeiam os RCC, pois se os trabalhadores dos canteiros conhecessem tais práticas e seus benefícios por meio de treinamento nas empresas, e tivessem o apoio da alta administração (SHANG; PHENG, 2014; AGYEKUM, 2012), bem como se fossem encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo (PHENG; FANG, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010), os mesmos ficariam muito mais comprometidos e preparados na execução de suas atividades, o que ajudaria na implementação dessa filosofia, na redução das perdas e desperdícios, e, sobretudo, na redução da geração de RCC nas obras.

4.4.4 PROPOSIÇÃO 4: AS PRÁTICAS DO *LEAN CONSTRUCTION* IMPACTAM E CONTRIBUEM NA REDUÇÃO DE RCC.

No que se refere a esta proposição teórica, constatou-se que embora sejam aplicadas algumas práticas *lean* isoladas nos canteiro de obras que contemplam os onze princípios do *Lean* Construction que contribuem para redução da geração de RCC, tais como: o incentivo para a redução de desperdícios na obra; a medição, identificação e eliminação de problemas no processo, utilização no canteiro de técnicas, ou ferramentas que auxiliam na redução da variabilidade, como dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes, entre outras. A adoção de tais práticas não exerce muita influência na redução de RCC.

Entretanto, se tais práticas relacionadas aos princípios do *lean Construction* fossem aplicadas de forma integrada na gestão dos processos, e não isolada conforme Isatto (2000) sugere vários benefícios poderiam ser alcançados, como, por exemplo, a redução de custos, processos mais eficientes, melhoria substancial na curva de aprendizado da força de trabalho e sua relação com a adoção dessas práticas, satisfação dos clientes e, sobretudo, haveria um impacto e contribuição maior na redução de RCC.

5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhorias, conforme resultado do que foi levantado em relação às características dos canteiros de obra, das entrevistas e questionários aplicados aos engenheiros, e das observações feitas "*in loco*".

Foram elaborados propostas de melhorias visando à redução da geração de RCC, por meio de algumas práticas e ferramentas *lean* citadas no questionário proposto e encontradas na literatura, para serem implementadas nos canteiros de obras em estudo, com base nos onze princípios do *Lean Construction* propostos por Koskela (1992). Para isso, a metodologia proposta para implantação dessas práticas e ferramentas com base nos princípios desse autor foi elaborada por meio da ferramenta 5W2H, conforme consta na tabela 21.

Importante ressaltar, que apesar de ter sido mencionado no questionário à aplicação de algumas práticas nos canteiros como: incentivo para a redução de desperdícios na obra, encorajamento dos trabalhadores a manterem o local de trabalho limpo e organizado, etc., verificou-se, conforme observação "*in loco*", que determinadas práticas não são aplicadas de forma eficaz, por isso, essas também foram sugeridas como propostas de melhoria. E, também, que algumas práticas recomendadas aplicam-se somente ao canteiro de obra B, em razão do canteiro de obra A já fazer aplicação de tal prática.

Tabela 21 – Ferramenta 5W2H utilizada para implantação dos princípios do *Lean Construction*

Questionamento	Tradução	Resposta procurada	*Lean Construction*
What?	O que será feito?	(ação, etapas, descrição)	Implantação de algumas práticas e ferramentas *lean* citadas no questionário e encontradas na literatura, com base nos onze princípios do *Lean Construction*
Why?	Por que será feito?	(justificativa, motivo)	Reduzir a geração dos RCC
Where?	Onde será feito?	(local)	Nos canteiros de obras das empresas em estudo
How?	Como será feito?	(método, processo)	Por meio da análise dos problemas levantados nas entrevistas com os Engenheiros das obras, questionários e das observações feitas "*in loco*"
Who?	Por quem será feito?	(responsabilidade pela ação)	Um líder, facilitador, que possua conhecimento profundo da implementação das práticas *lean*
When?	Quando será feito?	(tempo, datas, prazos)	De acordo com cronograma predefinido e durará o tempo restante para a conclusão das obras
How much?	Quanto custará fazer?	(custo ou gastos envolvidos)	Serão definidos junto à diretoria das duas empresas.

Fonte: Autor (2018)

Importante enfatizar, que é imprescindível que todos estejam envolvidos e comprometidos nesse processo para o sucesso de implantação dessas práticas (ALARCON; SEGUEL, 2002), pois a falta de comprometimento influi negativamente nesse processo (DULAINI; TANAMAS, 2001). Bem como, que seja desenvolvido um plano estratégico formal e estruturado nas duas empresas, pois conforme Neto (2002), se não houver um plano ou uma linha de pensamento coerente que as conduza por um caminho seguro para aplicação total dos princípios da construção *lean* ocorrerá um grande desperdício de tempo.

Além disso, há dois meses antes do término das obras, sugere-se que todos os resultados obtidos sejam apurados, como: ganhos qualitativos e quantitativos obtidos, dificuldades de implementação, lições aprendidas, e ser compartilhado com todos os trabalhadores a fim de desenvolver o capital humano e *know-how* das empresas, e possibilitar o *benchmarking* para obras futuras.

5.1 PRINCÍPIOS E PRÁTICAS SUGERIDAS

A seguir constam minuciosamente as práticas e ferramentas *lean* sugeridas para atingir cada princípio proposto por Koskela (1992), visando à redução dos RCC.

5.1.1 REDUZIR AS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

Deve ser feito, nos canteiros A e B, um estudo de planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques nos canteiros, armazenagem e vias de circulação de pessoas, materiais e equipamentos ineficientes (FEARNE; FOWLER, 2006; SALEM *et al*., 2006 AKINTOYE, 1995 *apud* ERIKSSON, 2010), por meio de um *layout* bem planejado, visando à redução dos desperdícios e distâncias, uma vez que a movimentação é uma atividade que não agrega valor. Mas é importantíssimo, que as vias de circulação sejam pavimentadas e delimitadas, por meio de cones, corrimãos metálicos ou corrimão de madeira, e que antes da alocação de qualquer material para a área de armazenamento de materiais seja executado o contrapiso na área correspondente, pois, caso isso não seja feito, haverá uma maior incidência de perdas de materiais, redução de produtividade e ocorrência de acidentes de trabalho (SAURIN; FORMOSO, 2006). Importante ressaltar, que o planejamento do fluxo de materiais por meio do *layout*, ajudaria a atingir o princípio – aumentar a flexibilidade das saídas, pois tornaria os *set-ups* mais rápidos.

Os trabalhadores, nos canteiros A e B, devem ser encorajados a sempre manterem o local de trabalho limpo e organizado (SALEM *et al*., 2006), cada equipe da obra, por exemplo, deve ser responsável pela limpeza do pavimento em que se encontra. Em cada pavimento, deve haver depósitos temporários para os resíduos e estes devem ser encaminhados aos locais de armazenamento temporários de resíduos definidos no projeto do *layout* do canteiro e no plano de gestão de resíduos, no final do período em que foi gerado. Importante enfatizar que os próprios trabalhadores ao término do trabalho ou de um serviço devem fazer a separação e destinação dos RCC considerando as classes de acordo com o que determina a resolução n°448/12, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Devem ocorrer, nos canteiros A e B, incentivos para a redução de desperdícios nos canteiros de obras, por meio, por exemplo, da utilização de pré-moldados, de um plano de reutilização de materiais, desde que tenha obviamente um controle de qualidade para aferir a qualidade do material a ser reutilizado, o uso de escoras e formas metálicas ou de plástico, que têm uma durabilidade maior que a madeira. Bem como,

deve-se procurar garantir a segurança dos trabalhadores (SACKS, ROZENFELD; ROZENFELD, 2005 *apud* GHOSH; CORBETT, 2009), pois os acidentes trazem perturbações para o ambiente de trabalho, como perda de produtividade, moral baixo, e são um custo adicional para as empresas. Dessa forma, garantir a segurança dos trabalhadores é um item essencial do *Lean Construction* para a eliminação de desperdícios. Para evitar acidentes de trabalho, deve ser estimulado o uso de EPI's por meio de placas sinalizadas espalhadas pelo canteiro e pavimentos.

Segundo Formoso, quando um ambiente de trabalho é limpo, seguro e organizado, a segurança melhora e a produtividade tende a aumentar devido à eliminação de atividades que não agregam valor como procura, espera por ferramentas, materiais ou informações (FORMOSO *et al.*, 2001).

Podem ser adotadas tecnologias, nos canteiros A e B, em obras futuras, como o BIM, conforme Cheng, Won e Das (2015), para evitar erros de projeto que possam desencadear desperdícios, e tecnologias para integrar os agentes da cadeia. Importante ressaltar que reduzindo as atividades que não agregam valor, há uma redução dos tempos de ciclo dos processos, e, consequentemente um aumento do valor para o cliente, pois os processos passam a ser executados de forma mais eficiente e eficaz.

5.1.2 AUMENTAR O VALOR PARA O CLIENTE

Quanto a este princípio, para atendimento dos clientes externos, conforme Isatto (2000) sugere-se que, nos canteiros A e B, sejam feitas pesquisas de mercado com compradores potenciais ou avaliações pós-ocupação de edificações por meio de questionários para conhecimento das preferências e satisfação dos clientes externos. Tais informações devem ser claramente comunicadas aos projetistas através de planilhas e reuniões ao longo das várias etapas do projeto, desde a concepção do empreendimento até o detalhamento do projeto.

E no processo de produção, para atendimento dos clientes internos, sugere-se que, nos canteiros A e B, sejam utilizadas instruções de trabalho (IT), procedimentos utilizados para execução de cada serviço, com o objetivo de se definir tolerâncias de aceitação dos mesmos, para que possam ser liberados para o próximo cliente interno. Através das tolerâncias estabelecidas os serviços devem ser inspecionados por funcionário qualificado e controlados através de uma ficha de verificação de serviço (FVS). Por exemplo, a equipe que executa a estrutura de concreto armado levará em conta as tolerâncias dimensionais definidas nas instruções de trabalho para que as

equipes posteriores de execução de alvenarias e revestimentos não sejam prejudicadas. Neste sentido, é relevante que os requisitos da equipe de execução de alvenaria e revestimento sejam explicitamente identificados e comunicados a equipe que executa o concreto armado.

Dessa forma o cliente interno responsável pelo próximo serviço, não terá dificuldades para executá-lo. E, assim, todos os clientes internos serão atendidos e o produto chegará ao cliente externo com ótima qualidade. Esse procedimento também irá contribuir para a redução da variabilidade dos processos.

5.1.3 REDUZIR A VARIABILIDADE

Sugere-se que seja feita, no canteiro de obra B, a utilização de *poka-yokes* (dispositivos à prova de erro) que impeçam a ocorrência de erros na produção, e consequentemente de desperdícios, como gabaritos para esquadrias, escantilhão, esquadro e moldes, para reduzir a variabilidade nas obras. Bem como, haja padronização das atividades nos canteiros A e B, por exemplo, através da utilização de um procedimento padronizado de execução de instalações hidrossanitárias, para reduzir o surgimento de vazamentos posteriores, eliminando-se assim a incidência de retrabalhos e consequentemente de desperdícios (ISATTO, 2000).

A elaboração de um procedimento padrão como, por exemplo, a verificação feita por meio de uma ficha de verificação de material para o controle de conformidade dos materiais utilizados e recebidos pelo fornecedor no canteiro, quanto à quantidade, dimensões, aspecto, formas de armazenamento etc; para a indicação dos equipamentos necessários à execução de cada atividade pertencente à obra, e para medição, identificação e eliminação de problemas no processo (SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999). O fornecedor pode também ser avaliado por meio de uma ficha de avaliação de fornecedores, quanto ao atendimento da qualidade do material fornecido e prazo.

A fim de estabelecer um padrão de organização, nos canteiros A e B, para os almoxarifados, sugere-se que:

a) Cada material seja identificado por uma letra e um número correspondendo a uma linha e coluna da respectiva prateleira.

b) Haja um manual de localização dos materiais que informe o código (letra + número) de cada material, de posse do almoxarife e seus auxiliares;

c) Haja um quadro de ferramentas e funcionários que mostre quais equipamentos estão sendo utilizados por quais funcionários e em que quantidade diariamente;

d) Haja um leitor óptico para facilitar a entrada e saída (no sistema de controle) dos materiais de maiores fluxos dentro da obra.

Importante enfatizar que a padronização das atividades envolve também o treinamento dos envolvidos com base nos padrões definidos pelas empresas, e o planejamento e controle adequado da execução, no qual é definido o sequenciamento das tarefas e são disponibilizados os recursos necessários (ISATTO, 2000), e contribui não só para redução da variabilidade, mais também para aumentar a transparência do processo e aumentar o valor para o cliente, pois há uma satisfação quando se tem um produto em conformidade com as especificações previamente estabelecidas.

5.1.4 REDUZIR OS TEMPOS DE CICLO

Para redução dos tempos de ciclo, sugere-se que, nos canteiros A e B, conforme Isatto (2000) sejam tomadas as seguintes ações:

a) Eliminação das atividades de fluxo que compõem o ciclo produtivo, ou seja, das atividades que não agregam valor, por exemplo, pode-se pedir para fornecedor descarregar os tijolos diretamente sobre os paletes, e serem utilizados equipamentos apropriados para o seu transporte no interior da obra, como transpaletes, ao invés de giricas.
b) Esforço de produção com maior foco em menores unidades ou pequenos lotes através do planejamento e controle da produção;
c) Alteração das relações de precedência entre as atividades, eliminando interdependências entre as mesmas de forma que possam ser executadas em paralelo.

Além disso, deve ser feito, nos canteiros A e B, a gestão da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas. Bem como, o uso de operários multifuncionais, ou seja, capazes de exercer vários tipos de serviço, porque, por exemplo, a própria equipe do reboco pode ficar responsável pelo assentamento desses materiais e o arremate, de forma a eliminar a necessidade de formação de uma nova frente de serviço e facilitar o controle da produção e, consequentemente, ajudar a reduzir os desperdícios durante a execução do serviço.

5.1.5 SIMPLIFICAÇÃO DOS PROCESSOS

Deve ser feita, nos canteiros A e B, a utilização de pré-fabricados, por exemplo, para o fechamento dos shafts, utilizados para passagem de tubulações do edifício ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos, como o pedido para o fornecedor de aço já cortado e dobrado para os elementos estruturais, de forma a eliminar algumas etapas no processo de armação e reduzir a geração de desperdícios nos canteiros. A produção de kits hidrossanitários com antecedência e sua disponibilização no local de trabalho, assim como, de ferramentas, informações auxiliam na simplificação do processo, e uso de operários multifuncionais, ao invés de um maior número de equipes especializadas, auxiliam na simplificação dos processos (ISATTO, 2000).

Além disso, conforme este autor deve ser feito, nos canteiros A e B, o planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores é também outro modo para minimização do número de etapas, partes e ligações, tornando, assim, o fluxo de trabalho mais confiável, porque sistemas complexos são inerentemente menos confiáveis do que sistemas simples. Importante ressaltar, que a simplificação dos processos contribui para a redução dos tempos de ciclos e para aumento da transparência dos processos (KOSKELA, 1992).

5.1.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DA SAÍDA

Para atingir este princípio, conforme Isatto (2000) propõe-se que sejam adotadas, nos canteiros A e B, abordagens como:

a) Redução do tempo de ciclo, através da redução do tamanho dos lotes;

b) Uso de operários multifuncionais, capaz de se adaptar facilmente a mudanças na demanda;

c) Customização do produto no tempo mais tarde possível, a fim de satisfazer as exigências do consumidor.

(d) Utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grandes ônus para a produção.

Com a utilização de um sistema construtivo utilizando laje plana, por exemplo, é possível à mudança de *layout* dos apartamentos sem a preocupação com a localização de vigas, tornando o produto flexível a mudanças. Ou, também o uso de blocos de diferentes tamanhos, dimensionados no projeto de paginação de parede aumenta a velocidade do processo e flexibiliza as divisões e plantas internas reduzindo as perdas

por quebra para ajustar à dimensão requerida em projeto. Importante ressaltar, que a flexibilidade deve ocorrer simultaneamente à simplificação, bem como concomitantemente aos demais princípios, especialmente a redução de tempo de ciclo e transparência dos processos.

5.1.7 AUMENTAR À TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO

Deve ser implementado, nos canteiros A e B, um programa de melhorias para manutenção da limpeza e da organização por meio da ferramenta *lean* 5S (*Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu* e *Shitsuke*), pois, a organização do canteiro de obra é fundamental para melhorar e otimizar o processo produtivo, aumentar a produtividade e motivação dos trabalhadores, bem como a ocupação dos espaços, ajudando na redução da incidência de acidentes, e, consequentemente, na redução de desperdícios de materiais (FORMOSO *et al*., 2001). Importante ressaltar que essa organização do canteiro, contribui para o atendimento do princípio de aumentar o valor para o cliente e na redução das atividades que não agregam valor.

Deve ser feita, nos canteiros A e B, a utilização de dispositivos visuais, tais como mural para divulgação do cronograma com as etapas que já foram e faltam ser concluídos na obra, dos indicadores, prazos e metas (SANTOS; POWELL; FORMOSO, 1999). É importante que cada pavimento tenha um quadro de informações para que os funcionários possam acompanhar a sequência do seu serviço, bem como que seja feito o rastreamento das equipes, para que seja possível saber onde cada equipe se encontra e qual o tipo de serviço está sendo executado.

Devem ser utilizados em ambos canteiros, *kanbans* de sinalização para controle do estoque, *kanbans* de produção para informar que quantidade deve ser produzida por um determinado processo, e ser feita a demarcação das áreas de armazenamento de materiais, visando uma maior transparência nos processos.

O uso da ferramenta visual *lean* Andon nos referidos canteiros é outro dispositivo que pode ser utilizado para identificação de possíveis falhas nos processos construtivos e evitar a ocorrência de retrabalho, e, consequentemente, de desperdícios. O painel *Andon* deve ficar em um local visível e seus interruptores de acionamento devem ser instalados em todos os pavimentos da(s) torre(s) dos canteiros.

5.1.8 FOCAR NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO COMPLETO

Para atingir este princípio, propõe-se que seja utilizada, nos canteiros A e B, a ferramenta *lean Last Planner*, que consiste na utilização de procedimentos formais e flexíveis de planejamento da produção como primeiro passo para tornar estável o ambiente de produção, uma vez que um projeto bem executado reflete precisamente seu planejamento (CONTE; GRANSBERG, 2001). Isso ajudar a alcançar outros princípios como a redução da variabilidade e aumento da flexibilidade das saídas, uma vez que ajustes rápidos no planejamento da produção poderão ser feitos por meio da realização de planos semanais para o controle do fluxo do trabalho, permitindo a identificação de tarefas que não foram cumpridas no prazo determinado e o conhecimento de suas respectivas causas. O estabelecimento de marcos (*milestones*) no projeto, e a sua exposição aos trabalhadores nos canteiros A e B, conforme mencionado no tópico anterior, também contribui para aumentar o foco no cronograma global e atingir este princípio (SACKS *et al*., 2010; SALEM *et al*., 2006).

Outro modo de se atingir este princípio é em ambos canteiros fazer parcerias com os fornecedores que atendem aos pedidos no prazo, e fornecem produtos de qualidade. Se houver um esforço na integração com o fornecedor de blocos, por exemplo, no sentido de introduzir a paletização, conforme mencionado no princípio 5.1.3, os benefícios serão vários como: entregas na hora determinada, redução do custo do carregamento e descarregamento, redução de estoques na obra, o que proporcionará uma melhoria significativa no sistema como um todo.

Segundo Isatto (2000), para aplicação deste princípio é imprescindível que haja uma mudança de postura por parte dos envolvidos na produção, que devem procurar compreender o processo como um todo. Dessa forma, propõe-se que sejam feitas, nos canteiros A e B, reuniões periódicas semanais, conforme mencionado no princípio 5.1.7, para que todos os problemas e dificuldades enfrentadas nos canteiros possam ser confrontados, e os trabalhadores possam compreender o processo como um todo.

5.1.9 MELHORIA CONTÍNUA

Deve ser implementado, nos canteiros A e B, um programa de treinamento periódico para difusão dos conceitos, princípios, práticas e ferramentas do *Lean Construction* a todos os colaboradores das empresas para promover a mudança comportamental quanto à redução das perdas e desperdícios nos canteiros e atender o princípio da melhoria contínua proposto por Koskela (1992), pois o conhecimento e

treinamento insuficientes conforme Shang e Pheng (2014) são barreiras que dificultam a implementação das práticas *lean*. Bem como, nesse treinamento os colaboradores devem ser encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo e ser explicitados os objetivos estratégicos definidos pelas empresas em seus planejamentos, uma vez que esses além de contribuir para a motivação daqueles ao longo do processo informam a direção a ser seguida, facilitando a definição dos estágios do processo de implantação (NETO, 2002).

Esse programa de treinamento pode trazer dificuldades para as empresas uma vez que resulta no aumento de encargos nos estágios iniciais de implantação. Entretanto, segundo Salem *et al*. (2005), é um aspecto chave que em longo prazo contribui para aumentar a eficiência das construtoras. Aliado a esse processo, é de suma importância que haja o apoio da alta administração das duas construtoras para uma implementação eficaz das práticas *lean*, haja vista que esse é outro obstáculo que dificulta a adoção dessas práticas (SHANG; PHENG, 2014; AGYEKUM, 2012), e a participação do Engenheiro da obra em questão para auxiliar no desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases.

Além disso, deve ser feita, nos canteiros A e B, a criação de indicadores de desempenho conforme Freire e Alarcón (2002 *apud* ERICKSSON, 2010), para medir e avaliar o grau de produtividade dos trabalhadores, pois caso este não esteja trabalhando de forma eficaz, talvez, por exemplo, por um motivo pessoal, o mesmo ficará mais propenso a cometer erros e, consequentemente, gerar desperdícios. Bem como, para medir os defeitos ocorridos e os desperdícios e, assim, verificar a causa e reduzir a incidência desses nos canteiros, e ainda os benefícios obtidos após as mudanças realizadas.

E, sugere-se, apenas no canteiro B, que sejam feitas relações de cooperação entre a empresa e fornecedores, a fim de trabalharem juntos para transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas (ERIKSSON, 2010); que seja feito o uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe (GREEN; MAY, 2005; ERIKSSON, 2008 *apud* ERIKSSON, 2010) e a redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia (HOWELL, 1999).

5.1.10 EQUILIBRAR MELHORIAS DE FLUXO COM MELHORIA NA CONVERSÃO

Propõe-se que, nos canteiros A e B, seja feita a gestão de fluxo de informações, materiais e mão de obra por meio da aplicação da ferramenta *lean* Mapeamento do Fluxo de Valor, para uma visualização mais integrada entre os processos nos canteiros visando à implementação de melhorias sistemáticas e permanentes voltadas a eliminação de desperdícios e identificação de suas principais fontes conforme Rother e Shook (2003), pois, por exemplo, segundo Isatto (2000) para melhorar o desempenho na execução de alvenaria de blocos cerâmicos é necessário um esforço na redução de perdas nas atividades de transporte, inspeção e armazenamento. Depois que os processos atingirem elevados níveis de racionalização, pode-se avaliar a possibilidade de introduzir alguma inovação tecnológica nas atividades de conversão, como, por exemplo, através da utilização de divisórias leves ou painéis pré-moldados. Uma vez introduzida esta inovação, deve-se buscar sempre a melhoria contínua para melhorar o desempenho das atividades de fluxo.

As construtoras devem buscar também formas de desenvolver as competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança por meio, por exemplo, do incentivo aos trabalhadores a participação de cursos voltados a melhorias dos processos construtivos, com o objetivo de implementar de forma mais eficaz as práticas *lean* (HIROTA; FORMOSO, 2000). Importante ressaltar, que a melhoria neste principio auxilia na redução das atividades que não agregam valor e a aumentar o valor para o cliente.

5.1.11 BENCHMARKING

Sugere-se que, nos canteiros A e B, seja feita a busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países, por meio da participação dos funcionários em congressos e eventos do setor para ficarem atualizados a cerca de inovações no mercado capazes de contribuir na redução dos desperdícios nos canteiros. É imprescindível também que as empresas procurem fazer parcerias com as universidades para promoção da pesquisa e desenvolvimento do setor. Segundo Isatto (2000), para isso deve haver um procedimento estruturado, contendo os seguintes passos:

a) Conhecer os próprios processos da empresa;

b) Identificar boas práticas em outras empresas similares;

c) Entender os princípios por trás destas boas práticas;

d) Adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa.

A tabela 22 resume as práticas e ferramentas *lean* sugeridas como propostas de melhoria com base nos onze princípios do *Lean Construction*:

Tabela 22 – Resumo das práticas e ferramentas *lean* sugeridas

Princípios	**Práticas e ferramentas *Lean* sugeridas**	**Canteiros**	
		A	B
1 – Reduzir as atividades que não agregam valor	- Projeto do *layout* dos canteiros	X	X
	- Encorajar os trabalhadores a sempre manterem o local de trabalho limpo e organizado	X	X
	- Incentivos para a redução de desperdícios nos canteiros de obras	X	X
	- Garantir a segurança dos trabalhadores		X
2- Aumentar o valor para o cliente	- Pesquisas de mercado com compradores potenciais ou avaliações pós-ocupação de edificações por meio de questionários (clientes externos)	X	X
	- Instruções de trabalho (IT) para definição das tolerâncias de cada serviço e inspeção deste por meio uma ficha de verificação de serviço (FVS)	X	X
3- Reduzir a variabilidade	- Utilização de *poka-yokes* (dispositivos à prova de erro) que impeçam a ocorrência de erros na produção, e consequentemente de desperdícios, como gabaritos e moldes		X
	- Padronização das atividades	X	X
4 – Reduzir os tempos de ciclo	- Eliminação das atividades de fluxo que compõem o ciclo produtivo, ou seja, das atividades que não agregam valor;	X	X
	- Foco em menores unidades ou pequenos lotes através do planejamento e controle da produção	X	X
	- Alteração das relações de precedência entre as atividades	X	X
	- Gestão da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas	X	X
	- Uso de operários multifuncionais	X	X
5 – Simplificação dos processos	- Utilização de pré-fabricados	X	X
	- Uso de operários multificionais	X	X
	- Planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores.	X	X
6 – Aumentar a flexibilidade das saídas	- Redução do tamanho dos lotes	X	X
	- Uso de operários multifuncionais	X	X
	- Utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grandes ônus para a produção	X	X
	- Customização do produto no tempo mais tarde possível;	X	X
7 – Aumentar a transparência dos processos	- Programa de melhorias para manutenção da limpeza e da organização por meio da ferramenta *lean* 5S	X	X
	- Utilização de dispositivos visuais, como: *Kanbans*, *Andon*, etc.	X	X
8 – Focar no planejamento e controle do processo completo	- Utilização da ferramenta *lean Last Planner*	X	X
	- Estabelecimento de marcos no projeto e a sua exposição aos trabalhadores		X
	- Fazer parcerias com os fornecedores que atendem aos pedidos no e fornecem produtos de qualidade	X	X
	- Reuniões periódicas semanais	X	X

Princípios	Práticas e ferramentas *Lean* sugeridas	Canteiros	
		A	B
9 – Melhoria contínua dos processos	- Programa de treinamento periódico para difusão dos conceitos, princípios, práticas e ferramentas do Lean Construction a todos os colaboradores das empresas	X	X
	- Apoio da alta administração	X	X
	- Participação do Engenheiro da obra em questão para auxiliar no desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases	X	X
	- Criação de indicadores de desempenho	X	X
	- Relações de cooperação entre a empresa e fornecedores trabalhando juntos para transferência de conhecimentos e para solução conjunta de problemas		X
	- Uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe		X
	- Redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia		X
10 – Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	- Gestão de fluxo de informações, materiais e mão de obra por meio da aplicação da ferramenta *lean* Mapeamento do Fluxo de Valor	X	X
	- Desenvolver as competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança		X
11- Benchmarking	- Busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países	X	X

Fonte: Autor (2018)

Convém destacar também a importância de se desenvolver e implantar um plano de gestão de resíduos nos canteiros aliado à adoção das práticas do *Lean Construction*, para definição de áreas para armazenamento dos diferentes resíduos de acordo com as suas respectivas classes; disposição destes em locais adequados no canteiro até a coleta; para sensibilização e conscientização dos colaboradores em relação à gestão e redução dos RCC; para o estabelecimento de procedimentos de segregação, armazenamento temporário, identificação, quantificação, transporte interno e destinação, conforme determina a resolução n°448/12, alteração da resolução n°307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões a que este estudo conduziu e as sugestões para a continuação da pesquisa.

O objetivo geral deste trabalho de analisar o impacto e a proposição de práticas do *Lean Construction* na redução dos Resíduos da construção em duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém foi atingido, pois por meio do diagnóstico da situação de cada canteiro de obra obtido a partir das observações periódicas, aplicação de entrevista e questionário aos engenheiros responsáveis por tais canteiros foi possível investigar as particularidades e aspectos comuns de cada obra, por meio do relatório de casos cruzados; definir as proposições teóricas e sugerir propostas de melhoria por meio de algumas práticas e ferramentas *lean* citadas no questionário proposto e encontradas na literatura, com base nos onze princípios do *Lean Construction* propostos por Koskela (1992), visando à redução dos Resíduos da Construção Civil.

Os resultados obtidos neste estudo de casos múltiplos permitiram chegar as principais conclusões:

a) Se tais canteiros dessem uma prioridade maior para a questão das perdas e desperdícios, e implementassem um plano de gestão de resíduos para caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequada de tais resíduos conforme a resolução n° 307/2002, em conjunto com as práticas do *Lean Construction*, a quantidade de RCC gerada seria reduzida.

b) Se fosse feito, nos canteiros A e B, um planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques, armazenagem e vias de circulação de pessoas materiais e equipamentos ineficientes (FEARNE; FOWLER, 2006; SALEM *et al*., 2006 AKINTOYE, 1995 *apud* ERIKSSON, 2010), por meio de um *layout* bem elaborado, e tais canteiros fosse mais limpos e organizados. A quantidade de materiais desperdiçados seria reduzida, os processos seriam mais eficientes e menos sujeitos a gerar RCC.

c) Haja vista que tanto no canteiro A, quanto no canteiro B, os operários desconhecem as práticas do *Lean Construction* e seus benefícios, se os mesmos tivessem o apoio da alta administração, recebessem o treinamento adequado (SHANG; PHENG, 2014; AGYEKUM, 2012), e fossem encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo (PHENG; FANG, 2005; BALLARD *et al*., 2003 *apud* ERIKSSON, 2010), auxiliaria na implementação dessas práticas, na

redução das perdas e desperdícios, e, sobretudo, na redução da geração de RCC nas obras.

d) Ainda que nos dois canteiros de obra sejam aplicadas algumas práticas isoladas, sem conexão nenhuma entre elas, de forma “natural” e “involuntária”, relacionadas aos onze princípios do *Lean Construction* proposto por Koskela (1992), as quais não exercem muita influência na redução de RCC. É necessário, conforme Isatto (2000), que tais práticas e princípios do *lean Construction* sejam aplicados de forma integrada na gestão dos processos, e não isolada, porque, por exemplo, práticas destinadas ao aumento da transparência dos processos facilitam a identificação e eliminação das parcelas de atividades que não agregam valor, enquanto a redução do tempo de ciclo cria condições favoráveis para a melhoria contínua, pois isso favorece direta e indiretamente a redução de RCC.

Portanto, a adoção das práticas do *Lean Construction* por meio dos onze princípios do *Lean Construction* proposto por Koskela (1992) pode gerar bons resultados na redução de RCC, porque a sua implementação melhora o desempenho da empresa, tornando-a mais competitiva no mercado, aumenta a qualidade dos processos e produtos, auxilia na redução dos prazos e custos, na organização, na motivação dos trabalhadores, na satisfação dos clientes e, sobretudo, na redução das perdas e desperdícios nos canteiros de obras, contribuindo direta e indiretamente na redução de tais resíduos.

6.1 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Ao longo do desenvolvimento deste estudo foram identificadas possíveis sugestões para a realização de trabalhos futuros, visando à continuidade deste trabalho, o preenchimento da lacuna de estudos voltados às práticas do *Lean Construction* e a redução dos resíduos da construção, e o desenvolvimento de novos temas, tais como:

a) Implementar as propostas de melhorias sugeridas e verificar por meio de indicadores a contribuição das práticas e ferramentas *lean* na redução dos resíduos da construção civil.

b) Identificar quais princípios do *Lean Construction* contribuem de forma mais eficaz na redução dos resíduos da construção civil

c) Analisar a influência das certificações NBR ISO 9001: 2008 e PBQP-H Nível A na redução dos resíduos da construção civil.

7. REFERÊNCIAS

ABCIC. Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Tecnologia e Inovação Marcam a Indústria de Pré-Fabricados de Concreto**. Industrializar em Concreto**, n°11**,** São Paulo, 2017.

ABDELHAMID, T.S. (2004) "The Self Destruction and Renewal of Lean Construction Theory: A Prediction from Boyd's Theory," **Proceedings…** In:12th Annual Conf. of International Group for Lean Construction (IGLC- 12), Elsinore, Denmark.

(ABS) Australia Bureau for Statistics, 2013.The Waste Wise Construction Programme. Available at: <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Previousproducts/1301.0Feature%20Article252003?opendocument&tabname=Summary&prodno=1301.0&issue=2003&num=&view= >. Acess on: 23 de Feb. 2017

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos 2010**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2010>. Acesso em: mar. 2017.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015.

ALARCÓN, L. F.; DIETHELM, S. Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies. **Proceedings…** In: 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore. Singapore, 2001.

ALARCÓN, L.F.; SEGUEL, L. Developing incentive strategies for implementation of Lean Construction. **IGLC-10**, Gramado, Brasil, 2002.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 1-5. (Pesquisa Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras).

AGOPYAN, V.F.; JOHN, V.M. **Reciclagem de Resíduos da Construção**. Artigo. Escola Politécnica da USP, Departamento de Construção Civil, São Paulo, 2000.

AGYEKUM K., AYARKWA J. and ADJEI-KUMI T. (2013), Minimizing Materials Wastage in Construction-A Lean Construction Approach, **Journal of Engineering and Applied Science**, Vol:5, Number:1.

AL-SUDAIRI, A. A. (2007) Evaluating the effect of construction process characteristics to the applicability of lean principles, **Construction Innovation**, 7 (1), 99-121.

ALARCÓN, L.F.; SEGUEL, L. Developing incentive strategies for implementation of Lean Construction. **Proceedings …** In:12th Annual Conf. of International Group for Lean Construction (IGLC-10), Gramado, Brasil, 2002.

ALMEIDA, Eduardo Lavocat Galvão de and PICCHI, Flávio Augusto. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade.** *Ambient. constr.*[online]. 2018, vol.18, n.1, pp.91-109. ISSN 1678-8621. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100211.

ARSLAN H., COŞGUN N. and SALGIN B. (2012), *Construction and Demolition Waste Management in Turkey*, Waste Management-An Integrated Vision, Edited by Luis Fernando Marmolejo Rebellon, ISBN 978-953-51-0795-8, Publisher: InTech. Published: October 26, 2012 under CC BY 3.0 license, in subject Environmental Sciences, Chapter 14; 313-332.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15.112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15.113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterro – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. **NBR 15.114**: Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. **NBR 15.115**: Resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. **NBR 15.116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e concretos sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, 2004e.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão dos Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> . Acesso em: 15 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 348** – Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449> . Acesso em: 15 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n° 431** – Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 12 mar. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n° 448** – Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002. Conselho

Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2012a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672> . Acesso em: 13 mar. 2017.

_____. **Lei nº 12.305** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 10 mar. 2017.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2008. Brasília: SNSA/MCidades, 2010.

BALDWIN, A.; POON, C.; SHEN, L.; AUSTIN, S.; WONG, I. Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction. **Renewable Energy,** n. 34, p. 2067–2073, 2009.

BALLARD, G. (1994). The last planner**. Proceedings…** In: Spring Conference Northern California Construction Institute Publication. Monterey: Lean Construction Institute. Disponível em:<http://www.leanconstruction.dk/media/18187/ The_Last_Planner_.pdf> Acesso: 27 Feb. 2017.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding production from uncertainty:** first step in an improvement stratégy. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, 1996, Santiago. Anais… Santiago: 1996.

_____. Shielding Production: Essential Step in Production Control. Technical report no 97-1. Construction Engineering and Mangement Program, Department of Civil and Enviromental Engineering. University of California, 1997.

_____. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE v.124, n.1, p.11-17, Nova York, 1998.

BALLARD, G. H. **The Last Planner system of production control**. Thesis, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK, 2000.

BALLARD, G., & HOWELL, G. A. (2003). An update on Last Planner. **Proceedings…** In 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Blacksburg. Disponível em: <http://www. academia.edu/811460/An_update_on_last_planner>. Acesso em: 10 Mar. 2017.

BALLARD, G. B., & HOWELL, G. A. (2004). Competing construction management paradigms. **Lean Construction Journal**, 1, 38-45. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/ lcj/LCJ_04_0008.pdf>. Acesso em: 03 de Mar. 2017.

BALLARD G., DECKER D. and MACK J. (2008), *Lean Construction of California Health Care*, **Modern Steel Construction**, November, 2008. California, USA.

BALLARD G. (2009), *Current Process Benchmark for Target Value Design*, Project Production Systems Laboratory, University of California, Berkeley, Republished in leanconstructionjournal.org, 2012.

BANTOWSKY, M. (2007). Washington Lean and Environment Project - Final Report: Washington State Department of Ecology, Publication Number: 07-04-033, Revised: September 2008.

BAUMHARDT, E. O. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da construção enxuta**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

BRITO FILHO, J.A. Cidade Versus Entulho. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais...** São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 1999. p. 56-67.

BRUM, F. M. **Implantação de um programa de Gestão de Resíduos da Construção Civil em canteiro de obra pública: o caso da UFJF.** 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/>. Acesso em: 17 abr. 2017.

CABRAL A. E. B.; MOREIRA K. M. V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Programa Qualidade de Vida na Construção. Sinduscon - CE. Fortaleza, 2011.

CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001

CARNEIRO, Fabiana Padilha. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CARVALHO, B. S. de. **Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. 2008. 128f. Dissertação (Mestrado Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CASSIDY R. (2007), *Getting Down and Dirty on C&D Waste Recycling*, **Building Design & Construction**, Vol. 48, Iss. 9; 9. Disponível em: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1306999631&sid=3&Fmt=3&clientId=63520 RQT=309&VName=PQD]> . Acesso em: 05 Mar. 2017.

CASTRO, G. Reforma na obra. **Valor Econômico**, São Paulo, 17 maio 2013. Caderno Empresas.

CHENG, J.C.P., WON, J. and DAS, M., 2015. Construction and demolition waste management using BIM technology. **Proceedings…** In: **…** In: 23th Annual Conf. of International Group for Lean Construction. Perth, Australia, July 29-31, pp. 381-390, available at: <www.iglc.net> . Acess on: 20 de mar.

CONTE, A.S; GRANSBERG, D. Lean Construction: From Theory to Practice. **International Transactions**, CSC.10, p.CSC.10.1-CSC.10.5, 2001.

COSTA, R, V. G. **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa**. 67f.: il. Dissertação Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, PB, 2012. Disponível em: < http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgecam/images/arquivos/dissertacoes/2010/26- 2010.pdf> Acesso em: 05 mar. 2017.

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann & Affonso Ed., 2000.

DEFRA, 2015. Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK government. Available at: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment data/file/487916/UK Statistics on Waste statistical notice 15 12 2015 update f2.pdf)>. Acess on: 05 Mar. 2017.

Dineshkumar B, Dhivyamenaga T. Study on lean principle application in construction industries. **Indian Journal of Science and Technology**. 2016; 9(2):1–5.

DULAIMI, M. F.; TANAMAS, C. The principles and applications of lean construction in Singapore. **Proceedings…** In: 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore, Singapore, 2001.

DUNLOP, P. and SMITH, S.D. (2004) 'Planning, estimation and productivity in the lean concrete pour', **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 11, No. 1, pp.55–64.

EMUZE, F.A. and SMALLWOOD, J.J. (2012), "Factors for performance improvement: the case of the South African infrastructure sector", **Proceedings…** In:1st International Conference on Infrastructure Development in Africa-ICIDA 2012, Kumasi, Ghana, 22-24 March, pp. 127-136.

ENSHASSI, A. Materials control and waste on building sites. **Building Research and Information**, v. 24, n. 1, p. 31-4, Jan. 1996.

EPD, 2000, Environment Hong Kong (2002), Environment Protection Department, Hong Kong Government. Available at: www.epd.gov.hk/epd/eindex.html. Acess on: 20 Feb. 2017.

Esa, Mohd Reza, Halog, Anthony and Rigamonti, Lucia (2017) Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. ***Resources, Conservation and Recycling***, *120* 219-229. doi:10.1016/j.resconrec.2016.12.014

ILOZOR, B.D. , EGBU, C.O. & ABDELHAMID, T.S. 2008, 'Designing and Building to Minimize Construction Waste' In:, Tzortzopoulos, P. & Kagioglou, M., **Proceedings…** 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK, 16-18 Jul 2008. pp 743-768

FARRAR, J.M., ABOURIZK, S.M. and MAO, X. (2004) 'Generic implementation of lean concepts in simulation models', **Lean Construction Journal**, Vol. 1, No. 1, pp.1–23.

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnostico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, **Relatório de Pesquisa-IPEA**. Brasília, 2012.42p.

FONTANINI, P. S. P.; PICCHI, F. A. Mentalidade enxuta na cadeia de fornecedores da construção civil: aplicação de macro mapeamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 3, 2003, São Carlos, SP. **Anais...**São Carlos: SIBRAGEC, 2003

FORMOSO, C. T. *et al*. Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Téchne**. São Paulo, n.23, p.30-33, jul - ago 1996.

FORMOSO, C. T.; JOBIM, M. S. S.; COSTA, A. L.; ROSA, F. P. Perdas de materiais na construção civil: um estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Soluções para o terceiro milênio., 1998, São Paulo. **Anais…** São Paulo: POLI-USP. v. 1, p. 299-307

FORMOSO, C. T.; POWEL, J. A.; SANTOS, A. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. **Journal of Construction Research**, Volume 03, Issue. 01, World Scientific Publishing Company: 2001.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. In: Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.

FREITAS, M. I., **Os Resíduos da construção civil no município de Araraquara**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 86 p, 2009.

Gao Shang, Low Sui Pheng, (2014) "Barriers to lean implementation in the construction industry in China", **Journal of Technology Management in China**, Vol. 9 Issue: 2, pp.155-173, doi: 10.1108/JTMC-12-2013-0043 Permanent link to this document: http://dx.doi.org/10.1108/JTMC-12-2013-0043

GIHAN L.G., AHMED R. A, and ADEL, E.G (2010), "**Material Waste in Egyptian Construction Industry**" PhD Thesis at the Faculty of Engineering, University of Cairo, Egypt.

GHOSH, S.; YOUNG-CORBETT, D. Intersection between Lean construction and Safety Research: A Review of the Literature. **In: Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference**, 2009.

Ghosh S, Bhattacharjee S, Bozorgi PP, Ganapathy R. **A case study to examine environmental benefits of lean construction**. Oslo (Norway); 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLZARPOOR, H.; GONZALEZ, V. A green-Lean simulation model for assessing environmental and production waste in construction. **In: Proceeding of 21h Annual Conference of IGL**C, Fortaleza, Brazil. Anais... Fortaleza, Brazil: IGLC, 2013, 2013. p.885–894

GREEN, S.; MAY. Lean construction: arenas of enactment, models of diffussion, and the meaning of 'leanness'. **Building Research & Information**, v. 33, n. 6, pp. 498-511, 2005.

KHANH, H. D.; KIM, S.Y. (2015)," Development of waste occurrence level indicator in Vietnam construction industry ", **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 22 Iss 6 pp. 715 – 731

HINES, P.; TAYLOR, D. (2000) Going Lean. **A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center**. Cardiff, UK.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. **In: ENTAC**, 8º, Salvador, Bahia. v. 1 p.572-579, 2000.

HONG KONG POLYTECHNIC (Departament of Building and Real Estate); THE HONG KONG CONSTRUCTION ASSOCIATION LTD. Reduction of Construction Waste. Final Report. Hong Kong, Mar. 1993. 93 p.

HOSSEINI, A., NIKAKHTAR, A. and GHODDOUSI, P. (2012) 'Flow production of construction processes through implementing lean construction principles and simulation'**, IACSIT International Journal of Engineering and Technology**, Vol. 4, No. 4, pp.475–479.

NIKAKHTAR, A., HOSSEINI, A.A., WONG, K.Y. and ZAVICHI, A. (2015) 'Application of lean construction principles to reduce construction process waste using computer simulation: a case study', *Int.* **J. Services and Operations Management**, Vol. 20, No. 4, pp.461–480.

HOWELL, G. What is Lean Construction. **Proceedings…**In: 7th Conference of International Group of Lean Construction. Brekerley, CA, 1999.

HOWELL, G.A., Ballard, G., Abdelhamid, T.S., and Mitropoulos, P. (2002). “Working Near the Edge: A New Approach to Construction Safety.” **Proceedings…** In: Tenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-10), Gramado, Brazil.

INGLE, A.; WAGHMARE, A. P. “Advances in Construction: Lean Construction for Productivity enhancement and waste minimization” **International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)**, ISSN: 2394-3661, Volume-2, Issue-11, November 2015.

ISATTO, E. L. *et al*. Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. **Cadernos da Série Construção Civil,** v. 5. SEBRAE: Porto Alegre, 2000.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão dos resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, 25(71), 135-155, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142011000100010>

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. *Reciclagem de resíduos da construção*. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS DOMICILIARES, São Paulo, 2003.

JOHANSEN, E., GLIMMERVEEN, H. and VRIJHOEF, R. (2002), “Understanding lean construction and how it penetrates the industry: a comparison of the dissemination of lean within the UK and The Netherlands”, **Proceedings…** In: 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brazil, 6-8 August. Available at: < https://www.ufrgs.br/engcivil/ppgec/ > . Acess on: 20 Feb. 2017.

JORGENSEN, B.; EMMITT, S. Lost in transition: the transfer of lean manufacturing to construction. **Construction and Architectural Management**, vol. 15, n. 4, p. 383-398, 2008.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da *Lean Construction* para redução dos custos de produção da Casa 1.0.** 2006. 146f. Dissertação (Especialização), Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KARPINSK, Luisete Andreis *et al*. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: uma abordagem ambiental [recurso eletrônico] – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KARTAM N., AL-MUTAIRI N., AL-GHUSAIN I. and AL-HUMOUD J. (2004), Environmental Management of Construction and Demolition Waste in Kuwait, **Waste Management**, Vol. 24(10) 1049-1059.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S.L.F. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente** (UFPR), v. 40, p. 483-506, 2017.

KOSKELA, L. 1992. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Stanford, CA: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE).

KOSKELA, L. **An exploration towards a Production theory and its application to construction**. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finaland, VTT Publications 408, 296p.

KUNKEL, N. **Resíduos da construção civil aliados a produção mais limpa (P + L).** 104p. Tese (mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

LEAO, C. F. ; ISATTO, E. L. ; FORMOSO, CARLOS T. . Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade com apoio da computação móvel. **Ambiente Construído** (Online) , v. 16, p. 109-124, 2016.

LEE, S., DIEKMANN, J. E., SONGER, A. D., and Brown, H., 1999. Identifying Waste: Applications of Construction Process Analysis. **Proceedings...** In: **…** In: 7th Annual Conf. of International Group for Lean Construction (IGLC-7), University of California, Berkeley, CA, USA.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concretos.** 1997. 145p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 1997.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LI, Qi-Ming; SHEN, Li-Yin; YUAN, Fang. Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2503-2511, 2011.

LI, Y., ZHANG, X., DING, G., FENG, Z., 2016. Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. **Resour. Conserv.Recycl**. 106, 9–20, http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.001.

LIKER, J. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMA, Francisco Sales Neves de Souza. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

LIMA, Adriana Sampaio and CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra.**Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE).** *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2013, vol.18, n.2, pp.169-176. ISSN 1413-4152. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522013000200009.

LIU, G. *et al*. Factors constraining the development of professional project management in China´s construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 22, n. 3, p. 203-211, 2003.

LORENZON, I. A. **A Medição de Desempenho na Construção Enxuta:** estudos de caso**.** 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFSC, São Carlos. 2008.

MAO, X. and ZHANG, X. (2008) 'Construction process reengineering by integrating lean principles and computer simulation techniques', **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 134, No. 5, pp.371–381.

MCDONALD, B.; SMITHERS, M. Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study. **Construction Management and Economics Information,** v. 16, n. 4, p. 71-8, 1998.

MECCA, S. As sequences flow: proposal of organizational rules for Lean Construction management. **IGLC-7**, Califórnia, EUA, 1999.

MENDES JR, R. **Programação da Produção da construção de Edifícios de Múltiplos pavimentos usando Linha de balanço**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M. (1998), Preplanning method for multi-story building construction using line of balance. **Proceedings...** In: 6th Annual Conf. of International Group for Lean Construction. Guarujá. Brasil

MENDES, T. A. *et al*. **Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado**. Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2004. p. 1-12.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Disponível em: http://pbqp h.cidades.gov.br/pbqp_apresentacao.php. Acesso em 15 de mar. 2017.

Ministry of Environment, Korea Environment Corporation, 2014. 2013 Generation and Disposal of Waste in South Korea, Sejong, South Korea.

MORAIS, G.M.D. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável**. Uberlândia-MG, 2006.

MOSER, L.; SANTOS, A. Exploring the role of visual controls on mobile cell manufacturing: a case study on drywall technology. **Proceedings…** In: 11th Annual Conference International Group for Lean Construction, Blacksburg, 2003.

MOSSMAN, A., 2009. Why isn't the UK Construction Industry Going Lean with Gusto'? ***Lean Construction* Journal**, 5 (1): 24-36. Available at: <http://www.researchgate.net/.../228885226 _Why_isn't_the_uk_construction_in dustry_going_lean?>

MOTA, B. P.; MOTA, R. R.; ALVES, T. C. L. (2008), Implementing lean construction concepts in a residential project. **Proceeding …** In: 16th Annual Conf. of International Group for Lean Construction (IGLC – 16), Manchester.

MULLENS, M.A.; NAHMENS, I. Lean principles applied to pre-cast concrete homebuilding. **Institute of Industrial Engineering Annual Conference and Exposition**, IIE Construction Divisions, Houston, Texas, 2004.

NAHMENS, I. and IKUMA, L.H. (2009), "An empirical examination of the relationship between lean construction and safety in the industrialized housing industry", ***Lean Construction* Journal**, pp. 1-12.

NAHMENS, I. and IKUMA, L.H., 2012. Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding. ***Journal of Architectural Engineering***, 18(2), pp.155-163. Napier, T., (2012). "Construction Waste Management", National Institute of Building Science, Available at: <http://www.wbdg.org/resources/cwmgmt.php>. Access on: 22 Feb. 2017.

NETO, J.P.B. The relationship between strategy and Lean Construction. **IGLC-10**, Gramado, Brasil, 2002.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2. Ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

OLIVEIRA, D.; LIMA, M.; MEIRA, A. Identificação das ferramentas da lean nas construtoras de João Pessoa. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa – Paraíba, 2007.

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição:** Estudo de caso da Resolução 307 do CONAMA. Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2008. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ >. Acesso em 05 mar. 2017

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTEL, U. H. O.; ZANTA, V.M.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B. Determinação da taxa de Geração de RCC: estudo de caso das obras do campus I da UFPB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 26, 2011. Porto Alegre - RS, 2011.

OLIVEIRA, É. R. M. (2013). **Metodologia de implantação da construção enxuta: estudo de caso em construtora de porte médio**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PALIARI, J. C. **Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. 473 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,

PAPPU, A., SAXENA, M., ASOLEKAR, S.R., 2007. Solid wastes generation in India andtheir recycling potential in building materials. Build. Environ. 42 (6),2311–2320.

PERRY, F., and KIRSTY, M. (2007), "Assessing brick waste on domestic construction sites for future avoidance" Available at: <http://epress.lib.uts.edu.au/research/handle/10453/11232?show=full> Access on: 25 25 Mar. 2017.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre: v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. **Proceedings…**In. 12th Annual Conference on Lean Construction, 2004, Elsinore. 2004.

PINTO, T.P., **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 189 p, 1999.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon – SP**. São Paulo, 2005.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Brasília: Caixa, 2005. 196 p. (Manual de orientação, 1). Como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios.

PHENG, L. S.; SHANG, G.; PETER, L. **International Journal of Construction Project Management; Hauppauge** 8.1 (2016): 3-23.

Polat, G., and Ballard, G., 2004. Impact of Client's Attributes on Project Performance in Turkey. Submitted to 6111 International Congress on Advances in Civil Engineering.

RABECHINI Jr., R.; CARVALHO, M. M. **Gerenciamento de Projetos na Prática:** Casos Brasileiros. São Paulo: Atlas, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see; value stream mapping to create value and eliminate muda**. Brookline, Massachussetts, USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.

Sacks R., Rosenfeld Y. and Rozenfeld O. (2005),"Lean Scheduling for Safety: Developm ent of a Time-dependent Risk Level Model", **Proceedings…** In: *13th International Group for Lean Construction Annual Conference*, Sydney, Australia.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A. & Owen, R., 2010. Interaction of lean and building information modeling in construction**. Journal of construction engineering and management**, 136(9), pp. 968-980.

SAGGIN, A. B., VALENTE, C. P., MOURÃO, C. A. M. A. and Cabral, A. E. B. 2015. Comparing Investments in Sustainability with Cost Reduction from Waste due to Lean Construction. **Proceedings…** In: *23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Perth, Australia, July 29-31, pp. 223-232. Available at: <www.iglc.net> . Acess on: 02 Mar. 2017.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; LUEGRING, M. Site Implementation and Assessment of construção enxutaTechniques. ***Lean Construction* Journal**, Volume 02, Issue 02, 2005.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; MINKARAH, I. Lean Construction: From Theory to Implementation, **Journal of Management in Engineering,** ASCE/Oct. 2006.

SALGIN, Burcu; ARROYO, Paz; BALLARD, Glenn. Exploring the relationship between lean design methods and C&D waste reduction: three case studies of hospital projects in California. **Revista Ingeniería de Construcción,** Santiago, Chile, v. 31, n. 3, p.191-200, set. 2016.

SANCHES, A.M..; PEREZ, M.P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais:** um estudo de caso. 1995. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management.** Thesis, School of Construction and Property Management, Univesity of Salford, Salford, UK, 1999.

SANTOS, A.; POWELL, J.; FORMOSO, C.T. Evaluation of current use of production management principles in construction practice. **IGLC-7**, Califórnia, EUA, 1999.

SANTOS, N.C.R.; *et al*. Implantação do 5S para Qualidade nas Empresas de Pequeno Porte na Região Central do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2006

SILVA, F.B. and CARDOSO, F.F. (1999), "Applicability of logistics management in lean construction: a case study approach in Brazilian building companies", **Proceedings…** In: **…** In: 7th Annual Conf. of International Group for Lean Construction (IGLC-7), 26 - 28 July, University of California, Berkeley, CA.

SILVA,E.L.DA; MENEZES. E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, UFSC, 4. ed. Ver. Atual. Florianópolis 2005;

SLACK, N. *et al*. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SHINGO, S. A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Toquio, Japan Management Association, 1981.

SHINGO, S. **A study of the Toyota Production System from an industrial engineering point of view**. Translated by Andrew P. Dillon. Cambridge, MA: Productivity Press, 1989.

SHINGO, S. (1996). **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Artmed, 2 Ed.

SKOYLES, E. R. Materials wastage: a misuse of resources. Building Research and Practice, CP 67/76, Oct. 1976.

SKOYLES, E. R. Site accounting for waste of materials. Garston: Building Research Establishment, 1978. (CP 5/78).

SKOYLES, E. R.; SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle.** 1993. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOLOMON, J. A. **Application of the principle of Lean Production to construction**. Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, College of Engineering, B.S.C.E, University of Cincinnati, Cincinnati, 2004.

SONG, L. and LIANG, D., 2011. Lean Construction Implementation and Its Implication on Sustainability: A Contractor's Case Study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, 38, pp.350-359.

SOUZA, U. E. L. de; AGOPYAN, V.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.** SENAI; ITQC; PCC USP. São Paulo. 1998

SOUZA, U. E. L. *et al*. Perdas de Materiais nos Canteiros de obra: A Quebra do Mito. **Revista Qualidade**, 2004.

SWANA, THE SOLID WASTE ASSOCIATION OF NORTH AMÉRICA. Construction waste & demolition debris recycling. Maryland: SWANA, 1993.

Tam, V. W. Y, Shen, L. Y, and Tam, C. M. (2007). Assessing the levels of material wastage affected by sub-contracting, relationships and projects types with their correlations, **Building and Environment**, 42, pp. 1471-1477.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Look ahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais…** Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

USEPD, 2009. Buildings ad their Impact on the Environment: A Statistical Summary. US EPA ARCHIVE DOCUMENT. USEPD. Available at: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/pdf/gbstats.pdf > Acess on: 22 Feb. 2017.

VALVERDE, D. S. G.; CINTRA, M. A. H. **O 5S e sua implantação na pequena empresa construtora de edificações.** 2º Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, Viçosa, 2006.

Vilasini.N, Neitzert T. R., Gamage J.R. Lean Methodology To Reduce Waste In A Construction Environment. 15th Pacific Association Of Quantity Surveyors Congress Conference Paper · 23 – 26 July 2011

WALTER, O. M. F. C.; ZVIRTES, L. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressores de ar.** XXVIII ENEGEP 2008. Rio de Janeiro.

WERKEMA, M. C. C.. ***Lean* seis Sigma –** Introdução às ferramentas do *Lean Manufacturing.* 1ª edição. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2010.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. & ROSS, D. (1990). **The machine that changed the world.** New York: Macmillan Publishing Company.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D (2004). **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus.

WIGINESCKY, B.B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo:** um estudo de caso. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba; 2009.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZORDAN, S.E. **Entulho da indústria da construção civil** - Fichas Técnicas. São Paulo, maio 2000. Disponível em: <http:/T/www.reciclagem.pcc.usp/artigos1.htm> . Acesso em: 24 maio. 2017.

ZULZAHA, F.F., 2014. New plan to manage solid waste systematically. Star. del Rio Merino, M., Izquierdo Gracia, P., Weis Azevedo, I.S., 2010. Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. Waste Manage. Res. 28 (2), 118–129, http://dx.doi.org/10.1177/0734242x09103841.

APÊNDICE A - PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

1 Visão geral do estudo de caso

Este projeto de estudo de caso visa investigar e analisar o impacto e contribuição da adoção do *Lean Construction* sobre a redução da geração de RCC, em duas obras de construção vertical localizadas no Município de Belém.

A importância deste trabalho decorre do fato de que foram encontrados apenas três estudos na literatura com uma conexão direta entre as práticas *Lean* e os Resíduos da Construção Civil, tais como: Agyekum, Ayarkwa e Adjei-kumi (2013), Salgin, Arroyo e Ballard (2016). Assim, há necessidade de se realizar mais estudos e ampliar as discussões a cerca da relação entre essas duas áreas.

Dessa forma, será feito um estudo de caso múltiplo em um canteiro de obra de uma empresa construtora que possui as certificações de qualidade ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A, na condição de que essa adota às práticas do *Lean Construction*, o qual será chamado de canteiro A, e em uma obra de uma empresa que não possui nenhuma certificação, considerando que essa não adota tais práticas em suas obras, chamada de canteiro B, visando compará-las e verificar quais os impactos e as contribuições das práticas *Lean Construction* para a redução dos Resíduos da Construção Civil.

Portanto, este protocolo descreve os procedimentos necessários para a condução do estudo de caso, com o propósito de aumentar a confiabilidade da pesquisa. Vale ressaltar que todas as informações coletadas serão mantidas em sigilo, e não serão divulgados os nomes das pessoas, assim como, a razão social das empresas entrevistadas. Após a finalização da dissertação será fornecida uma cópia da mesma para cada empresa participante da pesquisa.

2 Procedimentos de Campo

O procedimento de campo deste estudo inclui: o plano de coleta de dados e a preparação para realização das visitas, e deverão ocorrer em três etapas.

Plano de Coleta de dados

Na etapa 1, serão agendados entrevistas com os executivos das empresas a fim de obter informações sobre a empresa em estudo, tais como: tempo de atuação, segmento, histórico/evolução da empresa, número de funcionários, metros quadrados construídos por ano, número de empreendimentos lançados, número de empreendimentos em construção e as certificações e premiações obtidas, conforme APÊNDICE – B.

Para a realização da etapa 2, serão agendadas entrevistas com os Engenheiros responsáveis por gerenciar os canteiros de obras, e a fim de complementar determinadas informações serão entrevistados informalmente alguns operários. Essas entrevistas serão agendadas pessoalmente mediante visita a sede da construtora, onde uma data será proposta, de acordo com a disponibilidade da empresa.

Essa coleta de dados será realizada por meio de entrevistas com base em um roteiro semiestruturado elaborado pelo autor (APÊNDICE – C) com perguntas abertas e um questionário elaborado a partir das práticas *lean* levantadas por Carvalho (2013), baseados na revisão de literatura e nos aspectos relacionados ao objetivo deste estudo, com o intuito de auxiliar na investigação de todos os aspectos relacionados às práticas do *Lean Construction* e Resíduos da Construção Civil.

E na etapa 3, a coleta será realizada por meio de observações diretas nos canteiros de obras e registro fotográfico se possível com objetivo de descrever a atual situação do canteiro, para isso será solicitada a autorização para o acesso e permanência do pesquisador nas dependências das empresas em um período de quatro meses, com uma visita a cada semana. Bem como, consulta a informações disponíveis em documentos internos das empresas em estudos relacionados ao tema deste trabalho ou em registros de arquivos se houver, para ampliar o entendimento a cerca das empresas em estudo.

Importante destacar, que antes da realização das entrevistas serão anotadas as informações básicas a cerca do entrevistado, tais como: departamento, cargo, função, tempo na função e na empresa. Será solicitada a gravação da entrevista para posterior consulta. Durante as entrevistas, serão anotadas as informações mais relevantes inerentes ao trabalho, buscando sempre estimular os entrevistados a contribuírem livremente com o estudo, e a sua duração poderá ser ajustada conforme a necessidade do entrevistado.

2.2 Preparação para a realização das entrevistas

Para a realização das entrevistas será enviado previamente um e-mail aos entrevistados com a descrição geral do estudo com o intuito de situá-los sobre o objetivo deste estudo, e será levado na pesquisa de campo: o roteiro de entrevista e cópias deste roteiro para os entrevistados, quadros impressos para a coleta de dados, gravador, bloco de notas, prancheta, caneta, pen drive e máquina fotográfica se permitido. Importante ressaltar, que o pesquisador estará com vestimenta adequada (bota, calça e camisa/blusa fechadas) para o acesso às instalações.

3 Questões de estudo de caso

Essas questões são os lembretes relacionados com a informação que necessita ser coletada e por quê. Por isso, na etapa 1 dos procedimentos de campo serão abordados tópicos relacionados às características do entrevistado e da empresa em estudo com o intuito de conhecê-las, tais como:

3.1 Características do Entrevistado

- Departamento
- Cargo
- Função
- Tempo na função
- Tempo na empresa

3.2 Características da empresa

- Tempo de atuação
- Número de funcionários (em obra e no setor administrativo – incluindo os próprios e terceirizados)
- Porte da empresa
- Segmento de atuação (ex. edificações públicas, residenciais, comerciais, projetos de engenharia e arquitetura, incorporação e venda de imóveis, etc.)
- Público alvo (classe alta, classe média ou classe baixa)

- Principais clientes (outras construtoras, incorporadoras de edifícios, órgão público, consumidor final, pessoa jurídica do setor privado, etc.)
- Metros quadrados construídos por ano
- Números de empreendimentos lançados
- Tipos dos empreendimentos (alto padrão, padrão normal ou padrão popular)
- Certificações e premiações (ex. ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, etc.)

Na etapa 2, serão abordados tópicos com o profissional responsável por gerenciar a obra de ambos canteiros visando investigar todos os aspectos relacionados às práticas do *Lean Construction* e os Resíduos da Construção Civil, tais como:

- Conhecimento do termo *Lean Construction* e os benefícios oriundos de suas práticas
- Dificuldades enfrentadas na implementação das práticas do *Lean Construction*
- Motivo da não adoção das práticas do *Lean Construction*
- Planos futuros de implementação das práticas do *Lean Construction*
- Dificuldades que o canteiro de obra enfrenta atualmente
- Materiais que geram o maior índice de resíduos na obra
- Principais causas das perdas e desperdícios na obra
- Práticas estão sendo adotadas para minimização das perdas e desperdícios no canteiro de obra
- Plano de Gestão de Resíduos implantando no canteiro de obras
- Realização da caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequado de RCC conforme a resolução n° 307/2002
- Exemplos de redução do volume de RCC
- Opinião a cerca da possibilidade de redução dos RCC por meio das práticas *lean*

Importante ressaltar que algumas perguntas serão feitas apenas para o Engenheiro de determinado canteiro, em razão de se considerar, conforme seção 3.2.3 dos procedimentos metodológicos, como condição para adoção das práticas do *Lean Construction* as certificações de qualidade NBR: ISO 9001:2008 e PBQP-H nível A.

E na etapa 3, busca-se realizar as seguintes atividades:

- Observação "*in loco*" para verificar questões de infraestrutura, organização, fluxos, processos, procedimentos, práticas que são e não são adotadas por meio de observações periódicas nos canteiros, e as possíveis práticas *Lean* que poderiam ser implementadas para redução dos RCC.
- Coleta de dados a partir de possíveis documentos que possam ser fornecidos pelas empresas relacionados ao tema em estudo para análise complementar.

4 Guia para a elaboração da análise de resultados e discussões

Os resultados obtidos a partir da coleta de dados serão apresentados em um relatório individual de cada caso em formato de texto, que incluirá: os dados da construtora, a caracterização da obra e canteiro em estudo, o resultado da entrevista e questionário realizado com o engenheiro responsável pela obra em estudo; e das observações feitas na obra quanto às práticas adotadas. Posteriormente, será feito um relatório de casos cruzados, àqueles resultados serão resumidos em formato de tabelas, e discutidos minuciosamente, buscando considerar as possíveis explanações e possibilidades rivais encontradas na literatura relacionadas ao tema em estudo, e validar as proposições teóricas definidas.

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTAS – ETAPA 1

1) DADOS DO ENTREVISTADO

- Qual o seu departamento?
- Qual o seu cargo?
- Qual a sua função?
- Qual o seu tempo na função?
- Qual o seu tempo na empresa?

2) DADOS DA CONSTRUTORA

- Qual o seu tempo de atuação?
- Qual é o número de funcionários existentes (em obra e no setor administrativo – incluindo os próprios e terceirizados)?
- Qual o seu segmento de atuação (ex. edificações públicas, residenciais, comerciais, projetos de engenharia e arquitetura, incorporação e venda de imóveis, etc)

- Quem é o público alvo (classe alta, classe média ou classe baixa)?
- Quem são os seus principais clientes (outras construtoras, incorporadoras de edifícios, órgão público, consumidor final, pessoa jurídica do setor privado, etc.)?
- Qual a quantidade de metros quadrados construídos por ano?
- Qual o número de empreendimentos lançados?
- Quais os tipos dos empreendimentos (alto padrão, padrão normal ou padrão popular)?
- A empresa possui alguma certificação ou premiação (ex. ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, etc.)?

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTAS – ETAPA 2

3) DADOS DA OBRA

- Qual a localização do empreendimento (endereço)?
- Qual o tipo de empreendimento?
- Quantas torres e pavimentos se houver? E qual a área construída em m²?
- Qual a data de início da obra e a previsão de término?

4) PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO CANTEIRO DE OBRA

- Você conhece o termo *Lean Construction* e os benefícios oriundos de suas práticas?
- Quais as dificuldades enfrentadas na implementação das práticas do *Lean Construction*? (CANTEIRO A)
- A empresa tem planos futuros de implementação das práticas do *Lean Construction*? (CANTEIRO B)
- Qual motivo a que você atribui a não adoção das práticas do *Lean Construction*? (CANTEIRO B)
- Quais as maiores dificuldades que o canteiro de obra enfrenta atualmente?
- Quais os materiais que geram o maior índice de resíduos na obra?
- Quais as principais causas das perdas e desperdícios na obra?
- Quais práticas estão sendo adotadas para minimização das perdas e desperdícios no canteiro de obra?
- Há um plano de Gestão de Resíduos implantando no canteiro de obras?

- É feita a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequado de RCC conforme a resolução n° 307/2002?
- Podes mencionar alguns exemplos de redução do volume de RCC?
- Você acha que as práticas do *Lean Construction* poderiam reduzir os RCC?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PROPOSTO – ETAPA 2

Princípios	Práticas Adotadas	SIM	NÃO
Reduzir as atividades que não agregam valor	Há incentivos para a redução de desperdícios na obra?		
	Há redução de desperdícios desde a fase de concepção do projeto?		
	Os trabalhadores são encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado?		
	Há planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos?		
	Há utilização de pré-moldados na obra?		
	A segurança dos trabalhadores é garantida na obra?		
	Há adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia?		
	Há adoção de ferramentas de TI para detectar e corrigir erros antes da produção?		
Aumentar o valor para o cliente	Você acha que a construtora pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto?		
	Há identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto?		
	Há realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação?		
	Há mudança de métodos construtivos quando necessário?		
	Há ou haverá manutenção antes da entrega?		
	O projeto é executado mantendo os prazos planejados?		
Reduzir a variabilidade	Há utilização de dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes?		
	Há padronização nas atividades? Cite algum exemplo?		
	Há medição, identificação e eliminação de problemas no processo?		
Reduzir os tempos de ciclo	Há gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas?		
	As atividades que agregam valor são isoladas das atividades de suporte?		
	A ordem dos processos é alterada quando necessário?		
	Há busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra?		
	Há fiscalização diária na obra?		
	Há cumprimento e melhoramento da programação de tarefas?		
	Há ou houve alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação?		
Simplificação dos processos	São utilizados pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos?		
	Há ou houve minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento?		

	O fluxo de trabalho é confiável?		
Aumentar a flexibilidade das saídas	Você considera os s*et-ups* (tempo decorrido para a troca de uma ferramenta, programa ou equipamento de um processo em execução até a inicialização do próximo processo) rápidos?		
	Há utilização de equipamentos flexíveis?		
	Há operários multifuncionais?		
	Há planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias?		
Aumentar a transparência dos processos	É explícito a todos os funcionários os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento destes na execução?		
	Há manutenção da limpeza e da organização do ambiente de trabalho?		
	Há controles visuais na obra?		
Focar no planejamento e controle do processo completo	Há o uso da ferramenta *Last Planner*?		
	Há acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma?		
	Há identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidências de erros?		
	Há planos semanais para controle do fluxo de trabalho?		
	Há o estabelecimento de marcos no projeto?		
	Há planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades?		
	Há controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção?		
	Há uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado?		
Melhoria contínua dos processos	Há o desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro?		
	Há o uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe?		
	Há ou houve redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia?		
	Os funcionários são encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo?		
	Há reuniões periódicas da equipe?		
	Há treinamento periodicamente?		
	Há o uso de indicadores de desempenho?		
Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	Há gestão e análise de fluxos de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades?		
	Há o desenvolvimento das competências gerenciais dos profissionais para promoção do		

	processo de mudança?		
Benchmarking	Existe uma busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países?		

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO ENGENHEIRO DO CANTEIRO DE OBRA A

Princípios	**Práticas Adotadas**	**SIM**	**NÃO**
Reduzir as atividades que não agregam valor	Há incentivos para a redução de desperdícios na obra?	X	
	Há redução de desperdícios desde a fase de concepção do projeto?	X	
	Os trabalhadores são encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado?	X	
	Há planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos?		X
	Há utilização de pré-moldados na obra?	X	
	A segurança dos trabalhadores é garantida na obra?	X	
	Há adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia?	X	
	Há adoção de ferramentas de TI para detectar e corrigir erros antes da produção?	X	
Aumentar o valor para o cliente	Você acha que a construtora pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto?	X	
	Há identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto?	X	
	Há realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação?		X
	Há mudança de métodos construtivos quando necessário?	X	
	Há ou haverá manutenção antes da entrega?	X	
	O projeto é executado mantendo os prazos planejados?	X	
Reduzir a variabilidade	Há utilização de dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes?	X	
	Há padronização nas atividades? Cite algum exemplo?	X	
	Há medição, identificação e eliminação de problemas no processo?	X	
Reduzir os tempos de ciclo	Há gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas?		X
	As atividades que agregam valor são isoladas das atividades de suporte?		X
	A ordem dos processos é alterada quando necessário?	X	
	Há busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra?	X	

	Há fiscalização diária na obra?	X	
	Há cumprimento e melhoramento da programação de tarefas?	X	
	Há ou houve alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação?	X	
Simplificação dos processos	São utilizados pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos?		X
	Há ou houve minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento?		X
	O fluxo de trabalho é confiável?	X	
Aumentar a flexibilidade das saídas	Você considera os s*et-ups* (tempo decorrido para a troca de uma ferramenta, programa ou equipamento de um processo em execução até a inicialização do próximo processo) rápidos?	X	
	Há utilização de equipamentos flexíveis?	X	
	Há operários multifuncionais?		X
	Há planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias?	X	
Aumentar a transparência dos processos	É explícito a todos os funcionários os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento destes na execução?	X	
	Há manutenção da limpeza e da organização do ambiente de trabalho?	X	
	Há controles visuais na obra?		X
Focar no planejamento e controle do processo completo	Há o uso da ferramenta *Last Planner*?		X
	Há acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma?	X	
	Há identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidências de erros?	X	
	Há planos semanais para controle do fluxo de trabalho?	X	
	Há o estabelecimento de marcos no projeto?	X	
	Há planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades?	X	
	Há controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção?	X	
	Há uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado?	X	
Melhoria contínua dos processos	Há o desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as fases, assegurada pelo engenheiro?	X	
	Há o uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe?	X	
	Há ou houve redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia?	X	
	Os funcionários são encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo?	X	

	Há reuniões periódicas da equipe?	X	
	Há treinamento periodicamente?	X	
	Há o uso de indicadores de desempenho?		X
Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	Há gestão e análise de fluxos de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades?	X	
	Há o desenvolvimento das competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança?	X	
Benchmarking	Existe uma busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países?		X

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO ENGENHEIRO DO CANTEIRO DE OBRA B

Princípios	Práticas Adotadas	SIM	NÃO
Reduzir as atividades que não agregam valor	Há incentivos para a redução de desperdícios na obra?	X	
	Há redução de desperdícios desde a fase de concepção do projeto?	X	
	Os trabalhadores são encorajados a manterem o local de trabalho limpo e organizado?	X	
	Há planejamento do fluxo de materiais para eliminação ou minimização de estoques e transportes ineficientes de recursos?		X
	Há utilização de pré-moldados na obra?		
	A segurança dos trabalhadores é garantida na obra?	X	
	Há adoção de ferramentas de TI para integrar os agentes da cadeia?		X
	Há adoção de ferramentas de TI para detectar e corrigir erros antes da produção?		X
Aumentar o valor para o cliente	Você acha que a construtora pensa no valor para o cliente em uma perspectiva de "vida inteira" do produto?	X	
	Há identificação clara das necessidades do cliente desde o projeto?	X	
	Há realização de questionários de satisfação durante a entrega e pós-ocupação?		X
	Há mudança de métodos construtivos quando necessário?	X	
	Há ou haverá manutenção antes da entrega?	X	
	O projeto é executado mantendo os prazos planejados?	X	
Reduzir a variabilidade	Há utilização de dispositivos *Poka-Yokes* (dispositivos à prova de erro), como gabaritos e moldes?		X
	Há padronização nas atividades? Cite algum exemplo?	X	
	Há medição, identificação e eliminação de problemas no processo?	X	

Reduzir os tempos de ciclo	Há gerenciamento da interação entre atividades com ênfase na interrelação de tarefas ao invés de tarefas específicas?		X
	As atividades que agregam valor são isoladas das atividades de suporte?		X
	A ordem dos processos é alterada quando necessário?	X	
	Há busca por sincronização e suavização dos fluxos na obra?	X	
	Há fiscalização diária na obra?	X	
	Há cumprimento e melhoramento da programação de tarefas?	X	
	Há ou houve alterações no *layout* de canteiro para otimização de espaço e circulação?	X	
Simplificação dos processos	São utilizados pré-fabricados ou outras técnicas que permitam a redução do número de passos?		X
	Há ou houve minimização do número de etapas, partes e ligações através de planejamento?		X
	O fluxo de trabalho é confiável?	X	
Aumentar a flexibilidade das saídas	Você considera os s*et-ups* (tempo decorrido para a troca de uma ferramenta, programa ou equipamento de um processo em execução até a inicialização do próximo processo) rápidos?	X	
	Há utilização de equipamentos flexíveis?	X	
	Há operários multifuncionais?		X
	Há planos de trabalho semanais para o controle do fluxo de trabalho e desenvolvimento de planos de ação com as readequações necessárias?		X
Aumentar a transparência dos processos	É explícito a todos os funcionários os marcos (*milestones*) estabelecidos no cronograma para envolvimento destes na execução?		X
	Há manutenção da limpeza e da organização do ambiente de trabalho?	X	
	Há controles visuais na obra?		X
Focar no planejamento e controle do processo completo	Há o uso da ferramenta *Last Planner*?		X
	Há acompanhamento do percentual de tarefas concluídas em relação ao cronograma?	X	
	Há identificação das causas das falhas e tomada de medidas para prevenir reincidências de erros?	X	
	Há planos semanais para controle do fluxo de trabalho?		X
	Há o estabelecimento de marcos no projeto?	X	
	Há planejamento da produção visando à manutenção do ritmo de trabalho ao invés de picos de produtividade em determinadas atividades?	X	
	Há controle dos custos e o consumo de matéria prima e mão de obra em cada tarefa de acordo com a demanda definida no planejamento da produção?	X	
	Há uso de erros de planejamento como fonte de aprendizado?	X	
Melhoria contínua dos processos	Há o desenvolvimento de relacionamentos, boa comunicação, integração e coordenação de todas as partes (internas e externas) e em todas as	X	

	fases, assegurada pelo engenheiro?		
	Há o uso de ferramentas colaborativas com os parceiros: delimitação de objetivos comuns, escritórios conjuntos, trabalho em equipe?		X
	Há ou houve redivisão de responsabilidades ao longo da cadeia?		X
	Os funcionários são encorajados a desenvolver ideias e soluções de melhorias para problemas de campo?	X	
	Há reuniões periódicas da equipe?	X	
	Há treinamento periodicamente?		X
	Há o uso de indicadores de desempenho?		X
Equilibrar melhorias de fluxo com melhoria na conversão	Há gestão e análise de fluxos de informações, materiais e mão de obra na delimitação das responsabilidades?		X
	Há o desenvolvimento das competências gerenciais dos profissionais para promoção do processo de mudança?		X
Benchmarking	Existe uma busca por boas práticas analisando obras de empresas concorrentes ou de outros países?		X