2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INVESTIGAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL – AVALIAÇÃO DO ATRASO EM UMA CADEIA DE BLOCOS DE CONCRETO

RUIZ, Phelipe Viana (1); FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli (2)

(1) Universidade Estadual de Campinas, phelipevruiz@gmail.com
(2) Universidade Estadual de Campinas, pspucha@gmail.com

RESUMO

O setor da construção civil é considerado um dos maiores consumidores de recursos do planeta e um dos principais setores produtivos da economia. Com o intuito de reduzir o desperdício e aprimorar os processos envolvidos, o fluxo de materiais empregues na construção deve ter seus processos sistematizados, afim de melhorar sua eficiência. A identificação do fluxo de materiais permite seu equacionamento, a partir de simulações, para obter o máximo de eficiência em seus processos. Estudou-se a aplicação de gerador de atrasos e contabilização destes e a análise do impacto gerado sob uma cadeia de suprimentos de blocos de concreto. Foram utilizadas para a elaboração do artigo as simulações do software "STELLA" e a análise da proposta dos pesquisadores no setor da construção civil. Destaca-se a aplicação dos princípios da Construção Enxuta e as possibilidades de simulação teórica com o uso das soluções propostas pelos pesquisadores. Por meio das análises realizadas neste estudo foi possível avaliar a efetividade e precisão do modelo elaborado com grande aproximação à realidade, permitiu enxergar o impacto dos atrasos com maior clareza e melhor entendimento de seu comportamento onde pode-se constatar os efeitos prejudiciais da ausência de um sistema de controle de estoques e de fornecimentos.

Palavras-chave: *Cadeia de Suprimentos, Simulação, Fluxo de Materiais, Construção Enxuta, Atraso.*

ABSTRACT

The civil construction sector is considered one of the largest consumers of resources on the planet and one of the main productive sectors of the economy. In order to reduce waste and improve the processes involved, the flow of materials used in construction must have its processes systematized, in order to improve its efficiency. The identification of the material flow allows its equation, from simulations, to obtain or obtain the maximum efficiency in its processes. To study a delay generator application and its accounting and an analysis of the impact caused under a concrete block supply chain. Were used to prepare the article as simulations of the software "STELLA" and an analysis of the proposal of researchers in the civil construction sector. The application of the principles of Lean Construction and the possibilities of theoretical simulation with the use of the solutions applied by the researchers stand out. Through the analyzes carried out in this study, it was possible to evaluate the effectiveness and precision of the model elaborated with great reality, allowing to see or impact delays with greater clarity and a better understanding of their behavior, where it is possible to verify the harmful effects of a inventory and supply control system.

Keywords*: Supply Chain, Simulation, Materials Flow, Lean Construction, Delay.*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil sempre apresentou problemas relativos a desperdícios e perdas em obras. O aumento da concorrência no mercado atual e a diminuição das margens de lucro obtidas criam a necessidade de maior investimento nas áreas de planejamento e controle, o que leva a realização de estudos em busca de soluções que reduzam os desperdícios e as perdas no setor.

Segundo Souza e Koskela (2014), na construção a cadeia de suprimentos tende a ser fragmentada devido à grande variedade de projetos, fornecedores e outros recursos diretos (como força de trabalho) e indiretos (aluguel de equipamentos) necessários. Além disso, as empresas da construção civil, também designadas prestadoras de serviço ou empresas, tendem a ser geridas baseadas em métodos de gerenciamento de projeto tradicionais.

Como o entendimento comum do gerenciamento de projeto depende do tempo, estratégias tradicionais, polícias e das diretrizes para o gerenciamento das cadeias de suprimentos na construção têm sido baseadas em abordagens temporárias. Neste sentido, os problemas encontrados nas cadeias de suprimentos na construção podem ser atribuídos ao impacto conjunto do aumento da fragmentação e da ineficiência dos métodos de gestão.

1.1 Justificativa

A globalização econômica tem promovido grandes transformações na economia mundial. Exemplos destas transformações são: o aumento da competitividade, introdução de novas tecnologias gerenciais a mudança comportamental do mercado consumidor, que se mostra cada vez mais exigente e informada. Em detrimento a este novo cenário econômico, as empresas dispostas a permanecer no mercado competitivo tiveram de buscar novos posicionamentos e aperfeiçoamentos de suas cadeias produtivas e gerenciais, buscando compreender a cadeia de suprimentos como um todo, procurando por formas de minimização de gastos, prazos e desperdícios. Com isso, os estudos na área tornaram-se cada vez mais valorizados, para assim aumentar as margens de lucro e a velocidade de produção.

Uma variedade de investigadores relatou que há um declínio da produtividade construção. As razões para o declínio incluem falha de gestão para fornecer ferramentas necessárias, material, instrução, treinamento e horários para permitir que o trabalho possa ser concluído sem atrasos, insuficiência e excesso de custos (ENSHANSSI, 2007; MESQUITA, 2012). Um dos principais focos dos estudos em cadeia de suprimentos tem sido a compreensão do paradigma da mentalidade enxuta ou *Lean thinking*, aplicado ao sistema de agentes, onde o objetivo principal é a viabilização dos conceitos Lean na estrutura logística da cadeia de suprimentos. Apesar dos diversos estudos para a compreensão e implementação da mentalidade enxuta na cadeia de suprimentos da construção civil, através da aplicação de princípios da mentalidade enxuta, percebem-se ainda poucos avanços, considerando-se a complexidade das cadeias de suprimentos investigadas.

Os princípios da mentalidade enxuta atendem às exigências do contexto atual, além de ter como ponto de partida a eliminação de desperdícios. Inclui desde estoques de matéria-prima, do material em processamento até o produto acabado entregue ao cliente. Os sistemas de suprimentos enxutos exigem a integração no processo produtivo o que significa a minimização de desperdícios (AZAMBUJA, 2013). A

integração permite uma melhor sincronização entre oferta e demanda levando material para o canteiro.

Este trabalho tem como objeto avaliar os efeitos dos atrasos em uma cadeia de suprimentos de Blocos de Concreto aplicado sobre o tempo de pedido da obra e o intervalo de entrega em um modelo de simulação, mensurando os impactos acumulados ao longo do tempo sobre a cadeia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cadeia de Suprimentos

Por definição, cadeia de suprimentos é o processo da movimentação de bens desde o pedido do cliente a partir dos estágios de aquisição de matéria-prima, produção até a distribuição dos bens para os clientes. A Cadeia de Suprimentos da Construção difere de várias maneiras de sua contraparte manufatureira. A sua estrutura é fragmentada, o fluxo de informações cruza as empresas de forma lenta e pouca informação é compartilhada entre elas, onde práticas competitivas são bastante frequentes e há uma necessidade de padronização da gestão de tolerância entre as cadeias de suprimentos (AZAMBUJA; O'BRIEN, 2009).

A cadeia de suprimentos da construção compromete várias organizações e abrange um conjunto enorme de atividades possuindo um maior nível de complexidade. Tais atividades ocorrem basicamente em três correntes, denominadas fluxo de informações, fluxo de capital e fluxo de materiais. Para conectar tais fluxos, existem diferentes interfaces, que são as ligações entre os empreiteiros, fornecedores e projetos simultâneos. Há necessidade de uma boa gestão da cadeia de suprimentos na construção, dado que os donos não conseguem atingir completamente os objetivos do projeto sem depender de empreiteiros e fornecedores trabalhando em seus projetos (AZAMBUJA; O'BRIEN, 2009).

2.2 Planejamento do Fluxo de Materiais

As pesquisas no campo da Construção Enxuta são recentes, suas técnicas e aplicações estão ainda em estudo. Diversos pesquisadores no Brasil e no mundo têm buscado o desenvolvimento desta ferramenta, a qual se tem apresentado muito promissora. Os resultados após sua aplicação foram positivos, e apresentaram melhores níveis de serviço. Do ponto de vista do longo prazo, as organizações ligadas à construção têm de melhorar os processos de forma contínua, a fim de encontrar e utilizar a melhor prática.

2.3 Modelagem e Simulação

Na busca por maior eficiência de uma cadeia produtiva, uma possibilidade é a utilização de simuladores. Essa ferramenta permite criar a cadeia em um ambiente virtual e realizar diversos testes sobre ela, possibilitando comparar os diversos resultados obtidos e assim chegar ao modelo mais eficiente de produção. Quando se pensa em simular algo, busca-se obviamente simular um sistema, um agrupamento de partes que operam juntas, visando a um objetivo em comum. Um sistema sempre pressupõe uma interação causa-efeito entre as partes que o compõem (CHWIF; MEDINA, 2015).

Para permitir a compreensão da aplicação de concepção enxuta na construção,

foram criados os modelos de simulação. Os modelos de simulação se tornaram uma ferramenta de experimentação onde os princípios enxutos foram introduzidos para avaliar os impactos destes em processos mais simples. Na Modelagem, um fluxo é a taxa de variação de um estoque (AL-SUDAIRI, 2007).

Por exemplo, em uma empresa de manufatura, o centro de processos empresariais gira em torno do fluxo de ordens, de materiais, de mão-de-obra qualificada, de máquinas e de dinheiro. O estoque de materiais, por exemplo, determina o nível de estoque mantido pela empresa, onde o nível de estoque diminui com a taxa de remessas dos produtos e aumenta com a taxa de produção. Ao mapear a Cadeia Construtiva através da determinação das atividades e seus tempos de ciclo, identifica-se o comportamento do processo. Sendo ainda possível realizar um comparativo entre um modelo inicial e um modelo enxuto, onde a partir destes se traça uma estratégia que interpretará os resultados obtidos (AL-SUDAIRI, 2007).

3 Método

Para o desenvolvimento do estudo proposto, primeiramente foram analisados os modelos estruturados por Fontanini (2004), Ruiz e Fontanini (2014) e Ruiz et al (2015) No modelo apresentado neste artigo avaliou-se um estudo de caso teórico onde foi programada a etapa de alvenaria de uma torre de um edifício residencial de 10 pavimentos com 4 apartamentos cada de aproximadamente 100 m².

Foi considerada uma demanda total de 130.000 blocos com entregas de 2525 blocos, duas vezes por semana, em um período de execução de 180 dias. Considerou-se um intervalo de pedido da obra de 7 dias e um intervalo de entrega dos materiais de 3 dias. Dentro do sistema foi inserido um gerador de atrasos que influenciava os intervalos de pedido e de entrega e de um contabilizador, o qual coletava dados referentes a este impacto.

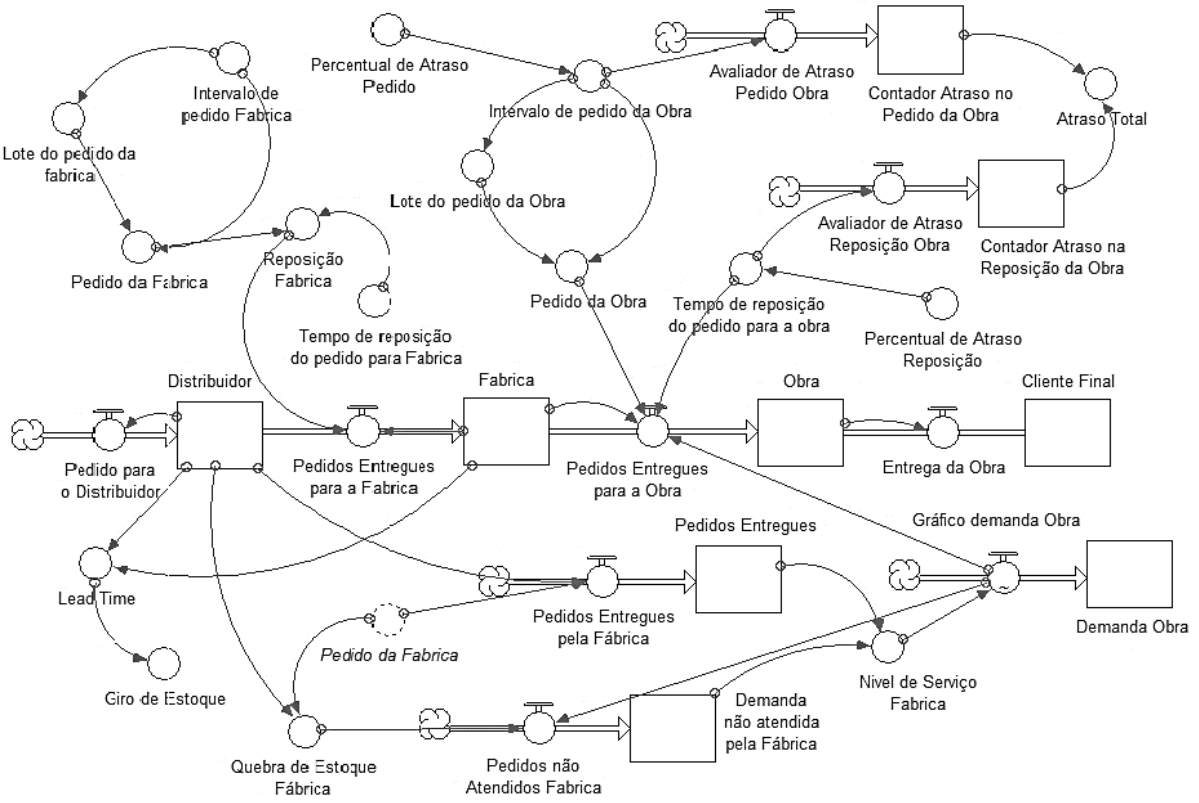
Os atrasos variavam de 0 a 20% de forma aleatória durante todo o processo. Foram realizadas 100 simulações sobre o modelo, onde os dados levantados foram tratados com relação aos valores da média, desvio padrão, coeficiente de variação, amplitude, valor máximo e mínimo para melhor compressão, e entendimento de seu comportamento e efeito. Para a realização destas simulações foi utilizado o software Stella® versão 9.1.2 e Microsoft Office Excel 2016.

4 Resultados e Discussões

Realizado o estudo e melhor entendimento do funcionamento do fluxo que se daria na obra, foi estruturado um modelo com a aplicação de um sistema de geração de atrasos e sua contabilização, conforme a Figura 1. A partir deste modelo foram realizadas 100 simulações tendo seus dados referentes ao impacto destes atrasos transferidos ao software Excel.

Em posse dos dados da simulação, calcularam-se os valores da média (μ), desvio padrão(s), coeficiente de variação, amplitude, valor máximo e mínimo. Por meio destes valores foi possível uma melhor compreensão e entendimento do funcionamento e do impacto do fenômeno do atraso sobre a cadeia de suprimentos de blocos de concreto.

Figura 1 – Modelo para o Macro Mapa de Fluxo de Valor da Cadeia de Suprimentos de Blocos de Concreto com contadores para mensuração atrasos



Fonte: Os Autores

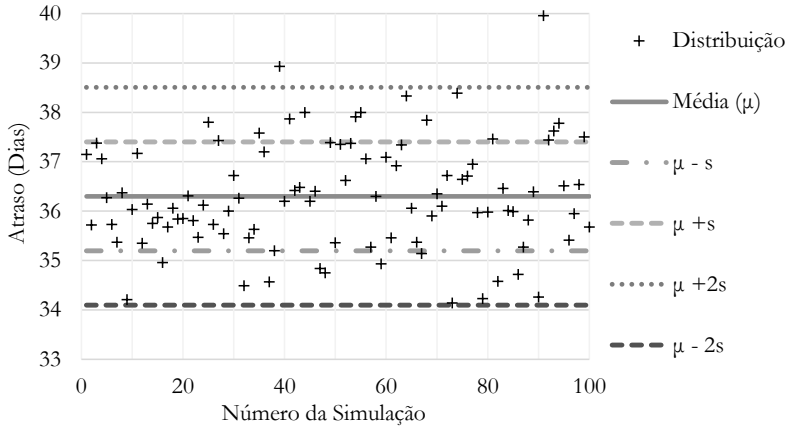
Aplicados os resultados obtidos nas simulações em um gráfico de dispersão, conforme mostrado na Figura 2 observa-se que 70% (70 em 100 simulações) dos resultados apurados se encontram na faixa delimitada entre a média e uma vez o desvio padrão, evidenciando uma baixa variação dos valores obtidos no processo de simulação estando, portanto, em conformidade ao esperado. A análise destas informações foi ordenada em forma de uma tabela como demonstrado na Tabela 2. Ao final da análise elaborou-se uma equação a qual permite uma avaliação rápida quanto a frequência da ocorrência dos dados simulados ao lançar o valor do Atraso buscado em Dias. Esta equação conseguiu, com alto grau de precisão, indicar os comportamentos dos resultados simulados, conforme indicado na Equação 1, onde F se refere à frequência.

Tabela 2 – Avaliação dos dados obtidos

Atrasos (dias)	Abrangência (%)	Nº. de Ocorrências	Atraso Relativo (%)
34	0	0	18,89
35	12	12	19,44
36	43	31	20,00
37	72	29	20,56
38	96	24	21,11
39	99	3	21,67
40	100	1	22,22

Fonte: Os Autores

Figura 2 – Gráfico da dispersão dos atrasos em relação ao número de simulação



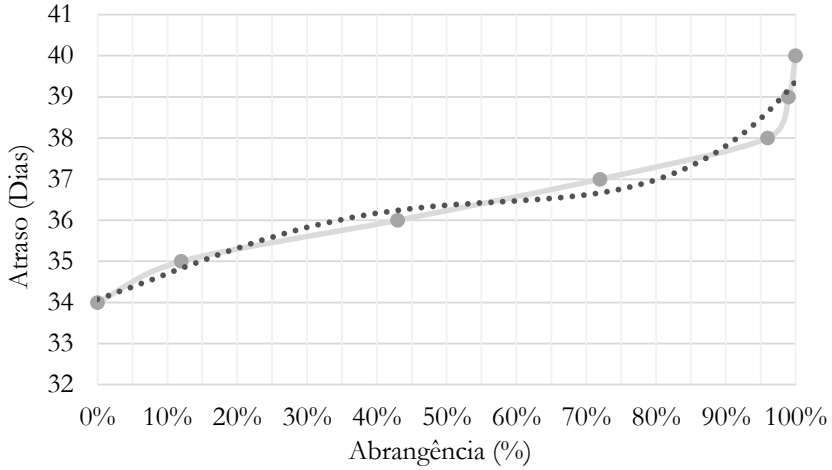
Fonte: Os Autores

$$F = 0{,}00481060606x^4 - 0{,}70724747475x^3 + 38{,}91124999999x^2 - 949{,}49454906177x + 8.670{,}4769047593 \quad (1)$$

Outra informação obtida por meio da análise destes dados foi a relação da abrangência dos resultados perante os atrasos, conforme demonstrado na Figura 4. Por meio desta relação gráfica foi possível elaborar uma equação que conseguisse com alto grau de precisão obter, por meio do lançamento da abrangência de dados desejada em porcentagem, o respectivo valor do atraso, conforme indicado na Equação 2, onde "A" se refere à atrasos em dias.

$$A = 23{,}89925740775x^4 - 32{,}0415809177x^3 + 7{,}69359111273x^2 + 5{,}74443513568x + 34{,}07918174920 \quad (2)$$

Figura 4 – Gráfico da relação entre a abrangência dos resultados e o Atraso (Dias)



Fonte: Os Autores

5 CONCLUSÕES

Por meio das análises realizadas neste estudo foi possível avaliar a efetividade e precisão do modelo elaborado com grande aproximação à realidade, mesmo se tratando de estudo de caso teórico. O estudo permitiu enxergar o impacto dos atrasos com maior clareza e melhor entendimento de seu comportamento onde

pode-se constatar os efeitos prejudiciais da ausência de um sistema de controle de estoques e de fornecimentos. No estudo de caso, o efeito que o impacto gerado pelos atrasos dentro da cadeia de suprimentos de Blocos de Concreto foi um atraso médio de 36,30 dias, o que indica que seria necessário um acréscimo de 20,17% sobre o prazo previsto, totalizando 217 para a execução da etapa.

Por conta da ausência deste controle, seria necessário considerar no cronograma de execução um acréscimo de 38 dias além do planejado, para que se abrangesse 96% das possibilidades de atraso, resultando em prazo de execução iria de 180 para 218 dias, um acréscimo de 21,11%. Além disso, por meio das análises realizadas observou-se que a amplitude de resultados quanto ao atraso ao final das simulações foi de aproximadamente 6 dias, o que demonstra que além de considerar um atraso próximo a um mês sobre o prazo estipulado, há a possibilidade de um acréscimo referente a margem de erro de aproximadamente uma semana a mais.

Tais constatações evidenciam a importância de se possuir um sistema de controle de estoques, o que permitiria a realização dos pedidos dos materiais com antecedência, antes de seu esgotamento, e de se possuir um sistema de controle e avaliação de seus fornecedores, o que garantiria as entregas dentro do prazo. Desta forma o prazo estipulado em projeto poderia ser atingido. Além dos impactos sobre o tempo de conclusão da etapa de alvenaria, deve-se levar em consideração os impactos financeiros decorrentes desta situação, já que, com estes atrasos, o custo referente a mão de obra e locação de maquinário tendem a subir drasticamente e a consequente diminuição das margens de lucro antes estipuladas.

Propõe-se para futuros estudos a análise de um modelo que envolva a avaliação do prejuízo causado sobre a cadeia por conta da implementação dos atrasos. Também se propõe a criação de um modelo com um sistema de cadeias simultâneas, com a implementação de atrasos e a avaliação dos impactos indiretos sobre a cadeia dependente. Em virtude do estudo realizado e da análise feita, aliado ao mercado competitivo atual, a diminuição das margens de lucro obtidas e de menor dinheiro investido, cria-se a necessidade de maior investimento nas áreas de planejamento e controle e de novas ferramentas e metodologias para atender esta problemática.

Há, portanto, a necessidade da busca de soluções que prevejam problemas e que permitam ações de erradicação ou mitigação dos atrasos e prejuízos causados, como abordados neste artigo. Isso demonstra a importância de estar preparado e de antever problemas futuros, colocando as empresas mais preparadas à frente de suas concorrentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual de Campinas pela disponibilização do espaço para condução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AL-SUDAIRI, A. Evaluating the effect of construction process characteristics to the applicability of lean principles. **Construction Innovation Journal**. v. 7, n. 1, UK, 2007.

AZAMBUJA, M. et al. Enabling Lean Supply with a Cloud Computing Platform – an Exploratory Case Study. In: Proceedings of International Group of Lean Construction (IGLC 21), 2013, Fortaleza: Brasil. **Anais…** Fortaleza, 2013.

AZAMBUJA, M.; O'BRIEN, W.J. **Construction Supply Chain Modelling: Issues and Perspectives**. Construction Supply Chain Management Handbook, 2009.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. 3 ed., 2015, São Paulo: Brasil.

FONTANINI, P. S. P. **Análise do impacto potencial da aplicação dos princípios da mentalidade enxuta nos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos da construção civil a partir de simulação.** 301 f. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, 2009, Campinas: Brasil.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade Enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio.** 259 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2004. Campinas: Brasil.

HONÓRIO, R. T. et al. Interfaces, flows, and problems of Construction supply chains – a case study in Brazil. In: Proceedings of International Group of Lean Construction (IGLC 22). 2014, Oslo: Dinamarca. **Anais…** Oslo, 2014.

MESQUITA, A. S. G. Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina, Piauí. Instituto Federal do Piauí. **HOLOS**, v. 2, 2012, p. 58 - 65. Disponível em <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/835/530>, acesso em 21 de março de 2020.

RUIZ, P. V. et al. Estudo do Planejamento do Fluxo de Materiais utilizando o Simulador STELLA. In: Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities, 2015, Guimarães. **Anais…**, Guimarães, 2015, v. 2., p. 1203-1211.

RUIZ, P. V.; FONTANINI, P. S. P. Avaliação do Planejamento de Fluxos de Materiais no setor da Construção Civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014.

SOUZA, D. V. S., KOSKELA, L. Evaluation of Supply and Service of Steel Assembly of Structures. In: Proceedings of International Group of Lean Construction (IGLC 22). 2014, Oslo: Dinamarca. **Anais…** Oslo, 2014.

SURVESKI, R. **Materials Lean Time Reduction in a Semiconductor Equipment Manufacturing Plant: Process Flow Planning.** Dissertação de Mestrado – Massachusetts Institute of Technology, 2013, p. 92. Massachusetts: EUA.