

## Aplicação da construção enxuta – Uma análise sistemática da literatura

### Application of Lean Construction – A Systematic Literature Review

---

Maury Melo\* – [melo.projetos@gmail.com](mailto:melo.projetos@gmail.com)  
Fernando Deschamps\* – [fernando.deschamps@terra.com.br](mailto:fernando.deschamps@terra.com.br)  
Sergio E. Gouvea da Costa\* – [s.gouvea@pucpr.br](mailto:s.gouvea@pucpr.br)

\*Pontifícia Universidade Católica do Paraná – (PUC-PR), Curitiba, Paraná

---

#### Article History:

Submitted: 2016 – 09 – 30

Revised: 2016 – 10 – 13

Accepted: 2016 – 10 – 14

---

**Resumo:** Os modelos de gestão tradicionais não têm conseguido bons resultados para o gerenciamento de projetos no setor da construção. Nesta área, os benefícios de uma gestão adequada só são obtidos por meio de modelos eficientes que oferecem melhores resultados para o cliente final, com um controle mais efetivo dos fluxos de trabalho que resultam na melhoria do desempenho do projeto e eliminam atividades que não agregam valor. O presente trabalho busca dar sustentação a três afirmações associadas a essas constatações: (A1) modelos de gestão com controle mais efetivo dos fluxos de trabalho resultam na melhoria do desempenho do projeto; (A2) os referidos modelos são capazes de eliminar atividades que não agregam valor e conseqüentemente reduzir os desperdícios nos canteiros de obra; e (A3) a estruturação do planejamento tem a capacidade de melhorar a previsibilidade, a confiabilidade, e contribuir com a otimização das atividades que agregam valor, e com a comunicação, a coordenação e a aprendizagem nos projetos de construção. A pesquisa baseou-se em uma revisão sistemática da literatura existente para demonstrar que as afirmações propostas possuem sustentação teórica e que é possível demonstrar que são afirmações válidas para descrever aspectos relacionados à construção enxuta.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projetos, Construção, Construção Enxuta, Fluxo de Trabalho.

**Abstract:** Traditional management models have not achieved good results for project management in the construction sector. In this sector, the benefits of a proper management can only be achieved through efficient models that offer better results for the end customer through more effective control of workflows, resulting in improved project performance and the elimination of non-value adding activities. This paper seeks to support three statements associated with these observations: (A1) management models with more effective control of workflows result in improved project performance; (A2) these models are able to eliminate non-value adding activities and consequently reduce waste in construction sites; and (A3) a structured planning provides the improvement of predictability, reliability, and contributes to the optimization of value adding activities, as well as to better communication, coordination and learning in construction projects. The research was based on a systematic review of the existing literature to demonstrate that the proposed statements have theoretical support and that it is possible to demonstrate that such statements are valid to describe aspects related to lean construction.

**Keywords:** Project Management, Construction, Lean Construction, Last Planner, Workflow.

## 1. Introdução

Para sobreviver no mercado competitivo de hoje, tornou-se imperativo para as empresas de construção melhorar a qualidade dos serviços, obter competitividade, reduzir o desperdício, e aumentar o lucro (Al-Aomar, 2012). Segundo o autor, projetos raramente cumprem com o cronograma, ou são concluídos dentro do orçamento, ou ainda em um nível de qualidade aceite pelo cliente. Para Ballard e Howell (2003), projetos são sistemas de produção temporários estruturados para entregar o produto e ao mesmo tempo maximizar o valor e minimizar o desperdício – os autores se referem a isto como construção enxuta. Em outro trabalho, Ballard e Howell (1994), relatam que a CE tem pelo menos dois pontos divergentes em relação ao gerenciamento de projetos tradicional: maior foco na redução do desperdício e maior controle dos fluxos de trabalho.

Koskela (1992) recomenda, em seu trabalho intitulado “*Application of the new production philosophy to construction*”, a adoção da filosofia *lean* na construção. O autor faz uma crítica aos sistemas de gestão tradicionais por não considerarem atividades que não agregam valor (*non-value adding activity*), como atividades de espera, armazenamento, movimentação e inspeção, as quais geralmente não são consideradas na modelagem do caminho crítico ou em outras ferramentas de controle. Para o autor, é necessária uma mudança conceitual no processo de gestão tradicional através da identificação e gerenciamento de atividades que não agregam valor – esta mudança conceitual já se encontra associada à construção enxuta.

De acordo com Ng et al. (2013), normalmente os recursos para projetos de construção são limitados, e existe uma necessidade de assegurar que os recursos sejam cuidadosamente alocados para evitar desperdícios ou atraso no cronograma. Segundo eles, a alocação adequada de recursos melhora a eficiência do projeto e reduz seu custo. Os conceitos do pensamento *lean* compreendem uma larga variedade de propostas, incluindo melhoria contínua, trabalho em equipe, eliminação de desperdício, gestão da cadeia de suprimentos e o uso eficiente de recursos – basicamente uma reunião de melhores práticas (Green, 2002).

A construção enxuta aplicada aos sistemas de produção nos canteiros de obras, como sugerem Sacks et al. (2009), aumentou a consciência dos benefícios do trabalho contínuo, do fluxo puxado de recursos para reduzir os estoques de trabalho em andamento, e dar maior transparência ao processo para todos os envolvidos. Os autores afirmam que em abordagens da produção enxuta para fabricação, o fluxo de processos ideal é alcançado por meio de

melhorias incrementais destinadas a reduzir a variabilidade do fluxo e pela criação de mecanismos de fluxo puxado.

Segundo Thomas *et al.* (2003), a construção enxuta apregoa que a melhoria do desempenho e a redução de custos pode ser obtida por meio da estabilização dos fluxos de produção, e que um fluxo confiável é um componente importante para o desempenho da construção. Nesse contexto, os autores comentam que o pensamento enxuto descreve fluxos confiáveis, como a disponibilidade oportuna de recursos. Os resultados do trabalho de Liu et al. (2010) apontaram que a chave para melhoria da produtividade está em concentrar as atenções para manter o fluxo de trabalho previsível e, portanto, ser capaz de igualar a carga de trabalho disponível com a capacidade de produção (horas de trabalho).

Este artigo contribui para a fundamentação dos fatores que favorecem a redução de desperdício e melhoria do desempenho de projetos na indústria da construção sob o ponto de vista de modelos de gestão mais flexíveis, e assim busca preencher esta lacuna na literatura, servindo como fonte de material de referência para pesquisadores e gestores do setor. Primeiramente, uma revisão bibliográfica acerca de construção enxuta e outros quatro temas recorrentes desse tópico (fluxo de trabalho, desperdícios, *Last Planner System* e modelos de gestão tradicionais) foi feita como forma de fornecer uma base de conhecimento para a definição de três afirmações gerais a serem avaliadas a respeito da construção enxuta. Na sequência, o método proposto é explicado, baseado na proposição de três afirmações a serem analisadas, em uma revisão sistemática da literatura, e na análise dos artigos da revisão sistemática de forma a identificar elementos que fundamentem as afirmações feitas. Em seguida, são apresentados os resultados por meio da análise dos artigos da revisão sistemática da literatura, com citações dos diversos autores que sustentam as afirmações formuladas.

A principal contribuição desta pesquisa é uma análise mais aprofundada das causas da variabilidade do fluxo de trabalho, especialmente sobre os fatores relacionados com o aumento do desempenho do projeto por meio da eliminação de atividades que não agregam valor. A variação de fluxo é uma das causas para o desperdício porque cria interrupções no sistema de produção (Lindhard, 2014). A ocorrência da variação pode afetar o fluxo de produção e, com isso, diminuir a produtividade (González *et al.*, 2010). Nesta perspectiva, uma gestão mais eficiente a partir de modelos mais flexíveis, com um controle de fluxo, pode melhorar o desempenho do sistema de produção e eliminar desperdícios no projeto.

## 2. Revisão bibliográfica

A principal contribuição da revisão bibliográfica aqui apresentada é fornecer uma base de conhecimento para apoiar as três afirmações que serão apresentadas e avaliadas posteriormente neste trabalho, na seção relacionada ao método.

### 2.1 Construção enxuta

De acordo com o *Lean Construction Institute*, a construção enxuta (LCI, 2016), refere-se à aplicação do conceito do sistema de produção enxuta no setor da construção civil. Segundo Alarcón et al., (2011), nos últimos 10 anos, um número crescente de empresas tem implementado a construção enxuta, numa tentativa de melhorar o desempenho dos projetos de construção. A maioria das empresas, além de alguns pesquisadores, têm relatado resultados satisfatórios a partir de sua implementação (Ballard e Howell, 2003; Priven e Sacks, 2015; Alsehaimi et al., 2014; Aziz e Hafez, 2013). A construção enxuta aplica o conceito de produção da indústria de transformação para a indústria da construção para melhoria da produtividade, maximização de valor e redução de desperdício, além de incentivar o compartilhamento de recursos entre todas as partes relacionadas (Yin et al., 2014). Segundo Al-Aomar (2012), o objetivo da construção enxuta é a construção do empreendimento maximizando o valor, minimizando o desperdício e buscando a perfeição. Ballard e Howell (2004) caracterizam a construção civil como uma indústria provida de um sistema de produção temporário, com o objetivo principal de entregar a edificação buscando maximizar seu valor, e minimizando o desperdício do sistema de produção. Koskela (2000) afirma que os princípios da construção enxuta usados para melhorar a concepção e a operação de sistemas de produção incluem: a redução de prazos de entrega, o aumento da transparência, a redução do percentual de atividades que não agregam valor e a redução da variabilidade do fluxo, entre outros.

O pensamento enxuto na construção aumentou a consciência dos benefícios do fluxo de trabalho estável e do sistema de produção puxado, que resulta na redução de estoques e na transparência do processo para todos os envolvidos (Sacks et al., 2009). Os autores afirmam que a aplicação das técnicas de gestão de produção avançada, como a construção enxuta, trabalha com o sistema puxado de recursos (material e mão de obra) e com o controle efetivo da qualidade resultando na redução da variabilidade do fluxo.

## 2.2 Fluxo de trabalho

Nos sistemas enxutos, o fluxo de trabalho refere-se ao movimento de materiais, informações e equipamentos através do sistema (James e Jones, 1996). Segundo Lee *et al.* (2004), o fluxo de trabalho se refere ao fluxo de mão de obra de um local para outro. Para Bernardes (2001), o termo fluxo de trabalho pode ser usado para caracterizar o fluxo de mão de obra que desenvolve um determinado conjunto de operações no canteiro. Koskela (1992) considera que o ambiente produtivo é composto por atividades de conversão e de fluxo, e mesmo sendo as atividades de conversão as que agregam valor ao processo, o autor considera que o aprimoramento da gestão das atividades de fluxo constitui uma etapa primordial na busca pela melhoria dos índices de desempenho no processo produtivo.

Após implementação da prática enxuta, Castillo *et al.* (2014) concluem que houve melhorias no fluxo de trabalho, na capacidade real de produção, na confiabilidade operacional, na produtividade e na utilização do tempo. Para Ballard e Howell (2003), em vez de apenas manter os trabalhadores ocupados, a identificação e uma gestão eficiente do fluxo de trabalho proporcionam redução de prazo e maior produtividade. Por esse ângulo, Liu, Ballard e Ibbs (2010) argumentam que a produtividade melhora quando o fluxo de trabalho se torna mais previsível. Estas descobertas, segundo os autores, podem ajudar os gerentes de projeto a focarem nos direcionadores reais de produtividade.

## 2.3 Desperdício na construção civil

De acordo com Al-Aomar (2012), o conceito da produção enxuta baseia-se em controlar os recursos de acordo com as necessidades do cliente e reduzir o desperdício. O autor define que a construção é uma indústria baseada em projetos, no qual a qualidade, o custo e o tempo são critérios fundamentais para o sucesso. Na terminologia enxuta, o autor argumenta que a meta é atingir o mais alto nível de qualidade, concluir no menor tempo e executar dentro do menor custo.

De acordo com Khanh e Kim (2014), existe uma grande quantidade de atividades que não agregam valor em projetos de construção. A maioria delas passa despercebida ou sem supervisão durante a construção. Os autores reiteram que as atividades que não agregam valor representam os desperdícios que ocorrem na construção, e são os principais desafios enfrentados pelos gestores do setor. Nesta perspectiva, a construção enxuta é considerada como uma oportunidade para resolver os problemas prevaletentes de desperdícios e do desempenho do projeto (Ali *et al.*, 2008).

Segundo Liu e Ballard (2010), diferentes tipos de variação de fluxo e como eles afetam o desempenho do projeto de construção têm sido estudados por diversos pesquisadores. Koskela (1992; 2000) introduziu a perspectiva de fluxo no processo de gestão da construção, e Ballard (1994) introduziu o *Last Planner System* para estabilizar o fluxo de trabalho. Liu e Ballard (2010) concluem em seus estudos que a confiabilidade do fluxo está diretamente relacionada com a produtividade e que o *Last Planner System* tem a capacidade de reduzir a variabilidade encontrada no fluxo de trabalho.

#### 2.4 Last Planner System (LPS)

A partir das pesquisas e conjunto de trabalhos realizados por Glenn Ballard e Greg Howell foi criado o *Last Planner System* (LPS) para melhorar a previsibilidade e a confiabilidade da produção no setor da construção (Mossman, 2013). Segundo o autor, o tempo de espera por acesso, informações do projeto, materiais e design para completar o trabalho seriam as principais fontes de incertezas e desperdício em projetos.

Para Fernandez-Solis *et al.* (2012), o número de gestores de projeto do setor da construção civil que utilizam o LPS vem aumentando rapidamente, principalmente pelos benefícios de sua aplicação. De acordo com estes autores, o LPS é um sistema operacional para o gerenciamento de projetos concebido para otimizar o fluxo de trabalho e promover a aprendizagem rápida. Segundo Zimina e Pasquire (2012), o LPS deve ser definido como filosofia, regras, procedimentos e um conjunto de ferramentas que deslocam o foco do controle dos trabalhadores para o fluxo de trabalho e, portanto, busca gerenciar proativamente o processo de produção. O LPS recebeu este nome por causa do papel de liderança que dá à equipe de trabalho que, juntamente com o gerenciamento de projetos, planejam, verificam a existência de restrições para garantir o fluxo contínuo e preparam o plano semanal para execução.

Os resultados da pesquisa de Wambeke *et al.* (2012) comprovam que o efeito da aplicação do LPS reduz a variação de fluxo e, com isso, melhoram a produtividade do projeto. Os resultados também servem como um exemplo de uma estratégia de planejamento eficaz para gestores e gerentes de campo em seus esforços para melhorar o desempenho do projeto. Alsehaimi *et al.* (2014) identificaram diversos benefícios com a implementação do LPS, como a melhoria do planejamento e da comunicação e coordenação entre as partes interessadas. Os entrevistados neste estudo concordaram com a eficácia do LPS, e a grande maioria concordou com sua aplicação para minimizar o desperdício. O LPS é também conhecido como um

sistema de planejamento de produção projetado para produzir um fluxo de trabalho previsível e confiável, como sugerem Gao e Low (2014).

### 2.5 Modelo de gestão tradicional

Koskela e Howel (2002) apresentaram evidências empíricas e explicação teórica evidenciando que a gestão de projetos tradicional sofre de graves deficiências em sua base teórica. Em primeiro lugar, quanto à natureza do trabalho em projetos e a definições insuficientes de planejamento, execução e controle; em segundo lugar, pela dificuldade de diálogo contínuo entre a comunidade científica e a comunidade praticante; e finalmente, pelo fato de o gerenciamento de projetos tradicional torna-se perigosamente contraproducente em projetos complexos, ocorrendo falhas frequentes na sua aplicação em projetos reais.

De acordo com Da Costa (2012), cresceu a consciência de que a abordagem de gerenciamento de projetos tradicional é insuficiente para garantir a estabilidade do fluxo para o desenvolvimento de produtos em grande escala. Ballard e Howell (2003) afirmam que o gerenciamento de projetos tradicional difere dos modelos de gestão enxutos e que mesmo com implementações parciais do LPS os resultados obtidos foram plenamente alcançados. Os mesmos autores, em seu trabalho publicado em 1994, reiteram três características que distinguem a construção enxuta da prática convencional de gerenciamento de projetos. Primeiramente, no que concerne à redução de desperdício que venha a existir sob qualquer forma no processo de construção, tais como, inspeção, transporte, espera e movimentação desnecessária. Em segundo lugar, focando na redução da variabilidade de modo que os materiais e informações possam fluir sem interrupção. Por fim, é esperado que o material de construção esteja no local somente quando for necessário.

Wambeke *et al.* (2012) compararam o desempenho de dois projetos semelhantes por meio da utilização da metodologia tradicional de gestão e o LPS separadamente. O projeto que usou o método LPS teve um desempenho 35% maior do que o projeto tradicionalmente planejado e resultou em uma relação custo-benefício de 13:1. Os autores concluíram que por meio da utilização do LPS houve uma importante redução na variação do fluxo.

### 3. Método proposto

Este trabalho usa a revisão sistemática da literatura como método de pesquisa. De acordo com Pettigrew (2001), a revisão sistemática da literatura é largamente utilizada como método para localizar, avaliar, sintetizar e nortear o desenvolvimento de pesquisas. Este tipo



de estudo serve para mostrar novos rumos para futuras investigações e definir quais métodos de pesquisa foram utilizados em determinada área de estudo. A revisão sistemática da literatura não se trata apenas de revisões abrangentes, mas para responder perguntas específicas, e assim poder identificar conceitos importantes e concluir sobre o que a literatura informa em relação a determinado tópico. Neste trabalho, foi utilizado um método de revisão sistemática da literatura adaptado de Tranfield *et al.* (2003), conforme apresentado na Figura 1.

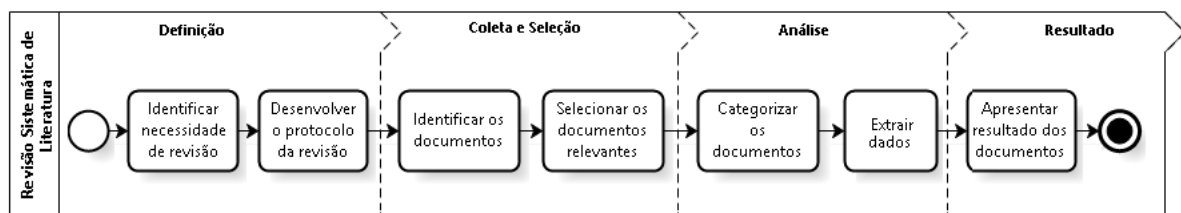


Figura 1 - Fases de um estudo de revisão sistemática da literatura, adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003).

Na fase de definição da revisão sistemática da literatura, as afirmações que orientaram esta investigação foram:

- ✓ (A1) modelos de gestão com controle mais efetivo dos fluxos de trabalho resultam na melhoria do desempenho do projeto;
- ✓ (A2) os referidos modelos são capazes de eliminar atividades que não agregam valor e consequentemente reduzir os desperdícios nos canteiros de obra); e
- ✓ (A3) a estruturação do planejamento por meio do LPS tem a capacidade de melhorar a previsibilidade, a confiabilidade, e contribuir com a otimização das atividades que agregam valor, com a comunicação, a coordenação e com a aprendizagem nos projetos de construção.

Na fase de coleta e seleção de artigos, foram utilizados operadores booleanos como AND e OR aplicados nos termos de busca “*lean construction*”, “*last planner*” e “*project management*”. Em seguida, os resultados foram refinados por tipo de documento, ano de publicação, artigos completos e idioma. Os critérios de busca nas bases de dados podem ser vistos na Tabela 1 e os *strings* de busca usados em cada uma das bases pesquisadas pode ser visto na Tabela 2.



Tabela 1 – Critérios de busca nas bases de dados de referências.

Termos de busca	“lean construction”, “last planner”, “project management”	
Operadores booleanos	AND / OR	
Bases de Dados	Emerald, EBSCO, Scopus, Web of Science, Science Direct	
Critérios de exclusão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Artigos em outro idioma diferente do inglês</li> <li>- Textos de livros, relatórios técnicos, ou outro tipo de publicação que não seja artigo científico</li> <li>- Artigos duplicados</li> <li>- Trabalhos com textos incompletos</li> </ul>	
Idioma: Inglês	Tipo de Publicação: Artigos	Período: A partir de 1994 até 2015

Tabela 2 – Strings de busca usados em cada uma das bases pesquisadas.

Base de dados	String de busca
SCOPUS	TITLE ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR ABS ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR KEY ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) )
EBSCO	TI ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR AB ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR SU ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) )
EMERALD	([Publication title: “lean construction” OR Publication title: “last planner”] AND [Publication title: “project management”]) OR ([Abstract: “lean construction” OR Abstract: “last planner” AND Abstract: “project management”]) OR (Keywords: “lean construction” OR Keywords: “last planner” AND Keywords: “project management”)
SCIENCEDIRECT	TITLE-ABSTR-KEY ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR ABSTRACT ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) ) OR KEYWORDS ( ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) )
WEB OF SCIENCE	( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) OR ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) OR ( "lean construction" OR "last planner" ) AND ( "project management" ) OR ( "lean construction" OR "last planner" )

O resultado bruto da pesquisa nas cinco bases de dados utilizando os critérios de busca apresentados acima totalizou 201 artigos conforme representado na Tabela 3. Eliminando-se os artigos repetidos e artigos aos quais os autores não conseguiram acesso, restaram 133 artigos válidos para a revisão sistemática da literatura.

Tabela 3 – Quantidade bruta de artigos recuperada por base de dados de referência.

Nome da base de dados	Quantidade de artigos
EBSCO	21
EMERALD	44
SCIENCEDIRECT	9
WEB OF SCIENCE	75
SCOPUS	52

Na fase de análise, todos os 133 artigos passaram por uma avaliação mais aprofundada de seu conteúdo. Foi analisado o conteúdo de todos os artigos e contrastado com a problematização e os objetivos determinados na fase de definição. Assim, foram eliminados

todos os artigos que não se enquadravam no contexto definido neste trabalho. A partir desta fase, permaneceram 48 artigos considerados relevantes para o estudo e que se enquadravam no contexto desta revisão sistemática da literatura.

Em seguida, todos os 48 artigos foram lidos em sua completude, e uma tabela resumo de 10 colunas foi elaborada com o objetivo de mapear o conteúdo de cada artigo. A estrutura da tabela era constituída por: identificador, tema, tópicos da revisão da literatura, assuntos tratados no artigo, tipo de planejamento, método, resultado, conclusões e dados gerais (autores, quantidade de citações, periódicos e qualificação da revista). A fase de resultados é apresentada a seguir, baseada no conteúdo desses 48 artigos.

#### **4. Resultados**

A estratégia da pesquisa baseou-se em estudos realizados a partir da literatura existente, para comprovar que a melhoria da confiabilidade do fluxo melhora a produtividade em projetos de construção, por meio da comprovação das afirmações apresentadas anteriormente nesta pesquisa. Para Castilho *et al.* (2014), a filosofia enxuta sugere uma nova visão para o sistema de produção. Esta visão integra dois componentes principais de produção: transformações e fluxos, e propõe uma nova definição: a produção é um fluxo de materiais e informações que cria um produto final. Nesta nova conceituação, ocorre transformação de materiais, inspeções, movimentos e atrasos. Watkins *et al.* (2009) confirmam por meio do resultado de suas pesquisas, que por meio da utilização da construção enxuta ocorre uma gestão mais eficaz do fluxo, melhorando de forma expressiva o desempenho dos projetos. Seguindo esta mesma alegação, Issa (2003) define a construção enxuta como uma estratégia de gestão da produção, que assegura um aperfeiçoamento contínuo e significativo no desempenho do processo de negócios por meio da eliminação de desperdício de tempo e outras atividades que não agregam valor ao produto ou serviço entregue ao cliente.

O controle de produção consiste no controle do fluxo de trabalho e no controle da unidade de produção. Segundo Kim e Park (2006) a construção enxuta busca impedir um erro fundamental que ocorre no setor da construção, na qual ela prefere a velocidade em vez de lidar com um fluxo mais confiável. Segundo o autor, no pensamento enxuto, a confiabilidade é enfatizada por reduzir a variabilidade do fluxo de trabalho, e com isso melhorar o desempenho total do sistema, tornar os resultados dos projetos mais previsíveis, simplificar a coordenação, e revelar novas oportunidades de melhoria.

As primeiras implementações do LPS começaram em 1992, e o ritmo de execução aumentou acentuadamente a partir de 1998 com a publicação de “*Shielding Production*” (Ballard e Howell, 1998). Portanto, considerando que o LPS é uma filosofia e um conjunto de princípios e ferramentas destinadas a melhorar a confiabilidade do fluxo por meio de melhores estratégias de planejamento, esse modelo pode ser considerado propício para um controle mais efetivo das atividades do projeto.

Segundo Wambeke *et al.* (2012), o LPS tem a capacidade de reduzir a variação do fluxo e melhorar o desempenho do projeto. O autor afirma que a variação do fluxo é influenciada pelas incertezas inerentes aos projetos de construção, gerando desperdício que pode ter um efeito significativo sobre a produtividade. De acordo com González et al. (2010), o LPS ajuda a diminuir os impactos negativos da variabilidade por promover um planejamento mais efetivo e um ambiente de produção estável. Segundo esses autores, o LPS ajuda a superar os problemas não tratados pela gestão tradicional, proporcionando um ambiente de produção previsível, diminuindo a variabilidade de fluxo de trabalho e criando planos de trabalho mais confiáveis que intensificam os benefícios do projeto.

#### 4.1 Avaliando a afirmação A1 – Melhoria do desempenho

Projetos de construção são empreendimentos complexos que criam um produto geralmente exclusivo, e consequências não intencionais resultam da interação de múltiplas variáveis que podem reduzir o desempenho do projeto (Russell *et al.*, 2014). Modelos de gestão tradicionais, segundo Koskela (1992), não conseguem reconhecer os fluxos de produção que não fazem parte da transformação (atrasos, movimentação, espera e inspeção), embora sejam necessários para a execução do projeto, conforme apresentado na Figura 2.

Essa análise foi realizada para esclarecer aos gestores e pesquisadores sobre o papel da construção enxuta no controle mais efetivo do fluxo de trabalho. Analisou-se primeiramente a questão da variabilidade dos fluxos e seu impacto sobre o desempenho do projeto para efeito de suporte da afirmação A1. Alguns autores atestam (ver Tabela 4), que o controle do fluxo tem forte correlação com o desempenho, e que a variação afeta diretamente o fluxo de produção causando um impacto negativo no resultado do projeto. Segundo relato de alguns pesquisadores, um número crescente de empresas implementou a construção enxuta com sucesso e conseguiram melhorar o desempenho dos projetos.

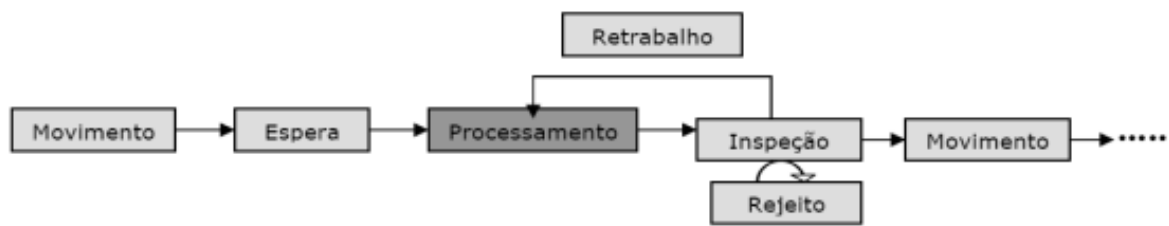


Figura 2 – Modelo de processo da construção enxuta, adaptado de Koskela (1992).

O estudo mostrou que a confiabilidade no fluxo de trabalho impacta diretamente a produtividade, e que problemas associados com variações prejudicam o desempenho dos projetos. Portanto, chegou-se à conclusão que a interrupção do fluxo de trabalho provoca impactos negativos nas questões relacionados com o custo e tem um impacto negativo na realização do cronograma, suportando a afirmação A1. As relações entre os principais conceitos das referências da Tabela 4 são representadas graficamente por meio do mapa conceitual da Figura 3.

Tabela 4 – Referências que suportam a afirmação A1, sobre a melhoria do desempenho dos projetos promovida pela construção enxuta.

<b>Melhoria do desempenho – H1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As práticas da construção enxuta proporcionam melhoria de desempenho e redução de custos por meio da melhoria dos fluxos de produção (Thomas, Horman, Minchin e Chen, 2003).</li> <li>• A produtividade não é melhorada somente pela execução de um maior número de tarefas ou pelo número de horas de trabalho gastas, mas sim quando o fluxo de trabalho se torna mais previsível (Liu <i>et al.</i>, 2010).</li> <li>• A ocorrência da variação afeta o fluxo de produção ocasionando um impacto negativo na produtividade (González <i>et al.</i>, 2010).</li> <li>• O aprimoramento da gestão das atividades de fluxo constitui uma etapa primordial na busca pela melhoria dos índices de desempenho no processo produtivo (Koskela, 1992).</li> <li>• Um número crescente de empresas tem implementado a construção enxuta, numa tentativa de melhorar o desempenho nos projetos de construção e a maioria delas têm relatado resultados satisfatórios a partir de sua implementação (Alarcón <i>et al.</i>, 2011).</li> <li>• Wambeke <i>et al.</i> (2012) comprovaram em seus estudos que a utilização do LPS proporciona uma produtividade 35% maior em relação ao projeto quando planejado pelo modelo convencional de gestão, pois o LPS tem capacidade de reduzir a variação do fluxo e melhorar o desempenho do projeto</li> <li>• Segundo Kim e Park (2006), na construção enxuta, o pensamento enxuto e a confiabilidade são enfatizados por reduzir a variabilidade do fluxo de trabalho, e com isso melhorar o desempenho total do sistema.</li> </ul>
------------------------------------	---

#### 4.2 Avaliando a afirmação A2 – Redução dos desperdícios

Muitas tentativas de avaliar os fatores que afetam o desperdício de projetos foram realizadas em todo o mundo. Contudo, o entendimento sobre o desperdício na indústria da construção está longe de ser completamente compreendido. Atividades que não agregam valor geralmente passadas despercebidas e muitas vezes sem supervisão durante a construção. No passado, os profissionais do setor da construção consideravam os desperdícios associados

apenas com os detritos removidos das atividades do canteiro de obras, esquecendo-se das atividades que não agregam valor serem verdadeiramente as potenciais geradoras de desperdício.

Atividades que não agregam valor, como sugerem Emuze *et al.* (2014) são questões problemáticas no gerenciamento de projetos. Segundo os autores, essas atividades consomem tempo e recursos sem necessariamente agregar valor às tarefas concluídas. Ainda, as atividades que não agregam valor, mesmo sendo tarefas essenciais para a gestão do projeto em alguns casos, devem ser eliminadas para evitar problemas no desempenho do projeto. Alarcon (1995) afirma que o pessoal do setor da construção muitas vezes associa o desperdício apenas com a perda do material de obra, esquecendo-se das atividades que não agregam valor, tais como inspeção, atrasos e movimentações, dentre outras. Nessa perspectiva, a produção para Bertelsen (2002) pode ser vista como uma série de atividades, as quais umas agregam valor e outras não. Para o autor, o objetivo na otimização do processo é, portanto, reduzir as atividades que não agregam valor e otimizar atividades que agregam valor ao processo.

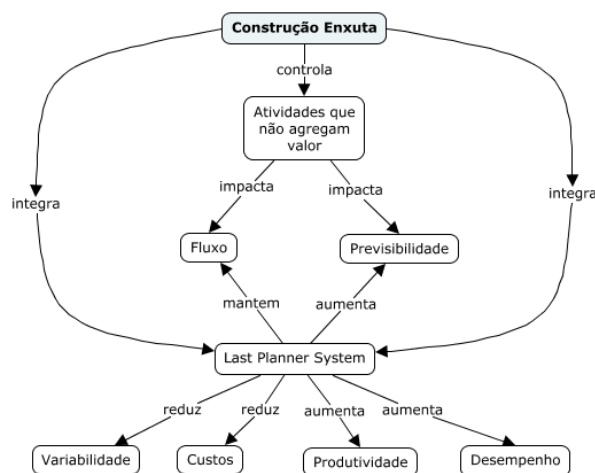


Figura 3 – Mapa conceitual que ilustra as principais ideias das referências sobre o suporte da construção enxuta à melhoria do desempenho de projetos, conforme a Tabela 4.

Qualquer redução de desperdício no ciclo de vida de um empreendimento irá resultar em um benefício significativo para a economia da construção. É na fase de projeto que a maioria dos custos e elementos mitigadores de desperdícios são definidos (Aquere *et al.*, 2012). Assim, o modelo enxuto, conforme prescrito por Sacks *et al.* (2007), pode ser de grande interesse para os planejadores e gestores da construção, pois permite a personalização completa com o mínimo de desperdício e sem recursos adicionais. Ballard *et al.*, (2003)

acentuam que a aplicação dessas técnicas melhora a geração de valor e a redução de desperdício.

Muitos autores criticam os sistemas de gestão tradicionais por não considerarem as atividades que não agregam valor, e asseveram que essas atividades devem ser eliminadas para evitar perdas na construção e conseqüentemente majoração no custo do empreendimento. A solução para isto (ver Tabela 5) vem por meio da construção enxuta, que tem como foco principal o controle de recursos a fim de assegurar o fluxo contínuo das atividades do projeto. A utilização da construção enxuta, segundo percebe-se pelas referências da Tabela 5, proporciona otimização do processo por meio da redução do tempo de ciclo, aumento da transparência, e redução das atividades que não agregam valor e da variabilidade do fluxo, suportando a afirmação A2.

Tabela 5 – Referências que suportam a afirmação A2, sobre a redução de desperdícios promovida pela construção enxuta.

<b>Redução dos desperdícios – A2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koskela (1992) critica sistemas de gestão tradicionais por não considerarem atividades que não agregam valor. Para o autor é necessária uma mudança conceitual que já se encontra associada com a construção enxuta.</li> <li>• De acordo com Emuze <i>et al.</i> (2014), atividades que não agregam valor devem ser eliminadas para evitar problemas no desempenho do projeto.</li> <li>• A variação de fluxo é uma das causas para o desperdício porque cria interrupções no sistema de produção (Lindhard, 2014).</li> <li>• O conceito de produção enxuta baseia-se em torno de controlar os recursos de acordo com as necessidades do cliente e reduzir o desperdício (Al-Aomar, 2012). Segundo o autor, a construção enxuta pode contribuir com isto por meio da maximização do valor, minimização do desperdício e a busca pela perfeição.</li> <li>• Os princípios da construção enxuta incluem: a redução de prazos de entrega, aumento da transparência, redução do percentual de atividades que não agregam valor, redução da variabilidade do fluxo, entre outros (Koskela, 2000).</li> <li>• Existe uma grande quantidade de atividades que não agregam valor. A maioria delas passam despercebidas ou sem supervisão durante a construção (Khanh e Kim, 2014).</li> <li>• Para Bertelsen (2002), a otimização do processo pode ser conseguida pela redução das atividades que não agregam valor e pela otimização das atividades que agregam valor ao processo.</li> </ul>
--------------------------------------	---

As relações entre os principais conceitos das referências da Tabela 5 são representadas graficamente por meio do mapa conceitual da Figura 4.

#### 4.3. Avaliando a afirmação A3 – Eficácia do LPS

A construção enxuta tem crescido em importância para tornar-se uma das receitas de sucesso para produzir benefícios significativos de desempenho (Tabela 6). A construção enxuta é uma nova filosofia orientada para uma administração mais eficiente da construção. Ela estabelece fluxos produtivos em movimento, a fim de desenvolver sistemas de controle com o objetivo de reduzir as perdas durante o processo. Já o LPS proposto por Ballard (1994)

é baseado nos princípios da produção enxuta para minimizar os desperdícios e tomadas de decisão em um sistema de produção da construção por meio do planejamento.

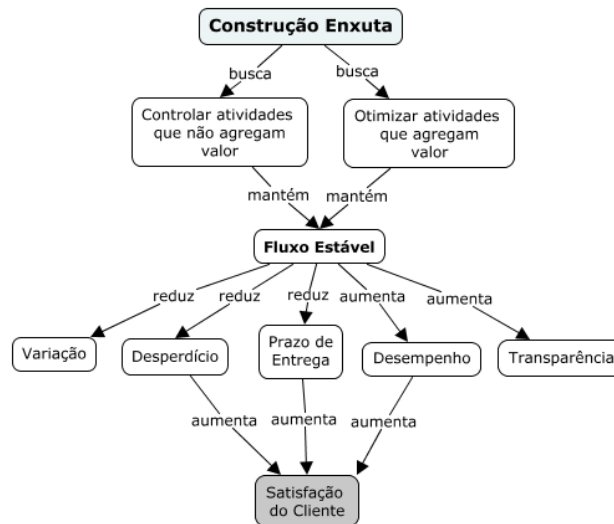


Figura 4 – Mapa conceitual que ilustra as principais ideias das referências sobre o suporte da construção enxuta à redução de desperdícios, conforme a Tabela 5.

Conforme já exposto e reiterado por Aziz e Hafez (2013), a técnica de LPS, é uma aplicação importante da construção enxuta. Por ser a mais prevalente, é a mais usualmente aplicada, ficando comprovado que por meio dela torna-se possível melhorar as práticas de gestão de construção em vários aspectos, trazendo numerosas vantagens, reduzindo dependências e variações, bem como identificar e eliminar as atividades que não agregam valor. Ballard e Howell (1998), argumentam que o planejamento é o principal mecanismo para a organização de atividades da construção.

Os autores afirmam que o planejamento fiável é a melhor maneira para melhorar a confiabilidade do fluxo. Isto posto, Ballard (2000) confirma que o LPS foi concebido para melhorar a eficácia dos sistemas de planejamento, provendo um ambiente confiável de produção nos empreendimentos por meio da redução da variabilidade do fluxo de trabalho. Para Thomas et al. (2003), o LPS tem a capacidade de melhorar o fluxo de trabalho produzindo melhorias importantes no desempenho da construção, e segundo Kalsaas (2010), por meio do aumento da competência no uso do LPS e maior familiaridade com a forma de cooperação que envolve este modelo, a redução no tempo de ciclo será alcançada.



Tabela 6 – Referências que suportam a afirmação A3, sobre a eficácia do LPS.

<b>Solução do problema por meio da Construção Enxuta e do Last Planner System</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O LPS foi criado para melhorar a previsibilidade e a confiabilidade da produção no setor da construção (Mossman, 2013).</li> <li>• Para Fernandez-Solis et al. (2012), o número de gestores de projeto do setor da construção civil que utilizam o LPS vem aumentando rapidamente, principalmente pelos benefícios de sua aplicação. Para esses mesmos autores, o LPS é um sistema operacional para gerenciamento de projetos concebido para otimizar o fluxo de trabalho e promover a aprendizagem rápida.</li> <li>• Zimina e Pasquire (2012) mostram que a definição do LPS envolve filosofia, regras, procedimentos, e um conjunto de ferramentas que desloca o foco do controle dos trabalhadores para o fluxo de trabalho gerenciando proativamente o processo de produção.</li> <li>• Alsehaimi <i>et al.</i> (2014) identificaram diversos benefícios com a implementação do LPS, tais como: melhora do planejamento, e melhora da comunicação e coordenação entre as partes interessadas.</li> <li>• O LPS é conhecido como um sistema de planejamento de produção projetado para produzir um fluxo de trabalho previsível e confiável, como sugerem Gao e Low (2014).</li> <li>• Ballard e Howell (2003), afirmam que o gerenciamento de projetos tradicional difere dos modelos de gestão enxutos, e que mesmo com implementações parciais do LPS os resultados obtidos foram plenamente alcançados.</li> <li>• Para González et al. (2010), o LPS ajuda a diminuir os impactos negativos da variabilidade por promover um planejamento mais efetivo e um ambiente de produção estável. O LPS diminui a variabilidade do fluxo criando planos de trabalho mais confiáveis para maximizar os benefícios do projeto.</li> <li>• Segundo Thomas <i>et al.</i> (2003), o LPS tem a capacidade de melhorar o fluxo de trabalho produzindo melhorias importantes no desempenho da construção.</li> <li>• Para Kalsaas (2010), o uso adequado do LPS somado à cooperação dos envolvidos proporciona redução na quantidade de tempo dos projetos.</li> <li>• Liu e Ballard (2010) afirmam que a confiabilidade do fluxo está diretamente relacionada com a produtividade, e que o LPS é capaz de reduzir a variação do fluxo de trabalho.</li> <li>• De acordo com Ballard (2000), o LPS foi concebido para melhorar a eficácia dos sistemas de planejamento, provendo um ambiente confiável de produção nos empreendimentos por meio da redução da variabilidade do fluxo de trabalho.</li> <li>• Para Ballard e Howell (2003), a construção enxuta tem a função de entregar o produto e ao mesmo tempo, maximizar o valor e minimizar o desperdício.</li> <li>• Ballard e Howell (1994), relatam que a construção enxuta tem pelo menos dois pontos divergentes em relação ao gerenciamento de projetos tradicional: maior foco na redução do desperdício e maior controle dos fluxos de trabalho.</li> <li>• A construção enxuta aplica o conceito de produção da indústria de transformação para a indústria da construção para melhoria da produtividade, maximização de valor, redução de desperdício, além de incentivar o compartilhamento de recursos entre todas as partes interessadas (Yin et al., 2014).</li> <li>• Segundo Al-Aomar (2012), o objetivo da construção enxuta é a construção do empreendimento maximizando o valor, minimizando o desperdício, e buscando a perfeição.</li> <li>• A construção enxuta tem sido considerada como uma oportunidade para resolver os problemas prevaletentes de desperdícios e desempenho geral do projeto (Ali et al., 2008).</li> <li>• A construção enxuta aplicada aos sistemas de produção nos canteiros de obras, como sugerem Sacks <i>et al.</i> (2009), aumenta a consciência dos benefícios do trabalho contínuo, do fluxo puxado de recursos, e da transparência do processo para todos os envolvidos.</li> <li>• Watkins <i>et al.</i> (2009) afirmam que, por meio da construção enxuta, a gestão eficaz do fluxo de trabalho pode melhorar o desempenho dos projetos de construção.</li> <li>• Issa (2003), define a construção enxuta como uma estratégia de gestão da produção para assegurar o aperfeiçoamento contínuo no desempenho do processo de negócios por meio da eliminação de desperdícios de tempo e atividades que não agregam valor ao produto.</li> </ul>
---	---

As relações entre os principais conceitos das referências da Tabela 6 são representadas graficamente por meio do mapa conceitual da Figura 5.

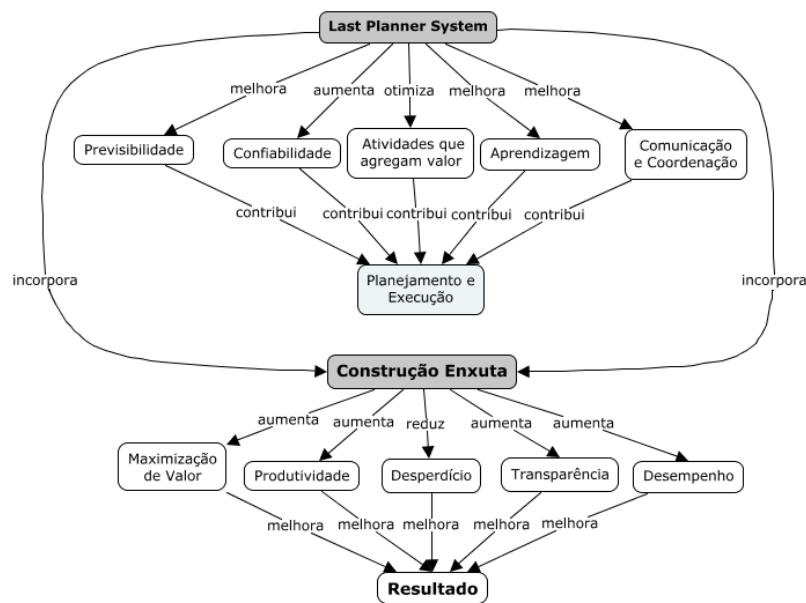


Figura 5 – Mapa conceitual que ilustra as principais ideias das referências sobre a eficácia do LPS como ferramenta de implementação da construção enxuta, conforme a Tabela 6.

## 5. Conclusão

Este estudo teve por objetivo estabelecer uma contribuição para a pesquisa sobre modelos de gestão com controles mais efetivos sobre o fluxo de trabalho, e sobre os resultados da aplicação de mecanismos de planejamento para o setor da construção por meio da filosofia da construção enxuta e do LPS sob a forma de uma revisão sistemática de literatura. O estudo apresentou evidências que a confiabilidade no fluxo de trabalho e a produtividade têm forte impacto no resultado do projeto, e que problemas associados com variações prejudicam o desempenho. Concluiu-se que a interrupção do fluxo provoca impactos negativos nas questões relacionadas com o custo e tem um impacto negativo no cumprimento do cronograma.

Isso foi feito pela busca de referências que comprovaram três afirmações feitas relacionadas à construção enxuta como indutora da melhoria do desempenho de projetos de construção (A1), da redução dos desperdícios desses projetos (A2) e da eficácia do LPS como ferramenta da construção enxuta que catalisa essa melhoria de desempenho e a redução dos desperdícios (A3). Essas referências foram apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6 e discutidas na Seção 4.

Ficou fundamentado que a construção enxuta agiliza os processos construtivos reduzindo o desperdício, e que o LPS provou ser uma abordagem proativa para melhorar o processo de gestão. O LPS auxilia a colaboração entre os envolvidos fornecendo informações

que podem contribuir com a coordenação e comunicação no projeto, melhorando a previsibilidade e a confiabilidade no planejamento para a consecução dos objetivos do projeto. Mapas conceituais foram apresentados, nas Figuras 3, 4 e 5, de forma a mostrar a relação entre esses conceitos com relação a cada uma das afirmações A1, A2 e A3.

Os resultados da pesquisa podem ajudar os gestores a compreenderem melhor sobre: (i) como o controle efetivo dos fluxos de trabalho melhora o desempenho do projeto; (ii) como os modelos de gestão baseados na construção enxuta eliminam atividades que não agregam valor reduzindo os desperdícios na obra; e (iii) que o LPS tem a capacidade de melhorar a confiabilidade do planejamento nos projetos de construção.

Os resultados também indicam que trabalhos adicionais podem ser desenvolvidos de forma a desenvolver testes estatísticos das afirmações apresentadas neste estudo, e assim comprovar de forma quantitativa a premissa de que a melhoria da confiabilidade do fluxo melhora a produtividade nos projetos de construção.

## REFERÊNCIAS

- Al-Aomar, R. (2012). A lean construction framework with Six Sigma rating. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(4):299-314.
- Alarcón, L. F. (1997). Training field personnel to identify waste and improvement opportunities in construction. *Lean Construction*. Rotterdam: Balkema Publishers, 402-413.
- Alarcón, L.F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderon, R. (2011). Assessing the impacts of implementing lean construction. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23(1): 26-33.
- Ali, M., Richard, O., Uly, M., & Dan, E. (2008). *Lean construction and carbon reduction*. Report of Construction Productivity Network and Construction Industry Environmental Forum, London, UK.
- Aquere, A.L., Dinis-Carvalho, J., & Lima, R.M. (2012). Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(5): 538-546.
- Aziz, R. F. & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4): 679-695.
- Ballard, G. (1994). *The last planner*. Northern California Construction Institute, Monterey, California.
- Ballard, G., Harper, N. & Zabelle, T. (2003). Learning to see work flow: an application of lean concepts to precast concrete fabrication. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(1): 6-14.
- Ballard, G. & Howell, G. (1994). Implementing lean construction: stabilizing work flow. *Lean construction*, 101-110.
- Ballard, G. & Howell, G. (1998). Shielding production: essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and management*, 124(1): 11-17.
- Ballard, G. & Howell, G. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2): 119-133.
- Ballard, G. & Howell, G. (2004). Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*, 1(1): 38-45.
- Bernardes, M. M. (2001). *Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção*. Porto Alegre, 310.

- Bertelsen, S. (2002). Bridging the gap—towards a comprehensive understanding of lean construction. *IGLC-10*, Gramado, Brazil.
- Castillo, G., Alarcón, L. F. & González, V. A. (2014). Implementing lean production in copper mining development projects: Case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(1): 05014013.
- Da Costa, J. M. (2012). Revisiting the Concept of Flexibility. In *20th Conference of the International Group for Lean Construction IGLC20*.
- Emuze, F., Smallwood, J. & Han, S. (2014). Factors contributing to non-value adding activities in South African construction. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 12(2): 223-243.
- Fernandez-Solis, J. L., Porwal, V., Lavy, S., Shafaat, A., Rybkowski, Z. K., Son, K. & Lagoo, N. (2012). Survey of motivations, benefits, and implementation challenges of last planner system users. *Journal of construction engineering and management*, 139(4): 354-360.
- Formoso, C. T., Soibelman, L., De Cesare, C. & Isatto, E. L. (2002). Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of construction engineering and management*, 128(4): 316-325.
- Gao, S. & Low, S. P. (2014). The Last Planner System in China's construction industry—A SWOT analysis on implementation. *International Journal of Project Management*, 32(7): 1260-1272.
- González, V., Alarcón, L. F., Maturana, S., Mundaca, F. & Bustamante, J. (2010). Improving planning reliability and project performance using the reliable commitment model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(10): 1129-1139.
- Green, S. D. (2002). The human resource management implications of lean construction: critical perspectives and conceptual chasms. *Journal of Construction Research*, 3(01): 147-165.
- Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4): 697-704.
- James, W. & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Shuster, New York.
- Khanh, H. D. & Kim, S. Y. (2014). Identifying causes for waste factors in high-rise building projects: A survey in Vietnam. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18(4): 865-874.
- Kim, D. & Park, H.S. (2006). Innovative construction management method: Assessment of lean construction implementation. *KSCE journal of Civil Engineering*, 10(6): 381-388.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford, CA: Stanford University, 72.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland, 408-296.
- Koskela, L. J. & Howell, G. (2002). The underlying theory of project management is obsolete. In *Proceedings of the PMI Research Conference*, PMI, 293-302.
- Lee, H. S., Yu, J. H. & Kim, S. K. (2004). Impact of labor factors on workflow. *Journal of construction engineering and management*, 130(6): 918-923.
- Lindhard, S. (2014). Understanding the Effect of Variation in a Production System. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(11): 04014051.
- Liu, M., Ballard, G. & Ibbs, W. (2010). Work flow variation and labor productivity: Case study. *Journal of management in engineering*, 27(4): 236-242.
- Mossman, A. (2013). *Last Planner: 5+ 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery*. The Change Business Ltd., UK, 26.
- Ng, S. T., Zheng, D. X. & Xie, J. Z. (2013). Allocation of construction resources through a pull-driven approach. *Construction Innovation*, 13(1): 77-97.
- O. Alsehaimi, A., Tzortzopoulos Fazenda, P. & Koskela, L. (2014). Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(1): 51-64.
- Petticrew, M. (2001). *Systematic reviews from astronomy to zoology: myths and misconceptions*, Bmj, 322(7278): 98-101.

- Priven, V. & Sacks, R. (2015). Effects of the last planner system on social networks among construction trade crews. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(6): 04015006.
- Russell, M. M., Liu, M., Howell, G. & Hsiang, S. M. (2014). Case studies of the allocation and reduction of time buffer through use of the last planner system. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(2): 04014068.
- Sacks, R., Treckmann M. & Rozenfeld, O. (2009). Visualization of work flow to support lean construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12): 1307-1315.
- Thomas, H. R., Horman, M. J., Minchin Jr, R. E. & Chen, D. (2003). Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle. *Journal of construction engineering and management*, 129(3): 251-261.
- Tranfield, D., Denyer, D. & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3): 207-222.
- Wambeke, B. W., Liu, M. & Hsiang, S. M. (2012). Using last planner and a risk assessment matrix to reduce variation in mechanical related construction tasks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(4): 491-498.
- Watkins, M., Mukherjee, A., Onder, N. & Mattila, K. (2009). Using agent-based modeling to study construction labor productivity as an emergent property of individual and crew interactions. *Journal of construction engineering and management*, 135(7): 657-667.
- Yin, S. Y. L., Tserng, H. P., Toong, S. N. & Ngo, T. L. (2014). An improved approach to the subcontracting procurement process in a lean construction setting. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(3): 389-403.
- Zimina, D. & Pasquire, C. (2012). Last Planner® System Insights. *Nottingham: Nottingham Trent University. Liite*, 1(1): 4.



This journal is licenced under a [Creative Commons License. Creative Commons - Atribuição-CompartilhaIgual 4.0 Internacional.](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)