

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

**LEAN CONSTRUCTION COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIAS EM
CANTEIROS DE OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NA LITERATURA
NACIONAL**

BAURU

2015

ELAINE CAMERA

**LEAN CONSTRUCTION COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIAS EM
CANTEIROS DE OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NA LITERATURA
NACIONAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP Campus de Bauru (SP), como requisito para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Daniel Jugend

Co-Orientador: Prof^o. Dr^o. Renato Campos

Área de concentração: Gestão de Operações e Sistemas

BAURU

2015

DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO

UNESP – Campus de Bauru

Câmera, Elaine.

Lean Construction como estratégia para melhorias em canteiros de obras: uma revisão sistemática na literatura nacional / Elaine Câmera, 2015

118 f

Orientador: Dr.Daniel Jugend

Co-Orientador: Dr.Renato de Campos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2015.


1. Lean Construction. 2. Produtividade. 3. Construção Civil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE ELAINE DE ARAÚJO CÂMERA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 30 dias do mês de junho do ano de 2015, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. ASSED NAKED HADDAD do(a) Escola Politécnica / Departamento de Construção Civil / Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ELAINE DE ARAÚJO CÂMERA, intitulada "LEAN CONSTRUCTION COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIAS EM CANTEIROS DE OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NA LITERATURA NACIONAL". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS


Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE


Prof. Dr. ASSED NAKED HADDAD

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meus dias e meus passos nesta longa caminhada em busca da realização deste meu objetivo.

Aos meus pais “Evandro de Carvalho Câmera – in memoriam e Salua Mauad Câmera” que me ensinaram como ser uma pessoa melhor a cada dia e aceitar com sabedoria as dificuldades impostas pela vida.

Ao Junior Andrade que sempre acreditou que eu seria capaz e nos momentos em que eu quis desistir deste sonho, me disse bravamente que eu não podia desistir, não agora.

Ao meu filho Renan Câmera Pinheiro que com pouca idade me ensina a lutar cada dia mais por uma vida melhor e entendeu minha ausência nesse longo período de estudo.

A minha filha Beatriz Câmera Andrade – in memoriam que era pequenininha e frágil, mas ao mesmo tempo era tão forte e guerreira que me ensinou a prosseguir atrás desde sonho, mesmo nos momentos mais difíceis que tenho passado.

Ao orientador Daniel Jugend por me orientar nessa jornada em busca da realização desta pesquisa.

Ao orientador Renato de Campos por acreditar que eu seria capaz, pela orientação do presente trabalho e pela convivência durante estes anos.

Ao meu amigo Marcos Daniel Gomes de Castro por todo incentivo e apoio a este trabalho.

Aos professores que contribuíram para minha formação, especialmente a professora Rosane Aparecida Gomes Battistelli.

A todos da equipe da UTI Neonatal do Hospital da Unimed de Bauru que cuidaram com muito carinho de minha filha Beatriz, proporcionando a ela uma melhor condição de vida nos sete meses em que lá ela viveu e me incentivando a ir estudar para alcançar este meu objetivo, fazendo de tudo para me tranquilizar.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

RESUMO

A utilização dos princípios da Lean Construction como estratégia de melhorias em canteiros de obra, vem crescendo diariamente. Este trabalho tem como objetivo identificar com base numa revisão sistemática na literatura nacional, a relação da utilização de princípios e ferramentas da Lean Construction e contribuição no processo de melhorias em canteiros de obra. Os objetivos secundários delimitaram-se em levantar aplicação dos princípios da Lean Construction, avaliar a relação da utilização dos princípios e ferramentas e sua contribuição no processo de melhoria em canteiros de obras e identificar a produção científica relacionada à Lean Construction. A partir do questionamento de como está sendo conduzido o tema na literatura e qual a relação entre a utilização de princípios e ferramentas da Lean Construction e sua contribuição no processo de melhorias em canteiros de obra, o trabalho possibilitou respondê-los, principalmente numa qualificação das publicações sobre o tema na pesquisas nacionais. A conclusão da pesquisa traz resultados como: a ferramenta computacional BIM (Building Information Modelling) foi a ferramenta mais estudada entre os artigos nos últimos 5 anos, 80% dos autores não citam o porte da empresa sendo P (pequena), M (média) e G (grande), houve um avanço nas publicações sobre Lean Construction entre os anos de 2011-2014, abordagem científica, 80% dos artigos referem-se a aplicação prática e 20% são de aplicação teórica, incidiu maior número de publicações que utilizam os princípios: introduzir melhorias contínuas nos processos e aumentar a transparência do processo com 27% das publicações. O conceito dos princípios da Lean Construction versus a ferramenta utilizada está sendo pouco explorado no âmbito da pesquisa científica, justificando assim avançar com discussão acerca do tema. Cita-se o período de tempo referente às principais publicações nacionais, gerando assim pouco volume de produção na área. Outro exemplo constitui na dificuldade na qualificação da produção acadêmica sobre Lean Construction, comprovando que o tema deva ser mais bem trabalhado dado à relevância de sua aplicação prática para o setor econômico do país.

Palavras-chave: Lean Construction, Produtividade, Construção Civil, Qualidade.

ABSTRACT

The use of the principles of Lean Construction as a strategy to improvements in construction sites, is growing daily. This work aims to identify based on a systematic review in the national literature, the utilization ratio of principles and tools of Lean Construction and contribution in the process of improvements in construction sites. Secondary objectives delimited on raising applying the principles of Lean Construction, evaluate the utilization ratio of the principles and tools and their contribution in the improvement process on construction sites and identify the scientific production related to Lean Construction. From the question of how the issue is being conducted in the literature and what is the relationship between the use of principles and tools of Lean Construction and its contribution in the process of improvements in construction sites, work possible answer them, especially in a qualification of publications on the subject in national surveys. The conclusion of the research brings results as a computational tool BIM (Building Information Modelling) was the most studied tool between the articles in the last five years, 80% of authors did not mention the size of the company being P (small), M (medium) and L (large), there was a breakthrough in publications on Lean Construction between the years 2011-2014, scientific approach, 80% of the articles relate to the practical application and 20% of theoretical application, focused highest number of publications that use principles: to introduce continuous improvements in processes and increase the transparency of the process with 27% of the publications. The concept of the principles of Lean Construction versus the tool used being little explored in the scientific research, thus justifying proceed with discussion on the subject. Read the time referring to the main national publications, generating some volume of production in the area. Another example is the difficulty in qualifying the academic literature on Lean Construction, proving that the issue should be better worked given the relevance of its practical application to the economic sector of the country.

Key-words: Lean Construction, Productivity, Construction, Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: PIB do Brasil e PIB da Construção Civil.....	22
Figura 2: Pilares da Lean Production	28
Figura 3: Programa 5 "S".....	39
Figura 4: Gerenciador de Kanbans de Argamassa	41
Figura 5: Gerenciador Visual da Produção - Andon	42
Figura 6: Estoque tipo supermercado da C. Rolim Engenharia.....	43
Figura 7: Programa de Alfabetização nos Canteiros da C. Rolim Engenharia	44
Figura 8: Processo de Planejamento Last Planner	47
Figura 9: Gráfico da Linha de Balanço	48
Figura 10: Abrigo antes, durante e após a realbilitação	51
Figura 11: Etapas da elaboração da Linha de Balanço.....	55
Figura 12: Relação do Serviço com a Cor.....	56
Figura 13: Linha de Balanço.....	57
Figura 14: Desenvolvimento da revisão sistemática.....	68
Figura 15: Gráfico de Publicações	86
Figura 16: Congresso x Revista	89
Figura 17: Localidade da realização das pesquisas.....	90
Figura 18: Abordagem Científica de Lean Construction.....	91
Figura 19: Utilização dos princípios da Lean Construction.....	93
Figura 20: Utilização das ferramentas da Lean Construction.....	95

Figura 21: Porte das Empresas.....	96
Figura 22: Almoxarifado padrão C. Rolim	104
Figura 23 : Almoxarifado da Construtora A	104
Figura 24: Sinalização de Estoque Mínimo para Agregados C. Rolim	105
Figura 25: Estoque de Agregados Construtora A.....	105
Figura 26: Estoques de Tubulações em PVC na obra da C. Rolim.....	106
Figura 27: Estoque de Tubulações em PVC na obra da Construtora A	106
Figura 28: Kanbans de estoque mínimo para blocos e tijolos: C. Rolim	107
Figura 29: Pátio de estoques de materiais da Construtora	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre os princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992).....	32
Quadro 2: Pesquisas sobre o tema Lean Construction	58
Quadro 3: Resultado da Revisão Sistemática	69
Quadro 4: Autores x Princípios da Lean Construction.....	87
Quadro 5: Utilização dos Princípios da Lena Construction na C. Rolim	101

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 JUSTIFICATIVAS	17
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	23
2.3 LEAN PRODUCTION	26
2.4 LEAN CONSTRUCTION	31
2.5 PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION.....	34
2.5.1 Redução das parcelas de atividades que não agregam valor.....	34
2.5.2 Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	35
2.5.3 Reduzir a variabilidade	35
2.5.4 Reduzir o tempo de ciclo	36
2.5.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes	36
2.5.6 Aumentar a flexibilidade de saída.....	36
2.5.7 Aumentar a transparência do processo	37

2.5.8 Foco no controle de todo o processo	37
2.5.9 Estabelecimento de melhoria contínua ao processo	38
2.5.10 Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões	38
2.5.11 Aprender com referências de ponta (Benchmarking).....	38
2.6 FERRAMENTAS DA LEAN PRODUCTION UTILIZADAS NA LEAN CONSTRUCTION	39
2.6.1 5 “S”	40
2.6.2 Kanban	41
2.6.3 Andon	42
2.6.4 Poka Yoke	43
2.6.5 Estoque tipo Supermercado.....	44
2.6.6 Kaizen.....	45
2.6.7 Valorização Humana	45
2.7 FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	46
2.7.1 Porcentagem do Planejado Concluído	46
2.7.2 Last Planner	47
2.7.3 Linha de Balanço.....	49
2.7.4 BIM (Building Information Modeling).....	50
2.8 ESTUDOS DE APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION EM CANTEIROS DE OBRAS.....	51
2.9 AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION EM CANTEIROS DE OBRAS.....	60

3 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	63
3.1 MÉTODO DA PESQUISA	63
3.1.1 Definição do Foco da Pesquisa de Revisão da Literatura	64
3.1.2 Definição das Palavras Chave.....	65
3.1.3 Definição do período de pesquisa e delimitação de escopo.....	65
3.1.4 Seleção das Bases de Dados	66
3.1.5 Busca dos Artigos.....	66
3.1.6 Leitura Sintética e Seleção dos Artigos	66
3.1.7 Coleta, Tratamento e Análise de Dados	67
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
3.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	87
4 COMPARATIVO DE UMA EMPRESA QUE UTILIZA LEAN CONSTRUCTION	98
4.1 ANÁLISE DA C. ROLIM ENGENHARIA.....	98
4.1.1 A Introdução da Lean Construction na C. Rolim Engenharia	99
4.1.2 Ferramentas Lean utilizadas na C. Rolim Engenharia	99
4.2 ANÁLISE DA CONSTRUTORA A	103
4.3 COMPARATIVO ENTRE PRÁTICAS DA C.ROLIM COM O CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA A	104
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
REFERÊNCIAS.....	112

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) tem sido um dos setores de maior relevância dentro na economia brasileira. Conforme dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC, 2014) atualmente existem aproximadamente 223.773 empresas atuantes neste mercado. Este cenário denota a ascensão do setor, impulsionados pelos investimentos do governo federal nos programas habitacionais e eventos realizados no país (Copa do Mundo e Olimpíadas).

Neste período, as empresas da construção civil começaram a sentir uma maior dificuldade na contratação de mão de obra qualificada. Foi percebido com esta deficiência que para conseguir uma maior produtividade se fará necessário promover a melhoria da formação da mão de obra existente e utilizar novas técnicas de construção, tornando assim estas empresas mais competitivas no setor. Segundo Rocha et al. (2004), esta busca por competitividade baseia-se na melhoria da produtividade, qualidade e flexibilidade (capacidade de atender as necessidades individuais dos clientes).

É através de um canteiro de obras bem planejado que se torna possível aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios dos insumos em geral, fatores possíveis de ser alcançados a partir de uma logística integrada de produção. É nesse contexto que surge o Lean Construction, ou construção enxuta, modelo de gerenciamento para a construção civil, desenvolvido por Koskela (1992), como adaptação do Sistema Toyota de Produção, que busca a eliminação total do desperdício e a criação de valor através da aplicação de onze princípios fundamentais. Considerada uma “nova filosofia de produção para a construção civil”, a abordagem da Lean Construction representa uma ruptura com o modelo tradicional de gerenciamento disseminado na indústria da construção civil.

De acordo com Conte (2009), empreendimentos da construção civil que utilizarem os princípios da Lean Construction terão os riscos de perda de valor

minimizados a partir da redução da variabilidade; esta é uma das propostas da Lean Construction entre outras.

Durante a realização deste trabalho os termos métodos, técnicas, práticas e ferramentas serão tratados como ferramentas para facilitar o entendimento das mesmas.

Diante deste cenário, a pesquisa proposta traça um panorama sobre a utilização dos princípios e ferramentas da Lean Construction para melhorias em canteiros de obras por meio de revisão sistemática sobre o tema em análise nas principais publicações nacionais.

1.1 Problema de Pesquisa

A Lean Construction se apresenta como uma importante abordagem para a construção civil.

Devido à poucas revisões sistemáticas nas publicações nacionais referentes a Lean Construction e sua abordagem com as diferentes atividades que envolvem a construção civil surgem o seguinte questionamento: Como está sendo conduzido o tema na literatura? Qual a relação da utilização de princípios e ferramentas da Lean Construction e sua contribuição no processo de melhorias em canteiros de obra?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Identificar e analisar os princípios e as ferramentas da Lean Construction, a partir de uma revisão sistemática da literatura e sua contribuição para melhorias em canteiros de obras.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar a produção científica nacional relacionada à aplicação dos princípios e ferramentas da Lean Construction em construtoras.
- b) Avaliar a relação da utilização dos princípios e ferramentas da Lean Construction e contribuição na melhoria em canteiros de obras;

1.3 Justificativas

A indústria da construção civil é de suma importância hoje para a economia do país. Ela atualmente é responsável por grande parte da elaboração de infraestrutura para o Brasil ao produzir estradas, indústrias, hospitais, aeroportos dentre outros.

A construção civil é identificada como geradora de empregos, com capacidade de absorção de expressivos contingentes de mão de obra, especialmente de profissionais menos qualificados e socialmente mais dependentes, com grande sensibilidade às características regionais e sociais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2013 o número de empregos na construção civil atingiu 2,8 milhões de trabalhadores com carteira assinada.

Para Barros (2005), a relevância econômica da construção civil não se limita apenas à participação no PIB do país, mas também à sua expressão socioeconômica, pelos empregos que gera.

A produtividade da mão de obra é um indicador de avanço tecnológico e de aumento da eficiência produtiva. Apesar dos avanços recentes, a produtividade brasileira na construção civil ainda é muito baixa em comparação com outros países vindo a ser 35% da produtividade americana, por exemplo (ABIKO et al., 2005).

De acordo com Lorenzon (2008), a baixa produtividade e o desperdício na construção civil são históricos, e dentro da situação atual de escassez de

recursos, as indústrias necessitam realizar modificações para poderem subsistir. A indústria da construção civil deve realizar algumas mudanças para se ajustar às tendências atuais de mercado.

Identificam-se iniciativas estratégicas para uma melhoria no setor, como a construção de um sistema computacional integrado, a industrialização e o gerenciamento da qualidade total. Dispõe-se também de técnicas operacionais e táticas, como ferramentas de planejamento e controle de projeto, métodos organizacionais e métodos de melhoria de produtividade, sendo uma delas a construção enxuta (KOSKELA, 1992).

De acordo com Ballard e Howell (1998), adjunto ao conceito de que a construção enxuta surge como geradora de melhorias, utiliza-se a padronização de produtos e tarefas e a entrega instantânea com estoque zero. Este plano maximiza o valor do produto e minimiza as perdas. Sua aplicação na construção civil se dá com uma mudança na maneira de se enxergar e de se fazer a construção.

Dada a importância desta nova filosofia no cenário da construção civil, este trabalho irá colaborar para o entendimento e disseminação dos conceitos de Lean Construction, auxiliando pesquisadores e empresas atuantes na construção civil no processo de conhecimento da aplicação dos princípios da Lean Construction em canteiros de obras, conscientizando que com a utilização dos princípios desta filosofia há uma melhora significativa nos resultados de seus empreendimentos.

Embora os fatores supracitados justifiquem a importância de pesquisas no tema, pode-se identificar poucos estudos referentes à Lean Construction, apresentando assim dificuldade na realização de pesquisas sobre o tema no Brasil.

De acordo com Peretti et al. (2013), a Construção Enxuta ainda está em fase de maturação e necessitando que mais pesquisadores dediquem-se a este campo de pesquisa.

Rezende et al. (2012) observaram a necessidade de se expandir os estudos referentes à filosofia Lean Construction, em específico que demonstrem a redução dos custos como benefício. Eles sugerem também outros estudos que

mostrem e comprovem a eficácia das práticas da filosofia no setor da construção civil visando à sensibilização dos gestores das empresas desse setor.

Já Costa et al. (2010), em um levantamento bibliográfico perceberam certo caráter de ineditismo quando se trata de Lean Construction, haja vista o reduzido número de trabalhos científicos sobre o tema.

Portanto investigar o tema Lean Construction ou Construção Enxuta é de muita importância no avanço científico e prático para o contexto atual e poderá contribuir para futuras pesquisas nos programas de pós graduação da Faculdade de Engenharia de Bauru e em programas específicos de Engenharia de Produção e Engenharia Civil.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo é apresentada uma introdução geral sobre o cenário da construção civil atual no Brasil e o surgimento de uma nova filosofia de produção. Logo após é evidenciado o problema de pesquisa, seguido do objetivo geral da dissertação e dos seus objetivos específicos. E por último são apresentadas as justificativas da pesquisa.

Capítulo 2 – Revisão da Literatura: Neste capítulo é feita a revisão da literatura, iniciando pelo cenário da indústria da construção civil apresentando inicialmente um cenário atual do mercado, suas principais características e problemas. Depois é apresentado o Sistema Toyota de Produção, seguido pela apresentação da Lean Production, fechando com uma apresentação dos conceitos e princípios da Lean Construction. Em seguida é apresentada algumas ferramentas: Porcentagem do Planejado Concluído, Last Planner, Linha de Balanço, 5S, Kanban, Andon, Poka Yoke entre outros exemplos de ferramentas utilizadas na Lean Construction. O capítulo finaliza relatando sobre estudos de diagnóstico e aplicação da Lean Construction em canteiros de obras.

Capítulo 3 – Método da Pesquisa e Revisão Sistemática sobre Lean Construction: Este capítulo apresenta a definição do método adotado para a realização da pesquisa e o desenvolvimento da revisão sistemática.

Capítulo 4 – Análise de aplicação e comparação: Neste capítulo é feita uma apresentação da C.Rolim Engenharia, onde é citado desde a implantação da Lean Construction na empresa e quais as práticas e ferramentas Lean utilizadas na empresa. Depois é apresentada a Empresa A e seu diagnóstico preliminar. Ainda neste capítulo é feito um comparativo das melhores práticas da C.Rolim com a situação atual da Empresa A.

Capítulo 5 – Considerações Finais: Este capítulo apresenta as considerações finais resultantes da elaboração do trabalho.

E por fim são apresentadas as referências utilizadas para a construção da revisão da literatura ao longo da dissertação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentadas características da indústria da construção civil e aplicações de princípios e ferramentas pertinentes a Lean Construction neste tipo de segmento.

2.1 A Indústria da Construção Civil

A construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados. A indústria da construção promove incrementos capaz de elevar o crescimento econômico. Isso ocorre principalmente pela proporção do valor adicionado total das atividades, como também pelo efeito multiplicador de renda e sua interdependência estrutural (TEIXEIRA, 2010).

A indústria da construção civil tem enfrentado nos últimos anos grandes modificações, causadas devido ao crescente grau de competição existente entre as empresas do setor no país. A globalização dos mercados, a elevação no nível de exigência por parte dos consumidores, entre outros aspectos, têm estimulado as empresas a buscar melhores níveis de desempenho através de investimentos em gestão e tecnologia da produção. Assim, a exemplo do que vem ocorrendo em outros setores industriais, a função produção vem adquirindo um papel cada vez mais estratégico na determinação do grau de competitividade das empresas de construção civil (SARCINELLI, 2008).

O modelo de gestão utilizado por grande parte das construtoras é baseado em processos de conversão, que transformam insumos em produtos intermediários ou finais, porém essa definição de produção tem ignorado muitas vezes algumas atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão, como por exemplo, a movimentação de materiais, de pessoas e informações. Essas atividades são caracterizadas por não agregar valor ao produto (KOSKELA, 1992).

Souza et al. (1997) relatam ainda que a gestão da produção na construção é dificultada por algumas particularidades do setor, tais como:

- a) caráter único do produto;
- b) uso intensivo de mão de obra;
- c) produção sujeita a ação de intempéries;
- d) responsabilidades diversas e pouco definidas;
- e) grau de precisão menor do que em outros tipos de indústria, seja em termos de precisão dimensional ou de prazos e custos.

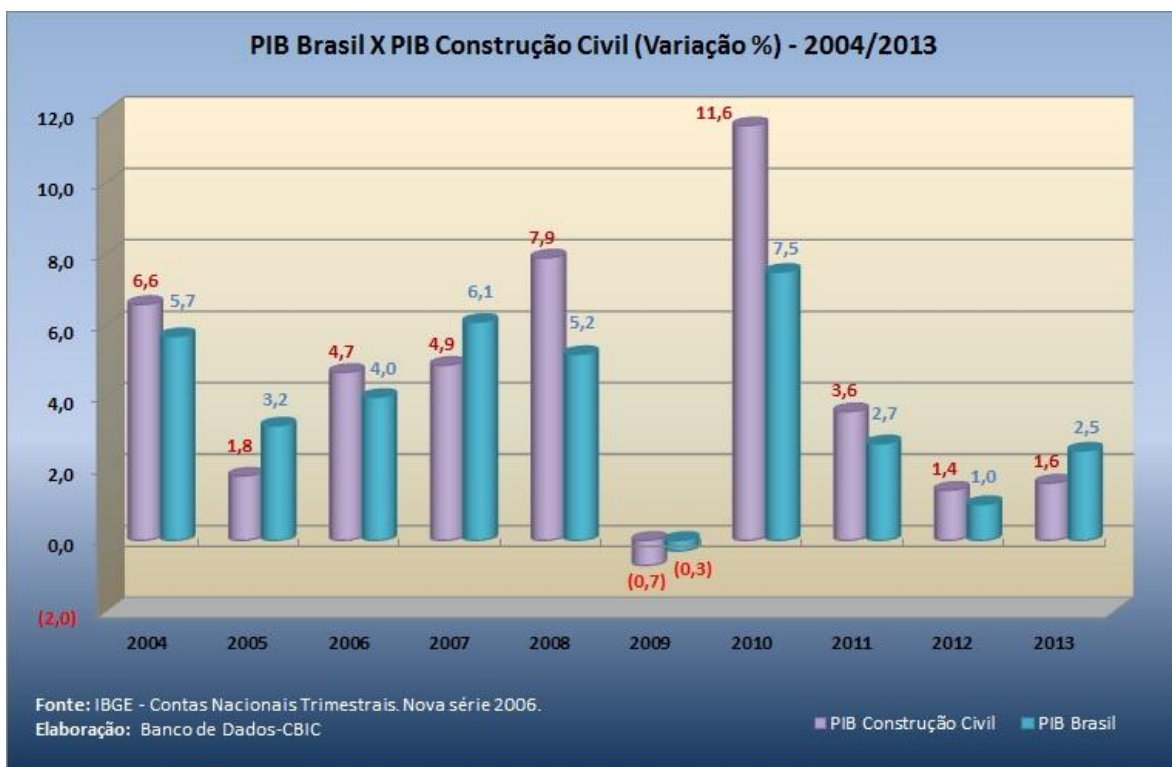
A indústria da Construção Civil (ICC) no Brasil demonstra significativa importância para o contexto do nosso país. Não somente no que tange o setor da economia mas também no contexto social.

Conforme dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC, 2014) atualmente existem em média mais de 200 mil empresas atuantes neste mercado.

A construção Civil está passando por uma fase de grande crescimento, principalmente nos últimos três anos, com níveis elevados de crescimento e aumentando assim o PIB. Esse crescimento se deve aos programas habitacionais sempre crescentes do governo e aos grandes eventos tais como a Copa do Mundo de Futebol e as Olimpíadas.

Na figura 1 visualiza-se o grande crescimento do setor da construção civil em relação ao crescimento do PIB brasileiro.

Figura 1: PIB do Brasil e PIB da Construção Civil



Fonte: CBIC (2014).

Apesar dos avanços, o setor da construção civil em contraste com outros setores como o automobilístico, necessita de incorporar técnicas mais nacionais de produção, tal como o sistema Toyota de produção.

O tópico 2.2 deste capítulo irá relatar o surgimento do Sistema Toyota de Produção.

2.2 Sistema Toyota de Produção

Na década de 50, segundo Womack et al. (2004), grande parte da mão de obra da empresa japonesa Toyota teria que ser demitida pois houve uma restrição

de crédito que resultou em uma crise. Como resultado a Toyota ficou com mão de obra reduzida e poucos recursos à disposição para investimentos.

Com a necessidade de as empresas japonesas continuarem ativas no mercado automobilístico, a Toyota Motor Company desenvolveu um sistema de produção que superasse a máquina de fazer carros que eram os Estados Unidos. Enquanto que em treze anos de funcionamento, a Toyota teria produzido um total de 2.685 automóveis em todo o período, as montadoras americanas de automóveis produziam diariamente 7.000 unidades. Neste cenário, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno iniciaram um esforço para a mudança dessa situação. Ohno deu início às suas experiências agrupando os trabalhadores em equipes com um líder. As equipes recebiam um grupo de atividades de montagem e uma área da linha de produção, e assim elas trabalhavam juntas da melhor maneira para realização das operações necessárias. Em um próximo passo, ele deu às equipes as tarefas de limpeza, pequenos reparos de ferramentas e controle de qualidade (WOMACK et al., 2004).

Por último, após as equipes estarem trabalhando de maneira contínua, Womack et al. (2004) explicam que reservou-se um horário periodicamente para que a equipe sugerisse maneiras de gerar uma melhoria coletiva do processo. Este processo de aperfeiçoamento contínuo e gradual, em japonês chamado kaizen, ocorre em colaboração com engenheiros industriais, que ainda existiam, mas em quantidade muito menor.

Segundo Womack et al. (2004), 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. À medida que os trabalhadores obtiveram experiência em identificar e rastrear os problemas até a raiz, o número de erros foi reduzido

bruscamente. Outras consequências foram a redução da necessidade de retrabalho e o aumento da qualidade dos carros fabricados (WOMACK et al., 2004).

O objetivo do sistema Toyota era reduzir os estoques finais e intermediários; para tal ele trabalhava com pequenos lotes de produção e uma alta quantidade de entregas e transporte (SHINGO, 1996).

De acordo com Ballard e Howell (1995), Ohno eliminou os estoques de segurança reduzindo os estoques entre os processos. Com a responsabilidade dos trabalhadores em identificar e em corrigir defeitos, tornou-se necessário resolver os problemas ao invés de permitir que os produtos defeituosos chegassem até o final da linha de produção.

O interesse nas ideias do Sistema Toyota de Produção surgiu principalmente pelo alto grau de competitividade que ele oferecia. Através da análise das atividades envolvidas no processo, era possível identificar as diferenças entre desperdício e valor, a partir da ótica de clientes e usuários convencionais (KOSKELA, 2004).

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).

Os orçamentos e o controle de custos, especialmente, são temas que se destacam na atualidade por, cada vez mais, se enquadrarem na preocupação de novas formas de gestão. A mentalidade enxuta ratifica a afirmação de que quem mais alavanca receitas, é quem controla de forma mais efetiva seus gastos e seus desperdícios desde a escolha e seleção de fornecedores de matéria-prima até a disponibilização do produto ou serviço ao consumidor final (BARROS, 2005).

Após todos os esforços para alcançar essas mudanças surge então o pensamento enxuto. O principal objetivo do Sistema Toyota era aumentar a eficiência da produção pela eliminação consciente e completa de desperdícios. Esse novo conceito de sistemas de produção é também conhecido como Lean Production (Produção Enxuta).

2.3 Lean Production

Muda é uma palavra japonesa que tem o significado de desperdício. Qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor é desperdício. Womack et al. (2004) citam como exemplos de desperdício:

- Erros que exigem correção;
- Produção de itens que ninguém deseja;
- Acúmulo de mercadorias nos estoques;
- Etapas de processamento desnecessárias;
- Movimentação de pessoas e mercadorias sem propósito;
- Funcionários esperando por uma atividade anterior que não foi

realizada dentro do prazo;

- Bens e serviços que não atendem a necessidade do cliente.

Segundo Womack et al. (2004), pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita, e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.

O pensamento enxuto tem esse nome porque 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).

Definir o que é valor, com precisão, é o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto. Womack et al. (2004) dizem que “oferecer o bem ou serviço errado da forma certa é desperdício”.

Identificar o fluxo de valor por inteiro para cada produto é o próximo passo para o pensamento enxuto. Esse passo é, na maioria das vezes, negligenciado pelas empresas, sendo que as mesmas quase sempre expõe quantidades enormes de desperdício (WOMACK et al., 2004).

Womack et al. (2004) citam fluxo de valor como o conjunto de ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas de qualquer negócio. Essas tarefas críticas são:

- Solução de problema: inicia na concepção do produto e vai até o lançamento do produto;
- Gerenciamento de informações: vai do recebimento do pedido até a entrega;
- Transformação física: vai da matéria-prima até o produto acabado nas mãos do cliente.

Womack et al. (2004) descrevem que a análise do fluxo de valor permite perceber que existem três tipos de ação ao longo de sua extensão:

- Etapas que criam valor;
- Etapas que não criam valor, mas são inevitáveis;
- Etapas que não criam valor e devem ser evitadas imediatamente.

O fluxo de valor deve ser mapeado e as atividades que não agregam valor devem ser eliminadas (WOMACK et al., 2004).

Diversos autores ligados à academia apresentaram em seus estudos elementos importantes para o desenvolvimento de uso da Lean Production. Pettersen, (2009 apud PACHECO, 2014) realizou uma revisão sistemática das

principais obras e autores sobre produção enxuta e entre os principais autores do tema estão: Ohno, Shingo, Monden, Schonberger, Feld, Dennis, Liker, Bicheno e Womack e Jones.

Uma linha de pensamento bastante difundida e baseada no *lean thinking*, vem de Womack e Jones (2004), que apresentam os cinco princípios lean descritos a seguir:

- a) **especificar valor:** o valor é criado pelo produtor, é definido apenas pelo cliente e só tem sentido quando expresso por meio de um produto específico, seja ele um serviço, um bem ou ambos. O pensamento *lean* deve começar como uma tentativa consciente para definir de forma precisa valor em termo de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidos a um preço específico por meio do diálogo com clientes específicos;
- b) **identificar a cadeia de valor:** a cadeia de valor é um conjunto de ações específicas necessárias para um produto específico percorrer as tarefas de resolução de problemas, tarefas de gerenciamento de informação e a tarefa de transformação física;
- c) **fluxo:** após identificação e definição da cadeia de valor de um produto específico é necessário fazer com que as atividades que diretamente geram valor fluam;
- d) **puxar:** é o cliente puxa a produção. Para o *lean thinking*, produzir mais do que o necessário, criando estoques (superprodução), é a forma de desperdício mais contestada. Lean production significa produzir na quantidade certa, na hora certa, somente para atender à demanda;
- e) **perfeição:** não há fim no processo de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros quando se oferece um produto que busca sempre ir ao encontro daquilo que o cliente deseja. Fazer com que o valor flua rapidamente pelo processo sempre expõe desperdícios escondidos nesta cadeia de valor. A busca pela perfeição é um processo contínuo; quanto mais se analisa o fluxo de produção, mais melhorias é possível realizar.

Os pilares da Lean Production são interconexos podendo ser implantados em série. Na figura 2 são apresentados os pilares da Lean Production.

Figura 2: Pilares da Lean Production



Fonte: Justa (2010).

A figura 2, em formato de “casa”, mostra as principais características da Lean Production.

O Just-in-Time é o pilar que se refere às entregas aos clientes, no tempo certo e com as quantidades pedidas, sem gerar estoques ou atrasos.

O outro pilar que recebe o nome de Jidoka se refere à melhoria dos processos, buscando a eliminação dos desperdícios.

Estes são os dois pilares da Lean Production. Eles estão apoiados nas bases da melhoria contínua, nivelamento de produção e trabalho padronizado, os quais devem estar estáveis para se equilibrarem.

A partir destes princípios, diversas ferramentas voltadas a resolução de problemas e gerenciamento de produção, foram criadas, como exemplo:

- Kanban,
- PDCA,
- 5 S',
- 5 por quês,
- poka-yoke,
- takt-time.
- Heijunka,
- Andon, e
- Mapeamento do Fluxo de Valor.

2.4 Lean Construction

Em 1992, o Finlandês Lauri Koskela publicou o trabalho *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, ligado à Universidade de Stanford, EUA. Koskela nesta pesquisa adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a construção civil. Sua intenção com este trabalho era beneficiar o setor da construção civil com um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da Toyota Motor Company (KOSKELA, 1992).

Essa publicação tornou-se um marco nos esforços de acadêmicos em estender os benefícios de produção enxuta para o setor da construção civil. Essa nova filosofia de geração de valores é conceituada em uma produção sem geração de estoques e desperdícios e recebeu o nome de Lean Construction.

Lean Construction ou Construção Enxuta é uma expressão usada para apresentar a aplicação dos conceitos e princípios da Lean Production (Produção Enxuta) na construção civil.

No ano de 1993, Greg Howell e Herman Glenn Ballard organizaram a primeira reunião sobre o tema da Lean Construction e, em 2004, fundaram o International Group for Lean Construction (IGLC), que se encontram anualmente para discutir o desenvolvimento deste novo paradigma de acordo com o site do IGLC (<http://iglc.net/>).

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 da 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).

A construção enxuta significa ir além do método tradicional de enxergar os projetos como mera transformação, incluindo fluxo de geração de valor. A nova teoria de projeto deve incluir tempo, variabilidade e satisfação do cliente como variáveis importantes para o processo de tomada de decisões. Como resultado, o planejamento, a execução e o controle de projetos deverá mudar (SOLOMON, 2004).

O desperdício inerente à construção é criado por retrabalhos devidos a problemas de projeto ou erros de construção e a atividades que não agregam valor nos fluxos de material e trabalho, tais como esperas, movimentação, inspeção, atividades duplicadas e acidentes (KOSKELA, 1992).

Koskela (1992) apresentou onze princípios para auxiliar no projeto de processo de fluxo e nas melhorias. Vários destes princípios estão intimamente ligados, mas não no mesmo nível. Alguns são teoricamente mais fundamentados e outros estão voltados à aplicação prática. Os princípios para aplicação na construção civil são:

- 1) Reduzir a parcela de atividade que não agrega valor;
- 2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
- 3) Reduzir a variabilidade;
- 4) Reduzir o tempo de ciclo;
- 5) Minimizar o número de passos e partes;
- 6) Aumentar a flexibilidade da saída;
- 7) Aumentar a transparência do processo;
- 8) Focar o controle no processo global;
- 9) Introduzir melhorias contínuas no processo;

10) Equilibrar melhoria de fluxo;

11) Benchmarking.

Foi desenvolvido um trabalho por Picchi (2003) com base nos conceitos de Koskela (1992) e de Womack et al. (2004), originalmente apresentado por Womack e Jones em 1998, no qual são apresentados nove elementos fundamentais. Estes elementos fundamentais, apresentados no Quadro 1 a seguir, podem ser descritos como um detalhamento, desenvolvido para melhorar a compreensão das relações existentes entre os conceitos/princípios de Koskela com os princípios do lean thinking (PICCHI, 2003).

Quadro 1: Comparação entre os princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios do <i>Lean Thinking</i> (WOMACK; JONES, 1998)	Elementos fundamentais	Onze Princípios para desenho de processos (KOSKELA, 1992)	
		Nível 1	Nível 2
VALOR	Pacote produto/serviço de valor ampliado	- aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes	
	Redução de <i>lead times</i>	- reduzir o tempo de ciclo	
FLUXO DE VALOR	Alta agregação de valor na empresa estendida	- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	- simplificar através da redução de passos, partes e ligações - Focar o controle no processo global - Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
FLUXO	Produção em fluxo		- Reduzir a variabilidade
	Trabalho padronizado		- Aumentar a transparência do processo
PUXAR	Produção e entrega <i>just-in-time</i>		
	Recursos flexíveis	- aumentar a flexibilidade de saída	
PERFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado	- Introduzir melhoria contínua no processo	- Fazer <i>benchmarking</i>
	Foco comum		

Fonte: Picchi (2003).

O quadro 1 aborda o princípio da Manufatura Enxuta versus a Construção Enxuta, considerando a redução da variabilidade e o aumento da transparência nos processos, na visão de Picchi (2003).

Picchi (2003) utiliza uma classificação em dois níveis: nível 1 - Geral e nível 2 - Operacional. Pode-se dizer que os princípios propostos por Koskela (1992) enquadram-se em um nível de maior detalhamento do que é apresentado no trabalho de Picchi (2003) os quais são descritos a seguir.

2.5 Princípios da Lean Construction

A definição da Lean Construction consiste em um conjunto de onze princípios propostos por Koskela (1992) adaptados dos princípios do Sistema Toyota de Produção para a construção civil, os quais são mostrados sucintamente a seguir.

2.5.1 Redução das parcelas de atividades que não agregam valor

Considerado como um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, a redução das atividades que não agregam valor tais como transporte de materiais, tempo de espera por material, entre outras apenas, pode ser obtida através da eficiência das atividades de conversão e de fluxo e também pela exclusão de algumas das atividades que não agregam valor (KOSKELA,1992).

Segundo Formoso et al. (1999), para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas. Todavia, os dados sobre perdas de materiais indicam que as mesmas são bastante elevadas, existindo uma grande variabilidade nos indicadores de perdas de diferentes obras. Considerando que uma grande parcela das perdas são

previsíveis e evitáveis através de medidas de prevenção relativamente simples, é importante que o setor mobilize-se também no sentido de reduzir as perdas existentes, através da introdução de novos métodos e filosofias de gestão como as aplicadas na Lean Construction.

2.5.2 Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente

Conforme Koskela (1992) a adição de valor ao cliente, seja ele interno ou externo, ocorre quando há conhecimento dos requisitos destes clientes levando a sua satisfação. Um exemplo prático para este princípio seria realizar pesquisa de mercado e avaliação pós-ocupação. Posteriormente, deve-se buscar melhorias que aumentem o valor para o cliente.

2.5.3 Reduzir a variabilidade

A variabilidade é de suma importância tanto quando se trata da qualidade de um produto final, como quando se diz respeito a prazos de execução de projetos. De acordo com Formoso (2000) existem diversos tipos de variabilidade envolvidos num processo de produção:

- Variabilidade nos processos anteriores: relacionado com fornecedores do processo.
- Variabilidade no próprio processo: relacionado à execução de um processo.
- Variabilidade na demanda: relacionada aos desejos e necessidades dos clientes de um processo.

2.5.4 Reduzir o tempo de ciclo

O princípio de redução do tempo de ciclo tem origem na filosofia Just In Time. Este princípio tem um relacionamento com a otimização dos tempos envolvidos na execução da obra. O ciclo compreende a soma de todos os prazos necessários para processamento, inspeção, espera e movimentação. Uma forma de se reduzir este tempo de ciclo do processo é estimada com a padronização do processo produtivo tentando desta maneira evitar o retrabalho e diminuir atividades que não agregam valor. Quando ocorre uma redução significativa no tempo de ciclo algumas vantagens são visualizadas na construção civil tais como: entrega mais rápida do empreendimento ao cliente, maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos, maior flexibilidade, entre outros (FORMOSO, 2000).

2.5.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes

Segundo Bernardes (2001) a simplificação pode ser expressa como a redução de componentes do produto ou do número de passos existentes em um fluxo material. Se um processo possui muitos passos ou componentes, maior será sua tendência de existir atividades que não agregam valor. O uso de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e de células de produção tende a minimizar o número de passos ou partes do processo.

2.5.6 Aumentar a flexibilidade de saída

Este princípio está relacionado ao conceito de processo como gerador de valor. De acordo com Koskella (1992), o aumento da flexibilidade de saída pode ser alcançado por meio da redução do tamanho de lotes até praticamente se

igualar à demanda, reduzindo a dificuldade de *setups* e mudanças. Customizar o mais tarde possível utilizando de tecnologias que possibilite essa customização sem grandes ônus para o produto também contribui para aumentar a flexibilidade de saída.

2.5.7 Aumentar a transparência do processo

A falta de transparência aumenta a disposição a erros, reduz sua visibilidade e diminui a motivação por melhorias. É importante tornar todo o processo transparente para facilitar controle e melhorias. Técnicas para a melhoria de transparência incluem tornar o processo diretamente visível por meio de *layout* e sinalizações, utilização de controles visuais, redução da interdependência de unidades de produção, estabelecimento da manutenção básica do processo, entre outras (KOSKELA, 1992).

2.5.8 Foco no controle de todo o processo

Para Isatto et al. (2000), há um grande risco dos esforços de melhorar um subprocesso e sub-otimizar essa atividade específica, dentro de um processo, com um impacto reduzido de desempenho global. Assim, é necessário que haja alguém responsável em controlar o processo como um todo. O processo como um todo deve ser sujeito à mensuração e controle. Este princípio busca a melhoria do processo como um todo e não apenas nas etapas do mesmo.

2.5.9 Estabelecimento de melhoria contínua ao processo

A redução do desperdício e o aumento de valor são atividades interativas e devem ser feitas continuamente. É de suma importância que todos os esforços para a redução dos desperdícios sejam implementados de maneira contínua nas organizações. Conhecer o processo na sua totalidade facilita tornar possível o reconhecimento dos resultados em geral da empresa e facilita propor soluções mais eficazes (KOSKELA, 1992).

2.5.10 Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões

De acordo com Resende et al. (2012), balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões necessitam de menor capacidade de conversão; fluxos mais controlados tornam a implantação de novas tecnologias de conversão mais fáceis e essas podem gerar baixa variabilidade, beneficiando os fluxos. Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões nada mais é que observar os processos e analisar o que pode ser melhorado, indiferente de serem fluxos ou conversões.

2.5.11 Aprender com referências de ponta (Benchmarking)

Segundo Isatto et al. (2000), benchmarking consiste em um processo de aprendizado, no qual se observa as melhores práticas adotadas em outras empresas, as quais são consideradas líderes em determinado segmento ou aspecto específico de produção. Ou seja, benchmarking pode ser traduzido como comparar atividades realizadas entre empresas, com o intuito de identificar as melhores práticas desenvolvidas pelo mercado.

2.6 Ferramentas da Lean Production utilizadas na Lean Construction

De acordo com Mourão e Valente (2013) para facilitar a aplicação dos princípios da Lean Construction, faz-se o uso de ferramentas.

Devido a impossibilidade de abordar todas as ferramentas utilizadas na Lean Construction com a devida profundidade, optou-se por fazer uma breve discussão a respeito daquelas mais citadas na literatura e consideradas aplicáveis ao setor da construção civil:

- 5 “S”
- Kanban;
- Andon;
- Poka Yoke;
- Operador Polivalente;
- Auto Controle;
- Nivelamento da Produção ou Heijunka;
- Controle Visual do processo;
- Kaizen/Melhoria de atividades;
- Mapa de fluxo de valor.

Estas ferramentas foram selecionadas devido ao fácil entendimento e aplicação para área da construção civil; elas se encaixam de uma forma adequada aos canteiros de obra (MOURÃO e VALENTE, 2013).

Segue a descrição de algumas delas:

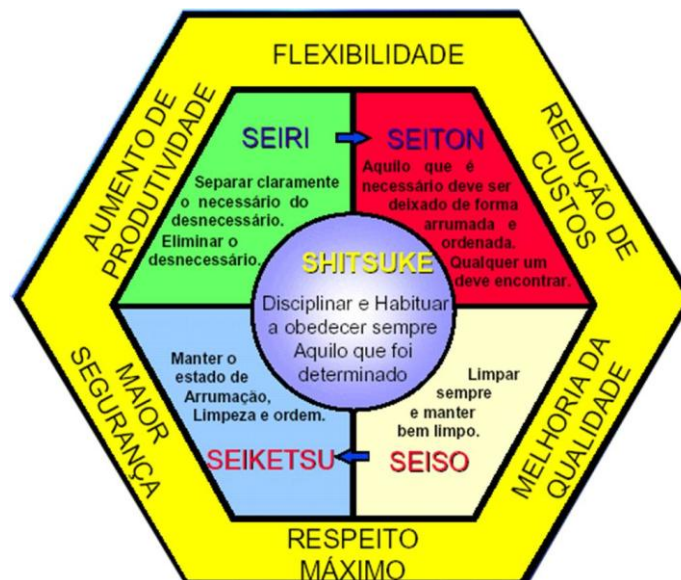
2.6.1 5 “S”

Segundo Solomon (2004), o 5S é uma ferramenta utilizada para manter a casa em ordem, organiza os materiais de forma padronizada, de maneira que tudo tenha um lugar e que tudo esteja no lugar. Os 5S são apresentados a seguir:

- 1) seiri (senso de utilização);
- 2) seiton (senso de organização);
- 3) seiso (senso de limpeza);
- 4) seiketsu (senso de saúde);
- 5) shitsuke (senso de autodisciplina).

Na figura 5 é possível visualizar de forma mais abrangente o significado de cada um dos 5S.

Figura 3: Programa 5 "S"



Fonte: Alvarenga (2014).

O programa 5S foi utilizado no Japão após a Segunda Guerra Mundial; neste momento o país encontrava-se totalmente desorganizado (PERETTI, 2013).

Segundo Gonzalez (2002) a implantação do 5S deve ser iniciada pelos três primeiros sentidos, possibilitando uma melhoria de 50%. Sua implantação é fácil de começar, entretanto é difícil de manter. Sua manutenção exige a mudança na cultura pessoal para que se possa atingir a autodisciplina.

2.6.2 Kanban

De acordo com Lima (2012) o Kanban é representado por um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria. É um registro ou placa visível. Quando se esgotarem todos os insumos ou pedidos, o mesmo aviso é levado ao seu ponto de partida, onde se converte num novo pedido. O Kanban agiliza a entrega e a produção de pedidos permitindo que a produção se realize *just in time*. O número de Kanbans por equipe se baseia na quantidade de material necessária para a realização do trabalho, sendo de responsabilidade da mão de obra o seu controle, de modo que não haja desperdício nem falta de insumos durante todo o serviço. Na figura 6 é possível visualizar o fluxo de informações independente de comunicação oral através da utilização do kanban.

Figura 4: Gerenciador de Kanbans de Argamassa



Fonte: Mourão e Valente (2013).

2.6.3 Andon

Uma medida de automação é o Andon, que em japonês significa lâmpada e advém de uma adaptação do Andon fabril. O Andon funciona através do controle dos operários de um interruptor que contém três seções que acendem lâmpadas em um quadro localizado na sala da administração da obra conforme figura 7. Cada seção do interruptor apresenta uma cor diferente, essas cores representam como está o andamento do trabalho que está sendo realizado por uma determinada equipe. A cor verde indica que o serviço está sendo executado normalmente. A cor amarela indica a existência de algum problema que pode ocasionar a parada da produção e a vermelha demonstra que a equipe parou por falta de condições de realizar o trabalho. Esses interruptores estão localizados em cada pavimento da edificação, facilitando à comunicação da administração com as equipes de trabalho e identificando as falhas ocorridas, proporcionando agilidade na busca por soluções (MOURÃO e VALENTE, 2013).

Figura 5: Gerenciador Visual da Produção - Andon



Fonte: Mourão e Valente (2013).

2.6.4 Poka Yoke

Conforme Lima (2012), Poka-Yokes descendem do sistema Toyota de produção e vêm a ser um dispositivo a prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação ou na utilização de produtos. O Poka-Yoke é um dispositivo de correção muito poderoso pois ele paralisa o processo até que a condição causadora do defeito seja corrigida. Na construção civil os poka-yokes mais simples podem ser representados pelos esquadros.

2.6.5 Estoque tipo Supermercado

De acordo com PIT (2013) no canteiro de obras deve haver um local físico onde são depositados os materiais ou produtos em processo, proporcionando ampla visão e acesso aos mesmos.

O controle visual de estoques facilita muito as atividades na obra, pois garante que o conhecimento das quantidades e localização dos materiais não fique centralizado no papel do almoxarife, ou seja, descentraliza-se o conhecimento e a atividade não fica completamente dependente de um funcionário conforme pode ser observado na figura 8 (MOURÃO e VALENTE, 2013).

Figura 6: Estoque tipo supermercado da C. Rolim Engenharia



Fonte: PIT (2013).

2.6.6 Kaizen

Vem a ser um processo de melhoria contínua dos processos dentro do canteiro de obras que geralmente envolve pequenos investimentos em termos de mão de obra e de recursos de capital. O Kaizen é executado de forma permanente ao longo do tempo (PIT, 2013).

2.6.7 Valorização Humana

Para que um sistema de edificação seja considerado enxuto é indispensável que todos os envolvidos no processo sintam-se valorizados de forma a expressar seu conforto com as condições de trabalho, as relações trabalhistas e suas perspectivas dentro da empresa (PIT, 2013). Na figura 9 é possível visualizar funcionários da C.Rolim em sala de aula no programa de alfabetização nos canteiros.

Figura 7: Programa de Alfabetização nos canteiros da C. Rolim Engenharia



Fonte: PIT (2013).

2.7 Ferramentas para o Planejamento e Controle da Produção

Um dos principais problemas enfrentados pela indústria da construção é o fato do PCP não ser encarado como um processo gerencial. Há uma grande falta de integração entre os níveis de planejamento e esta falha ocasiona a falta de planos de alocação de materiais, equipamentos e mão de obra de médio e longo prazo, causando a utilização ineficiente desses recursos (FORMOSO et al.,1999).

Laufer e Tucker (1987) relatam como sendo as causas da ineficácia do planejamento da produção a separação entre a concepção do planejamento e a produção, a falta de domínio técnico por parte dos gerentes, falta de dados reais sobre a produção e a ênfase na programação e no controle autoritário.

O planejamento deve projetar as atividades que serão executadas, os métodos a serem utilizados, os recursos a serem empregados, o sequenciamento e a programação das atividades (LAUFER e TUCKER,1987).

2.7.1 Porcentagem do Planejado Concluído

Porcentagem do Planejado Concluído (PPC) – ou Porcentagem das Atividades Programadas e Concluídas – é o momento em que um dado instante de uma obra é definida pela razão entre o número de pacotes de trabalho completados e pelo número total de pacotes planejados (BALLARD, 2000).

O PPC se torna o padrão sobre o qual o controle é exercido no nível de produção unitário, sendo derivado de um grupo de diretivas extremamente complexas: cronogramas de projeto, estratégias de execução, taxas unitárias de orçamento, etc. Em termos de qualidade do planejamento, quanto maior for o PPC

mais trabalho foi realizado de maneira correta com os recursos disponíveis (BALLARD, 2000).

De acordo com Conte (2009), o PPC auxilia na medição da aderência da execução do projeto ao planejamento semanal. Porém, não é um indicador suficiente para medir o cumprimento de prazo da obra, pois limita-se em contabilizar o número de pacotes de trabalho completados 100%. A porcentagem do planejado concluído (PPC) pode servir como um indicador em proporção maior do estágio em que se encontra os pacotes de trabalho, mas não deve substituir o acompanhamento detalhado de execução de cada pacote de trabalho.

2.7.2 Last Planner

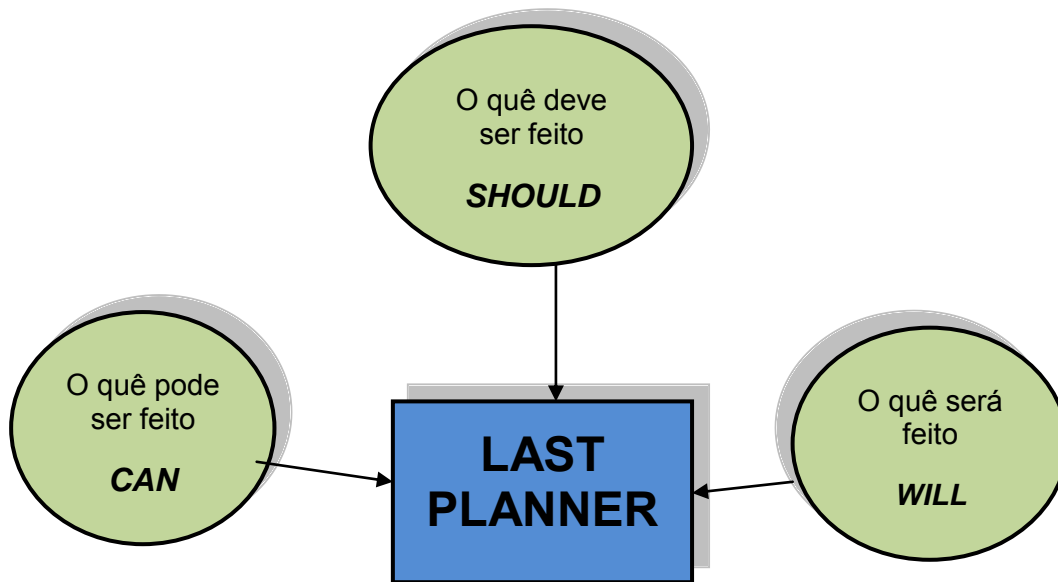
Habitualmente os sistemas de planejamento no nível de equipes falham ao direcionar a função de planejamento real, como simplesmente focar nas atividades a serem realizadas nas próximas duas semanas segundo o cronograma; ou ao assumir que o objetivo do planejamento de equipes é simplesmente pensar adiante, falhando no fornecimento de critérios para as saídas do processo de planejamento (BALLARD, 1994).

O alto planejamento em uma organização tende a focar em objetivos globais e restrições, gerenciando todo o projeto. Estes objetivos levam a um processo de planejamento em níveis inferiores, que especificam os meios de atingir os objetivos. Em um último momento, alguém (indivíduo ou grupo) decide qual trabalho específico será realizado no dia seguinte. Este planejamento é chamado de tarefas, e este indivíduo ou grupo se chama Last Planner (BALLARD, 2000).

O Last Planner é a pessoa ou grupo que fica responsável pelo planejamento operacional, estruturando assim o projeto do produto e facilitando 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). A figura 3 representa a estrutura do processo de planejamento do Last Planner.

Figura 8: Processo de Planejamento Last Planner



Fonte: Adaptado de Ballard (2000).

De acordo com Salem et al. (2005), o papel mais importante do Last Planner é substituir o planejamento otimizado pelo planejamento real, avaliando o desempenho dos trabalhadores, com a confiança na sua capacidade de respeitar seus compromissos.

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.

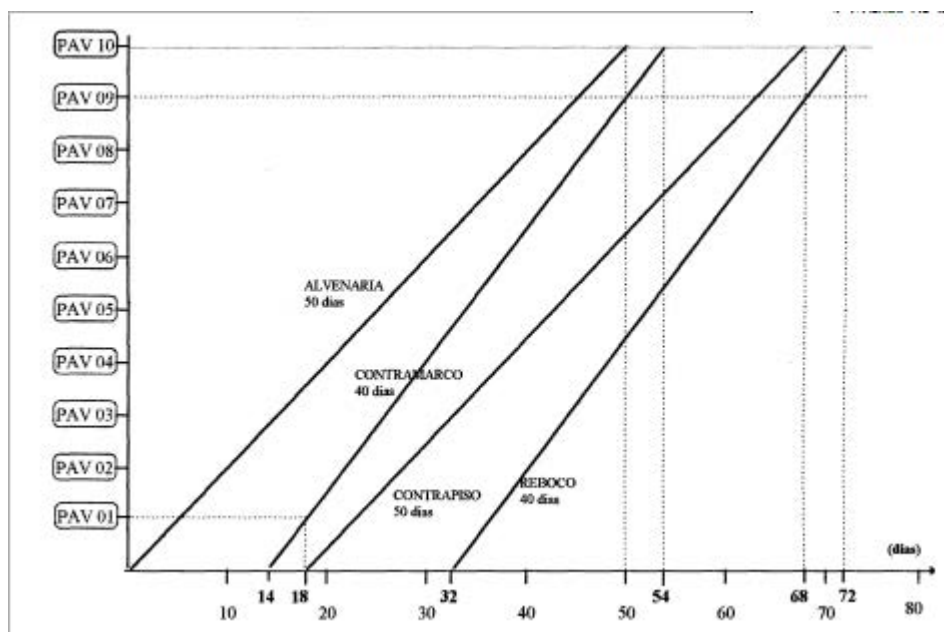
2.7.3 Linha de Balanço

A Linha de Balanço, ou *Line of Balance* (LoB), originou-se nos anos 40 na indústria manufatureira. Foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos para programar e controlar projetos que apresentassem repetições de atividades e posteriormente utilizada pela Agência Nacional de Habitação, no Reino Unido, em projetos habitacionais de caráter repetitivo (SUHAIL e NEALE, 1994).

A Linha de Balanço consiste em uma técnica de planejamento e controle que se baseia na visualização dos ritmos de trabalho para cada atividade do projeto buscando seu melhor balanceamento no tempo.

A técnica da Linha de Balanço (LB) consiste basicamente no traçado de linhas, em um plano cartesiano, que representam, cada uma delas, uma atividade e seu respectivo andamento (Figura 4). A inclinação de cada reta indica o ritmo no qual a atividade deverá ser executada (LIMMER, 1997).

Figura 9: Gráfico da Linha de Balanço



Fonte: Limmer (1997).

2.7.4 BIM (Building Information Modeling)

De acordo com a American General Contractors (AGC, 2011), BIM é o desenvolvimento e uso de um software computacional para simular a construção e operação de uma edificação. O modelo resultante, o Building Information Model, é uma representação da edificação rica em dados, a partir da qual, visões e informações adequadas às necessidades de vários usuários podem ser extraídos e analisados para gerar novas informações que podem ser utilizadas para tomar decisões e melhorar o processo de entrega da edificação (AGC, 2011).

Modelos BIM podem representar diversas dimensões (nD) de informação de uma edificação (LEE et al., 2002). Os modelos nD são uma extensão do modelo de informação da construção, o qual, incorpora multi-aspectos de informação de projeto requerida em cada estágio do ciclo de vida de uma edificação (LEE et al., 2002). Os softwares de modelagem nD apresentam uma série de informações multi-disciplinares baseadas no projeto da edificação e da aplicação de análises que acessam um modelo nD por meio de dados padronizados e interoperáveis (LEE et al., 2002). De acordo com Lee et al. (2002), mais dimensões (D) podem ser adicionadas para integrar informações de tempo, custo, construtibilidade, acessibilidade, sustentabilidade, acústica, iluminação e requisitos térmicos.

Nas próximas seções são descritos sucintamente alguns estudos e pesquisas demonstrando a aplicação prática da Lean Construction em canteiros de obras.

2.8 Estudos de Aplicação da Lean Construction em Canteiros de Obras

Tonin e Schaefer (2013), em sua pesquisa de aplicação da Lean Construction em uma construtora do Vale do Itajaí, realizaram a análise inicial através de uma ficha de avaliação em que se mensurava o nível de aplicação dos princípios da Lean Construction. Após esta análise a construtora em estudo necessitou realizar melhorias nos princípios que apresentaram baixa pontuação na avaliação. Para esta melhoria na construtora em estudo, foram usadas quatro ferramentas: elaboração de layout para o canteiro de obras, montagem do mapa de fluxo, simulação de movimentação da planta baixa e desenvolvimento de um novo modelo para compra de materiais. Os resultados alcançados foram a redução da parcela de atividades que não agregavam valor, que eram geradoras de fontes de desperdício. O método utilizado na pesquisa se mostrou eficaz no reconhecimento dos potenciais de melhoria no âmbito da Lean Construction.

Eljazzar et al. (2013) realizaram um trabalho sobre o fluxo de trabalho de construção do projeto de reabilitação de acampamentos para refugiados da Palestina, apresentando a aplicabilidade da filosofia Lean neste contexto. O projeto visa reabilitar 736 abrigos em campos de refugiados localizados no Líbano usando uma nova abordagem chamada de "autoajuda". Nesta abordagem as famílias estão envolvidas diretamente com a reabilitação de seus abrigos sob a supervisão contínua dos engenheiros. Este trabalho é feito sob um árduo ambiente de trabalho com várias restrições tais como curto intervalo de tempo, orçamento limitado, espaço reduzido, segurança extremamente instável e falta de segurança.

A pesquisa de Eljazzar et al. (2013) concentrou-se em uma parte do projeto que envolve 30 abrigos. Foram estudadas as causas da interrupção no fluxo de trabalho e quais os possíveis métodos para melhorar o desempenho do projeto. Usando modelagem de processos e análise de simulação, diferentes cenários foram examinados, conforme ilustra a figura 10; para assim otimizar o fluxo de

trabalho de construção, tendo em conta diferentes tipos de restrições. O objetivo da pesquisa foi o de aumentar o valor entregue aos beneficiários do projeto.

Figura 10: Abrigo antes, durante e após a reabilitação



Fonte: Eljazzar et al. (2013).

Diferentes cenários de modelo de simulação apresentados e modelados foram criados para ter uma compreensão de como funciona o sistema. O uso destas simulações resultaram em reduções significativas no custo, redução do tempo ocioso do empreiteiro e diminuição de duração do tempo total do projeto. Com isto foi possível visualizar o poder da modelagem de simulação para identificar fontes de desperdício e proporcionar alternativas para melhorar o sistema, tornando-o mais *lean*. A utilização da modelagem de simulação de processos nesta pesquisa demonstrou sua relevância dentro do ambiente da Lean Construction. A modelagem e simulação neste trabalho foram utilizadas para melhorar os processos permitindo de forma proativa projetar e melhorar os sistemas de produção (ELJAZZAR ET AL, 2013).

Bulhões e Picchi (2011) em seu trabalho sobre uso de uma ferramenta da Lean Construction investigaram a aplicação do fluxo contínuo no ambiente da construção civil.

Foram realizados dois estudos empíricos, em duas obras distintas, executadas por diferentes empresas. O primeiro estudo, realizado na obra A, teve como objetivo compreender os principais elementos do fluxo contínuo no contexto de obras de edificações e identificar os requisitos necessários para a sua implementação. O segundo estudo, realizado na obra B, teve como objetivo investigar a estabilidade básica, considerada no trabalho, como um pré-requisito para a implementação de fluxo contínuo.

Após a realização dos dois estudos a estabilidade foi alcançada apenas parcialmente em função de limitações na implementação do Last Planner. Uma das dificuldades para introduzir as mudanças no PCP foi o foco no controle através do sistema ERP. Neste sistema atual não havia hierarquização de planos nem a explicitação dos ritmos dos principais processos. O longo tempo gasto por parte do gerente da obra em preencher informações no ERP representava um obstáculo à implementação de algumas melhorias propostas, tais como o planejamento de médio prazo, já que o mesmo alegava falta de tempo para as reuniões.

No entanto, havia na obra problemas relativos à qualidade dos recursos, tais como capacitação da mão de obra e qualidade dos materiais. Isto devia-se à pouca importância dada na implementação do Last Planner e a ações que garantiriam a qualificação destes recursos.

Apesar das limitações da implementação do Last Planner, o sistema trouxe alguns benefícios relacionados à gestão da obra, tais como maior comprometimento das equipes e melhor gerenciamento das interdependências entre as mesmas.

Após a realização deste estudo, Bulhões e Picchi (2011) obtiveram como principal conclusão o grande esforço necessário para alcançar a estabilidade como pré-condição para implementar fluxo contínuo. No contexto da construção civil, parece ser difícil atender a todas as condições iniciais sugeridas pela bibliografia para atingir a estabilidade básica. Ou seja, a redução dos tempos de ciclo e do tamanho do lote são melhorias que podem ser buscadas como parte da implementação do fluxo contínuo, a partir do uso das ferramentas GBO (Gráfico de Balanceamento do Operador) e TTPC (Tabela de Trabalho Padronizado Combinado).

Os autores orientaram a utilização de quatro diretrizes para a implementação do fluxo contínuo:

- diagnóstico;
- estabelecimento de condições iniciais;
- planejamento do fluxo de valor; e
- controle.

Batti et al. (2013) realizaram um trabalho em uma empresa de construção civil localizada no estado de Santa Catarina em que o foco do estudo foi a aplicação da técnica de planejamento Linha de Balanço que tem se mostrado

bastante eficaz, principalmente associada a outros métodos, tais como Last Planner.

No estudo de caso realizado por Batti et al. (2013), foi analisada a construção de um empreendimento localizado no estado de Santa Catarina na região da grande Florianópolis. Ele possui caráter residencial multifamiliar e conta com dois edifícios com 10 pavimentos. A área total construída é de 17.342,66 metros quadrados.

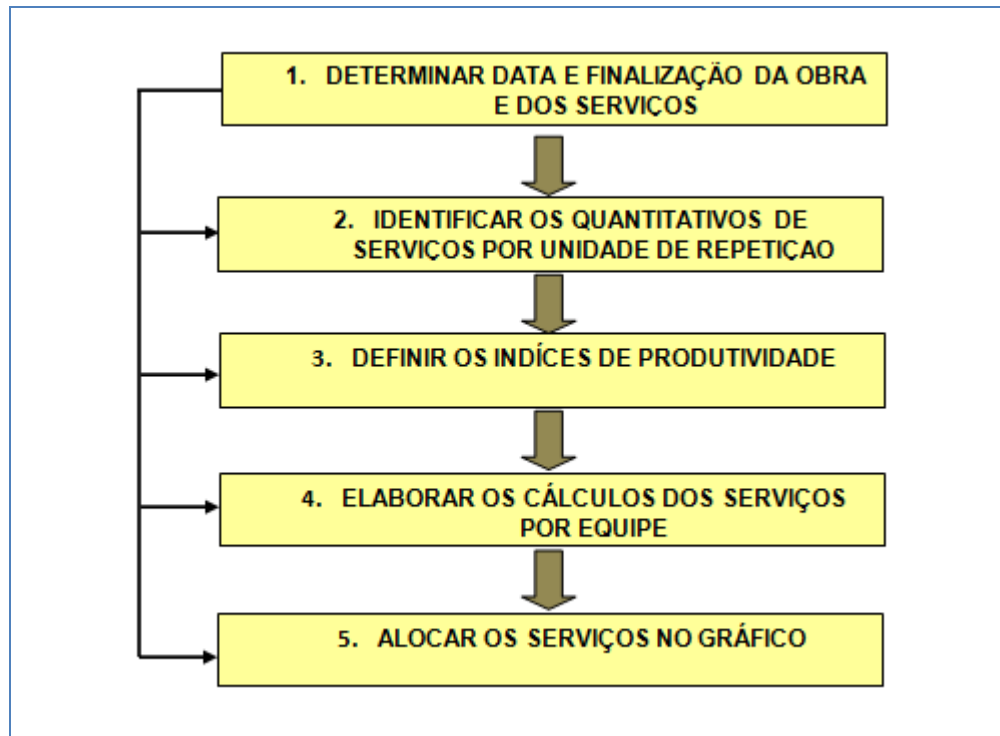
Devido a questões estratégicas, a empresa optou por iniciar a construção de uma torre e após vinte e quatro meses do início da obra da primeira se iniciaria a construção da segunda torre.

A necessidade de se realizar um planejamento mais eficaz nas construções foi explicitada pelo primeiro atraso em entrega de um produto da empresa nos mais de trinta anos em que ela atua no mercado da construção civil.

A empresa optou por utilizar a técnica da linha de balanço para iniciar um planejamento mais eficaz e para solucionar alguns dos problemas identificados. Esta técnica fornece ritmos de produção e informações de duração de forma gráfica e de fácil interpretação.

A construção física da linha de balanço foi dividida em cinco etapas demonstradas na figura 11. Esta divisão em etapas facilitou a alocação dos serviços no gráfico de uma forma que se utilize bem os recursos ao invés de apenas alocar os recursos com base apenas na experiência dos responsáveis pelo projeto.

Figura 11: Etapas da elaboração da Linha de Balanço



Fonte: Batti et al. (2013).

A Figura 12 apresenta uma adaptação de como a empresa relaciona o serviço com a cor utilizada na linha de balanço para facilitar a comunicação interna da empresa. Também é uma boa prática da empresa utilizar a sigla do serviço em conjunto com a cor para diferenciar as atividades entre si.

Figura 12: Relação do Serviço com a Cor

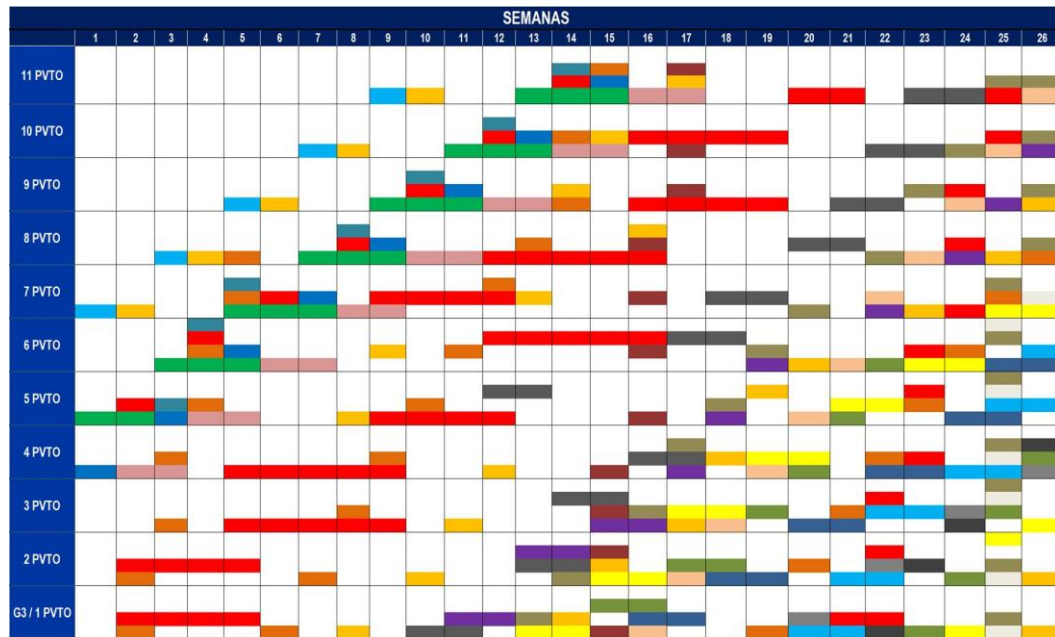
PROCESSOS PRODUTIVOS			
CHAPISCO DE PAREDE		ESQUADRIA DE ALUMÍNIO	
ELETRODUTOS		VIDROS	
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA		PINTURA INTERNA 1ª E 2ª DEMÃOS	
INSTALAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE AR CONDICIONADO		PINTURA TEXTURA CORREDOR	
TAQUEAMENTO		3ª DEMÃO APTOS	
REBOCO INTERNO		RODAPE	
CONTRAPISO		REBOCO EXTERNO	
IMPERMEABILIZAÇÃO DE W.C'S		PINTURA EXTERNA	
AZULEJO PAREDE		PASTILHA EXTERNA	
ALVENARIA CHURRASQUEIRA		PEITORIS	
FORRO DE GESSO		MUCHETA	
MASSA CORRIDA		MUCHETA DE CORREDOR	
MASSA CORRIDA DO CORREDOR		INSTALAÇÃO DE INCÊNDIO ELÉTRICA	
PISO CERÂMICO		REJUNTE INTERNO	
FIACAÇÃO		REBOCO SACADA	

Fonte: Batti et al. (2013).

A elaboração de uma linha de balanço foi de grande valia para que os gestores do projeto da construção pudessem identificar potenciais atrasos nos serviços e agir preventivamente.

A Figura 13 representa uma adaptação do resultado obtido pela empresa após a construção da linha de balanço.

Figura 13: Linha de Balanço



Fonte: Batti et al. (2013).

Após os resultados obtidos com a pesquisa, os autores sugeriram que para a empresa continue a evoluir na maneira de gerenciar os seus projetos. Se faz necessário como próximos passos para o melhoramento contínuo, que se elabore um planejamento de médio prazo para o controle e gerenciamento dos materiais da construção e um planejamento de curto prazo com controle diário dos serviços utilizando o indicador de Percentual de Planejamento Concluído (PPC).

Complementando os casos de aplicação nesta seção, o quadro 2 apresenta uma breve descrição de estudos e pesquisas sobre aplicações de princípios e ferramentas da Lean Construction considerando o país de origem, possibilitando uma maior compreensão sobre o tema.

Quadro 2: Pesquisas sobre o tema Lean Construction

AUTOR	RESUMO
Tezel e Nielsen (2013)	Em um estudo realizado na Turquia os autores utilizam de um questionário que demonstra os níveis de conformidade lean das empreiteiras turcas. Eles concluem que a Lean Construction ainda não é adotada ou conhecida adequadamente pelas empresas de construção civil que operam na Turquia.
Kemmer (2006)	Em sua pesquisa o autor evidencia como principal ferramenta de suporte na redução do tempo de ciclo do processo a linha de balanço por ter menos informações e ser mais transparente, sendo que transparência nos processos é um dos princípios da Lean Construction.
Garrido e Pasquire (2011)	Os autores revisaram o conceito de perspectiva de valor da Lean Construction, onde ficou ressaltado que há práticas sendo utilizadas na construção civil onde o foco tem sido a satisfação das necessidades dos clientes predominando sobre o bem estar social.
Al – Aomar (2012)	Em seu trabalho realizado em Abu Dhabi teve como foco aumentar a eficácia na construção reduzindo os diversos tipos de desperdícios. Foram utilizados conceitos de Seis Sigmas incrementados com as ferramentas de Lean Construction para reduzir estes desperdícios.
Mariz e Picchi (2013)	Na realização de dois estudos de casos eles visualizaram que a aplicação do trabalho padronizado ainda é iniciante. Os autores demonstraram a potencialidade do trabalho padronizado na construção civil, sendo este uma excelente ferramenta de aplicação da Lean Construction.
	Os autores realizaram dois estudos empíricos em obras de edificações na qual é investigado a aplicação do fluxo contínuo no ambiente da construção civil. Os autores propõem diretrizes para a implementação do fluxo contínuo na construção civil, melhorando assim a aplicabilidade da

Bulhões e Picchi (2011)	Lean Construction.
Shang e Pheng (2012)	Em estudo realizado na China os autores através de um questionário com 93 profissionais analisaram quais princípios do modelo Toyota foram adotados por grandes empresas de construção civil. Com isto eles reconhecem que o modelo Toyota diz respeito aos princípios da Lean Construction e que a construção enxuta ainda é uma ideia nova para profissionais da construção na China.

Fonte: A autora (2014).

2.9 Avaliação e Identificação de Aplicação da Lean Construction em Canteiros de Obras

Oliveira et al. (2010) relatam que foi desenvolvido um modelo de classificação de empresas quanto ao grau de aplicação de ferramentas lean: O Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR), um modelo que oferece uma avaliação categorizada, com fácil visualização e interpretação dos resultados. Em sua pesquisa são visitados quatro canteiros de obras: dois em Curitiba/PR – os quais não possuíam a filosofia –, um em Porto Alegre/RS e um em Herrenberg (Alemanha) – estes dois últimos com a presença da filosofia. Em todos os quatro canteiros foram utilizados a aplicação do LCR. Os resultados mostraram a classificação das empresas e como o modelo de avaliação proposto no LCR pode ser usado de forma simples para medir o grau de aplicação de ferramentas relacionadas com a busca da filosofia *Lean*. Foi também visualizada a diferença na qualidade da obra entre canteiros onde existe a filosofia Lean Construction e outros onde não existe a filosofia.

Souza e Brandstetter (2010) buscaram identificar em construtoras localizadas na cidade de Goiânia a aplicação dos princípios da Lean Construction em suas obras. Foi realizado um levantamento em oito empresas buscando identificar o uso de ferramentas que atendam a quatro princípios da Lean

Construction escolhidos pelos autores para serem utilizados na pesquisa: o aumento da transparência do processo, a redução da variabilidade, o aumento da flexibilidade de saída e o aumento do valor do produto a partir das necessidades dos clientes. A pesquisa se desenvolveu em três etapas distintas: a primeira ocorre a definição e o planejamento do projeto, a segunda etapa consiste na preparação e coleta de dados através da aplicação do check list e na última etapa é feito a análise e conclusão desses dados, após o cruzamento das informações relevantes. Os resultados dos relatórios de visitas apontam a uniformidade das respostas, concluindo que as empresas participantes buscam alcançar o que anseia os princípios da Lean Construction de forma particular, mesmo que isso não seja feito intencionalmente. Os autores perceberam no decorrer da pesquisa que alguns dos princípios Lean já eram praticados pelas empresas escolhidas para o estudo.

Souza e Brandstetter (2010) concluíram que a aplicabilidade da ferramenta de coleta de dados sob o formato de um check list é de fácil compreensão por parte de todos os envolvidos no processo produtivo. Os resultados dos relatórios de visitas demonstraram uniformidade das respostas, o que mostrou que as empresas entrevistadas buscavam alcançar o que anseia os princípios da Lean Construction de forma particular, mesmo que isso não seja feito intencionalmente, já que não utilizam de tal metodologia como forma de gestão.

Rezende et al. (2012) buscaram identificar nas construtoras da cidade de Itabuna a utilização de práticas da Lean Construction e, quando identificadas, apresentarem as principais práticas encontradas. O estudo foi realizado em quatro empresas construtoras de edificações verticais de médio porte. A pesquisa deu-se sob dois enfoques. Primeiramente os autores selecionaram fontes bibliográficas para a realização do referencial teórico abordando o Sistema Toyota de Produção (STP), o cenário da construção civil na Bahia e os princípios da filosofia Lean Construction. Após a conclusão da revisão bibliográfica os autores utilizaram um questionário, elaborado com base no levantamento bibliográfico. As entrevistas acompanhadas do questionário semi aberto foram o meio utilizado

para coletar dados necessários ao estudo. Estas entrevistas foram realizadas sempre por uma mesma pessoa, e destinavam-se ao gerente da obra. O questionário apresentou a seguinte composição: informações gerais da empresa e aspectos da filosofia Lean Construction. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que as empresas consultadas buscavam atingir o que acreditavam serem os princípios da Lean Construction, mesmo que isso não seja feito intencionalmente, já que não utilizam de tal metodologia como gestão.

Tonin e Schaefer (2013) almejaram com seu estudo mensurar o nível de aplicação da filosofia Lean em uma obra residencial com mais de 25 mil metros quadrados localizada no Vale do Itajaí. Para análise inicial da situação frente à aplicação da Lean Construction foram realizados questionamentos diretos que foram respondidos pelo gerente da obra por meio de uma ficha de avaliação onde com seu resultado se obtia o nível de aplicação dos princípios da Lean Construction. Mediante os resultados obtidos determinava-se uma pontuação para cada um dos onze princípios da Lean Construction. Foi constatado que a obra não possuía algum princípio que era totalmente negligenciado. Em 5 dos 11 princípios, a aplicação acontecia de maneira parcial. Para que se alcançasse a aplicação por completo da filosofia Lean, a construtora necessitou passar por melhorias nos princípios que apresentaram pontuação baixa na avaliação. Para finalizar o método de diagnóstico, reuniram-se todos os princípios para que pudessem ser listados os seus respectivos potenciais de melhoria. Este estudo permitiu comparar através de níveis pré-estabelecidos o grau de maturidade Lean na obra. Os resultados obtidos com o uso do questionário permitiram auxiliar no reconhecimento de estratégias e ferramentas que concebiam efetivamente a aplicação da Lean Construction.

3 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 Método da pesquisa

Ao delimitar o problema de pesquisa “como está sendo conduzido o tema na literatura e qual a relação da utilização princípios, práticas e ferramentas da Lean Construction e contribuição no processo de melhorias em canteiros de obra”, buscou-se levantar o contexto histórico ou de desenvolvimento, além de identificar as principais produções científicas na área.

Para Gil (2007) a pesquisa formaliza a sistemática que permite conduzir metodologicamente a busca para solução do problema definido. Optou-se neste trabalho, pela pesquisa qualitativa, exploratória, subsidiando elementos que conduz o pesquisador a fatos e dados de eventos, relações e contexto referente ao objeto de estudo.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa se enquadra como bibliográfica e foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet (GIL, 2007). Neste caso buscaram-se as bases científicas, a fim de contextualizar o tema e na seqüência, tratar os dados tratados de forma sistemática. A utilização da revisão sistemática permite ao pesquisador mapear e avaliar o estado da arte disponível a fim de tornar o conteúdo encontrado mais consistente e aderente à questão de pesquisa (TRANFIELD; DEYER; SMART, 2003). No trabalho de forma geral, a revisão sistemática ocorreu conforme procedimento descrito na Figura 14. Cada atividade será detalhada posteriormente.

Com base no levantamento realizado na literatura, foi possível entender como o setor da construção civil tem absorvido o conhecimento referente a esta nova abordagem de melhoria, e como está sendo abordado o tema na literatura.

Atualmente a melhor forma de se realizar uma pesquisa da literatura é através da internet e alguns bancos de dados, sendo que a utilização da internet tornam pesquisas mais eficazes e econômicas.

A revisão sistemática (sinônimos: systematic overview, overview, qualitative review) é uma revisão planejada para responder a uma pergunta específica e que utiliza métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente os estudos, e para coletar e analisar os dados destes estudos incluídos na revisão (CASTRO, 2001).

Classificada a pesquisa, segue as principais etapas do trabalho.

3.1.1 Definição do Foco da Pesquisa de Revisão da Literatura

Os passos para se definir o foco da pesquisa de revisão sistemática da literatura foram:

- Primeiramente buscou-se verificar se existia algum trabalho científico de revisão sistemática sobre Lean Construction na literatura nacional e internacional. Não foram encontradas revisões sistemáticas sobre Lean Construction, encontrou-se apenas o artigo de Bhamu e Sangwan (2014) do International Journal of Operations & Production Management sobre Lean Production.
- Realizou-se uma consulta a alguns dos principais autores de Lean Construction tais como Koskella, Bo Terje Kalsaas, Tarcisio Abreu Saurin, Carlos Torres Formoso e José de Paula Barros Neto que afirmaram desconhecer qualquer trabalho de revisão sistemática da literatura sobre Lean Construction tanto na literatura nacional como na internacional.
- Identificou-se e analisou-se estudos sobre a aplicação de princípios e ferramentas da Lean Construction na literatura nacional.

3.1.2 Definição das Palavras Chave

As principais palavras chaves selecionadas para pesquisa foram Lean Construction, Construção Enxuta e eventualmente Lean.

Algumas palavras foram combinadas e inseridas nas bases de dados de congressos do país, entre os meses de julho a setembro de 2014, para realização da revisão sistemática da literatura. As combinações de palavras utilizadas nas buscas foram:

- ✓ Lean Construction;
- ✓ Construção Enxuta;
- ✓ Lean;
- ✓ Lean Construction + revisão sistemática;
- ✓ Construção enxuta + revisão sistemática;
- ✓ Ferramentas da Lean Construction;
- ✓ Princípios Lean Construction.

3.1.3 Definição do período de pesquisa e delimitação de escopo

O período adotado para pesquisa envolve publicações nos últimos 6 (seis) anos (2009-2014), tratando-se de artigos de congressos e revistas nacionais mais relacionados à engenharia de produção.

3.1.4 Seleção das Bases de Dados

Esta etapa é de suma importância para a revisão sistemática, uma vez que a base de dados deve estar alinhada ao objetivo do trabalho e fornecer um aporte teórico de qualidade. Para o desenvolvimento da pesquisa foi feita uma busca eletrônica em que utilizou-se de algumas bases de dados de revistas científicas e busca por anais de congressos mais relacionados a área de engenharia da produção.

3.1.5 Busca dos Artigos

A partir da busca com as palavras chaves e as devidas restrições de ano de publicação, nas bases de dados de periódicos, congressos e simpósios obteve-se um resultado de um total de 78 artigos, eliminando-se os artigos repetidos obtidos com as buscas com diferentes palavras chaves.

3.1.6 Leitura Sintética e Seleção dos Artigos

A primeira seleção objetivou delimitar a seleção dos artigos, filtrando e alinhando-os ao foco da pesquisa, descrito anteriormente. Com isso, a partir da leitura e análise crítica do título e resumo dos 78 artigos selecionados, 30 corresponderam ao foco da pesquisa sobre Lean Construction ou Construção Enxuta.

Nesta revisão consideraram-se os artigos em que o tema principal fosse Lean Construction ou Construção Enxuta, ou seja, se Lean Construction apenas contemplasse o artigo como assunto correlato, o mesmo seria descartado.

3.1.7 Coleta, Tratamento e Análise de Dados

Depois de realizada a pesquisa em fontes digitais em que 30 trabalhos foram selecionados, estes artigos foram estudados para compreender as diversas questões de pesquisa a ser explorado por diversos pesquisadores de Lean Construction.

Após a seleção destes artigos, os mesmos foram lidos e tiveram seus dados extraídos e sumarizados para utilização na pesquisa, possibilitando a classificação das variáveis abordadas por cada artigo a partir da leitura crítica dos mesmos, gerando assim os resultados da pesquisa.

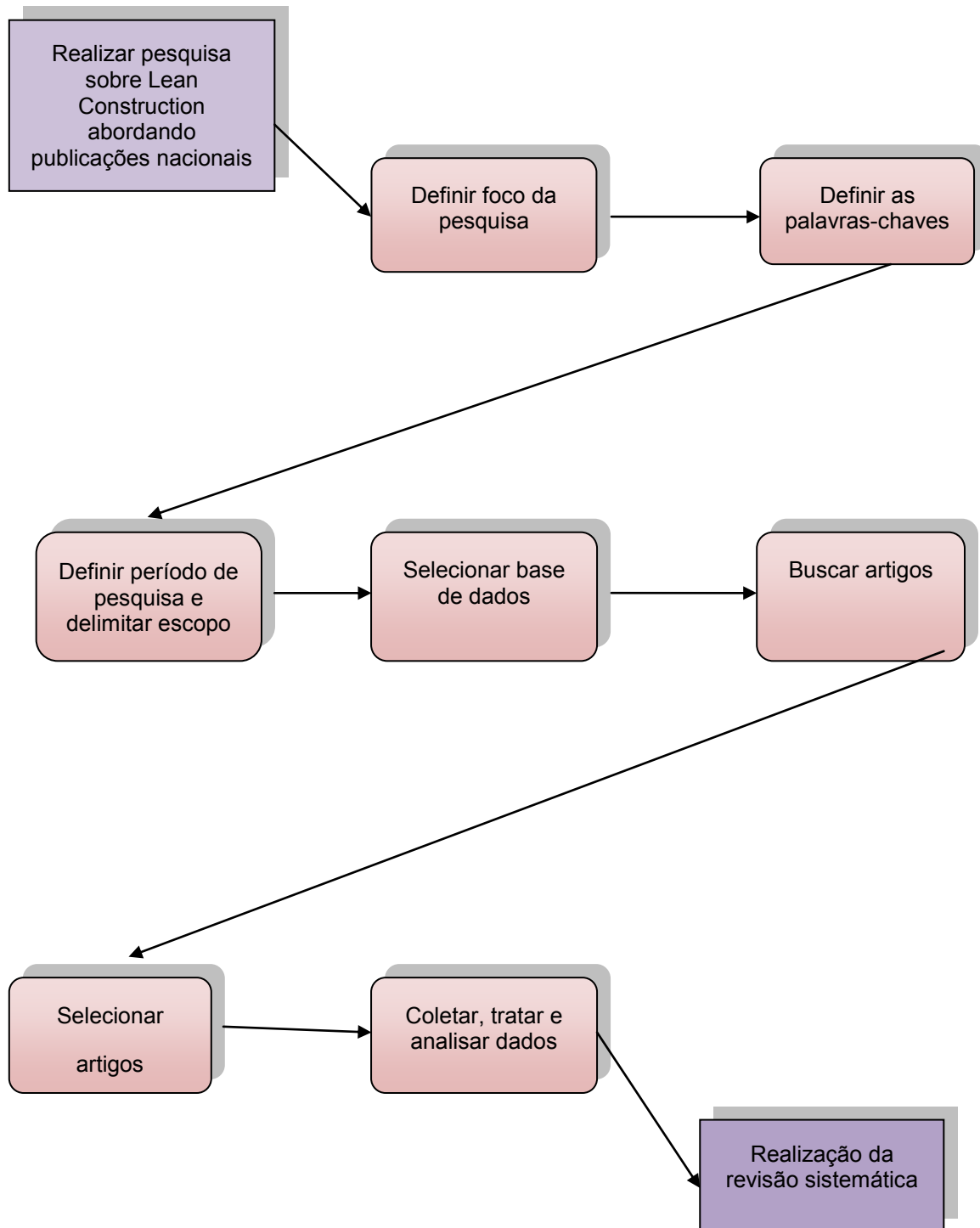
As variáveis utilizadas para análise dos dados de cada artigo foram:

- a) Título do Trabalho;
- b) Autores dos artigos;
- c) Ano de publicação restringindo ao período de 2009 a 2014;
- d) Fonte dos artigos: revista ou congresso como CNEG – Congresso Nacional de Excelência em Gestão, CONBREPRO – Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, ENANPAD – Encontro da ANPAD, ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENTAC – Encontro Nacional Tecnologia do Ambiente Construído, SBQP TIC – Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação Sustentabilidade, SIMPEP – Simpósio de Engenharia da Produção, e IJIE – Periódico da área de Engenharia Industrial.
- e) Local onde foi realizada a pesquisa: cidade, estado e país;

- f) Os trabalhos podem ser classificados como Prático quando incluem procedimentos como Estudos de Caso e Pesquisa-ação ou Teórico quando utilizam procedimentos tais como Revisões da Literatura ou Modelagens Teórico-Conceituais
- g) Os principais princípios utilizados conforme se apresentam na seção 2.5;
- h) As ferramentas e práticas mais empregadas conforme expostas na seção 2.6. O termo ferramentas abrange também práticas e métodos;
- i) Porte da empresa se pequena (P), se média (M) ou se grande (G);
- j) Principais contribuições das pesquisas descritas nos artigos.

Os resultados foram apresentados na forma de gráficos e tabelas, que permitiram realizar análises com relação às variáveis definidas para o estudo.

As variáveis utilizadas nesta pesquisa são semelhantes àquelas consideradas no artigo de Bhamu e Sangwan (2014) sobre Lean Production.

Figura 14: Desenvolvimento da revisão sistemática

Fonte: A autora (2015)

3.2 Resultados e Discussões

Para classificação dos dados listou-se 30 artigos seleccionados da base de dados em ordem cronológica, identificando pontualmente cada princípio da filosofia Lean que o mesmo abordava, entre outras variáveis, conforme seção 3.1.7.

Algumas células do quadro, na variável Ferramenta, encontram-se em branco significando que não foi definida ou classificada a variável em questão.

O quadro a seguir mostra o resultado obtido na revisão sistemática, numa perspectiva geral dos trabalhos publicados no período, abordagem científica, além do cruzamento entre os princípios e ferramenta, técnicas e metodologia da Lean Construction.

Quadro 3: Resultado da Revisão Sistemática

Nº	Título do Trabalho	Autor	Ano	Congresso ou Revista	Local	Abordagem Científica	Principais Princípios	Ferramentas	Porte da Empresa	Contribuição
1	Acompanhamento e avaliação Lean Construction em obras de estrutura metálica	Aueiz et al.	2014	Revista Eletrônica Eng Tech Science	Brasil PE Paulista	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo		Não cita	Os autores concluem que a auditoria Lean utilizando avaliações internas a respeito do grau de aplicação, implementação e consolidação da filosofia Lean Construction para todas as fases do projeto, evidenciam o desempenho e os pontos a melhorar em diversos aspectos analisados.
	Análise da aplicação da filosofia Lean Construction em empresas do setor de construção civil	Pereira e Oliveira	2014	Revista	Brasil MG Belo Horizonte	Prático	Reduzir a variabilidade		Não cita	O estudo mostra que a classificação quanto a utilização de todos os princípios foi boa. A maioria das empresas analisadas têm os 11 princípios da Lean

2	da região metropolitana de Belo Horizonte			Construindo						Construction em seus canteiros de obras mas há inconsistências em sua implementação.
3	Estudo dos conceitos da Construção Enxuta a partir de um caso de empreendimento habitacional	Refosco et al.	2014	Congresso de sistemas LEAN	Brasil PR Araucária	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo	BIM (Building Information Modelling)	Não cita	Nesta pesquisa os autores observaram que utilizando o BIM foi possível a previsão de problemas e dificuldades pontuais bem como as medidas para eliminá-las, acarretando na melhoria do valor do produto.
4	Gerenciamento da construção civil: estudo da aplicação da "Lean Construction" no Brasil	Souza e Cabette	2014	Revista Gestão e Tecnologia	Não cita	Prático	Aumentar a transparência do processo		Não cita	O estudo mostra que com a aplicação do questionário e das visitas periódicas foi possível notar uma real mudança entre o 'antes' e 'depois' da realização do estudo. Foi possível minimizar barreiras culturais, introduzir novos valores no dia-a-dia da obra e na vida dos funcionários envolvidos, que passaram a se interessar em melhorias profissionais. Os custos e prazos

										foram reduzidos e houve uma melhora em relação a organização.
5	Lean Construction e P+L como ferramenta de gestão da qualidade na construção civil: uma estratégia competitiva	Lima et al.	2014	ENEGETP	Não cita	Teórico	Focar o controle no processo global		Não cita	Os autores relatam que o grande desafio na implementação de Lean Construction e P+L está na mudança de cultura dos colaboradores envolvidos, que na maioria das vezes criam resistências no modo de fazer diferente.
6	Levantamento de estudos das interações entre Building Information Modeling (BIM) e Construção Enxuta	Mendes et al.	2014	ENEGETP	Não cita	Teórico	Reduzir o tempo de ciclo	BIM (Building Information Modelling)	Não cita	A pesquisa mostra os ganhos que se pode obter com o BIM para redução de atividades que não agregam valor e o aumento no valor do produto através da colaboração da equipe no projeto.

7	<p>Linha de balanço – Síntese dos princípios de Produção Enxuta aplicados a programação de obras</p>	<p>Moura e Heineck</p>	<p>2014</p>	<p>ENTAC</p>	<p>Não cita</p>	<p>Teórico</p>	<p>Reduzir a variabilidade de</p>	<p>Linha de Balanço</p>	<p>Não cita</p>	<p>Neste estudo é mostrado como a influência da construção enxuta auxilia na otimização da produção na construção, reconhecendo a Linha de Balanço como uma ferramenta de planejamento que confirma a filosofia Lean.</p>
8	<p>Logística e Lean Construction: uma reflexão da importância na sua aplicação para melhoria de desempenho em canteiros de obras</p>	<p>Câmera et al.</p>	<p>2014</p>	<p>SIMPEP</p>	<p>Não cita</p>	<p>Teórico</p>	<p>Reduzir a variabilidade de</p>			<p>Os autores concluem que a aplicação dos princípios da Lean Construction associados a logística melhoram o desempenho do canteiro de obras reduzindo assim suas perdas.</p>

9	Uso adaptado de Andon em um empreendimento horizontal	Biotto et al.	2014	ENTAC	Brasil CE Fortaleza	Prático	Aumentar a transparência do processo	Andon	Não cita	A pesquisa mostra que o sistema Andon tem diversos benefícios e há um aumento na transparência da informação que resultou em melhorias ao plano de comprometimento e na diminuição de paradas na produção.
10	Aplicação da técnica da linha de balanço como auxílio ao planejamento e controle de um projeto de construção de um edifício um estudo de caso	Batti et al.	2013	CONBRE PRO	Brasil SC Florianópolis	Prático	Equilibrar melhoria dos fluxos	Linha de Balanço	Não cita	Os autores sugeriram para uma melhor evolução no gerenciamento dos projetos que se elabore um planejamento de médio prazo para o controle e gerenciamento dos materiais da construção e um planejamento de curto prazo com controle diário dos serviços utilizando o indicador de Percentual de Planejamento Concluído (PPC).

11	Aplicação dos princípios da Construção Enxuta em Construtoras verticais: Estudo de casos múltiplos na região metropolitana de São Paulo	Peretti et al.	2013	EnANPA D	Brasil SP São Paulo	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo	Just in Time	P M G	Os autores ressaltaram que as ferramentas da Lean Construction oferecem um grande potencial de minimizar os desperdícios nos processos e gerar melhorias contínuas no sistema existente nas empresas pesquisadas, estando alinhadas com os processos de qualidade, oferecendo diferenciais a seus clientes.
12	Diagnóstico e aplicação da Lean Construction em construtora	Tonin e Schaefer	2013	ENESEP	Brasil SC Vale do Itajaí	Prático	Reduzir as parcelas que não agregam valor		Não cita	O estudo mostrou uma análise que permitiu comparar através de níveis pré-estabelecidos o grau de maturidade Lean na obra. O uso do indicador proposto pelos autores permitiu auxiliar no reconhecimento de estratégias e ferramentas que concebiam efetivamente a aplicação da Lean Construction.

15	Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora	Kurek et al.	2013	Revista de Arquitetura da IMED	Brasil RS Passo Fundo	Prático	Aumentar a transparência do processo		P	Os autores destacam que com a implantação da filosofia Lean foram obtidos melhorias acionáveis no canteiro, maior transparência no processo de produção e boa receptividade dos conceitos Lean na empresa.
16	Implementação de Construção Enxuta em um ano em um projeto de construção	Barbosa et al.	2013	SIBRAGE C	Brasil CE Fortaleza	Prático	Aumentar a transparência do processo	Last Planner	Não cita	O estudo mostrou que as ferramentas usadas transpareceram mais informações e controle da produção. As iniciativas aumentaram a produtividade das atividades, a confiabilidade, transparência e controle das tarefas.
17	Modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse	Baldauf et al.	2013	Ambiente Construído	Não cita	Prático	Aumentar o valor do produto	BIM (Building Information Modelling)		A pesquisa demonstra que através da modelagem de requisitos de clientes, é possível organizar, disponibilizar, controlar e verificar requisitos com soluções de projeto

	social com o uso de BIM								Não cita	adotadas e auxiliar na tomada de decisão dos diferentes envolvidos no processo de desenvolvimento de projetos.. O uso de modelagem de requisitos poderá auxiliar na geração de valor, atendendo às necessidades e expectativas dos clientes finais.
18	Aplicações da Construção Enxuta na customização de imóveis verticais para habitação de interesse social	Dias e Serra	2012	SIMPEP	Brasil SP São Carlos	Prático	Aumentar o valor do produto		P G	As autoras verificaram que a estratégia da customização caracteriza-se efetivamente por ser adotada como um diferencial pelas construtoras, atendendo às necessidades de seus clientes e acrescentando um valor adicional ao produto final gerado.
19	Classificar empresas construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas Lean	Benetti et al.	2012	CNEG	Brasil PR Pato Branco	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo	Rapid Lean Construction	Não cita	A pesquisa mostra que embora as empresas pesquisadas, não aplicam os conceitos da Lean Construction, as mesmas estão trabalhando com um nível de pensamento enxuto acima da média.

20	Identificação das práticas da filosofia Lean Construction em Construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA)	Rezende et al.	2012	ENGEVISTA	Brasil BA Itabuna	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo		M	<p>O estudo mostra que a filosofia Lean não é algo que se estruture em um curto espaço de tempo, pois é necessário ser implantada de forma sistêmica. Não ter um sistema de produção que possa sustentar a Lean Construction, equivale a uma aplicação isolada de suas ferramentas e métodos, não conseguindo medir os resultados reais fornecidos.</p>
21	O uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de Sistemas de Produção em Empreendimentos de Construção	Biotto et al.	2012	ENTAC	Brasil RS Porto Alegre	Prático	Reduzir a variabilidade de	BIM (Building Information Modelling)	Não cita	<p>Os autores concluem que através dos modelos BIM 4D, a oportunidade de visualização de problemas no canteiro de obras, antes e durante a execução do empreendimento, permitiu aos envolvidos se embasarem em mais informações para tomada de decisão. Isso fez com que o projeto e a gestão dos sistemas de produção cumpram seu papel de proteger a produção contra os</p>

										efeitos da variabilidade e incerteza inerentes aos sistemas de produção, além de contribuírem na melhoria do desempenho do planejamento e controle da produção (PCP).
22	Jogo “Desafiando a Produção”: ensinando a construção enxuta na construção civil	Romanel e Freitas	2011	GEPROS	Brasil PR Curitiba	Prático	Aumentar a transparência do processo			O trabalho mostra que na construção civil, sob a ótica da construção enxuta, o erro custa caro, acarreta o desperdício e a consequente queda da eficiência do empreendimento. Com os jogos, ocorre a simulação do ambiente real do canteiro de obras, onde o profissional tem a oportunidade de testar suas habilidades e discutir as atitudes tomadas com os colegas de trabalho, sem arriscar o resultado do empreendimento onde ele está envolvido.
	Utilização do									A pesquisa mostra que modelos

23	rapid lean construction-quality rating model (LCR) para classificar empresas construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas Lean	Benetti et al.	2011	SIMPEP	Brasil PR Pato Branco	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo	Rapid Lean Construction	Não cita	que mensurem o grau de aplicação de ferramentas Lean se tornam importantes, para que a empresa esteja sempre em busca das melhorias. A utilização dos sistemas de gestão de qualidade combinados com os conceitos do pensamento enxuto, torna-se possível, permitindo resultados muito além dos obtidos até o momento.
24	Abordagem sobre critérios competitivos da produção em empresas que implantaram a construção enxuta em Fortaleza	Costa et al.	2010	CNEG	Brasil CE Fortaleza	Prático	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor		Não cita	Os autores concluem que tão importante quanto ter uma boa estratégia e relacioná-las com a construção enxuta, é garantir o alinhamento das ações da empresa com suas decisões (alinhamento horizontal e vertical).

25	Avaliação de Princípios da Lean Construction em construtoras goianas	Souza e Brandstetter	2010	ENESEP	Brasil GO Goiânia	Prático	Aumentar o valor do produto		Não cita	Com a pesquisa as autoras mostram que os resultados dos relatórios de visitas apontam a uniformidade nas respostas, concluindo que as empresas participantes buscam alcançar o que anseia: os princípios da Lean Construction de forma particular, mesmo que isso não seja feito intencionalmente.
26	Planejamento e controle da produção: estudo sobre a implantação em uma empresa construtora cearense a partir da filosofia da produção enxuta	Costa et al.	2010	CNEG	Brasil CE Fortaleza	Prático	Aumentar a transparência do processo	Last Planner	P	Os autores realizaram um processo de mudança da realização do planejamento tradicional para um novo Planejamento e Controle da Produção, diminuindo assim a incerteza e a falta de transparência dos processos. Os resultados mostram essa melhora junto ao planejamento da obra, assim como a importância de se planejar e controlar um empreendimento antes e durante a sua execução,

										explorando os níveis: longo, médio e curto prazo de planejamento.
27	Roteiro para elaboração do Planejamento da Produção de Empreendimentos da Indústria da Construção civil, segundo os princípios da Construção Enxuta	Silva e Borges	2010	SEGET	Não cita	Teórico	Aumentar a transparência do processo		Não cita	Os autores lembram que sem o controle o planejamento constitui-se num conjunto de propostas que não são avaliadas. Assim, a construção enxuta pode colaborar ainda mais para o processo produtivo na construção civil, por meio das ferramentas de controle e aperfeiçoamento do fluxo de atividades operacionais de uma obra.
	Um modelo de avaliação do grau de aplicação de Ferramentas Lean em Empresas Construtoras: o Rapid	Oliveira et al.	2010	IJIE –	Brasil PR Curitiba, Brasil RS Porto Alegre	Prático	Introduzir melhorias contínuas no processo	Rapid Lean Construction	Não cita	O estudo mostra que o bom desempenho de uma empresa, na execução de uma obra com a aplicação dos conceitos da Lean Construction, depende do desenvolvimento de cada um dos conceitos igualmente. Também foi constatado que é possível realizar uma avaliação

28	Lean Construction-quality rating model (LCR)				e Alema nhã Herre nberg					rápida das obras das empresas quanto à Lean Construction.
29	Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva	Vivan et al.	2010	ENTAC	Não cita	Teórico	Minimizar o número de passos e partes		Não cita	Os autores concluem que o Light Steel Framing apresenta uma grande superioridade produtiva e qualitativa sobre os sistemas tradicionais, promovendo maior eficácia na utilização da Construção Enxuta como filosofia de trabalho e de suas ferramentas, garantindo às obras um caráter essencialmente de montagem que potencializa a construção de conjuntos habitacionais, cujos processos poderão ser efetivamente racionalizados.

30	Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia	Moura e Formoso	2009	Ambiente Construído	Não cita	Teórico	Focar o controle no processo global	Last Planner	Não cita	Os autores mostram que a eficácia dos sistemas de Planejamento e Controle da Produção baseado no Sistema Last Planner afeta positivamente o desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e no cumprimento de prazos.
----	---	------------------------	-------------	----------------------------	-----------------	----------------	--	---------------------	-----------------	---

Fonte: A autora (2015)

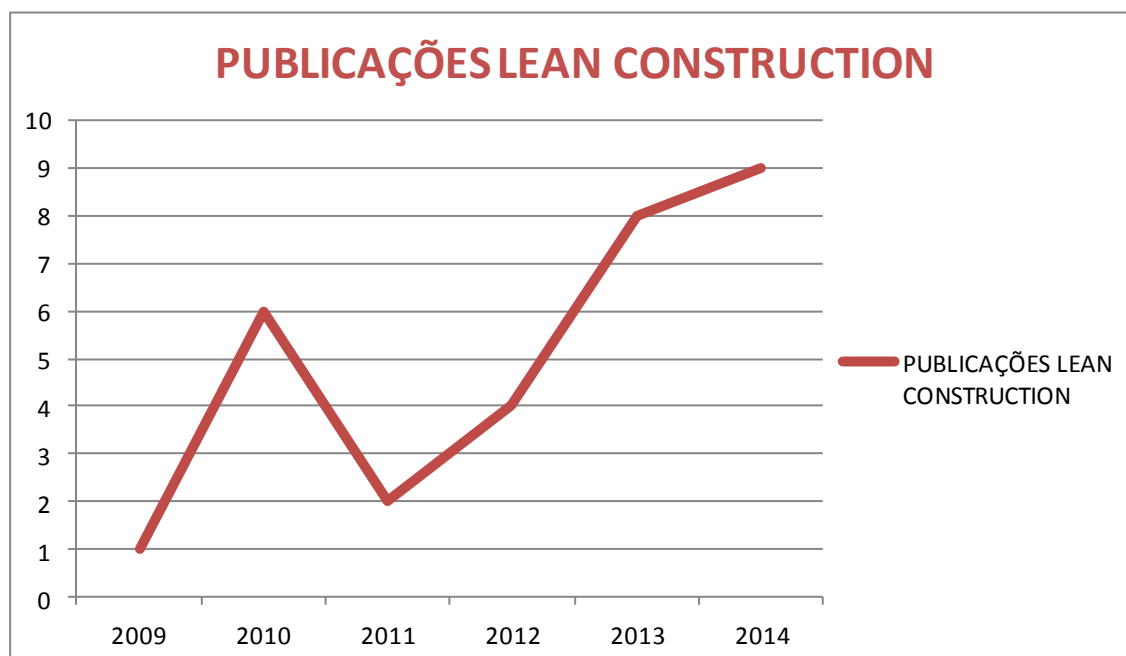
3.3 Análise e Discussão dos Resultados

A abrangência da pesquisa derivou em 30 artigos pesquisados no período de 2009 a 2014.

A figura 15 mostra que houve um avanço no número de publicações sobre Lean Construction entre os anos de 2011-2014. Isso possivelmente relaciona-se com o crescimento da construção civil neste período no país e a necessidade de aperfeiçoamento, tanto na questão científica, como prática.

O ano de 2014 apresentou-se como o ano mais fértil em estudos publicados na área com nove artigos com ênfase no princípio de redução da variabilidade.

Figura 15: Gráfico de Publicações por Ano



Fonte: A autora (2015).

Os resultados apresentados no quadro 4 apontam que: Introduzir melhorias contínuas ao processo e aumentar a transparência do processo foram os princípios mais estudados entre os artigos nos últimos seis anos.

O quadro 4 apresenta um aumento considerável de publicações nos últimos dois anos e mostra que os artigos são bem distribuídos, não havendo concentrações autorais.

No ano de 2009 foi encontrado apenas um trabalho que trazia como tema princípios e ferramentas da Lean Construction em que os autores mostravam que a eficácia dos sistemas de Planejamento e Controle da Produção baseado no Sistema Last Planner afetava positivamente o desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e no cumprimento de prazos.

Nos anos de 2014 e 2013 é possível observar que há um número maior de novos autores atuando no tema da filosofia da Lean Construction como Aueiz e Batti.

Talvez isso se deve ao fato da crescente demanda da construção civil e a necessidade de melhorias em seus processos dentro dos canteiros de obras visando uma redução nos desperdícios e um aumento na lucratividade.

Quadro 4: Autores X Princípios da Lean Construction

Princípios Autores		Reduzir parcelas que não agregam valor	Aumentar o valor do produto	Reduzir a variabilidade	Reduzir o tempo de ciclo	Minimizar o número de passos	Aumentar a flexibilidade de saída	Aumentar a transparência do processo	Focar o controle no processo global	Introduzir melhorias no processo	Equilibrar melhoria de fluxo	Benchmarking
1	Aueiz et al.(2014)									X		
2	Pereira e Oliveira (2014)			X								
3	Refosco et al. (2014)									X		
4	Souza e Cabette (2014)							X				
5	Lima et al. (2014)								X			
6	Mendes et al. (2014)				X							
7	Moura e Heineck (2014)			X								
8	Câmera et al. (2014)			X								
9	Biotto et al. (2014)							X				
10	Batti et al. (2013)										X	
11	Peretti et al. (2013)									X		
12	Tonin e Schaefer (2013)	X										
13	Barbosa et al. (2013)							X				
14	Rigon et al. (2013)									X		
15	Kurek et al. (2013)							X				
16	Barbosa et al. (2013)							X				
17	Baldauf et al. (2013)		X									
18	Dias e Serra (2012)		X									
19	Benetti et al. (2012)									X		
20	Rezende et al. (2012)									X		
21	Biotto et al. (2012)			X								
22	Romanel e Freitas (2011)							X				
23	Benetti et al. (2011)									X		
24	Costa et al. (2010)	X										
25	Souza e Brandstetter (2010)		X									
26	Costa et al. (2010)							X				
27	Silva e Borges (2010)							X				
28	Oliveira et al. (2010)									X		
29	Vivan et al. (2010)					X						
30	Moura e Formoso (2009)								X			
TOTAL		2	3	4	1	1	0	8	2	8	1	0

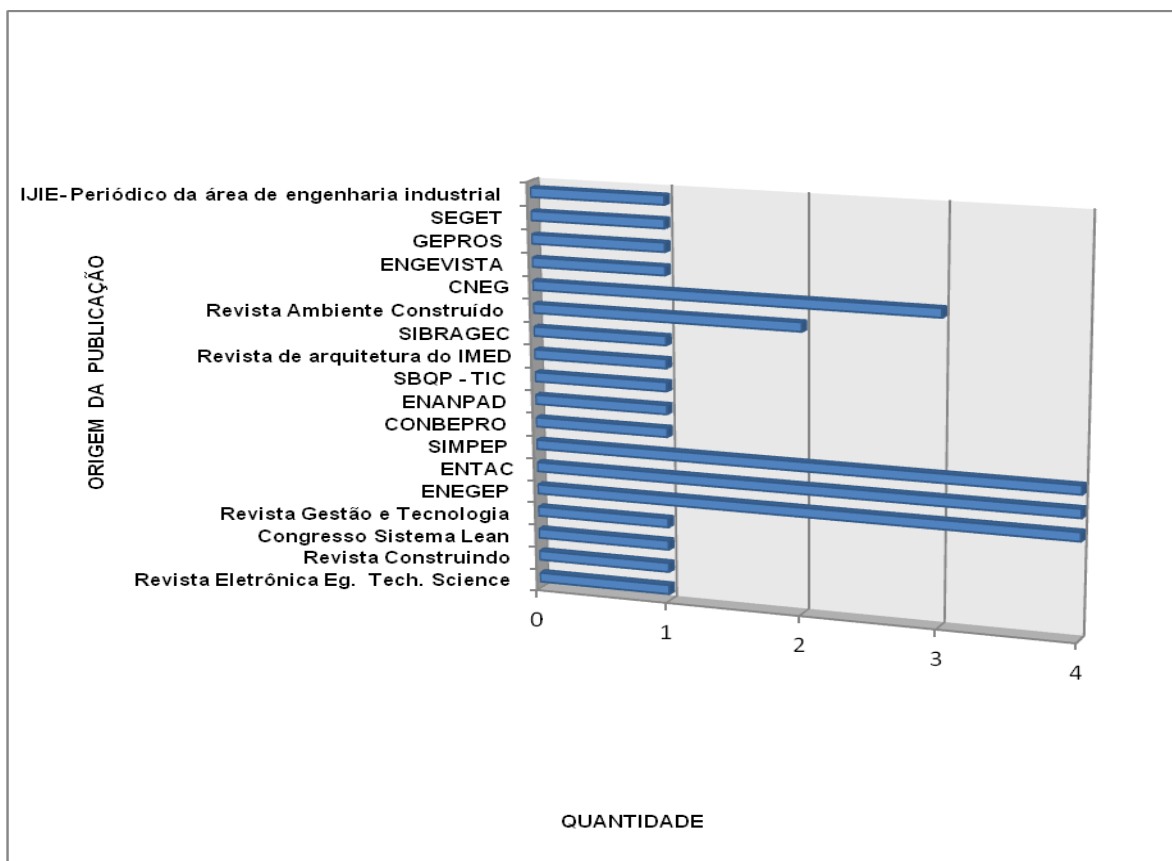
Fonte: A autora (2015).

Quanto a origem das publicações, a figura 16 apresenta os principais congressos e periódicos na área de engenharia de produção que obteve-se como resultado da busca artigos sobre Lean Construction.

Em relação as fontes de publicação dos estudos selecionados, a figura 16 destaca que em primeiro lugar há um número maior de publicações em congressos (73%) sendo 22 dos 30 artigos selecionados enquanto que em periódicos (27%) são 8 artigos.

Os congressos com maior número de publicações são: SIMPEP, ENTAC e ENEGEP cada um com 4 artigos, representando 13,35% das publicações sobre o tema Lean Construction.

Figura 16: Congresso X Revista

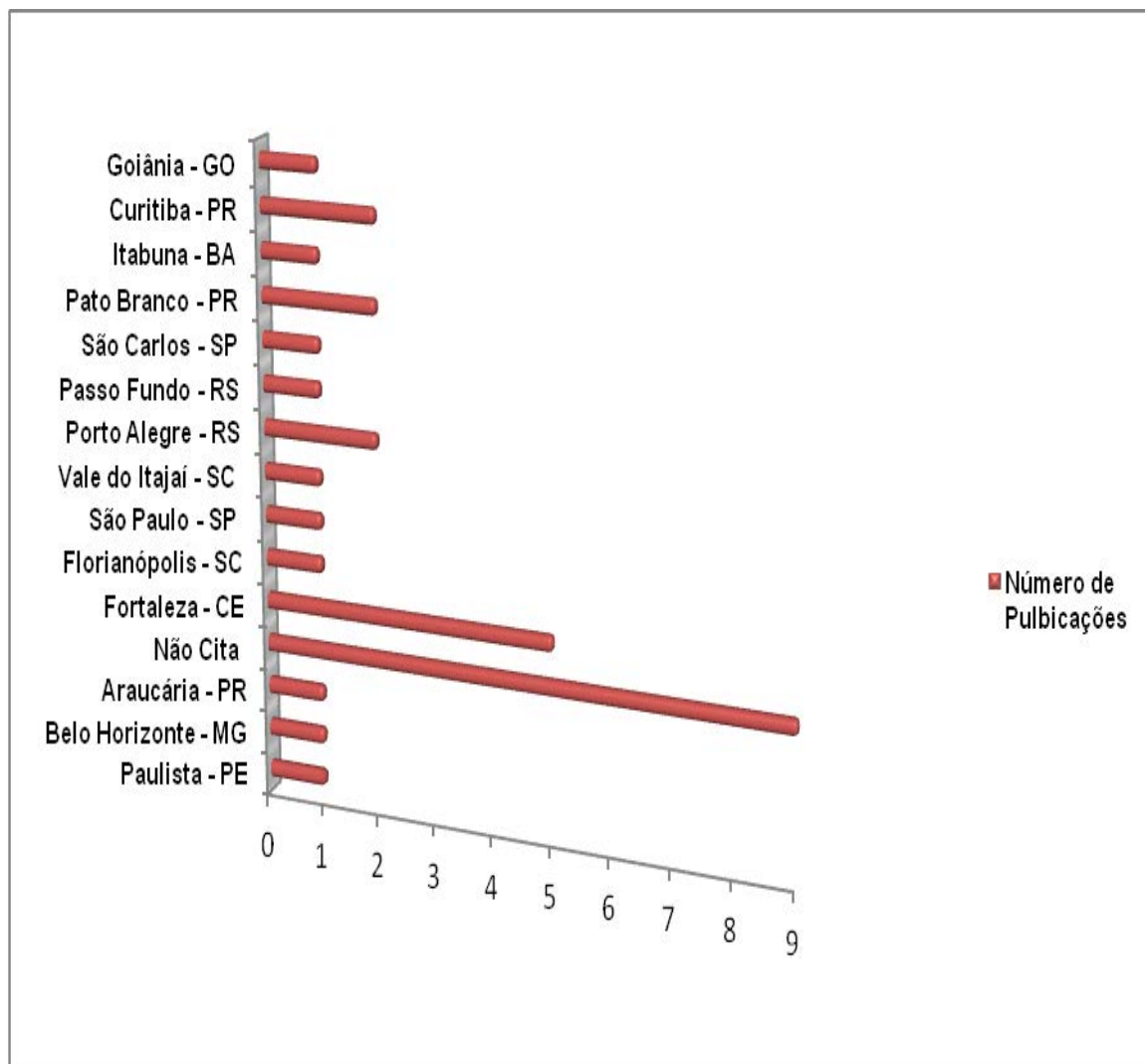


Fonte: A autora (2015).

De acordo com a figura 17, grande parte dos autores não cita o local onde foi realizada a pesquisa ficando em 30% dos artigos sem definição de local.

A cidade de Fortaleza se destaca em especial sobre as demais cidades em número de artigos (5 dentre os 30) desenvolvidos por pesquisadores.

Figura 17: Localidade da realização das pesquisas

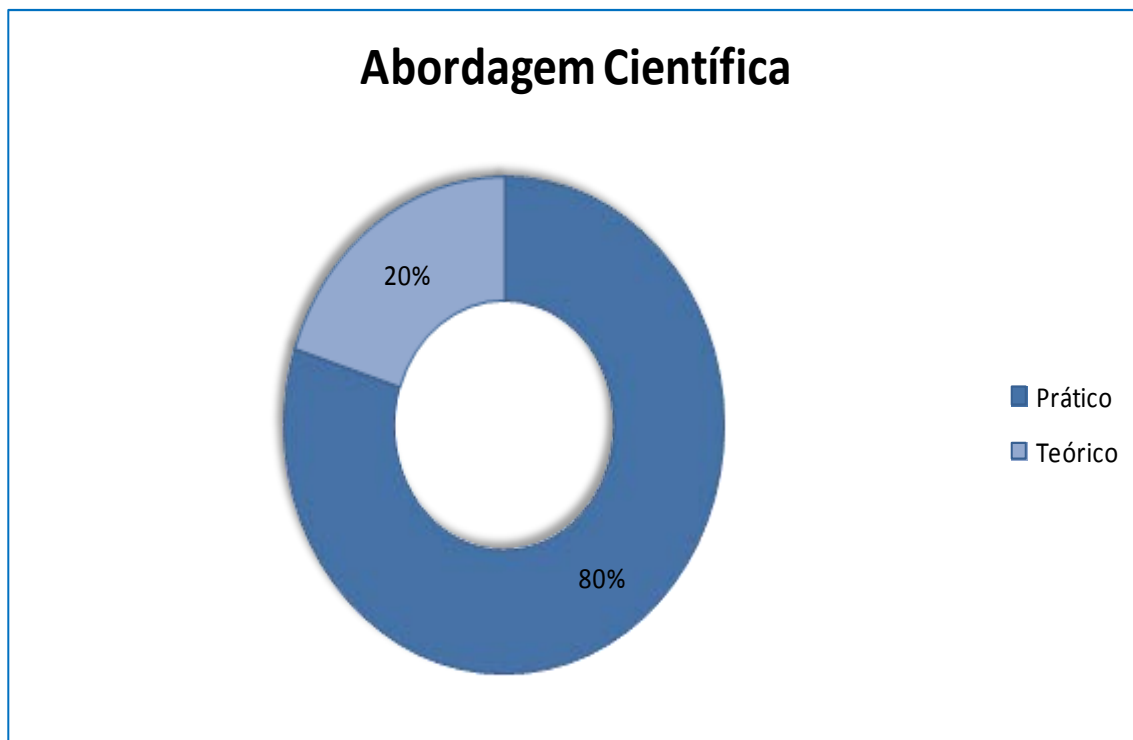


Fonte: A autora (2015).

Outro ponto visualizado é a abordagem científica, 80% dos artigos referem-se a aplicação prática e 20% são de aplicação teórica, conforme observa-se na figura 18. Esta diferença na abordagem científica se deve ao fato de estar relacionada a experimentos no campo, onde há uma ampla necessidade de mudanças do cenário da produção em canteiros de obra.

Também quanto a questão da abordagem científica os artigos foram classificados como Prático quando incluíram procedimentos como Estudos de Caso e Pesquisa-ação ou Teórico quando utilizaram procedimentos tais como Revisões da Literatura ou Modelagens Teórico-Conceituais.

Figura 18: Abordagem Científica das Pesquisas sobre Lean Construction



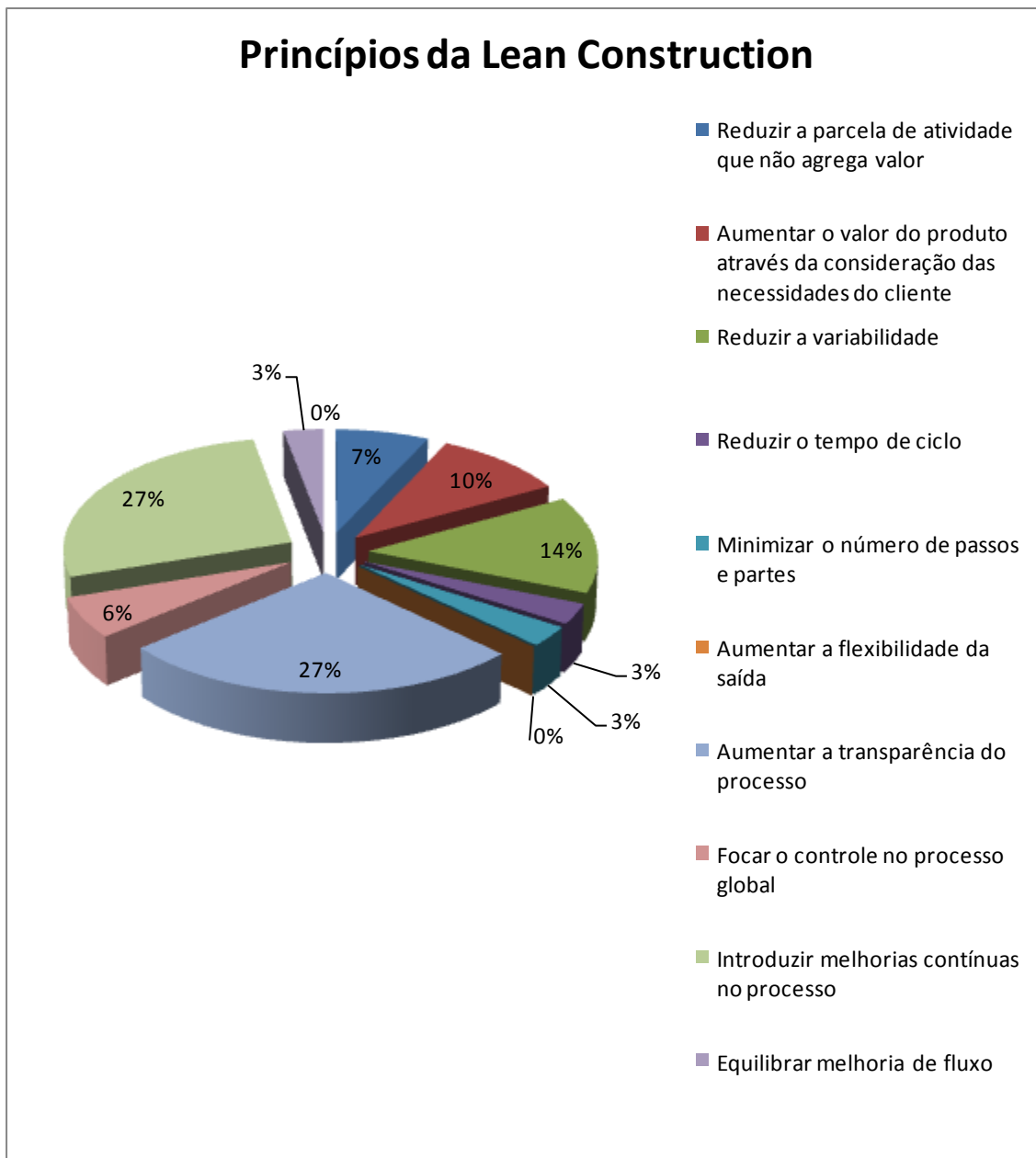
Fonte: A autora (2015).

Referente aos princípios da Lean Construction conforme mostra a figura 19, incidiu maior número de publicações que utilizam os princípios: introduzir melhorias contínuas nos processos e aumentar a transparência do processo com 27% das publicações cada. Ambos os itens estão relacionados com a questão de adequação e estabelecimento de procedimentos de trabalho, possibilitando buscar melhorar os processos e identificar as atividades que não agregam valor ao mesmo. Tais ações impactam diretamente na qualidade final da obra.

Os princípios reduzir o tempo de ciclo, minimizar o número de passos e partes, focar o controle no processo global e equilibrar melhoria de fluxo foram os princípios que estiveram presentes em um baixo número de publicações com um percentual de 3% cada um, conforme ilustra a figura 19.

Já o princípio benchmarking e aumentar a flexibilidade de saída, não foram abordados em nenhuma publicação considerada no levantamento.

Figura 19: Utilização dos princípios da Lean Construction

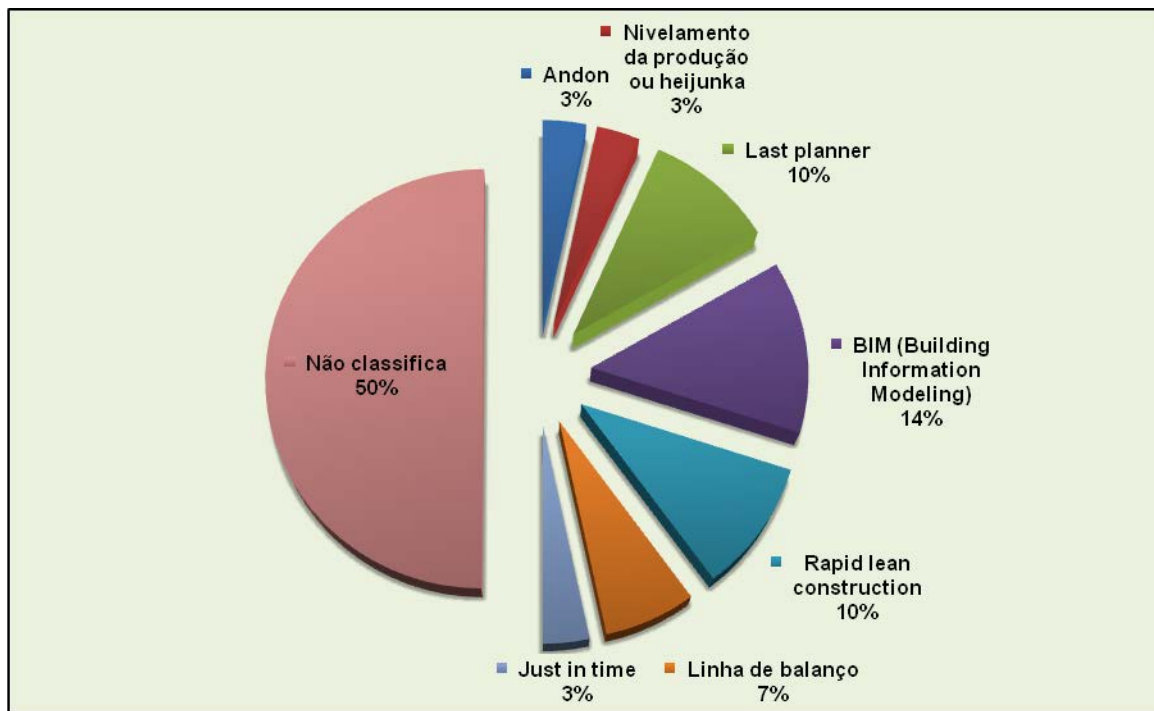


Fonte: A autora (2015).

Conforme figura 20 os resultados apontam que 50 % dos artigos não declararam explicitamente utilizar alguma ferramenta como foco da pesquisa. Isso não significa que em momento algum nenhuma ferramenta foi citada, pelo contrário, às vezes foram citadas mais de uma ferramenta porém não sua aplicação propriamente dita.

A ferramenta computacional BIM (Building Information Modelling) foi a ferramenta mais estudada entre os artigos nos últimos 6 anos. Este fato alinha-se com a questão de que a partir do momento em que se desenha um empreendimento qualquer, como por exemplo um pequeno edifício, constituído por quatro paredes, um telhado e uma laje de piso, toda a informação necessária para a sua validação e execução, se encontra automaticamente associada a cada um dos elementos.

Assim os sistemas de informação como o MRP (Manufacturing Resource Planning) passam a ser essencial na manufatura, esta constatação pode inferir que o setor da construção civil também está dando importância a essas ferramentas computacionais como no caso da utilização do BIM.

Figura 20: Utilização das ferramentas da Lean Construction

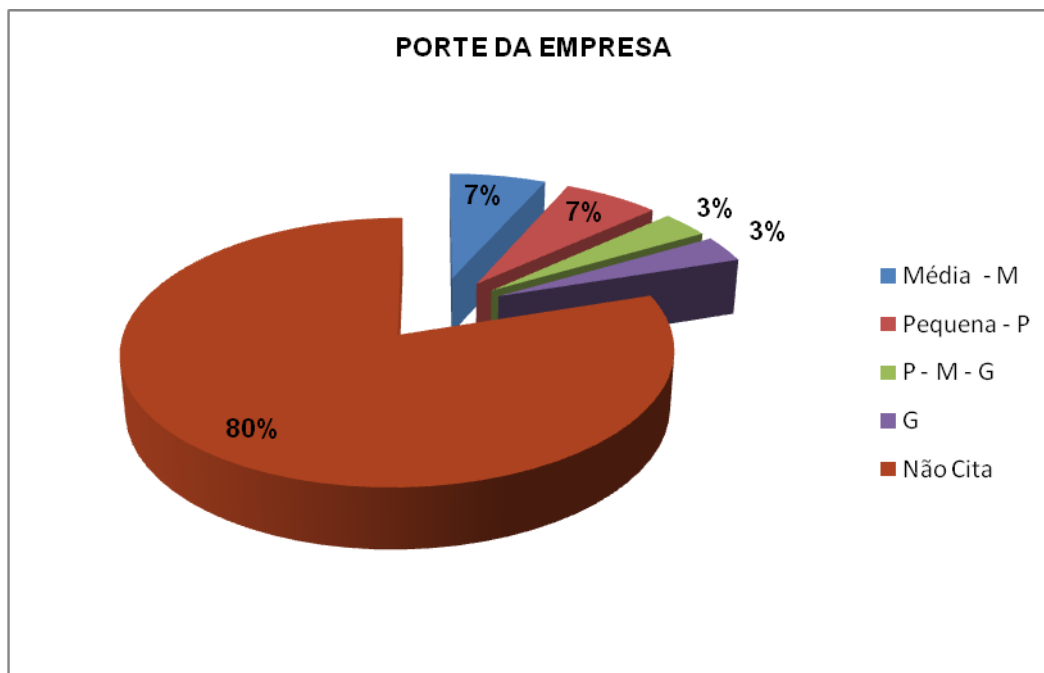
Fonte: A autora (2015).

Com relação ao porte das empresas, sendo P (pequena), M (média) e G (grande) a figura 21 mostra que 80% dos autores não citam o porte da empresa.

Há uma pesquisa realizada em construtoras verticais da Região Metropolitana de São Paulo que cita os três portes de empresas, P (pequena), M (média) e G (grande). Esta pesquisa, foi desenvolvida por meio de estudo de casos múltiplos em três empresas de diferentes portes.

Ao contrário do que esperava-se é possível visualizar que há poucos estudos em grandes empresas apesar de um número não expressivos de artigos com porte de empresa identificada.

Figura 21: Porte das empresas



Fonte: A autora (2015).

4 COMPARATIVO DE UMA EMPRESA QUE UTILIZA LEAN CONSTRUCTION

Neste capítulo será mostrado uma análise comparativa de uma empresa que utiliza os princípios da Lean Construction com uma que não os utiliza e desconhece a utilização desta filosofia.

Como ações iniciais foram realizadas visitas in loco aos canteiros de obras da C.Rolim Engenharia e participação no congresso do 21º IGLC realizado na cidade de Fortaleza no qual, durante os cinco dias de congresso em que foi possível conhecer os principais autores da área e seus respectivos trabalhos de maior relevância. O diagnóstico do cenário atual da C.Rolim levou o conhecimento do ambiente estudado, auxiliando na identificação das melhores ferramentas e práticas da Lean Construction existentes na construtora que serviram de base para o estudo de caso comparativo com uma empresa que não utiliza Lean Construction.

Assim, nas próximas seções serão descritos as características da C.Rolim Engenharia, a introdução da Lean Construction na C.Rolim e a utilização de princípios e ferramentas e também serão descritos as características da Empresa A que não utiliza a Lean Construction.

4.1 Análise da C. Rolim Engenharia

A C.Rolim Engenharia é uma construtora que é considerada uma das empresas de maior experiência da aplicação de princípios e ferramentas da Lean Construction no país. A empresa foi fundada no ano de 1977 na cidade de Fortaleza-CE. Hoje a empresa atua na área de incorporação imobiliária exclusivamente, embora já tenha atuado no passado com obras industriais (VALENTE, 2014).

Evolução contínua é a palavra de ordem do dia a dia da C. Rolim Engenharia, sendo que a mesma foi a primeira empresa no setor da construção

civil do Ceará a ser certificada com o ISO 9000 em 1998. É pioneira na filosofia “Lean”, pioneira também ao receber o “Green Buildings” dos prédios ecologicamente corretos e conquistar a pré-certificação no empreendimento Paço das Águas na categoria Silver, na versão leed-cs 2009. Estas certificações fizeram com que a empresa fosse a primeira do Brasil a atingir esta meta saudável (MOURÃO e VALENTE, 2013).

4.1.1 A Introdução da Lean Construction na C. Rolim Engenharia

Mourão e Valente (2013) citam que no ano de 2004, a construtora teve a oportunidade de participar de um módulo de treinamento sobre Lean Construction organizado pelo INOVACON - Programa de Inovação da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará. Foi neste treinamento que a empresa teve o primeiro contato com o que viria ser o seu modelo de gestão. Após identificar que os princípios da construção enxuta, a alta administração da construtora decidiu por implementar a Lean Construction na empresa. Após estudos sobre os benefícios na implementação da construção enxuta que tem como modelo de produção a produção puxada, o conhecimento sobre a filosofia Lean foi repassada entre a equipe de administração das obras e iniciou-se o processo de implementação da filosofia nos canteiros de obra. Alcançada uma estabilidade na implantação do novo planejamento, deu-se continuidade a implementação lean através de práticas e ferramentas.

4.1.2 Ferramentas Lean utilizadas na C. Rolim Engenharia

Mourão e Valente (2013) relatam que as ferramentas implantadas inicialmente foram os Kanbans de Estoque e Argamassa e o Andon. Nesse

ambiente, os colaboradores puderam programar suas ações, a fim de promover maior eficiência e diminuição de retrabalhos.

A C.Rolim utiliza no seu planejamento e controle de produção o planejamento de longo prazo representado pela Linha de Balanço, o planejamento de médio prazo utilizando o Lookahead e o planejamento de curto prazo que utiliza indicadores de PPC (MOURÃO e VALENTE, 2013).

Mourão e Valente (2013) relatam que além das ferramentas Lean, foram implantadas várias outras ferramentas que mudariam ou melhorariam ainda mais o modo de se produzir, tais como:

- Cronograma de Suprimentos,
- Kanban de Fluxo de Materiais,
- Kanban de Kit de Materiais,
- Kanban de Argamassas,
- Kanban de Estoque Mínimo,
- Andon,
- Poka-Yokes,
- Just In Time,
- Planta de Inventário de Materiais para Alvenaria e Gesso,
- Transporte por Pallets,
- Supermercados nos Almoxarifados,
- Pacotes de Produção,
- Sistema Lean de Qualidade,
- Projeto de Layout de Canteiro,

- Painel de Materiais,
- Painel de Cerâmicas,
- Ferramentas A3,
- Organização e Transparência de Estoques.

A visita in loco o projeto analisado foi uma obra residencial com 16 pavimentos cada torre. Duas torres com apartamentos de 226 m² cada e um jardim de 2800 m² compõem este empreendimento.

Durante a visita as duas torres do empreendimento, um engenheiro-chefe explicava cada fase do canteiro de obras da C.Rolim e tornou-se possível visualizar a utilização dos princípios da Lean Construction e a aplicação das ferramentas relacionadas a estes princípios. Após a visita ao canteiro de obras, o engenheiro chefe nos levou a sala de reuniões onde foi tomado o conhecimento de como são feitas as ações de Planejamento e Controle da Produção e quais ferramentas relacionadas ao Planejamento e Controle da Produção foram utilizadas no empreendimento em estudo.

No quadro 5 está sendo apresentada uma relação entre o princípio da Lean Construction com a aplicação observada na visita ao canteiro de obras da C.Rolim em Fortaleza.

Quadro 5: Utilização dos Princípios da Lean Construction na C.Rolim

Princípios	Aplicação
Redução das parcelas de atividades que não agregam valor	Explicitar as atividades de fluxo.
Aumentar o Valor do Produto através da Consideração das Necessidades do Cliente	Mapeamento do processo, identificando os clientes e seus requisitos para cada estágio do processo.
Reduzir a Variabilidade	Padronização do processo.
Reduzir o Tempo de Ciclo	Eliminação de atividades de fluxo que fazem parte do ciclo de produção.
Simplificar através da Redução do Número de Passos ou Partes	Utilização de elementos pré-fabricados, reduzindo assim etapas para a execução de um elemento da edificação.
Aumentar a Flexibilidade de Saída	Redução do tamanho dos lotes diminuindo assim o tempo de ciclo.
Aumentar a Transparência do Processo	Envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias.
Foco no Controle de todo o Processo	Mensuramento e controle o processo como um todo.
Estabelecimento de Melhoria Contínua ao Processo	Medição e monitoramento das melhorias Estabelecimento de metas esticadas.
Balanceamento da Melhoria dos Fluxos com a Melhoria das Conversões	Observação dos processos Análise do que pode e deve ser melhorado
Aprender com Referências de Ponta (Benchmarking)	Conhecer os processos dos líderes ou concorrentes, compreendendo e comparando as melhores práticas.

Fonte: A autora (2014).

4.2 Análise da Construtora A

A empresa foi fundada na década de 70 no interior de São Paulo. Atua no ramo de incorporação e construção em várias localidades brasileiras prestando serviços a clientes privados, públicos e gerando inúmeros empreendimentos verticais. Com mais de vinte obras entregues entre empreendimentos e obras particulares de grande peso no interior de São Paulo, com quatro empreendimentos em andamento e um lançamento com quatro torres residenciais em uma área de 12 mil m². A construtora possui hoje em seu quadro de funcionários aproximadamente 210 colaboradores (KOBAYASHI, 2014).

Além de ser uma das principais construtoras do interior de São Paulo, a empresa A foi escolhida por demonstrar interesse em conhecer os princípios e ferramentas da Lean Construction para serem utilizadas em seus projetos. Por este motivo houve uma facilidade maior na coleta de dados para buscar elencar as principais barreiras e dificuldades enfrentadas no dia a dia no canteiro de obras da empresa, e sendo assim, propor a implantação da Lean Construction.

A empresa relatou como principais dificuldades no canteiro de obras:

- Equipes de comando com pouca instrução,
- Falta de liderança
- Falta de planejamento,
- Falta de comprometimento.

O engenheiro responsável pela obra disse não conhecer Linha de Balanço, Last Planner e LookAhead.

O planejamento é feito na empresa utilizando o gráfico de Gantt com equipes dimensionadas para produzir as tarefas em um determinado espaço de tempo (ex: executar 1 pavimento de reboco por semana...).

Quando há previsão de que irá haver algum conflito entre as tarefas, são ajustados os recursos para se alinharem novamente. Sendo feito sempre com base em produtividade hora/homem em cada serviço.

Em visita ao canteiro de obras da Empresa A foi visualizado a inexistência de aplicação das ferramentas da Lean Construction e alguns pontos fracos:

- a equipe desconhece o planejamento de longo prazo,
- o planejamento de curto prazo é feito mentalmente sem anotações,
- não há aplicação de ferramentas Lean tais como Andon e Kanban.

Nesta visita o encarregado de obras relatou como um dos principais problemas encontrados na obra a gestão de mão de obra.

4.3 Comparativo Entre práticas da C.Rolim com o cenário atual da Empresa A

Nesta seção é apresentado um comparativo de práticas com fotos ilustrativas entre o canteiro de obras da C.Rolim Engenharia, considerada uma empresa de referência na aplicação dos princípios da Lean Construction, com o atual cenário do canteiro de obras da Empresa A .

Na figura 22 é mostrado o almoxarifado da C.Rolim seguindo a aplicação da ferramenta Estoque tipo supermercado. Sendo que a figura 23 demonstra que o mesmo não ocorre na Empresa A.

Figura 22: Almoxarifado padrão C.Rolim



Fonte: Mourão e Valente (2013).

Figura 23: Almoxarifado da Construtora A



Fonte: A autora (2014).

Na figura 24 é possível visualizar a sinalização de estoque mínimo para agregados da C.Rolim seguindo a aplicação da ferramenta Organização e Transparência de Estoques. Sendo que a figura 25 demonstra que o mesmo não ocorre na Empresa A.

Figura 24: Sinalização de Estoque Mínimo para Agregados C. Rolim



Fonte: Mourão e Valente (2013).

Figura 25: Estoque de Agregados Construtora A



Fonte: A autora (2014).

Na figura 26 é mostrado o estoques de tubulações em PVC na obra da C. Rolim seguindo a aplicação da ferramenta 5S que facilita a identificação e localização dos materiais posicionando assim as tubulações dentro do canteiro de obras de forma que reduza ao máximo a movimentação do operário que for utilizar essa tubulação. Sendo que a figura 27 demonstra que esta ferramenta não é aplicada na Empresa A.

Figura 26: Estoques de Tubulações em PVC na obra da C. Rolim



Fonte: Mourão e Valente (2013).

Figura 27: Estoques de Tubulações em PVC na obra da Construtora A



Fonte: A autora (2014).

Na figura 28 é mostrado a utilização de Kanbans de estoque mínimo para blocos e tijolos na C. Rolim seguindo a aplicação da ferramenta Kanban de cartões para sinalização. Sendo que a figura 29 demonstra que o mesmo não ocorre na Empresa A.

Figura 28: Kanbans de estoque mínimo para blocos e tijolos: C. Rolim



Fonte: Mourão e Valente (2013).

Figura 29: Pátio de estoques de materiais da Construtora



Fonte: A autora (2014).

Ao analisar as situações apresentadas é possível visualizar e ilustrar a utilização de alguns princípios da Lean Construction.

Como exemplo a redução da variabilidade é notada no canteiro de obras da C.Rolim onde há a utilização do programa 5S que proporciona o alcance dos objetivos da construtora tais como: organização do espaço, segurança, limpeza e produtividade que são percebidos no ambiente de trabalho, como ocorre nas figuras 22 e 26.

O aumento da transparência de processos tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo em que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. A utilização de dispositivos visuais, tais como cartazes, sinalização luminosa e demarcação de áreas disponibilizam informações relevantes para a gestão da produção aumentando assim a transparência de todo o processo, conforme se observa nas figuras 24 e 28.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema da pesquisa abordou a falta de revisões sistemáticas nas publicações nacionais referentes à Lean Construction e sua abordagem com as diferentes atividades que envolvem a construção civil. A partir do problema delineou-se o objetivo geral da pesquisa, de identificar e analisar as ferramentas da Lean Construction, a partir de uma revisão sistemática da literatura e sua contribuição para melhorias em canteiros de obras. Para que este objetivo seja alcançado foram desenvolvidos os objetivos específicos, que atua como uma base estruturadora da pesquisa que são: identificar a produção científica relacionada à Lean Construction e suas práticas, avaliar a relação da utilização dos princípios, práticas e ferramentas da Lean Construction e contribuição no processo de melhoria em canteiros de obras e levantar aplicação dos princípios da Lean Construction em empresas brasileiras.

Assim procurou-se estudar este importante tema, principalmente num cenário onde economicamente a construção civil é o cerne do desenvolvimento de todo país. Pode-se considerar que há um aprimoramento no processo do canteiro de obras, visando melhorar a eficiência e eficácia da gestão da produção que é de suma importância neste contexto. Assim, a partir de uma revisão sistematizada na literatura nacional, buscou-se com os objetivos específicos, organizar as bases de busca, definição das palavras-chaves, e assim os resultados obtidos, possibilitando um cruzamento com estado da arte sobre a Lean Construction, subsidiando desta forma a conclusão do objetivo geral.

Como resultados, constatou-se que as publicações tendem a crescer no âmbito nacional, além disso, há a necessidade de se utilizar outros métodos científicos, subsidiando novos modelos de resultados, ampliando assim discussões no meio acadêmico. Alguns artigos não exploram o conceito dos princípios da Lean Construction versus a ferramenta utilizada, o que justifica avançar no entendimento do assunto nas pesquisas.

Como limitações identificaram-se o pouco período de tempo que o tema está sendo explorado, dificultando na busca de artigos nas bases científicas, ou seja, pouco volume de produção.

Sugere-se avançar neste processo, realizando revisão sistemática com artigos internacionais e fazer estudos comparativos entre países, discutindo a contribuição no campo de aplicação, a partir de aplicação de outros métodos de pesquisa, tais como estudo de caso e pesquisa-ação.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L. R. **O futuro da indústria da construção civil: construção habitacional**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC, Instituto Euvaldo Lodi - IEL/Núcleo Central, Brasília, 2005.

AGC. **The Contractors' Guide to BIM**, Associated General Contractors (AGC) of America. Disponível em: <www.agc.org>. Acesso em: 03 junho 2015.

AL AOMAR, R. A lean construction framework with Six Sigma rating. **International Journal of Lean Six Sigma** , 3, 299 – 314, 2012.

ALVARENGA, R. L. **O método 5 S**. Disponível em: <http://www.inpgblog.com.br/o-metodo-5s/>. Acesso em 22 de agosto de 2014.

AUEIZ, J. E.; DOS SANTOS, T. H.; DE OLIVEIRA, J. P. Acompanhamento E Avaliação Lean Construction Em Obras De Estrutura Metálica. **Revista Eletrônica Eng Tech Science**, Jabotão dos Guararapes, Volume 2, Nº1, p. 84-111, 2014.

BALDAUF, J. P.; FORMOSO, C. T., MIRON, L. I. G. Modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social com o uso de BIM. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, Volume 13, Nº 3, p.177-195, 2013.

BALLARD, G. **The Last Planner**. Northern California Construction Institute, Monterey, California, 1994.

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

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Toward construction JIT**. 11th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, Proceedings, Loughborough, 1995.

BALLARD, G.; HOWELL, G. 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.

BARBOSA, G.; ANDRADE, F.; BIOTTO, C.; MOTA, B. Heijunka de máquinas manipuladoras utilizando tablets no canteiro de obras. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 3, Campinas, 2013**.

BARBOSA, G.; ANDRADE, F.; BIOTTO, C.; MOTA, B. Implementação de construção enxuta em um ano em um projeto de construção. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 8, Salvador, 2013**.

BARROS, E. B. **Aplicação da Lean Construction no setor de Edificações: Um estudo multicaso.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

BARROS, E. S. **Aplicação da construção enxuta no setor de edificações: um estudo multicaso.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

BATTI, C. F. B.; CORREA, L. A.; GIRARDI, N.; DESCHAMPS, R. R.; ARARIPE, R. T. A. Aplicação da técnica da linha de balanço como auxílio ao planejamento e controle de um projeto de construção de um edifício um estudo de caso. **Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 3, Ponta Grossa, 2013.**

BENETTI, H. P.; SILVA JUNIOR, I.; BELLEI, E. Classificar empresas construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas lean. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, 8, 2012.**

BENETTI, H. P.; SILVA JUNIOR, I.; BELLEI, E. Utilização do Rapid Lean Construction-quality rating model (lcr) para classificar empresas construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas lean. **Simpósio de Engenharia da Produção, Bauru, 18, 2011.**

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.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. "Lean manufacturing: literature review and research issues", **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 34 Iss: 7, pp.876 – 940, 2014.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. O uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Encontro Nacional Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 14, 2012.**

BIOTTO, C.; MOTA, B.; ARAÚJO, L.; BARBOSA, G.; ANDRADE, F. Uso adaptado de Andon em um empreendimento horizontal. **Encontro Nacional Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 15, 2014.**

BULHÕES, I. R. e PICCHI, F. A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, Volume 11, Nº. 04, p. 205-223, 2011.

CÂMERA, E.; CASTRO, M. D. G.; CAMPOS, R. Logística e Lean Construction: reflexão da importância na sua aplicação para melhoria de desempenho em canteiro de obras. **Simpósio de Engenharia da Produção, Bauru, 21, 2014.**

CASTRO, A. A. Revisão sistemática e meta-análise. 2001. Disponível em: <<http://www.metodologia.org/meta1.PDF>> Acesso em 09 de maio de 2015.

CBIC. BANCO DE DADOS. Disponível em:
<http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/estabelecimentos-na-construcao>. Acesso em 05 de setembro de 2014.

CONTE, A. S. I. **Lean Construction e a Estabilização do Processo Produtivo na Construção Civil**. FEICON BATIMAT, 2009. São Paulo.

COSTA, G. S.; AZEVEDO, M. J.; BARROS NETO, J. P. Abordagem sobre critérios competitivos da produção em empresas que implantaram a construção enxuta em Fortaleza. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, 6, 2010.**

COSTA, G. S.; BARROS NETO, J. P.; MATOS, P. R. F. Planejamento e controle da produção: estudo sobre a implantação em uma empresa construtora cearense a partir da filosofia da produção enxuta. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, 6, 2010.**

DIAS, C. M.; SERRA, S. M. B. Aplicações da construção enxuta na customização de imóveis verticais para habitação de interesse social. **Simpósio de Engenharia da Produção, Bauru, 19, 2012.**

Eljazzar, M. S.; Beydoun, A. A.; Hamzeh, F. R.; **Optimizing workflow for shelter rehabilitation projects in refugee camps**. IGLC 21, Fortaleza, Brasil, 2013.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA, K. A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1999. 73p.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: Princípios Básicos e exemplos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2000.

FORMOSO, C. T.; CESARE, CLÁUDIA M. DE; LANTELME, ELVIRA M. V.; GARRIDO, J. S.; Pasquire, C. Value Theory in Lean Construction. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, Vol. 16, No. 1, 2011.

Gil, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas: São Paulo, 2007.

GONZALEZ, E. F. **Análise da implantação da programação de obra e do 5S em um empreendimento habitacional.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa nacional por amostra de domicílio. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2013/11/em-dez-anos-emprego-formal-no-brasil-cresce-65-7>. Acesso em 04 de setembro de 2014.

ISATTO, E. L. et al. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil.** 1ª Ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

JUSTA, M. A. Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing. Disponível em: <http://marcelojusta.blogspot.com.br/2010/09/33-manufatura-enxuta-lean-manufacturing.html>. Acesso em 09 de setembro de 2014.

KEMMER, S. L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na Formulação de planos de ataque de Edifícios de múltiplos pavimentos.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

KOBAYASHI, G. K.. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <antonio@franzolin.eng.br> em 28 ago. 2014.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** CIFE Technical Report, Stanford University, n.72, setembro 1992.

KOSKELA, L. Moving on beyond Lean Thinking. **Lean Construction Journal**, Louisville, CO, Volume 1, Issue 1, p. 24-37, 2004.

KUREK, J.; PANDOLFO, L. M.; PANDOLFO, A.; RINTZEL, R.; TAGLIARI, L. Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, Volume 2, Nº 1, 2013.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management and Economics**, v. 5, n.3, p. 243 - 266, 1987.

LEE, A.; SEXTON, M. G. nD modelling: industry uptake considerations. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 7, n. 3, p. 288-302, 2007.

LIMA JUNIOR, O. Adaptações do Toyotismo na Construção Civil: Primeira temporada de minicursos: Lean Construction, UFC. Disponível em: <http://www.petcivil.ufc.br/portal/wp-content/uploads/2012/02/Lean-Cosntruction-v1.pdf> . Acesso em 29 de abril de 2014.

LIMA, Y. C. C.; MENEZES, V. N.; QUEIROZ, E. L.; CARVALHO, H. G. A.; FRASAO, S. C. Lean Construction e P+L como ferramenta de gestão da qualidade na construção civil: uma estratégia competitiva. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 35, 2014.**

LIMMER, C. V. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997, 225p.

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.

MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, Volume 13, Nº 3, p.7-27, 2013 .

MENDES JUNIOR, R.; CLETO, M. G.; GARRIDO, M. C. Levantamento de estudos das interações entre building information modeling (BIM) e construção enxuta. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 35, 2014.**

MOURA, C. B.; FORMOSO, C. T. "Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia." **Revista Ambiente Construído**, Volume 9, Nº 3, p 57-74, 2009.

MOURA, R. S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de balanço – síntese dos princípios de Produção enxuta aplicados à programação de obras. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 35, 2014.**

MOURÃO, C. A. M. A.; VALENTE, C. P. Coletânea Lean & Green. C. Rolim Engenharia Ltda, 2013.

OLIVEIRA, B. F.; FREITAS, M. D. C. D.; HOFACKER, A.; GHEBAUER, F.; e MENDES JUNIOR, R. Um modelo de avaliação do grau de aplicação de ferramentas lean em empresas construtoras: o Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR). **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**, v. 2, n. 2, p. 156-174, 2010.

PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014.

PEREIRA, M. D. C.; OLIVEIRA, D. M. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EM EMPRESAS DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE. **CONSTRUINDO** v.6, n.2, 2014.

PERETTI, L. C.; FARIA, A. C.; SANTOS, I. C. Aplicação dos princípios da construção enxuta em construtoras verticais: estudo de casos múltiplos na região metropolitana de São Paulo. **Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro, 37, 2013.**

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, Volume 03, No. 01, p. 7-23, 2003.

Programa de Inovação Tecnológica – PIT, Práticas de Lean Construction. Disponível em:

<http://www.pit.org.br/sites/default/files/CONSTRU%C3%87%C3%83O%20ENXUTA%20-%20CASE%20EXPANDIDO.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2014.

REFOSCO, A. L. F.; MENDES JÚNIOR, R.; SCHEER, S.; CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C. Estudo dos conceitos da construção enxuta a partir de um caso de empreendimento habitacional. **Congresso de sistemas LEAN, 2014.**

REZENDE, J. S.; DOMINGUES, S. M. P, SÁ; MANO, A. P. Identificação das práticas da filosofia lean construction em construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). **Engevista 14**, 2012.

RIGON, V. S.; BERNARDES, M. M. S.; KERN, A. P.; RIGON, M. R. Identificação de oportunidades de melhorias em uma empresa construtora a partir de diagnóstico dos princípios da construção enxuta. **Simpósio de Engenharia da Produção, Bauru, 21, 2014.**

ROCHA, F.E.M.; HEINECK, L.F.M.; RODRIGUES, I.T.P.; PEREIRA, P.E. **Logística e lógica na construção lean**. Fortaleza- Ce, Brasil, Fibra, 2004.

ROMANEL, F. B.; FREITAS, M. C. D. Jogo “Desafiando a Produção”: ensinando a construção enxuta na construção civil. **Revista GEPROS**, Volume 3, Nº 11, 2011.

SARCINELLI, W. T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. Dissertação (Pós Graduação). Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória, ES, 2008.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; LUEGRING, M. Site Implementation and Assessment of Construção enxuta Techniques. **Construção enxuta Journal**, Volume 02, Issue 02, 2005.

SHANG, G.; PHENG, L. S. The adoption of Toyota Way principles in large Chinese construction firms. **Journal of Technology Management in China**, Vol. 7, No. 3, p. 291-316, 2012.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Artmed, 2ª edição, Porto Alegre, 1996.

SILVA JUNIOR, O. L.; JUNIOR, C. A. B. Roteiro para elaboração do planejamento da produção de empreendimentos da indústria da construção civil, segundo os princípios da construção enxuta. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Niterói, 7, 2010.**

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.

SOUZA, B. C.; CABETTE, R. E. S. GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA "LEAN CONSTRUCTION" NO BRASIL. **Revista de Gestão & Tecnologia**, v1, n2, 2014.

SOUZA, L. S; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Avaliação de princípios da Lean Construction em construtoras goianas. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, 30, 2010.**

SOUZA, R. et al. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.** São Paulo, EPUSP, 1997.

SUHAIL, S. A.; NEALE, R. H. CPM/LOB: new methodology to integrate CPM and Line of Balance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 120, n.3, p. 667-684, 1994.

TEIXEIRA, L. P. **Desempenho da construção brasileira.** Belo Horizonte: UFMG, 2010.

TEZEL, A.; NIELSEN, Y. **Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey.** Journal of Management in Engineering, 29, 236-250, 2013.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da Lean Construction em Construtora.** CESUMAR, v. 15, n. 1, p 23-31, 2013.

TRANFIELD, D.; DEYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management.** Vol. 14, n. 3, p. 207-202, 2003.

VALENTE, C. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <caroline@crolim.com.br> em 13 ago 2014.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C.; NOVAES, C. C. Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. **Encontro Nacional Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 8, 2010.**

WOMACK, J. P., Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine os Desperdícios e Crie Riqueza. 15ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. A máquina que mudou o mundo. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.