

# ANÁLISE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DO SISTEMA PVC CONCRETO PARA ABRIGO DE EQUIPAMENTOS - UM ESTUDO DE CASO DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

**PIRES, Marcela Miranda de Oliveira (1); FONTANINI, Patrícia Stella Pucharelli (2)**

(1) Mestranda, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, mmo.bhe@gmail.com;

(2) Prof. Dra. Laboratório de Técnicas Construtivas (LABTEC), Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, patricia@fec.unicamp.br.

**Resumo:** *A busca pela otimização dos processos construtivos possui grande importância para obras com característica linear. Dentro deste contexto encontramos o sistema de pvc concreto, sistema este que utiliza formas em pvc que são preenchidas em concreto e aço, projetando assim uma construção rápida e simples em que o próprio acabamento é o pvc, essas formas são perfis verticais de encaixe caracterizando assim como um sistema industrializado e modular. O sistema pvc concreto possui características de obra linear por ser escolhido para construções rápidas e em escala, podendo ser aplicado para conjuntos habitacionais e até mesmo como abrigo para equipamentos de diversos usos: telecomunicação, estação meteorológica, estações de monitoramento de diversos fins. Para abrigar esses equipamentos é importante que o sistema seja seguro e modular permitindo possíveis expansões, requisitos estes atendidos pelo sistema pvc concreto que também permite instalações de portas de acesso blindadas aumentando a segurança do abrigo. Neste contexto propõe-se a realização de um mapeamento de fluxo de valor dos processos deste sistema construtivo em seu estado atual. Através do mapeamento será possível avaliar todas as etapas para a construção do abrigo permitindo analisar etapas críticas e melhorias, essas melhorias serão registradas através de um mapeamento de fluxo de valor do estado futuro, apontando possíveis melhorias nos processos construtivos enxergando possíveis desperdícios e melhorar o lead time.*

**Palavras-chave:** *pvc concreto, abrigo de equipamentos, processo construtivo, mapeamento de fluxo de valor*

**Área do Conhecimento:** *Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos - Processo de Produção*

## 1 INTRODUÇÃO

Em obras de característica linear existe uma preocupação que é o fluxo contínuo nos processos de forma que seja possível a otimização da obra sem interrupções além de produção rápida e escalonada, permitindo assim que haja um controle de insumos suficiente e mão de obra constante além de acompanhamento dos prazos junto aos fornecedores e programações logísticas. Para este tipo de obra o melhor conceito a ser estudado é a filosofia *lean* que permite enxergar os pontos a serem melhorados e atingir os resultados da melhor forma possível.

O pensamento *lean* é de fato uma filosofia que busca a melhoria contínua nos processos da organização e da geração de valor para o cliente, contudo essa filosofia vai além da aplicação de técnicas e ferramentas nas instituições. É preciso primeiramente uma mudança conceitual em muitas organizações para que seja possível a implantação e em alguns casos a reestruturação ou estratégia de transformação.

Continuando por essa linha de conceitos, Rother e SHOOK (2000) destacam a importância de desenhar os processos como de fato acontecem, determinando também o fluxo de insumos e informações envolvidos. O objetivo é descrever através do desenho todas as etapas necessárias para realização do produto final, ou seja, recursos, informações, estoques, tempos de ciclo e a relação entre todos eles. Possibilitando visualizar todas as atividades que não agregam valor ao produto final e desperdícios. Esta ferramenta, descrita pelos mesmos autores, é conhecida como Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), FONTANINI e PICCHI (2005).

Uma das obras que será objeto de estudo neste artigo é o sistema pvc concreto que possui características de obra linear por ser escolhido para construções rápidas e em escala, podendo ser aplicado para conjuntos habitacionais e até mesmo como abrigo para equipamentos de diversos usos: telecomunicação, estação meteorológica, estações de monitoramento de diversos fins.

O sistema construtivo composto de perfis modulares em PVC recheados com concreto representa uma tecnologia bem atual no mercado brasileiro, por isto o domínio de suas técnicas construtivas ainda é limitado e o

uso restrito a poucas experiências (SOUZA, 2005). Ainda, de acordo com BRANDÃO et al (2014) o modelo proposto é modular, pois seus perfis já vêm de fábrica com determinada espessura, porém existem peças adaptadoras, que ajustam a parede em seu comprimento determinado em projeto.

A realização do mapeamento neste tipo de obra permitirá melhor análise dos processos e proposta de melhorias, será um começo da aplicação da filosofia lean para identificação dos valores deste elemento na obra em geral podendo se remeter a demais elementos da obra. Para o artigo em questão será estudado os processos construtivos para sistema de pvc concreto como abrigo de equipamentos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Lean Thinking

São muitas as referências relacionadas a filosofia lean sendo possível realizar um longo texto acerca de sua origem e seus estudos já realizados por se tratar de um assunto importante e de grande aplicação no sistema de produção, seja ele industrial, administrativo, logístico e na própria construção civil.

O início de tudo ocorreu em 1950 através da luta do Japão na depressão econômica pós-guerra e a empresa responsável pela criação dessa filosofia, a Toyota, necessitava de soluções para sobreviver. Foi quando através de acordo entre sindicatos e empresa, os trabalhadores se tornaram o recurso mais valioso da empresa, porque eles precisavam do trabalho e seriam os maiores interessados em atingir os objetivos a serem cumpridos fazendo com que o resultado final fosse satisfatório para ambos os lados.

A metodologia criada na Toyota seria, mais tarde, disseminada pelo mundo com definições variadas, como podemos ver a seguir:

“Há de conferir o máximo número de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, e a adotar um sistema de tratamento de defeitos imediatamente acionado a cada problema identificado, capaz de alcançar a sua causa raiz (WOMACK,1992).”

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997).”

A proposta da aplicação de uma produção enxuta baseia-se no planejamento estratégico das organizações possibilitando reduzir o tempo entre o pedido do cliente até a fabricação e entrega dos produtos, evitando desperdícios que não agregam valor ao produto final. A ideia principal apresenta um fluxo de trabalho de uma peça por vez na fabricação e esse é considerado um processo de melhoria contínua dentro das organizações.

Podemos verificar que o sentido da produção enxuta é fazer o que tem que ser feito e disponibilizar ou adquirir as coisas certas no lugar e tempo certos, enquanto se reduz os desperdícios mantendo uma postura aberta a mudanças tanto na parte operacional quanto gerencial.

### 2.2 O lean aplicado na construção

Desde os anos 80 o mercado apresenta tendência das empresas nas ferramentas de melhoria contínua de processos e gestão da qualidade. Dentro deste mercado podemos destacar as empresas de construção civil que se voltou para o desenvolvimento dos sistemas de gestão da qualidade com o objetivo de melhoria nos processos produtivos e obtenção de certificações como a ISO 9000.

Com isso, nos anos 90 surgiu a metodologia construção enxuta ou lean construction que foi construída a partir das ideias e referenciais teóricos do sistema de produção Toyota. Podemos dizer que a ideia de construção enxuta foi marcada através da publicação do trabalho Application of the new production philosophy in the construction industry por KOSKELA (1992), do Technical Research Center (VTT) da Finlândia, a partir do qual foi criado o IGLC (International Group for Lean Construction), favorecendo as mudanças e disseminando o novo paradigma no setor da construção civil em diversos países.

WOMACK e JONES (1998) também contribuíram de forma eficaz na definição de cinco princípios do pensamento enxuto permitindo melhor gerenciamento dos processos. Os cinco princípios são: especificação do valor, mapear fluxo de valores, realizar ações que criem fluxo de valor, atender somente as demandas e buscar a perfeição. Dentre estes cinco princípios escolhemos aprofundar como parte deste estudo, o segundo princípio que é mapear o fluxo de valores, pois é desta forma que dentro dos processos construtivos para execução de um abrigo para equipamentos através do sistema pvc concreto identificando possíveis desperdícios e realizar melhor gerenciamento e distribuição das tarefas com o intuito de otimizar os recursos disponíveis.

### 2.3 Mapeamento de fluxo de valor (MFV)

Quanto tempo é gasto para construir um abrigo de equipamentos através do sistema pvc concreto? Essa pergunta pode ser considerada simples com uma consulta através de um cronograma feito em um software onde são gerenciados os prazos da obra, contudo para uma obra em grande escala, onde é preciso um bom planejamento afim de permitir fluxo contínuo nas atividades, mas esse não é o tempo efetivo, ou seja, o tempo em que a informação é transformada dentro do processo acrescentando demais atividades necessárias para a geração do produto final. Para que se obtenha o tempo efetivo é preciso desenhar todos os tempos gastos em todos os processos desde primeiro comento até a conclusão final, a análise de todos os tempos dos envolvidos nos processos nos permitirá conhecer o lead time.

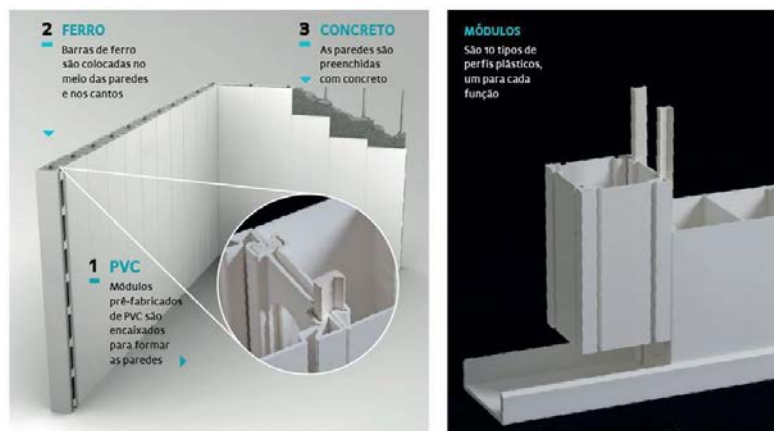
Segundo FONTANINI e PICCHI (2005) o objetivo de representar todas as etapas envolvidas nos processos através de um mapa de estado atual é realizar uma análise de melhoria a fim de reduzir tempos na execução das atividades, enxergando de forma macro como elas estão atualmente distribuídas e suas respectivas durações. Para PICCHI (2002), a análise deve contemplar possibilidades de racionalização das atividades como: criação de células de trabalho; criação de fluxo contínuo para a realização das atividades; realização das atividades sob demanda do processo cliente, melhorias que podem ser implementadas a partir da visualização das atividades (Kaizen).

Ainda segundo FONTANINI e PICCHI (2005) as melhorias são propostas em um mapa do fluxo de valor do estado futuro, a partir da análise do mapa do estado atual e precisam seguir algumas diretrizes, tais como: trabalho padronizado (atividades e sequência bem definidos, ritmo e inventário padrão), gerenciamento visual (programação e controle de andamento, qualidade) e sistemática de melhoria (identificação rápida de problemas, comunicação facilitada para a solução e padronização da melhoria).

### 2.4 Sistema pvc concreto

Segundo a empresa ROYAL DO BRASIL (2011) o sistema pvc concreto foi desenvolvido no Canadá para projetar e construir de forma industrializada vários tipos de edificações e está presente no Brasil desde 2002, sendo que a primeira obra foi construída em 1998. Eles ainda denominam como sistema construtivo Royal (concreto-pvc) e concluem que se trata de um sistema nascido a partir da união de dois dos mais importantes materiais usados na construção civil, o concreto e o pvc.

Figura 1 – Sistema pvc concreto



Fonte: Silveira (2011)

O sistema pvc concreto permite um gerenciamento mais eficaz da obra pelo fato de utilizar poucos materiais, seu controle se torna mais efetivo, um exemplo é o concreto e a redução de acabamentos como emboço e reboco, uma vez que as paredes ficam com o pvc como próprio acabamento. Os kits vêm padronizados do fornecedor e identificados de acordo com a montagem que deve ser feita, essa montagem dispensa uso de guindastes ou demais ferramentas especiais. Segundo a empresa GLOBAL HOUSING DO BRASIL (2013) os painéis de pvc usados no sistema já passaram por testes e avaliações e atendem as condições de conforto térmico e acústico e segurança contra fogo, sendo ainda resistentes a ação de fungos, agentes químicos, intempéries possibilitando maior vida útil e menor manutenção.

Já existem alguns estudos realizados para atestar o sistema quanto a sua resistência e demais características mecânicas e térmicas, vantagens e desvantagens e entre alguns estudos podemos citar os que foram feitos por KUDER et al (2009) verificando o sistema de fornecimento da empresa OCTAFORM SYSTEMS INC. 2009 e o de HAVEZ et al (2016), ambos os estudos avaliaram o desempenho estrutural da peça de concreto com o revestimento em pvc e os testes se mostraram satisfatórios atestando o bom desempenho da parede ou peça atuando em conjunto com o pvc, possibilitando na credibilidade e durabilidade deste sistema.

O sistema pvc concreto é um sistema criado para construções simples e industrializadas, ele é composto de painéis de pvc verticais que se encaixam e são reforçados com aço e depois preenchidos com concreto. As paredes não necessitam de revestimentos pois possuem como acabamento a própria forma de pvc mas podem receber pintura caso seja um requisito do cliente. As etapas são simples e rápidas mas precisam de organização e planejamento para serem concluídas de maneira eficaz. Por este motivo será realizado o mapeamento de fluxo de valor dos processos construtivos desse sistema para um abrigo de equipamento porque apesar de ser um sistema simples precisa ser bem planejado dependendo do tipo de obra, da localidade e da quantidade a ser construída.

### **3 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR NO PROCESSO CONSTRUTIVO DE UM ABRIGO PARA EQUIPAMENTOS UTILIZANDO O SISTEMA PVC CONCRETO**

#### **3.1 Estudo de caso**

O sistema pvc concreto se trata de uma obra rápida e por essa razão é aplicado em obras com característica linear, portanto é preciso garantir que seus processos sejam bem definidos através de uma boa comunicação e acompanhamento para também garantir que serão realizados dentro dos prazos estabelecidos. Se bem planejado esse sistema construtivo permitirá uma obra limpa, rápida e de fácil controle dos insumos e qualidade final do produto. Os processos de execução do sistema pvc concreto são simples e rápidos, desta forma iremos descrever brevemente as etapas construtivas a partir das informações do sistema pvc da empresa GLOBAL HOUSING neste estudo de caso exploratório para um abrigo de 16 m<sup>2</sup> sendo utilizado para fins comerciais.

1. Primeiramente é realizada a ancoragem das paredes na fundação, que também é uma etapa simples, uma vez que o abrigo exigirá poucos esforços na fundação e de acordo com os estudos geotécnicos foi definida a fundação tipo radier. Desta forma ao ser executado o radier são deixadas as armaduras que servirão de ancoragem para as armaduras das paredes. O acabamento da fundação também já é o contrapiso, portanto deve possuir acabamento e caimentos necessários.
2. O próximo passo é realizar a montagem das formas de pvc, são realizadas as marcações dos eixos das paredes e posicionamento de guias de referência para montagem dos painéis. Os painéis podem ser montados no local e já virem de fábrica pré-montados, neste estudo de caso estão sendo utilizados painéis pré-montados em fábrica. Na medida em que os painéis de pvc pré-montados são posicionados nos módulos guia ou nas faces das guias de madeira, são apurados e ancorados de modo a impedir que os ventos promovam seu desalinhamento.
3. A colocação das armaduras verticais e horizontais são feitas na sequência, nos cantos e no meio de cada parede é colocada uma barra de ferro, do piso até o teto. Além disso, ao longo das paredes, a cada 80 cm, no piso são fixadas pequenas barras de ferro com 60 cm de altura e antes da concretagem são realizados os travamentos dos vãos onde serão instaladas as portas. Esse escoramento evita possíveis deformações nos perfis dessas regiões durante a concretagem.
4. É realizada a concretagem das paredes, havendo também o controle tecnológico do concreto empregado que geralmente possui resistência especificada em 20 Mpa, imediatamente após a concretagem é realizada a limpeza das faces das paredes com água corrente e espuma maciça para evitar danos ao pvc e durante pelo menos 48 horas são aguardados para iniciar a montagem da cobertura.
5. Inicia-se a montagem das pré-lajes que são apoiadas nas paredes e o posicionamento do escoramento. A laje é feita com treliças pré-fabricadas e enchimento de isopor, após a montagem e concretagem da laje são aguardados pelo menos 7 dias para a retirada do escoramento e fôrmas. O telhado é composto de estrutura metálica e telhas ecológicas.
6. Após a retirada do escoramento inicia-se os acabamentos que no caso deste objeto de estudo é



apenas o piso anti-estático e as portas, na sequência são instaladas as eletrocalhas, luminárias, tomadas, interruptores, eletrodutos e quadros de energia, todas as instalações elétricas por especificação deste projeto não foram embutidas.

7. Devido ao uso para abrigo de equipamentos que necessitam de controle de temperatura e umidade, serão instalados o sistema de climatização e quadros de controle além do sistema de detecção de incêndio.
8. Para finalizar são abrigados todos os rack's, equipamentos e testados com o sistema de energia para posterior limpeza e entrega final.

### 3.2 Mapeamento do estado atual

As informações consideradas na elaboração do mapa atual foram obtidas através de entrevistas com os responsáveis deste tipo de obra que participam de todas as etapas levantadas. Para o desenho do mapa atual percebeu-se que dependendo da localização as etapas podem ser bem prejudicadas caso não seja realizado um planejamento eficaz pois o sistema envolve fornecedores distintos e com *lead time* diferenciados aumentando a dificuldade logística dependendo da localização da obra.

O mapa do estado atual está representado na figura 02 e nos mostra as etapas levantadas durante as entrevistas e documentação apresentada pelos responsáveis da obra. O que podemos ver no mapa são etapas empurradas e cada material entregue antes de sua aplicação registrado como estoque entre essas atividades. Devido ao tempo *lead time* de fornecedores diversos, atualmente a obra faz grande esforço para minimizar os transportes e tenta vincular as entregas com as atividades, mas ainda é perceptível esse estoque, atualmente a obra não possui espaço para abrigar esse material e por se tratar de locais remotos corre ainda risco de furto.

O tempo total obtido a partir do início da obra até a entrega final ao cliente contabilizado é de 61 dias, também é denominado *lead time*, e poderá ser maior caso haja falta de algum material ou período grande de chuva antes da colocação da cobertura ou até mesmo o descumprimento do prazo de entrega por algum fornecedor na cadeia dos insumos comprados previamente. A ideia do mapa atual é justamente essa que podemos verificar na figura 02, ou seja, entender como estão sendo realizados todos os processos para enxergar possíveis desperdícios ou tempo gastos desnecessariamente.

### 3.3 Mapeamento do estado futuro

A partir da análise do mapa do estado atual e das possíveis oportunidades de melhoria, desenhou-se o mapa do estado futuro que está apresentado na figura 03. Para realizar uma proposta de mapa do estado futuro dentro dos princípios *lean* utilizou-se a conceitos da bibliografia e um deles que pode ser citado neste estudo de caso exploratório é a publicação de (ROTHER e SHOOK, 2000) que nos permite realizar alguns questionamentos. E as respostas nos levam a pensar em algumas soluções para este estudo de caso exploratório, como: existência de um supermercado, conhecimento do *takt time*, enxergar fluxo contínuo nos processos, elementos que poderão puxar a produção, locais de aplicação do *kaizen* e análise dos inventários ou atividades com tempo de permanência causando aumento do tempo de produção. A partir dessas possibilidades foram propostas as seguintes melhorias que também está representada na figura 03.

- a) Criação de um supermercado para manter pelo menos 3 kit's que serão puxados pela demanda da obra permitindo a continuidade do processo sem haver a espera de todos os fornecedores dos insumos para iniciar o processo, ou seja, quem determina o início é a própria obra.
- b) A distribuição das entregas para atendimento a obra, essa atividade será acompanhada pela equipe de fiscalização da obra além do controle da produção que irá acionar o envio deste material afim de reduzir os estoques dentro da obra. As atividades foram faseadas em 3 etapas distintas porque as duas primeiras etapas precisam seguir juntas porque há parada de 48 hs após a concretagem das paredes e 7 dias após a concretagem da laje para retirada do escoramento e trabalhos internos.
- c) Outra implantação de *kaizen* também foi a retirada de 01 colaborador que entrava apenas nas atividades de acabamento e ele foi realocado para atividades iniciais que demandam mais tempo.
- d) Houve também a retirada de tempo parado na atividade de documentação porque foi percebido que essa atividade durava 9 dias porque somente era executada ao final da obra, contudo percebeu-se que as informações para a documentação são geradas deste o início, portanto essa atividade ocorrerá durante toda a obra finalizando antes da entrega, ou seja, o responsável precisa apenas de 01 dia para confirmar a documentação já separada anteriormente.

Figura 2 – Mapa do fluxo de valor do estado atual do processo construtivo do sistema pvc concreto de um abrigo para equipamentos

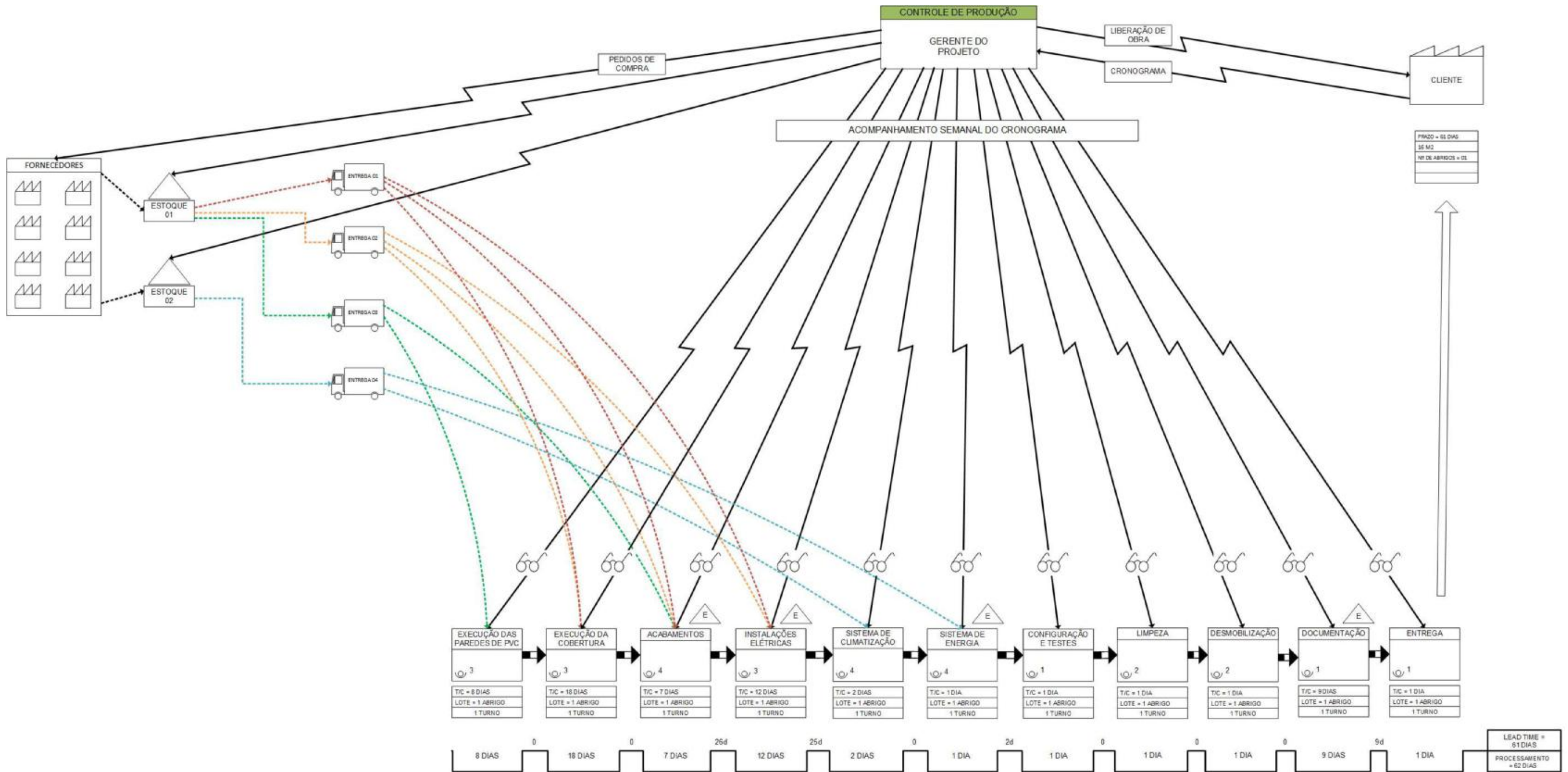
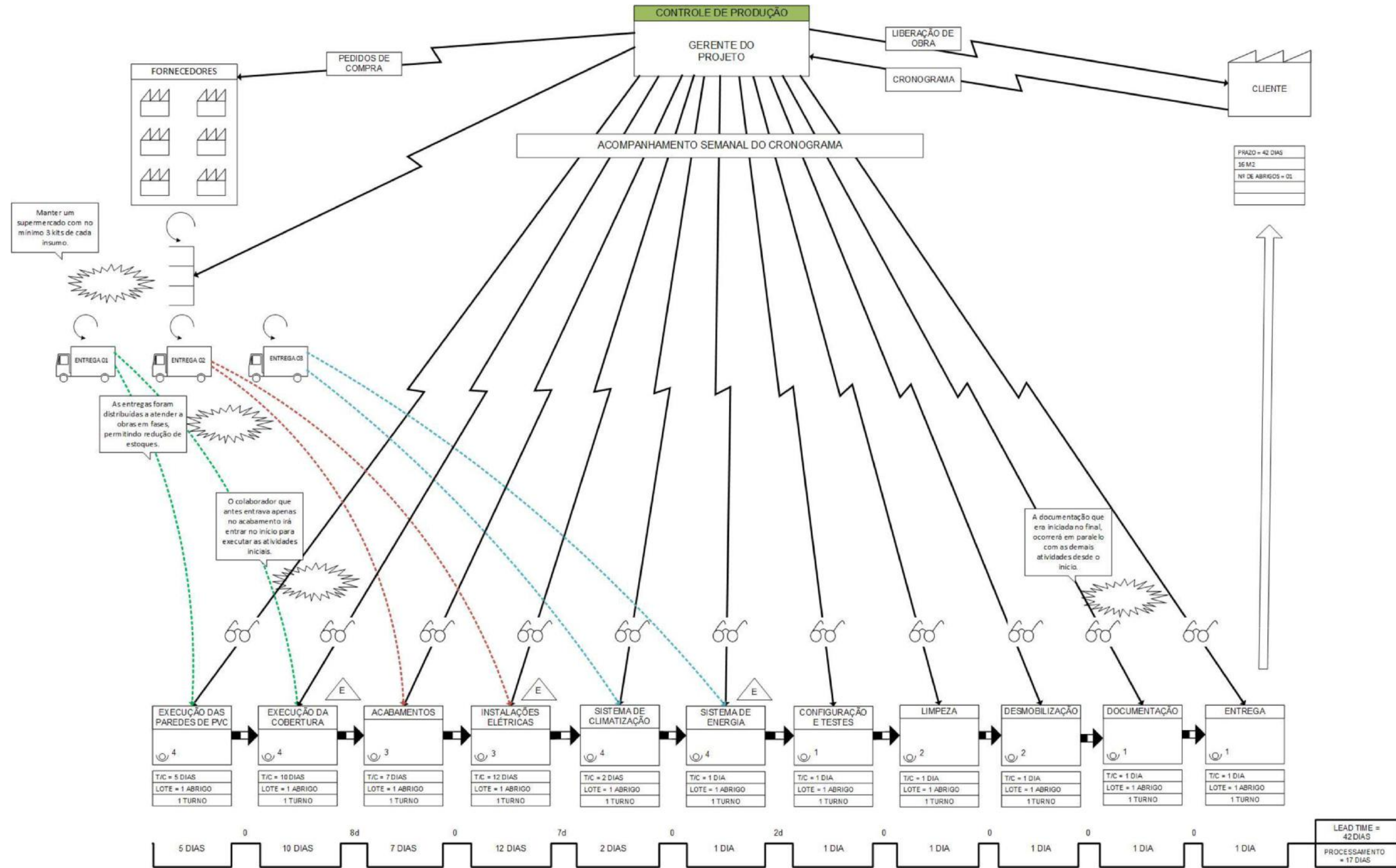


Figura 3 – Mapa do fluxo de valor do estado futuro do processo construtivo do sistema pvc concreto de um abrigo para equipamentos





#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso através do mapeamento dos processos utilizando a ferramenta de mapa de fluxo de valor nos permitiu avaliar e mostrar aos entrevistados etapas dentro do sistema construtivo pvc concreto que não eram observadas, a dedicação apenas no sistema não permitiu avaliar a necessidade de planejamento dos insumos necessários para a construção do abrigo dentro de tempo hábil e também permitindo enxergar os desperdícios dentro de todo o processo.

O mapeamento do fluxo de valor atingiu seu objetivo neste estudo, se mostrando ainda satisfatório pois permitiu entender que apesar de ser um sistema promissor para construções rápidas e em escala pode se tornar um problema no prazo final da obra deixando de se tornar uma opção economicamente viável em determinados tipos de obra.

Através do estudo observou-se a necessidade de inserção da mentalidade enxuta dentro da gestão da obra a fim de permitir padronização e acompanhamento dos processos de todos os envolvidos e através de uma aplicação deste mapa do estado futuro aprimorar e adequar ainda mais processos e inclusão de *kaizen* podendo gerar ainda mais melhorias e redução do *lead time* que após pequenas adequações foi reduzido em aproximadamente 20 dias.

Outro fator importante observado é a possibilidade de um futuro estudo envolvendo outros sistemas dentro da obra, possibilitando avaliar os impactos do sistema pvc concreto e seus processos no prazo final da obra ao ser comparado com outros elementos dentro de uma obra. Poderá ser utilizado também o mapeamento de fluxo de valor mais amplo contemplando assim todos os elementos da obra e seu *lead time*.

#### 5 REFERÊNCIAS

BRANDÃO, L.; MELO, K. Análise de diferentes tipologias de construção em concreto pvc. ENTAC: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014.

FONTANINI, P. S. P.; PICCHI, F.A. Lean Thinking em processos administrativos – Mapeamento do fluxo de aprovação de projetos na Prefeitura. IV SIBRAGEC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, I ELAGEC: Encontro Latino Americano de Gestão e Economia da Construção, 2005.

GLOBAL HOUSING SOLUTIONS (2013). (<http://www.ghs-housing.com>) (Out. 2013).

HAVEZ, A.A. et al. Behaviour of PVC encased reinforced concrete walls under eccentric axial loading. Structures 5 (2016) 67–75.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report # 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

KUDER, K.G. et al. Effect of PVC Stay-In-Place Formwork on Mechanical Performance of Concrete. Journal of materials in civil engineering 10.1061/(ASCE) 0899-1561(2009)21:7(309)

OCTAFORM SYSTEMS INC. (2009). (<http://www.octiform.com>) (Aug. 2006).

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PICCHI, F.A. Lean na administração. In: LEAN SUMMIT 2002, Gramado, RS, 17-19 nov...Apresentações...Gramado: lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar. Tradução de: José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2000.

ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES S.A. Seminário Habitação Econômica: Sistemas industrializados a base de cimento para habitação, 21-ago a 02-set, In: Concrete Show, São Paulo, 2011.

SILVEIRA, E. (2011) Casa de Plástico. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2011/12/26/casa-de-plastico>>. Acesso em: 03 maio 2017.

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

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas, 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda. 1998.