



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GIANLUCA SILVA

**DIAGNÓSTICO DE UM EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO DE  
INTERESSE SOCIAL FRENTE AOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA  
*LEAN CONSTRUCTION***

FLORIANÓPOLIS, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GIANLUCA SILVA**

**DIAGNÓSTICO DE UM EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO DE  
INTERESSE SOCIAL FRENTE AOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA  
*LEAN CONSTRUCTION***

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Instituto Federal de  
Educação Ciência e Tecnologia de Santa  
Catarina como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Juliana Bonacorso  
Dorneles

**FLORIANÓPOLIS, 2020**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Gianluca  
**DIAGNÓSTICO DE UM EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL FRENTE AOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION**  
/ Gianluca Silva ; orientação de Juliana Bonacorso Dorneles. - Florianópolis, SC, 2020.  
77 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.**  
Inclui Referências.

1. **Construção Enxuta.** 2. **Melhoria contínua.** 3. **Redução de perdas.** I. Bonacorso Dorneles, Juliana. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Construção Civil. III. Título.

# DIAGNÓSTICO DE UM EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL FRENTE AOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION*

**GIANLUCA SILVA**

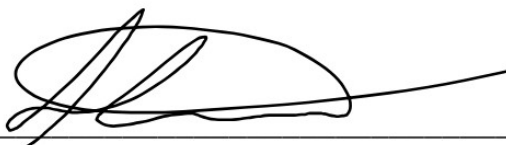
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 10 de novembro de 2020



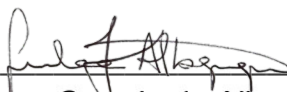
---

Profa. Juliana Bonacorso Dorneles, Me.  
Orientadora  
IFSC Campus Florianópolis



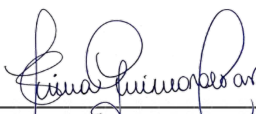
---

Prof. Alexandre Lima de Oliveira, Dr.  
Banca Examinadora  
IFSC Campus Florianópolis



---

Profa. Juliana Guarda de Albuquerque, Me.  
Banca Examinadora  
IFSC Campus Florianópolis



---

Profa. Cristina Guimarães Cesar, Dra.  
Banca Examinadora  
CEFET-MG

## RESUMO

A Construção Enxuta é uma filosofia criada frente à necessidade do Setor da Construção Civil para a melhoria dos seus processos de produção e redução das perdas. Diante de um setor impactado por elevados níveis de desperdício e baixo índice de produtividade, vários estudos continuam sendo realizados de maneira a verificar os resultados da aplicação dos princípios dessa filosofia. O presente trabalho apresenta um estudo de caso de um empreendimento de habitação de interesse social, na Grande Florianópolis, com objetivo de apresentar os princípios *Lean* praticados. Para tanto, foi realizada uma fundamentação teórica sobre o tema, com enfoque nos 11 princípios da filosofia *Lean*. A partir disso, foram apresentadas as práticas adotadas na obra relacionados a cada um dos princípios e, ao final, aplicada a Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios *Lean*, proposta por Kurek (2005). Então concluiu-se que mesmo que o empreendimento não possuísse a filosofia *Lean* implantada, muitos princípios podem ser verificados, uma vez que a empresa responsável pela execução da obra adota a filosofia nas suas obras em outras regiões do país.

**Palavras-chave:** Construção Enxuta, melhoria contínua, redução de perdas.

## **ABSTRACT**

Lean Construction is a philosophy created due to need of the Civil Construction Sector to improve its production processes and reduce wastes. In the face of a impacted by high levels of waste and low productivity, several studies continue to be carried out in order to verify the results of the application of the principles of this philosophy. The present work presents a case study of a housing development in Greater Florianópolis, with the objective of presenting the Lean principles used. For this porpouse, a theoretical substanciation about the theme, focusing on the 11 principles of Lean Construction. From this, the practices adopted in the work related to each of the principles were presented and, at the end, was applied the Checklist for diagnosis of the implementation of the Lean principles, proposed by Kurek (2005). Then it was concluded that even if the enterprise did not have the Lean philosophy in place, many principles can be verified, since the company responsible for the execution of the work adopts the philosophy in its works in other regions of the country.

**Keywords:** Lean Construction, continuous improvement, waste reduction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de Implementação do <i>Lean Production</i> .....	15
Figura 2 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	17
Figura 3 - Modelo de produção tradicional .....	20
Figura 4 - Modelo de processo da Construção Enxuta.....	21
Figura 5 - Exemplo da eliminação de atividades que não agrega valor ...	24
Figura 6 - Composição do tempo de ciclo .....	27
Figura 7 - Exemplo de utilização de elemento pré-fabricado.....	29
Figura 8 - Exemplo de aplicação do princípio de transparência .....	31
Figura 9 - Detalhamento da torre do empreendimento.....	39
Figura 10 - Planta do apartamento .....	39
Figura 11 - Disposição dos módulos da obra .....	45
Figura 12 - Representação de um módulo .....	46
Figura 13 - Lajota de concreto com caixinha de luz embutida.....	55
Figura 14 - Planta apartamento PNE.....	57
Figura 15 - Portal de entrada da obra renderizado.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo do modelo convencional e processo e modelo de processo da Construção Enxuta.....	22
Tabela 2 - Escala de avaliação dos princípios .....	37
Tabela 3 - Equipes e durações.....	43
Tabela 4 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Primeiro princípio da Construção Enxuta .....	47
Tabela 5 - Fichas de Verificação de Serviço .....	48
Tabela 6 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Segundo princípio da Construção Enxuta .....	49
Tabela 7 – Lista parcial de Procedimentos de Execução de Serviços (PES) .....	51
Tabela 8 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Terceiro princípio da Construção Enxuta .....	52
Tabela 9 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Quarto princípio da Construção Enxuta .....	54
Tabela 10 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Quinto princípio da Construção Enxuta .....	56
Tabela 11 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Sexto princípio da Construção Enxuta .....	59
Tabela 12 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Sétimo princípio da Construção Enxuta .....	61
Tabela 13 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Oitavo princípio da Construção Enxuta .....	63
Tabela 14 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Nono princípio da Construção Enxuta .....	64
Tabela 15 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Décimo princípio da Construção Enxuta .....	65
Tabela 16 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Décimo primeiro princípio da Construção Enxuta.....	66
Tabela 17 - Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de <i>Lean Construction</i> .....	67

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	3
Lista de Tabelas .....	4
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 Problema e justificativa da pesquisa .....	12
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Sistema Toyota de Produção e <i>Lean Production</i> .....	14
2.2 Pilares do Sistema Toyota de Produção .....	18
2.3 <i>Lean Construction</i> .....	19
2.4 Princípios do <i>Lean Construction</i> .....	23
2.4.1 Redução das atividades que não agregam valor.....	23
2.4.2 Aumento de valor dos produtos através da consideração das necessidades dos clientes .....	25
2.4.3 Redução da variabilidade .....	25
2.4.4 Redução do tempo de ciclo .....	27
2.4.5 Simplificação através da redução do número de passos.....	28
2.4.6 Aumentar a flexibilidade de saída.....	30
2.4.7 Aumentar a transparência do processo .....	31
2.4.8 Foco no controle de todo o processo.....	32
2.4.9 Introdução da melhoria contínua no processo .....	32
2.4.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões .....	33
2.4.11 <i>Benchmarking</i> .....	34
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
3.1 Revisão Bibliográfica .....	35
3.2 Caracterização do objeto de estudo .....	36

3.3	Diagnóstico da obra frente às boas práticas <i>Lean</i> implantadas na obra acompanhada .....	36
4	CARACTERIZAÇÃO .....	38
4.1	Dados gerais sobre a empresa.....	38
4.2	Dados gerais sobre a obra.....	38
4.3	Acompanhamento de atividades, formação de equipes e produtividade	41
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	44
5.1	Redução das atividades que não agregam valor.....	44
5.2	Aumento de valor dos produtos através da consideração das necessidades dos clientes .....	47
5.3	Redução da variabilidade .....	50
5.4	Redução do tempo de ciclo .....	52
5.5	Simplificação através da redução do número de passos .....	54
5.6	Aumentar a flexibilidade de saída .....	56
5.7	Aumentar a transparência do processo .....	59
5.8	Foco no controle de todo o processo.....	62
5.9	Introdução da melhoria contínua no processo.....	63
5.10	Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões.....	64
5.11	<i>Benchmarking</i> .....	65
5.12	Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de <i>Lean Construction</i> .....	66
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXOS .....	75
	ANEXO A – Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de <i>Lean Construction</i> .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil sempre foi alvo de críticas devido aos altos custos, gerados pelo elevado desperdício e baixa produtividade, em virtude da baixa qualificação e alta rotatividade da mão de obra (LORENZON; MARTINS, 2006). No entanto, nos anos 1990 a Construção Civil sofre mudanças consideráveis, ocasionadas, principalmente, pelo crescente nível de competitividade existente entre as empresas. O maior índice de exigência dos consumidores e a menor disponibilidade de recursos financeiros estimularam as empresas do setor a buscarem um incremento no desempenho por meio de investimentos em tecnologia de produção e gestão. (BERNARDES, 2001).

O *Lean Construction* é um modelo para gestão de produção na Construção Civil, baseado no paradigma do Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido no Japão, por volta dos anos 1950, por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, contrapondo-se aos pontos de produção em massa, base do Fordismo (ISATTO *et al.*, 2000). Esta filosofia de produção tem como base os objetivos de mitigar ao máximo o desperdício, material ou humano, desenvolvendo ferramentas e técnicas de controle de qualidade e aperfeiçoamento do controle de produção (TONIN; SCHAEFER, 2013). Portanto, conforme Serpell *et al.* (1996), qualquer método de melhoria para o sistema de produção deve focar na identificação das perdas, buscando a raiz do problema, a fim de eliminá-la ou reduzi-la ao máximo.

Inúmeras pesquisas e trabalhos têm sido produzidos em diversos setores objetivando a aplicação dessa filosofia de produção (FORMOSO, 2005). Destacando-se, neste caso, os estudos realizados pelo grupo internacional de pesquisadores criado para estudar a aplicabilidade desta nova filosofia no Setor da Construção Civil, denominado *Internacional Group for Lean Construction* (IGLC) (HOWELL, 1999).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil subiu 1,2% no terceiro trimestre de 2019. O setor da construção civil registrou o maior incremento – de 4,4% - segunda alta desta atividade, após cinco anos subseqüentes em queda. (CBIC, 2019)

## 1.1 Problema e justificativa da pesquisa

Diante do aumento da competitividade no Setor da Construção Civil, que ainda desenvolve suas atividades, em grande maioria, utilizando-se do modelo tradicional de produção, que consiste numa série de atividades de conversão, sendo essas atividades as que transformam insumos (materiais ou informações) em produtos (intermediários ou finais). (ISATTO *et al.*, 2000)

O cenário apontado pela bibliografia foi evidenciado pelo autor durante o seu período acadêmico por meio de realização de estágio e visitas técnicas. Em contrapartida, a realização de seu último estágio, o autor teve a oportunidade de trabalhar em uma obra de grande porte e ao mesmo tempo, organizada. Além da empresa demonstrar ter o controle dos serviços realizados, fato este observado por atingir a conclusão de seus serviços nos prazos acordados. Desta forma, buscou-se entender de que forma uma empresa com diversas obras realizadas ao mesmo tempo e em diferentes localidades possuem este nível de organização enquanto empresas de porte menor não conseguem, o que a diferencia das demais construtoras?

As empresas construtoras estão em busca da adoção de estratégias para destacarem-se no mercado. O *Lean Construction* é uma filosofia, criada por Koskela (1992), no modo de produção para as empresas da construção civil, sendo considerada uma extensão do *Lean Production*, com objetivo de eliminar os desperdícios do processo produtivo e agregar ao máximo o valor ao produto final. (BALLARD *et al.*, 1996 *apud* BORGES, 2018).

Koskela (1992), dividiu os conceitos da filosofia *Lean* em 11 princípios, os quais tem por objetivo reduzir o desperdício dos processos de produção das empresas e, então, aumentar a produtividade, dentre outros. É importante destacar que os princípios possuem correlações entre si, devendo ser aplicados de forma conjunta na gestão de processos, por exemplo: o princípio de aumentar a transparência auxilia no reconhecimento e eliminação das parcelas de atividades que não agregam valor, enquanto a redução do tempo de ciclo gera um ambiente favorável para a melhoria contínua (ISATTO *et al.*, 2000).

O presente trabalho buscou realizar um diagnóstico referente à implantação de boas práticas da construção enxuta, exemplificando as ações adotadas em obra, que se relacionam a cada princípio da metodologia *Lean Construction*. A proposta é

baseada em um estudo de caso de um empreendimento de interesse social, por uma empresa de grande porte.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um diagnóstico referente à implantação de boas práticas da construção enxuta, exemplificando as ações adotadas em obra, que se relacionam a cada princípio da filosofia *Lean Construction*.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre Construção Enxuta;
- Apresentar o sistema construtivo adotado pelo empreendimento, bem como identificar as peculiaridades que podem prejudicar o andamento das atividades;
- Identificar e apresentar os princípios da Filosofia *Lean* presentes no empreendimento;
- Realizar avaliação com base em uma lista de verificação para diagnóstico se o empreendimento analisado possui os princípios *Lean*.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada uma introdução ao Sistema Toyota de Produção, com foco nos princípios da Construção Enxuta.

### 2.1 Sistema Toyota de Produção e *Lean Production*

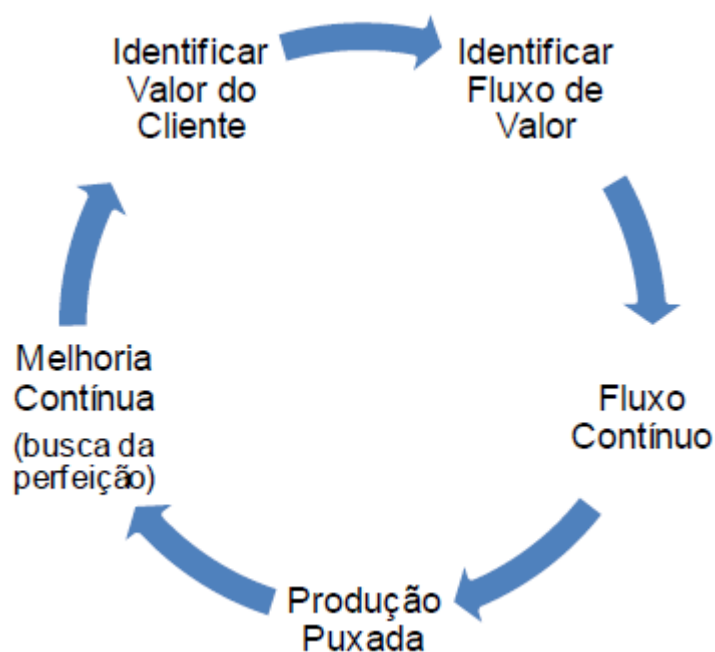
Nos anos 50, após o fim da Segunda Guerra Mundial, o Japão e o mundo estavam devastados, diante das dificuldades foi necessário encontrar um meio para que empresas se mantivessem competitivas no mercado. Foi então criado, na Toyota, o Sistema de Produção Toyota – STP, por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda. O STP baseou-se no Sistema Ford de Produção (Fordismo), com princípios de produção em massa, grandes estoques, porém com pouco enfoque em qualidade e altos números de produtos com defeito.

Diante da crise financeira e limitação dos recursos produtivos disponíveis, Ohno e Toyoda verificaram que o sistema fordista seria inviável de ser aplicado no Japão, portanto necessitando criar um novo sistema de produção que fosse competitivo no mercado mundial e que se adaptasse a realidade da indústria japonesa (LORENZON, 2008). Deste modo os japoneses desenvolveram um sistema que associava os benefícios da produção artesanal com operários altamente qualificados e ferramentas flexíveis na produção precisa, ou seja, vantagens da produção em massa, com baixo custo e elevada produtividade (WOMACK; JONES, 2003 *apud* VENTURINI, 2015).

De acordo com Shingo (1996) o objetivo do Sistema Toyota de Produção era a redução dos estoques finais e intermediários, trabalhando com pequenos lotes de produção e alta quantidade de entregas e transporte.

A Figura 1 apresenta o fluxo dos cinco princípios do *Lean Production*.

Figura 1 - Fluxo de Implementação do *Lean Production*



Fonte: Salvador (2013)

Como foi apresentado, os princípios do sistema *Lean* são focados na redução e eliminação dos desperdícios em todo o processo de produção. Conforme Shingo (1996), perdas são vistas como qualquer ineficiência que ocasiona o uso de mão de obra, materiais e equipamentos em quantidades superiores às necessárias para produção de um produto. Shingo (1996) identificou os sete tipos de perdas:

- **Superprodução:** Este desperdício gera uma ocupação desnecessária de recursos e materiais que não trarão valor à empresa. Estes desperdícios também demandam tempo e energia desnecessários;
- **Espera:** Tempo despendido de recursos físicos e humanos inativos, ligados, geralmente, à etapa de planejamento de produção, ou até mesmo à incidentes inesperados, como avarias ou acidentes de trabalho;
- **Movimentações e Transportes:** Perda de tempo e esforço no transporte de materiais e produtos, para que isto seja evitado deve-se realizar um planejamento do local, definindo-se um layout organizado que evite longos deslocamentos;

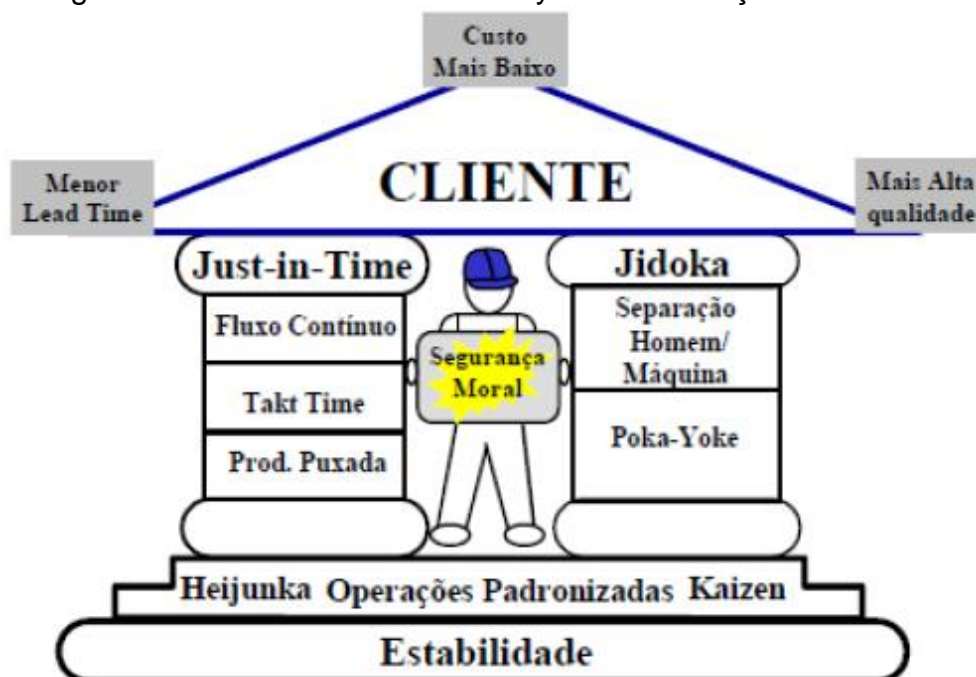
- **Processamento:** Perdas que ocorrem na realização de atividades desnecessárias durante o processamento, que não contribuem para agregar valor ao produto final;
- **Estoque:** Perdas que ocorrem devido à grande quantidade de material em estoque, que geralmente ocorrem por falta de sincronia entre o prazo de produção e o prazo de entrega do pedido;
- **Desperdício nos movimentos:** Ocorrem quando são feitos excessos de movimentos para realização de uma atividade. Normalmente não são de fácil identificação pela falta de padronização das tarefas, esta padronização se torna ideal para racionalizar a movimentação dos trabalhadores;
- **Desperdício na elaboração de produtos defeituosos:** Decorrem da produção de produtos que não atendam às especificações ou requisitos de qualidade especificados em projeto. Os sistemas de controle de qualidade são os grandes responsáveis pela atenuação destas perdas.

Segundo Alves (2000), realizar essa análise de perdas viabiliza a identificação sobre onde ocorrem as mesmas, tornando possível a proposta de práticas que visem aumentar a eficiência das operações e do processo como um todo. O sistema *Lean* gera uma forma de trabalho mais satisfatória, dispondo de uma resposta rápida aos esforços realizados para converter desperdícios em valor, gerando formas de rearranjar os postos de trabalho, ao invés de eliminá-los em nome da eficiência. (WOMACK E JONES, 2003)

Para o sistema de produção enxuta sempre há uma melhor maneira de realizar determinada atividade, pois assim como o mercado muda, as empresas também devem mudar, adaptando-se aos novos cenários e exigências do mercado. Portanto, a busca pela perfeição (ou melhoria contínua) deve ser algo frequente nas empresas que pretendem manter-se no mercado no longo prazo. (BALLARD E HOWELL, 1998)

A Figura 2 representa a estrutura da filosofia *Lean*:

Figura 2 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato (2000)

- Como base na padronização da produção, isto assegura que as atividades sejam realizadas de forma correta, garantindo assim a estabilidade de produção;
- No centro da estrutura está a principal ferramenta do Sistema Toyota de Produção, as pessoas;
- Os dois pilares do STP: o sistema Just-in-Time (JIT) e o Jidoka, ou Autonomia;
- A cobertura (telhado), tendo metas de custos mais baixos, alta qualidade e menor *lead time*, com foco no cliente.

Utilizando-se dos seus dois pilares – JIT e Jidoka – e outros sistemas fundamentais, o STP busca atender da melhor forma as necessidades dos clientes, dispondo produtos de menor custo, no menor tempo possível (*lead time*) e com melhor qualidade. Assegurando-se de um ambiente de trabalho em que a segurança e moral dos trabalhadores é primordial. (GRENHO, 2009)

O centro deste sistema de produção está no envolvimento, trabalhadores flexíveis e motivados buscando, constantemente, a melhor forma de realizar as tarefas. Dennis (2008) diz que através do envolvimento de toda a empresa é possível

alcançar os objetivos (telhado) do sistema que tem foco no cliente, certificando-se que ele tenha uma melhor qualidade com o menor custo.

Conforme Womack *et al.* (1990), Toyota e Ohno levaram mais de 20 anos para implementar todo o conjunto de ideias do Sistema Toyota de Produção e obtiveram sucesso ao verificar as melhorias na produtividade, qualidade dos produtos e capacidade de adaptação às mudanças de mercado.

## 2.2 Pilares do Sistema Toyota de Produção

O sistema JIT – Just-in-Time – adveio da necessidade de fornecimento do produto correto para o cliente, na quantidade correta e no momento correto, em todos os estágios do processo produtivo, uma vez que os recursos disponíveis eram escassos. Para que este processo seja eficiente, ele deve decorrer de uma demanda preexistente, sendo pensado de maneira inversa, a necessidade do cliente “puxa” a produção, fazendo com que cada etapa do processo produzisse apenas o que for demandado pela etapa seguinte, garantindo assim o fluxo contínuo de produtos, materiais e serviços, sem paradas. (OHNO, 1997)

Conforme Santana (2011) o fluxo contínuo é a resposta à necessidade de diminuição do *lead time* de produção. A transformação das linhas de fabricação tradicionais em células de produção é apenas o início da implementação do sistema *Lean*. A capacidade de implementação do fluxo unitário de produção é o que guia o fluxo contínuo, assim acarretando a eliminação de estoques intermediários, garantindo eliminação de perdas por estoque, por espera e, por isso, diminuição do *lead time*.

Para a implementação do fluxo contínuo é necessário o equilíbrio de operações ao longo da célula de produção, no STP, este equilíbrio está diretamente ligado ao conceito de *takt time*. O *takt time* é o intervalo necessário para produzir completamente um produto, baseado na necessidade do cliente, sendo assim, o *takt time* correlaciona o ritmo de produção ao ritmo de venda do produto. (GRENHO, 2009)

Outro pilar do Sistema Toyota de Produção é o *Jidoka*, ou automação. *Ninben no aro Jidoka* representa o significado exato deste conceito, ou seja, a máquina dotada de inteligência e toque humano. Segundo Grenho (2009), esse

sistema oferece, ao operador ou a máquina, liberdade de parar o processo de produção toda vez que for detectada uma anomalia na produção, com objetivo de resolver o problema e impedir a geração de produtos com defeito, que são, também, fontes de desperdício.

Conforme Ohno (1997), a ideia de parar o processo produtivo no surgimento de uma adversidade é de extrema importância para a solução do problema, de modo a prevenir que haja reincidência, mesmo numa linha de produção manual os operadores podem parar a linha de produção para corrigir uma falha de processamento.

### **2.3 Lean Construction**

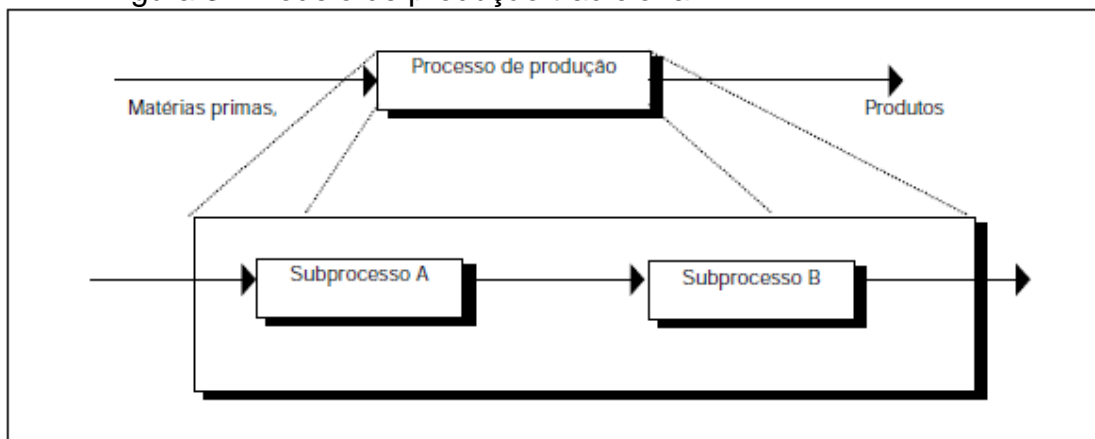
De acordo com Isatto *et al.* (2000), ao longo dos anos 90, um novo referencial teórico foi construído para gestão de processos na Construção Civil, envolvendo esforço de uma grande quantidade de estudos acadêmicos no Brasil e no exterior. Este novo modelo gerencial recebeu diversos nomes, como *Lean Production* (Produção Enxuta), Nova Filosofia de Produção (KOSKELA, 1992) e *World Class Manufacturing*.

Em respeito à Indústria da Construção Civil, Lauri Koskela (1992), do Technical Research Center (VVT) da Finlândia, publicou o trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry*, a partir deste foi criado o *Internacional Group for Lean Construction* (IGLC), comprometido a propagar os novos paradigmas do setor pelo mundo. (Isatto *et al.*, 2000)

Koskela chamou de *Lean Construction* (LC) a teoria voltada a analisar as implicações da Nova Filosofia de Produção na Construção Civil. O termo foi utilizado para definir a aplicação dos princípios de *Lean Production* na Construção civil. (KEMMER, 2006)

O modelo tradicional da Construção Civil determina a produção como o agrupamento de atividades que transformam insumos (materiais) em produtos intermediários (ex.: alvenaria, revestimento) ou finais (edificação), conforme ilustrado na Figura 3. Ficando conhecido como modelo de conversão. (ISATTO *et al.*, 2000)

Figura 3 - Modelo de produção tradicional



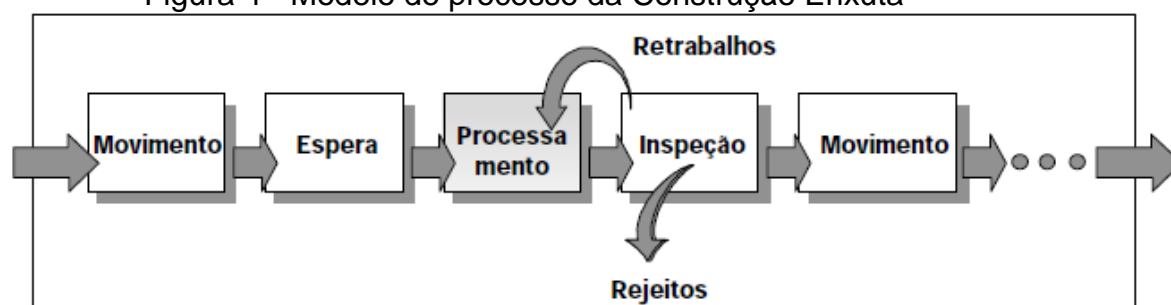
Fonte: Isatto *et al.* (2000)

O modelo representado na Figura 3 é adotado, por exemplo, em orçamentos de obras convencionais, que são normalmente divididas em produtos intermediários (vigas, paredes, encanamentos etc.) e, também nos planos de obra, os quais focam principalmente na representação de atividades de conversão. Representando assim uma série de tarefas que agregam valor ao produto final, também denominada de fluxo de montagem de uma edificação.

Porém, este modelo apresenta alguns defeitos, sendo o processo de conversão visto como um todo, não há distinção de atividades que não agregam valor, como o transporte, espera, retrabalhos, etc (ISATTO *et al.*, 2000). Conforme Formoso (2005), calcula-se que 67% (praticamente dois terços) do tempo despendido pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão em operações que não agregam valor.

Já o modelo de processo da Construção Enxuta determina que um processo compreende em fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo composto por atividades de transporte, espera, processamento (de conversão) e inspeção (Figura 4).

Figura 4 - Modelo de processo da Construção Enxuta



Fonte: Koskela (1992)

As atividades de fluxo são as atividades que não geram valor ao produto final, como as de transporte, espera e inspeção. Porém nem toda atividade de processamento gera valor ao produto, um exemplo é o não atendimento as necessidades do produto, gerando retrabalho, resultando então em uma atividade de processamento que não agrega valor ao produto final. (ISATTO *et al.*, 2000)

Geração de valor é outro aspecto que determina os processos do *Lean Construction* e está diretamente ligada à satisfação dos clientes. Sendo assim, um processo só gera valor quando a atividade de processamento transforma a matéria-prima em um produto que é requisitado pelo cliente. (FORMOSO, 2005)

É notável que, nos orçamentos convencionais, os itens estabelecidos contêm atividades de fluxo implicitamente, porém, como não são explícitos, dificultam a sua percepção e prejudicam a gestão de produção (FORMOSO, 2005). A Tabela 1 demonstra as diferenças principais entre o modelo convencional de processo e o modelo de processo da Construção Enxuta.

Tabela 1 - Comparativo do modelo convencional e processo e modelo de processo da Construção Enxuta

	<b>Modelo convencional de processo</b>	<b>Modelo processo da Construção Enxuta</b>
Conceito de produção	Produção consiste em conversões de atividades; todas as atividades agregam valor	Produção consiste em conversão e fluxo; existem atividades que agregam valor e as que não agregam valor
Foco do controle	Custo das atividades	Custo, tempo e fluxo de valor
Foco de melhorias	Aumentar a eficiência pela implementação de novas tecnologias	Eliminação ou supressão das atividades que não agregam valor, aumento de eficiência das atividades que agregam valor através de melhoria contínua e novas tecnologias

Fonte: Koskela (1993) *apud* Kemmer (2006)

É importante destacar que o modelo convencional de processo não é necessariamente equivocado, ele pode ser aplicado a sistemas simples de produção, focados em apenas um processo de conversão. Porém, à medida que os processos se tornam complexos e os mercados mais competitivos, este modelo passou a não apresentar convenientemente os sistemas de produção. (ISATTO *et al.*, 2000)

Conforme Howell e Ballard (1998), muitas pessoas são contra os princípios da Construção Enxuta em um primeiro contato, por parecer com a aplicação de técnicas de fabricação para Construção Civil. Entretanto, mesmo que os princípios relacionados a Mentalidade Enxuta sejam utilizados, primariamente, em processos industriais, eles podem se adequar à Indústria da Construção Civil por possibilitarem a visibilidade através da manufatura e da alta padronização de processos.

Em meio as análises realizadas por Mello *et al.* (1996), segundo a perspectiva do novo paradigma de produção, apontam-se os princípios como redução de estoques, parcerias com fornecedores, produção puxada, eliminação de atividades que não agreguem valor, redução do *lead time*, produção focada, operários multifuncionais, aumento de flexibilidade de saída e melhoria contínua de processos.

Além da importância dos princípios apontados acima, Koskela (2000) considera que existe uma lenta difusão deles e menciona algumas razões:

- Os casos de sucesso que servem como referência são aplicados a outras indústrias e não são de fácil internalização na Indústria da Construção Civil;
- Ainda que crescente, existe uma relativa falta de competitividade internacional no setor.

Denominada de “*making-do*”, o desperdício gerado pelo início de atividades sem a disponibilidade de todos os recursos para finalização da tarefa é um ponto de destaque para Bertelsen e Koskela (2004), que consideram este desperdício muito frequente na Construção Civil.

## **2.4 Princípios do *Lean Construction***

Em sua publicação, Koskella (1992) sintetizou as ideias da Produção Enxuta em 11 princípios básicos aplicáveis ao *Lean Construction*, com objetivo de maximização da eficiência e eficácia das atividades de conversão e, também, eliminação ou diminuição das atividades de fluxo. Segundo Grenho (2009), por meio da aplicação destes princípios são obtidos benefícios proporcionados no sistema de produção gerados por modificações tecnológicas simples.

### **2.4.1 Redução das atividades que não agregam valor**

Atividades que agregam valor são aquelas denominadas de conversão, ou seja, convertem o material/informação em produto para atender as necessidades dos clientes. Atividades que não agregam valor são as atividades que consomem tempo, espaço ou recursos não atendendo a necessidade dos clientes. Estudos anteriores demonstram que estas atividades que não agregam valor representam a maior parte do processo produtivo, apenas cerca de 3 a 20% das atividades realizadas são as que geram valor (KOSKELLA, 1992).

Segundo Formoso (2005), este é um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, visando melhorar a eficiência dos processos e diminuição das perdas não só através do aperfeiçoamento da eficiência das atividades de fluxo e de conversão, como também na diminuição do número de atividades de fluxo.

Koskela (1992) apresenta três formas de reduzir atividades que não geram valor:

- Redução e/ou eliminação de perdas na movimentação, inspeção e espera, atividades que não agregam valor e são as mais críticas no Setor da Construção Civil;
- Falta de medição de desempenho das atividades realizadas no canteiro de obras, não sendo possível melhorar a produtividade;
- Inserção de atividades que não agregam valor ao produto final, mas são indispensáveis para os clientes internos, como planejamento, segurança do trabalho, prevenção de acidentes de trabalho e redução de desperdício de materiais (Figura 5).

De acordo com Grenho (2009), o processo de planejamento e controle de produção simplifica a implantação deste princípio por buscar diminuir as atividades de movimentação, inspeção e espera. Portanto, um projeto de canteiro de obras visando minimizar as distâncias entre os locais de descarga e utilização de materiais podem acabar reduzindo a parcela de atividades de movimentação. (SANTOS, 1999)

Porém, Formoso (2005) levanta que este princípio não deve ser levado ao extremo, pois existem várias atividades que não agregam valor, mas são fundamentais ao funcionamento dos processos, como, por exemplo, treinamento de mão de obra, controle dimensional, instalação de dispositivos de segurança.

Figura 5 - Exemplo da eliminação de atividades que não agrega valor



Fonte: Isatto *et al.* (2000)

A figura 5 apresenta a utilização de um dispositivo para apoio do mangote de bombeamento da argamassa. Desta forma, eliminou-se a atividade de um servente – segurar o mangote - que não agregava valor.

#### 2.4.2 Aumento de valor dos produtos através da consideração das necessidades dos clientes

Para a implementação deste princípio deve-se, primeiro, definir os tipos de clientes. O cliente interno é aquele que será o responsável pela próxima atividade a ser realizada na cadeia produtiva, já o cliente externo é o cliente final. Segundo Koskela (1992), todo cliente, seja ele interno ou externo, deve ter suas considerações levadas em conta, analisadas e implantadas sempre que for possível, pois, apenas desta forma será assegurada a sua satisfação quanto ao serviço prestado ou produto entregue.

A participação dos clientes internos, antes da execução de alguns serviços pode reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, diminuindo a necessidade de retrabalhos, atividades de inspeção e, conseqüentemente, reduzindo as interferências nas atividades de fluxo. O controle destas atividades pode dar, ao cliente, noção de organização e valorização do serviço executado. (GRENHO, 2009)

Para Isatto *et al.* (2000), este princípio pode ser implementado a partir do mapeamento de todas as etapas do processo e posterior identificação dos clientes e de suas necessidades. A divulgação destas informações entre toda a equipe, especialmente para os envolvidos diretamente no procedimento das etapas de conversão é um requisito importante para aplicação deste princípio.

#### 2.4.3 Redução da variabilidade

Segundo Formoso (2005), existem três tipos de variabilidades no processo produtivo:

1. Variabilidade dos processos anteriores: ligada a variação dos materiais fornecidos para o processo, como, por exemplo,

variabilidade dimensional de blocos cerâmicos utilizados na alvenaria;

2. Variabilidade no próprio processo: relacionada a execução de uma própria etapa do processo construtivo. Exemplo: diferente duração para execução de uma mesma atividade durante o ciclo produtivo;
3. Variabilidade de demanda: relacionada aos desejos e necessidades do cliente. Exemplo: clientes de uma incorporadora solicitam mudança de projeto.

A natureza da variabilidade também é variável – pode estar ligada à qualidade dos produtos, consumo de recursos e duração das atividades (ISATTO *et al.*, 2000).

De acordo com Shingo (1996), padronizar as etapas produtivas é o melhor caminho para redução da variabilidade, tanto nos processos de conversão, quanto no fluxo de produção.

Existem duas razões para reduzir as variabilidades, segundo Formoso (2005), a primeira é devido ao fato de que um produto uniforme gera maior satisfação, pois a qualidade apresentada satisfaz as necessidades estabelecidas pelo cliente, seja ele interno ou externo. A segunda razão deve-se ao fato de que a variabilidade tende a aumentar o número de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto, pelas seguintes razões:

- a) Interrupção dos fluxos de trabalho, provocada pela interferência das equipes de trabalho, isto acontece quando uma equipe fica ociosa ou precisa ser deslocada para outra frente de trabalho, devido à um atraso de finalização de serviço da equipe anterior;
- b) Não aceitação dos produtos fora da especificação do cliente, ocasionando retrabalhos ou rejeitos;

As consequências dessa razão vão de encontro aos conceitos do primeiro princípio.

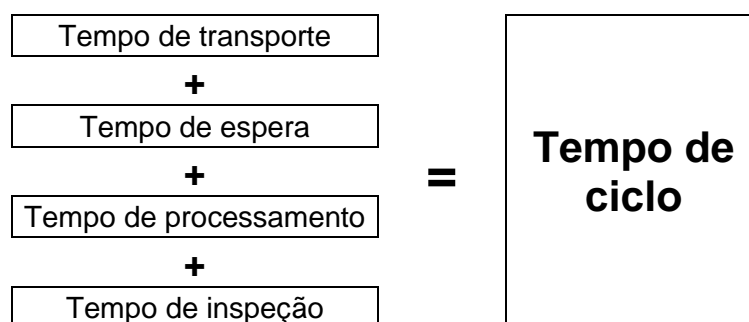
Segundo Grenho (2009) no cenário da Construção Civil, variabilidade e incerteza tendem a ser elevadas em função do caráter único do produto e das condições dos locais que identificam a obra, da natureza dos seus processos de produção, os quais tem ritmo controlado pelo homem, e da ausência exclusiva das empresas em relação aos seus processos produtivos. O autor cita que apenas uma

porção das variabilidades pode ser realmente eliminada, especialmente por meio dos processos padrão, uma parcela não pode ser removida e cabe aos responsáveis da gestão de produção mitigar os efeitos negativos gerados por estas parcelas.

#### 2.4.4 Redução do tempo de ciclo

Segundo Koskela (1992), tempo é a unidade básica para medição de fluxos de processos, sendo fluxo de produção definido pela soma de todos os tempos inerentes ao processo produtivo. A redução do tempo de ciclo é a característica principal do sistema *Just-in-Time*, denominada *lead time*. Segundo Isatto *et al.* (2000), o tempo de ciclo é a soma de todos os tempos inerentes a produção de determinado produto, tempo de transporte, espera, processamento e inspeção. A Figura 6 esquematiza a composição do tempo de ciclo.

Figura 6 - Composição do tempo de ciclo



Fonte: Autor

Busca-se alcançar este princípio através da redução das atividades que não agregam valor ao processo produtivo, uma maneira de diminuir estas atividades é por meio da sincronização dos fluxos de materiais e de mão de obra, assim como a adoção de atividades programação repetitivas e padronizadas. Porém isto dependerá dos esforços aplicados às áreas de planejamento e projetos. (SANTOS, 1999)

Santos (1999), também concluiu que quando diminuído o tamanho do lote de produção, materiais e informações passam a fluir de forma mais rápida, provocando o produto ser entregue antes ao cliente final. Uma outra abordagem sobre este princípio, segundo Grenho (2009), a divisão de trabalho em pacotes de trabalho (atividade proveniente do planejamento) somada à redução do tempo de ciclo resulta

em melhorias. Nesta lógica pode-se estabelecer o pagamento das atividades por conclusão de serviço e não por unidade métrica, por exemplo pagamento por metro quadrado executado, esta associação pode diminuir a necessidade da realização de retrabalhos.

Além destas vantagens, Formoso (2005) apresenta outras vantagens da redução do tempo de ciclo:

- a) **Entrega mais rápida ao cliente:** ao invés de se espalhar por todo o canteiro de obras, as equipes devem se focar na conclusão de um pequeno conjunto de unidades, caracterizando lotes de produção menores. Se possível, as unidades são entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disto, em alguns segmentos de mercado, a velocidade de entrega é uma dimensão competitiva importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de *shopping centers* e fábricas).
- b) **A gestão dos processos torna-se mais fácil:** o volume de produtos inacabados em estoque (denominado de trabalho em progresso) é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e do uso do espaço físico disponível.
- c) **O efeito aprendizagem tende a aumentar:** como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros apareçam mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas. O aprendizado obtido nas unidades iniciais pode então ser aproveitado para melhoria do processo na execução das unidades posteriores.
- d) **A estimativa de futuras demandas são mais precisas:** como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da demanda. Isto torna o sistema de produção mais estável.
- e) **O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças de demanda:** pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da demanda, sem elevar substancialmente os custos, pois algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.

Koskela (1992), define alguns passos para reduzir o tempo de ciclos, entre seus principais estão: a redução dos pacotes de trabalho, elaboração de um planejamento do ambiente de trabalho (layout de canteiro de obras) para diminuição e/ou redução das atividades de fluxo e mudança nas interdependências entre as atividades, para que possam ser realizadas em paralelo.

#### 2.4.5 Simplificação através da redução do número de passos

No sistema *Lean Construction* a simplificação pode ter duas origens, a primeira relacionada a redução de elementos presentes num certo produto, a segunda

relacionada ao número de passos presentes no fluxo de material/informação. Através da simplificação é possível eliminar tarefas que não acrescentam valor ao processo de produção (KOSKELA, 1992). Desta maneira, reduzindo o número de passos relacionados a produção, reduz-se, de mesmo modo, as atividades de transporte e inspeção.

Segundo Formoso (2005), são exemplos de se atingir a simplificação:

- a) Uso de elementos pré-fabricados, causando redução do número de etapas, evitando a ocorrência de interrupções nos fluxos de trabalho por interferência entre equipes (Figura 7);
- b) Uso de equipes polivalentes, no lugar de um número maior de equipes especializadas;
- c) Planejamento efetivo dos processos produtivos, tentando cortar interdependências e agrupar pequenas tarefas em atividades maiores. Também, disponibilizar materiais, ferramentas e equipamentos em locais adequados buscando reduzir ou, até mesmo, eliminar os transportes desnecessários que causam interrupções de serviços.

Figura 7 - Exemplo de utilização de elemento pré-fabricado



Fonte: Isatto *et al.* (2000)

A figura 7a apresenta a execução de verga no sistema tradicional, com utilização de forma e escoramento e a figura 7b, vergas pré-fabricadas que podem ser

posicionadas pelo pedreiro. Com a utilização do elemento pré-fabricado, a execução da alvenaria não é interrompida, eliminando-se atividades que não agregam valor.

Por mais que as premissas deste princípio sejam fáceis de serem implementadas por meio de decisões tomadas na etapa de planejamento e projeto, o controle de produção pode, também, implementá-la através da análise de como o processo é executado. As reuniões de avaliação das etapas de execução devem, também, conter a identificação de formas para simplificação das operações. (GRENHO, 2009)

#### 2.4.6 Aumentar a flexibilidade de saída

De acordo com Slack (1997) *apud* Grenho (2009), aumentar a flexibilidade significa “ser capaz de mudar o processo de alguma forma. Podendo ser modificar o que a operação faz, como faz ou quando faz. Mudança é a ideia chave.”

Segundo Koskela (1992), pode parecer contraditória, o aumento da flexibilidade, com o conceito de simplificação, porém muitas empresas têm obtido sucesso com a implementação de ambos os princípios em simultâneo, alcançando flexibilidade e conservando altos níveis de produtividade.

Formoso (2005) enumera algumas atitudes que podem levar a estes objetivos, algumas análogas a estratégias vistas em princípios anteriores, sendo elas:

- a) Redução do tempo de ciclo, através da redução do tamanho dos lotes;
- b) Uso de mão de obra polivalente, capaz de se adaptar facilmente a mudanças na demanda;
- c) Customização do produto no tempo mais tarde possível.
- d) Utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grandes ônus para a produção.

A etapa de planejamento de execução pode contribuir para a implementação desse princípio, à medida que atinge uma redução do número de passos, maior flexibilidade de produção que irá requerer um desenvolvimento no processo de suprimentos e uma produção com mais alto nível de qualidade. (SANTOS, 1999)

#### 2.4.7 Aumentar a transparência do processo

Este princípio busca facilitar a identificação de erros durante as etapas do processo de produção, aumentando, simultaneamente, a disponibilização de informação, necessárias para execução de um serviço, favorecendo o trabalho. (FORMOSO, 2005). Koskela (1992) afirma que a falta de transparência de processos incide em um maior número de erros. Segundo o autor, este princípio pode ser utilizado como meio de ampliar o envolvimento da mão de obra nos processos de melhoria, reduzindo consideravelmente as atividades que não agregam valor.

Isatto *et al.* (2000) listam algumas formas de aumentar a transparência dos processos:

- a) Não utilização de barreiras visuais, como tapumes e divisórias, conforme representado na Figura 8;
- b) Utilização de dispositivos de identificação visual, cartazes, sinalização luminosa, que demonstrem informações importantes para a gestão de produção;
- c) Uso de indicadores de desempenho, tornando-se visíveis atributos do processo, como níveis de produtividade, número de peças rejeitadas;
- d) Adoção de programas de melhoria de organização e limpeza de canteiro (como exemplo o Programa 5S).

Figura 8 - Exemplo de aplicação do princípio de transparência



Fonte: Isatto *et al.* (2000)

Na figura 8 é apresentada a utilização de tela ao invés de tapume, possibilitando a visualização de parte do canteiro de obras, aumentando assim, a transparência de processos.

#### 2.4.8 Foco no controle de todo o processo

O processo global deve ser controlado e avaliado em busca da melhoria contínua dos processos de produção. O controle convencional de produção, focando unicamente em cada etapa do processo, colabora com o surgimento de perdas, pois cada nível de gestão aprimora a sua parte do trabalho, sem considerar o processo como um todo, prejudicando o processo principal. (KOSKELA, 1992)

Conforme Shingo (1996), as melhorias no processo devem ser inseridas primariamente, de modo a melhorar o objetivo global da produção, com isto, Bernardes (2001) afirma que o controle total do processo propicia a identificação e correção de possíveis erros que venham a prejudicar excessivamente o prazo de entrega da obra.

Isatto *et al.* (2000) afirmam que para a efetivação deste princípio se faz necessária a mudança de postura de todos os envolvidos na cadeia produtiva no que diz respeito à análise sistêmica dos problemas. Sendo assim, o autor diz que todo o processo deve ser controlado, tendo um responsável por este controle e as decisões voltadas para o aumento da eficiência do processo global devem basear-se no equilíbrio de melhorias dos subprocessos de forma integrada.

#### 2.4.9 Introdução da melhoria contínua no processo

De acordo com Koskela (1992), os esforços a favor da diminuição de desperdícios e aumento do valor agregado ao produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. De acordo com Grenho (2009) este princípio pode ser aplicado associadamente com os outros princípios, pois, desta maneira, a empresa estabelece prioridades nas vantagens competitivas sobre a concorrência

Para Isatto (2000), a gestão participativa e o trabalho em equipe são requisitos fundamentais para introdução da melhoria contínua de processos.

Este princípio pode ser implementado através do Planejamento e Controle de Produção conforme são analisadas as providências a serem tomadas para a correção dos erros verificados, advindos da reunião de dados do planejamento de curto prazo. Baseando-se nisso, deve-se buscar entender se as decisões tomadas geraram o desempenho esperado na produção (BERNARDES, 2001). Segundo Santos (1999), a identificação das causas dos problemas de produção é muito importante para a garantia do uso eficiente dos recursos disponíveis e a consequente melhoria contínua.

Neste contexto, segundo Pozzobon *et al.* (2004), é de extrema importância realizar iniciativas de apoio e dignificação da mão de obra. Para os autores, podem-se destacar o uso das caixinhas de sugestões, premiação pelo cumprimento de metas, a implantação de planos de carreiras, a adoção de prêmios por distinção, entre outros.

#### 2.4.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões

Para Koskela (1992), ambas as atividades devem ser melhoradas, entretanto o potencial de melhoria varia em decorrência da complexidade e tipo do processo de produção. Quanto mais complexo o processo, maior seu impacto nas melhorias das atividades de fluxo. Neste contexto, Isatto *et al.* (2000) relata que estas melhorias requerem menores investimentos e são recomendadas no início dos programas de melhorias. Já as melhorias nas atividades de conversão são mais vantajosas quanto às perdas relacionadas à tecnologia empregada, com efeitos perceptíveis de forma mais imediata.

Melhorias nas atividades de conversão e dos fluxos estão intimamente ligadas, uma vez que melhoria dos fluxos exigem menor capacidade de conversão e requerem menor investimento em equipamentos, em contrapartida, fluxos mais controláveis facilitam a adoção de novas tecnologias, as quais podem reduzir a variabilidade. (KOSKELA, 1992)

Segundo Bernardes (2001), este princípio deve ser observado durante a etapa de projeto do empreendimento, assim como durante a formulação da estratégia de planos de ataque à obra, de modo a facilitar a sua implementação.

#### 2.4.11 *Benchmarking*

Isatto *et al.* (2000) definem “*Benchmarking*” como “um processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção”.

Alguns passos devem ser seguidos para aplicação do *Benchmarking*: conhecer os próprios processos da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares; entender os princípios por detrás dessas boas práticas; e adaptar essas boas práticas à realidade da empresa. (FORMOSO, 2005)

Apesar de que o processo de planejamento possa ser favorecido por este princípio, nota-se que o mesmo pode ser implementado à medida em que se buscam novas formas/formas alternativas de executar as atividades durante o processo produtivo. (BERNARDES, 2001)

De acordo com Koskela (1992), combinar os pontos fortes presentes na empresa, com os conhecimentos obtidos através do processo de *benchmarking*, podem colocar a empresa em uma posição de superioridade de mercado.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho é de natureza qualitativa e utiliza-se da experiência vivenciada pelo autor, por meio de realização de estágio, durante o período acadêmico, bem como fundamentação teórica sobre o tema. O autor acompanhou a execução de um empreendimento habitacional de interesse social, com unidades padronizadas e de produção repetitiva durante um período de oito meses.

O trabalho divide-se em três partes principais: Fundamentação teórica em *Lean Construction* com foco nos 11 princípios; Caracterização da obra acompanhada; Diagnóstico da obra frente às boas práticas *Lean* implantadas, por meio de acompanhamento do autor e aplicação da Lista de Verificação proposta por Kurek (2005).

#### 3.1 Revisão Bibliográfica

Conforme Gil (2008), as pesquisas por revisão bibliográfica apresentam a principal vantagem de permitir um acesso ao maior número de informações sobre os fenômenos do que ele poderia obter por uma pesquisa direta, também sendo de extrema importância nos estudos históricos, pois não há uma melhor maneira de se obterem dados sobre o passado senão baseado em dados secundários. O autor também observa que o processamento de dados e sua obtenção, de forma equivocada, podem comprometer a qualidade da pesquisa.

A revisão bibliográfica, feita por meio de fundamentação teórica em teses, dissertações, artigos e trabalhos de conclusões de curso, deste trabalho fez-se referente aos conceitos do *Lean Construction*, para isto buscou-se referenciais históricos sobre a ideologia do sistema *Lean*, na sua origem na Indústria Automobilística e na sua chegada à Indústria da Construção Civil, também reuniram-se informações sobre os princípios do sistema que podem ser caracterizados e aplicados de forma prática às obras.

### **3.2 Caracterização do objeto de estudo**

A caracterização da obra se deu por meio de um estudo de caso, o qual, de acordo com Gil (2008) se dá de forma profunda, de modo a permitir o conhecimento detalhado da situação como não poderia ser feito em outros tipos de delineamentos de pesquisa.

Ainda de acordo com Gil (2008), os estudos de caso podem ser utilizados em pesquisas descritivas e explicativas e também em pesquisas exploratórias. Porém, cabe ressaltar, que, de acordo com Yin (2001), existem preconceitos contra o estudo de caso, sendo eles: a falta de rigor metodológico, as dificuldades de generalização e o tempo destinado à pesquisa. O empreendimento, objeto de estudo, é de uma empresa de grande porte, presente em grande parte do território nacional, principalmente alocada nas construções de conjuntos habitacionais de interesse social.

### **3.3 Diagnóstico da obra frente às boas práticas *Lean* implantadas na obra acompanhada**

A identificação dos princípios *Lean* na obra se dá de forma analítica, utilizando-se da fundamentação teórica realizada no trabalho para verificar a presença dos princípios na obra, em caso afirmativo, detalha-se de que maneira o princípio era aplicado a obra por meio de apresentação de exemplos.

Complementar à esta análise será aplicada à Lista de Verificação proposta por Kurek (2005) (ANEXO A) para diagnóstico de implantação de boas práticas da Construção Enxuta, utilizando-se do sistema de avaliação quantitativo proposto por Honda (2011), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de avaliação dos princípios

<b>Nota</b>	<b>Nível de implantação na obra</b>
0	A obra não incorpora o item
1	A obra está buscando incorporar o item (ideias e planos)
2	A obra incorpora o item parcialmente (iniciativas de implantação)
3	A obra incorpora o item (é possível encontrar práticas relacionadas ao item que estão efetivamente incorporadas no dia a dia da obra)

Fonte: Honda (2011)

Para obter-se o índice de pontuação, deve ser aplicada a fórmula:

$$N_x = \frac{\sum P_{nx}}{k_x}$$

Onde:

$N_x$  – é a nota atribuída à obra em relação ao princípio x;

$P_{nx}$  – é a nota atribuída à pergunta, conforme Tabela 2;

$\Sigma$  – abrange todas as perguntas sobre o princípio x que são aplicáveis à obra;

$k_x$  – é o número de perguntas sobre o princípio x que são aplicáveis à obra.

A nota da obra será obtida através da média ponderada das notas obtidas pelos indicadores dos princípios, os que constam NA (não se aplica) não são contabilizados para a nota.

## **4 CARACTERIZAÇÃO**

Neste capítulo é apresentado informações gerais sobre a empresa responsável pelo empreendimento, objeto deste estudo. Assim como, caracterização do empreendimento e descrição das atividades acompanhadas. Neste capítulo também são apresentadas a formação das equipes e respectivas produtividades para os serviços referente à estrutura.

### **4.1 Dados gerais sobre a empresa**

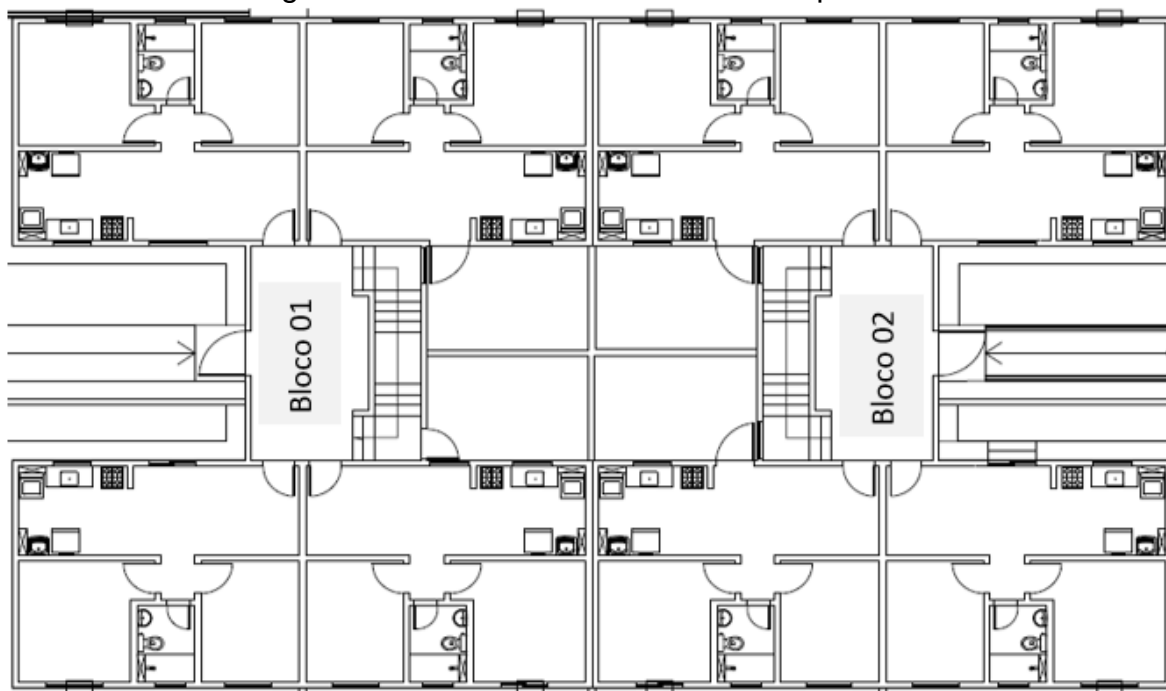
A empresa responsável pela obra acompanhada é uma empresa de grande porte, presente em mais de 160 cidades do país, com sede na região sudeste. Atuando, principalmente, na construção de imóveis para a classe média e média baixa, possuindo mais de 4.000 casas e apartamentos entregues.

A empresa conta com certificações de qualidade ISO 9001, ISO 14.001 e OHSAS 18.001, estabelecendo padrões rigorosos na gestão do meio ambiente, segurança e saúde das empresas. Também possui certificação nível A no programa PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).

### **4.2 Dados gerais sobre a obra**

A obra trata-se de um conjunto habitacional, na região da grande Florianópolis, no estado de Santa Catarina, com área de terreno de aproximadamente 30 mil metros quadrados, com 15 torres de quatro andares cada, contando com oito apartamentos por andar, totalizando 480 apartamentos, o detalhamento de uma torre pode ser visto na Figura 9. A Figura 10 apresenta a planta do apartamento.

Figura 9 - Detalhamento da torre do empreendimento



Fonte: Autor

Figura 10 - Planta do apartamento



Fonte: Na Planta Brasil (2020)

Ao início da realização do estágio, o autor acompanhou as etapas do processo construtivo da parte estrutural do conjunto habitacional, desde o levantamento da alvenaria estrutural, montagem da escada em pedras de ardósia ancorada na estrutura, montagem da laje treliçada com blocos cerâmicos do tipo tavela e concretagem de laje, acompanhando serviços de instalações hidráulicas, elétricas e armação que estão inseridos sob a laje. O autor estagiou na empresa por um período total de dois anos, durante este tempo foi possível acompanhar, além da obra objeto de estudo deste trabalho, outras em, praticamente, todas as etapas existentes na construção de uma edificação (desde a limpeza do terreno, fundações, até os acabamentos e entrega das chaves).

O trabalho apresenta a descrição de serviços da parte estrutural pois eram as etapas construtivas que o autor era responsável pela fiscalização. O período de avaliação do autor, nesta obra, se deu por oito meses, de agosto de 2018 a abril de 2019, onde foi possível acompanhar todas as etapas construtivas, desde a execução da primeira torre até a finalização da décima quinta torre.

A equipe técnica responsável pela execução da obra era formada por:

- Um engenheiro responsável;
- Um mestre de obras;
- Quatro encarregados de obra;
- Quatro estagiários, sendo um, o autor do trabalho.

A equipe também contava com o apoio de outros funcionários da empresa os quais não se encontravam diretamente na obra, engenheiro de controle e produção, equipe de projeto, engenheiro de instalações elétricas e hidráulicas, engenheiro de controle de qualidade, engenheiros de suprimentos.

A fundação do empreendimento era do tipo radier estacado, num total de 74 estacas por torre e um radier de 20 centímetros de espessura. O sistema construtivo utilizado foi o de alvenaria estrutural com uso de blocos de concreto. Os blocos de concreto eram fornecidos por uma empresa local, foram utilizados blocos da família 39. A resistência à compressão dos blocos era de 4,5 MPa e possuíam selo ABCP.

As argamassas de assentamento e revestimento, o concreto das lajes e o graute, vinham todos de uma usina de concreto local, a uma distância de, aproximadamente, 9km, com maior parte do trajeto realizado por via expressa (BR-101). O controle de qualidade dos materiais (blocos, argamassa e concreto) era feito por uma empresa terceirizada que disponibilizou um laboratório dentro da obra. Eram então realizados os ensaios de resistência a compressão dos blocos, prismas de blocos, dos corpos de prova de concreto e de graute, também os ensaios de arrancamento da argamassa de revestimento.

#### **4.3 Acompanhamento de atividades, formação de equipes e produtividade**

As equipes responsáveis por cada serviço eram montadas com auxílio da experiência prática do engenheiro, mestre de obras e encarregados, para que as atividades fluíssem de forma contínua e sem que nenhum funcionário ficasse ocioso no decorrer da execução das tarefas. As equipes eram formadas tanto por mão de obra própria (MOP), quanto por mão de obra terceirizada, as equipes de mão de obra própria eram as de execução da alvenaria e montagem da estrutura da laje. As equipes terceirizadas realizavam os outros serviços como: execução de serviços elétricos e hidrossanitários; serviços de fôrmas (laterais das lajes), armação, concretagem de laje e execução das escadas.

Todas as equipes de produção passavam por um prévio treinamento de execução de serviços, realizado pela equipe de controle de qualidade, os quais utilizavam-se dos documentos chamados Procedimentos de Execução de Serviço (PES), onde havia todos os requisitos e passo-a-passo de execução de cada etapa.

As equipes responsáveis pela execução das paredes de alvenaria estrutural eram compostas de dois pedreiros e um servente, o número de equipes variou do início ao fim da obra, entre 8 a 12 equipes. Cada equipe concluía, em média, a execução de três a quatro apartamentos mensais. Já as equipes de montagem de escada eram formadas por um profissional e um ajudante, e muitas vezes era necessária apenas uma equipe para montagem das escadas, sendo uma escada referente à ligação entre um pavimento e o seu superior, produzindo cerca de seis a oito escadas por mês, porém, em alguns casos, foi necessária a adoção de uma

equipe adicional, realocando profissionais de alguma outra equipe (alvenaria ou laje) para produzir, por tempo reduzido, as escadas que passavam o número normal de produção da equipe principal.

Os serviços de laje eram formados por equipes variadas, uma vez que vários serviços se encontram nesta etapa, a montagem das treliças e tabelas se dava por equipes formadas por dois profissionais e um ajudante, os quais montavam, em média, quatro estruturas de laje por mês, portanto, as equipes variaram entre duas e três durante a duração da obra. Os serviços posteriores, de montagem de fôrmas para concretagem da laje, instalações elétricas e hidráulicas e armação eram feitos por equipes múltiplas, de empresas diferentes (empresas terceirizadas) em cada área. Desta forma, as equipes eram formadas por: dois carpinteiros, dois armadores, dois eletricitistas, dois encanadores, dois ajudantes. Esta equipe montava quatro lajes por mês, deixando-as prontas para concretagem, portanto, necessitando de duas a três equipes durante o andamento da obra.

A concretagem de laje era feita logo na sequência da finalização do serviço de montagem, então a duração da sua execução era incorporada ao período de montagem, uma vez que uma concretagem não durava mais de quatro horas, utilizando-se de bomba lança. A equipe de concretagem, além dos profissionais responsáveis pela bomba lança, eram formados por seis trabalhadores, muitas vezes divididos igualmente entre profissionais e ajudantes, acompanhando a produção das equipes de montagem de laje.

O detalhamento das equipes e a sua produtividade estão detalhadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Equipes e durações

<b>Descrição das atividades</b>	<b>Equipe</b>	<b>Nº Equipes</b>	<b>Produtividade da equipe</b>
Alvenaria estrutural	2 Pedreiros 1 Servente	8 a 12	1 apartamento / semana
Escada	1 Pedreiro 1 Servente	1 a 2	2 escadas / semana
Montagem da laje (treliça e tavela)	2 Carpinteiros 1 Servente	2 a 3	1 pavimento / semana
Fôrma e Instalações da laje	2 Carpinteiros 2 Armadores 2 Serventes 2 Eletricistas 2 Encanadores	2 a 3	1 pavimento / semana
Concretagem da laje	3 Pedreiros 3 Serventes	2 a 3	1 pavimento / semana

Fonte: Autor

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir, apresenta-se o diagnóstico realizado pelo autor, durante o acompanhamento da obra, a fim de identificar práticas implantadas no canteiro de obras referente aos 11 princípios da filosofia do *Lean Construction*. Além da apresentação de cada princípio, também será realizada sua análise no presente capítulo.

Após a apresentação e análise, é aplicada a Lista de Verificação para diagnóstico dos princípios da Construção Enxuta, proposta por Kurek (2005). A aplicação da lista possibilita a mensuração de cada princípio separadamente, para que seja possível verificar onde podem ser concentrados os esforços de melhoria.

### 5.1 Redução das atividades que não agregam valor

Conforme visto na fundamentação teórica, as atividades que não agregam valor representam o maior percentual de atividades realizadas na Indústria da Construção Civil. Uma forma de melhorar o fluxo de atividades é a otimização do layout de canteiro, na obra acompanhada, apesar de ter uma grande extensão territorial, a divisão de serviços se dava por módulos, como pode ser visto na Figura 11.

Na Figura 11, as letras “A”, “B” e “C” representam as divisões da obra em módulos, as equipes de trabalho se concentravam na área representada pelo módulo. Portanto, as equipes responsáveis pela execução de alvenaria eram divididas pelas torres contidas no módulo A, assim que finalizavam o pavimento, já se deslocavam para outro, deixando o próximo serviço sobre responsabilidade da equipe de montagem da estrutura da laje, e assim por diante.

Figura 11 - Disposição dos módulos da obra



Fonte: adaptada de Na Planta Brasil (2020)

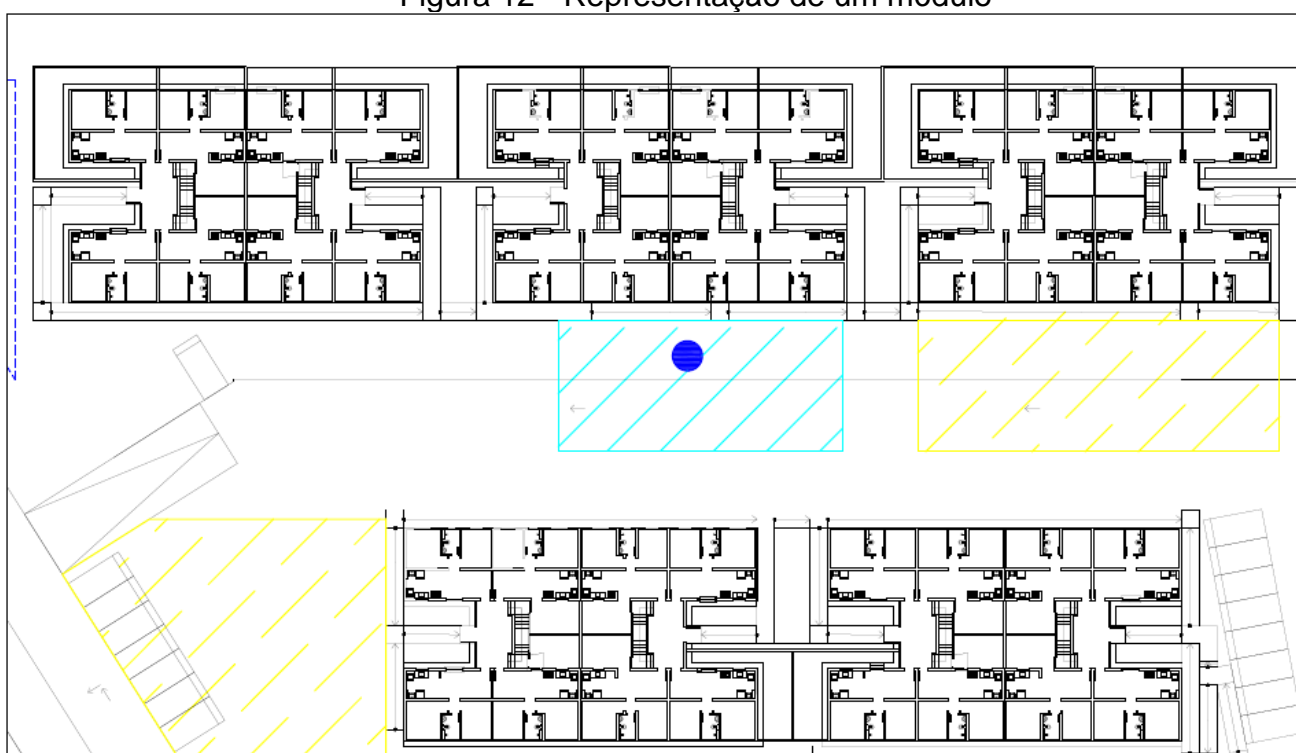
Cada módulo era projetado para minimizar as interferências de movimentação de materiais e pessoas. A obra possuía duas guias para movimentação de cargas, tanto de forma vertical, quanto horizontal, os módulos “A” e “B” dispuseram das guias, na primeira etapa da construção. As guias ficavam no ponto central do módulo, de modo a alcançar todas as torres que estavam dentro do espaço, ao redor da guia estavam dispostos os materiais que seriam utilizados nos serviços durante um certo período de tempo (três a cinco dias de trabalho), como: blocos de concreto, armaduras, vigotas treliçadas para estrutura da laje, lajotas cerâmicas (tabelas).

No planejamento da logística dos materiais, os que não seriam utilizados naquele período ficavam armazenados em locais ainda dentro do módulo, porém separados dos caminhos onde havia circulação de materiais e pessoas, desta maneira, o local era acessado apenas quando houvesse necessidade de buscar os insumos. Para o transporte horizontal, em solo, a obra dispunha de duas empilhadeiras, as quais deslocavam, praticamente, todos os materiais da obra, do seu

lugar de depósito, para a área de carga da grua. Caso houvesse alguma necessidade de deslocamento de materiais menores (equipamentos dos trabalhadores, como pás, baldes, trenas, entre outros), ele era feito em carrinhos de mão e/ou carrinhos plataforma.

A Figura 12 representa um esquema da disposição do espaço para armazenamento dos materiais dentro do módulo (usando o módulo A como exemplo), o círculo azul representa a posição da grua, ao redor dele, o retângulo na cor azul ciano representa a área de carga da grua, onde são dispostos os materiais que serão utilizados durante o dia de trabalho. Os retângulos amarelos representam as áreas de disposição de materiais (depósitos) que não estavam sendo utilizados, as outras áreas eram utilizadas para deslocamento, caminho seguro de funcionários e transporte de materiais pela obra.

Figura 12 - Representação de um módulo



Fonte: Autor

Conforme apresentado anteriormente, utilizaremos a Lista de Verificação proposta por Kurek (2005) para analisar os princípios da filosofia *Lean* na obra analisada, utilizando-se do sistema de avaliação proposto por Honda (2011), gerando

pontuação individual para cada princípio e, posteriormente, realizando a nota geral da obra.

Na Tabela 4 a seguir podemos verificar a nota obtida, pela obra, para o primeiro princípio, obtendo nota 3, onde foi possível verificar a implantação completa deste princípio na obra acompanhada.

Tabela 4 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Primeiro princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>1) Reduzir a parcela de atividades que não agrega valor</b>	3	
1.1) A obra possui arranjo físico para armazenamento de materiais, visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de aplicação?	3	
1.2) Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

## 5.2 Aumento de valor dos produtos através da consideração das necessidades dos clientes

Conforme representado na

Figura 2, o cliente é o foco da estrutura da filosofia *Lean*. Sendo o cliente interno, como a próxima equipe a entrar para executar suas tarefas, ou o cliente final (comprador do apartamento), levar em conta suas necessidades agregará valor ao produto.

No caso da obra acompanhada, as necessidades dos clientes internos (equipes de serviço: montagem da alvenaria estrutural, montagem estrutural da laje, concretagem de laje, consecutivamente) eram comunicadas aos responsáveis pela fiscalização e aprovação dos serviços. A empresa dispunha de Fichas de Verificação de Serviço (FVS), com pontos a serem observados em cada etapa, para então liberar a equipe de execução desse serviço para os próximos apartamentos e a equipe do serviço posterior para executar sua tarefa (Tabela 5). A parte de controle de qualidade de produto ou serviço prestado é parte crucial da filosofia da Produção Enxuta, a qual

evita os retrabalhos de serviço para então atender a necessidade do cliente, seja ele intermediário (equipe que irá executar o serviço em sequência), ou final.

Tabela 5 - Fichas de Verificação de Serviço

<b>Fichas de Verificação de Serviço</b>	
<b>FVS 01</b>	Atividades por Bloco
<b>FVS 02</b>	Atividades Internas - Alvenaria
<b>FVS 03</b>	Serviços Externos
<b>FVS 04</b>	Laje Içada - Central de Lajes
<b>FVS 05</b>	Laje Içada - Local de Aplicação
<b>FVS 06</b>	Arrimos
<b>FVS 07</b>	Pavimentação externa
<b>FVS 08</b>	Parede de concreto estrutura
<b>FVS 09</b>	Parede de concreto acabamento
<b>FVS 10</b>	Muro de divisa
<b>FVS 11</b>	<i>Wood frame</i>
<b>FVS 12</b>	Tubulão
<b>FVS 13</b>	Reservatório d'água - Castelo d'Água
<b>FVS 14</b>	Piscina
<b>FVS 15</b>	Bloco Garagem
<b>FVS 16</b>	Saneamento
<b>FVS 17</b>	Bloco de Coroamento
<b>FVS 18</b>	Manta acústica
<b>FVS 19</b>	Estanqueidade do gás
<b>FVS 20</b>	Estacas tipo Raiz
<b>FVS 21</b>	Portas, gavetas e janelas blindadas
<b>FVS 22</b>	Castelo d'água de concreto
<b>FVS 23</b>	Estacas tipo trado mecânico
<b>FVS 24</b>	Instalações e Serviços Externos - Alvenaria e Parede de Concreto
<b>FVS 25</b>	Serviços externos - Entrada de energia aérea
<b>FVS 26</b>	Serviços externos - Entrada de energia subterrânea
<b>FVS 27</b>	Instalações - Atividade por Bloco - Alvenaria e Parede de concreto
<b>FVS 28</b>	Instalações - Serviços internos - Parede de concreto
<b>FVS 29</b>	Instalações - Serviços internos - Alvenaria
<b>FVS 30</b>	Instalações - Testes - Serviços Internos e Externos
<b>FVS 31</b>	Sapata isolada
<b>FVS 32</b>	Hélice Contínua
<b>FVS 33</b>	Radier - Lajão
<b>FVS 34</b>	Cravação de Estacas
<b>FVS 35</b>	Fotovoltaica
<b>FVS 36</b>	Atividades Internas Apto - Fator de luz diurna

Fonte: Autor

O programa de controle da qualidade também busca atender às necessidades do cliente final, com a equipe de qualidade, que verifica a entrega dos serviços e cumprimento das etapas descritas nas FVS e também PES (Procedimentos de Execução de Serviço, que serão melhor explicados no item 5.3). Assim como, da assistência técnica, que conta com profissionais de verificação da entrega dos apartamentos finalizados e também responsável por atender os clientes finais caso haja alguma dúvida ou problema a ser solucionado.

Também são feitas pesquisas de satisfação com os moradores, tanto na entrega das chaves, quanto no pós-ocupação (6 meses ou um ano). Em uma reunião informal, em que o autor participou, realizada durante a realização de estágio, o diretor nacional de produção da empresa disse que, em pesquisas realizadas, 98% dos clientes finais encontravam-se satisfeitos com o produto na entrega, porém este número caía para, aproximadamente, 65% depois de seis meses, levantando assim, a necessidade de investigar os fatores que geravam esta queda de satisfação.

A tabela 6 demonstra os itens analisados sobre o segundo princípio da filosofia *Lean*, nela é possível observar a presença de dois subitens em que foi atribuída nota “2”, uma vez que os subitens 2.2 e 2.3 podem ser encontrados na obra, porém não de forma clara e explícita. Já o subitem 2.4 revela uma interação que, se ocorresse, não era comunicada aos outros funcionários presentes em obra, portanto, não sendo aplicável a análise da nota neste princípio.

Tabela 6 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Segundo princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>2) Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente</b>	2,5	
2.1) São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?	3	
2.2) Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos?	2	
2.3) Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)?	2	
2.4) Existe retroalimentação com projetistas, como reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?		x
2.5) Existe planejamento das tarefas a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na sequência de atividades?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

### 5.3 Redução da variabilidade

Como visto no subitem 2.4.3, reduzir a variabilidade tem impacto direto nos princípios sobre atividades que agregam valor e tempo de ciclo, que será visto no próximo subitem (5.4). Shingo (1996) defende que a padronização é a melhor forma de reduzir a variabilidade.

No objeto de estudo foi possível observar diversos exemplos de padronização de insumos, como forma de diminuir a variabilidade, sendo eles:

- Blocos de alvenaria estrutural com selo da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que, de acordo com a própria, tem o objetivo de certificar os produtos quanto ao atendimento às normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referente a dimensões, absorção de umidade, resistência à compressão, etc. Garantindo assim, que os produtos que contenham o selo possuam dimensões regulares, boa aparência, grande durabilidade e resistência adequada à sua aplicação;
- Concreto e argamassa usinados, possuindo controle interno de qualidade, em processo fabril, garantindo melhor uniformidade de produto;
- Kit porta-pronta;

Padronizar, também, os serviços, é outra forma de reduzir a variabilidade, para isto existem os Procedimentos de Execução de Serviço (PES). Na tabela 7 são apresentados alguns PES, pois a listagem completa apresenta mais de 60 serviços, que são documentos onde estão descritos todos os passos para realizar uma atividade, desde os materiais utilizados para cada etapa, a forma de realizar o serviço, as tolerâncias a serem observadas. Uma vez que existem documentos especificando tudo sobre a execução de um serviço, a melhor forma de ensinar isso para os trabalhadores que irão executar este serviço é na forma de treinamentos de mão de obra, os treinamentos eram feitos sempre na admissão de um funcionário, ou equipe, que tivesse papel direto na realização das atividades constantes nas PES.

Tabela 7 – Lista parcial de Procedimentos de Execução de Serviços (PES)

<b>Procedimentos de Execução de Serviços</b>	
<b>PES 01</b>	Cintamento Lajão e Piso Pobre
<b>PES 02</b>	Locação de obra - Tabeira
<b>PES 03</b>	Execução de Fundação em Tubulão a Céu Aberto
<b>PES 04</b>	Formas de madeira ou plástico para Estruturas de Concreto
<b>PES 05</b>	Montagem de armadura para estrutura de concreto
<b>PES 06</b>	Concretagem de peças estruturais
<b>PES 07</b>	Execução de alvenaria estrutural
<b>PES 08</b>	Execução do muro de divisa
<b>PES 09</b>	Gesso em parede e teto
<b>PES 10</b>	Revestimento interno de argamassa
<b>PES 11</b>	Revestimento externo de argamassa
<b>PES 12</b>	Execução de contrapiso
<b>PES 13</b>	Revestimento cerâmico - piso e parede
<b>PES 14</b>	Pavimentações externas
<b>PES 15</b>	Cobertura em telhas de fibrocimento ou cerâmica
<b>PES 17</b>	Assentamento de portas
<b>PES 18</b>	Assentamento de janela - alvenaria
<b>PES 19</b>	Pintura interna em alvenaria
<b>PES 20</b>	Execução de pintura externa acrílica texturizada e grafitado
<b>PES 21</b>	Limpeza fina e grossa na unidade
<b>PES 22</b>	Assentamento de peitoril
<b>PES 23</b>	Execução de laje pré-moldada
<b>PES 24</b>	Assentamento de caixas de esgoto - passagem
<b>PES 27</b>	Execução de forro de gesso
<b>PES 28</b>	Assentamento de louças bancadas tanques e metais
<b>PES 29</b>	Sistemas elétricos
<b>PES 30</b>	Manual de passagens hidráulicas da laje

Fonte: Autor

Conforme visto anteriormente (item 2.4.3), Formoso (2005) explicita que que a variabilidade pode gerar atividades que não agregam valor quando criam situações de não aceitação de produtos e/ou serviços pelo cliente, no caso dos serviços identificados no objeto de estudo, houveram casos em que alguma tolerância não foi respeitada, como, por exemplo: diferença do tamanho da espessura da argamassa de assentamento da alvenaria estrutural, ocasionando diferença de nível da laje; diferença no tamanho dos vãos de corredores e do espaço para a escada, impedindo a execução da ancoragem dos degraus na alvenaria. Estas variabilidades de serviço e entrega de produto geraram retrabalho para serem consertadas, isto fez

com que as equipes que esperavam para realizar o serviço tivessem que ser realocadas, ou, em raros casos, ficassem ociosas esperando os consertos.

A tabela 8 reflete o alto grau de controle de qualidade da obra acompanhada, onde foi possível observar exemplos da aplicação do princípio, que era visivelmente praticado na obra analisada.

Tabela 8 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Terceiro princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>3) Reduzir a variabilidade</b>	3	
3.1) Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas?	3	
3.2) Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais?	3	
3.3) Existe controle da variabilidade na execução das tarefas?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

#### 5.4 Redução do tempo de ciclo

Conforme visto na fundamentação teórica, tempo de ciclo é a soma de todos os tempos vinculados ao processo produtivo, em conjunto com a informação de que as atividades que não agregam valor (transporte e espera) representam o maior percentual de atividades executadas. Focar na diminuição dos tempos vinculados a estas atividades torna-se a maior ferramenta para diminuição do tempo de ciclo.

As vantagens explicitadas por Formoso (2005), descritas na fundamentação teórica, vão ao encontro das características já citadas no subitem 5.1, a presença da empilhadeira, para levar os materiais até a área de carga, e da grua para levar os materiais até o apartamento onde será executado o serviço, diminuem tempo pela espera. Também neste viés, a obra fazia a programação anterior das necessidades de materiais para realização de tarefas, mesmo que não houvesse equipes destinadas ao serviço, para que, assim que uma equipe terminasse o seu serviço, ela já tivesse outra frente para começar a trabalhar sem esperar por materiais.

Um exemplo simples de ser observado, era a presença de pallets de blocos de concreto dispostos sobre as lajes concretadas (após dois ou três dias), mesmo que nenhuma equipe de assentamento de alvenaria estivesse destinada ao levantamento

no local. Sendo assim, quando o serviço fosse iniciado, era necessário apenas carregar a argamassa estabilizada para início das atividades. Até, em alguns casos, quando estava prevista a entrada de alguma equipe no dia seguinte, a argamassa estabilizada já era alocada no pavimento, para que o início dos serviços não precisasse esperar.

Equipes também eram reduzidas, para melhorar o controle e trabalhavam em menores lotes de produção, normalmente se via mais de uma equipe trabalhando no mesmo pavimento, porém cada equipe em seu respectivo apartamento, o que agilizava o processo de entrega do produto e padronização dos processos. Realizar os serviços desta forma também melhorava o processo de inspeção, uma vez que quando necessária a verificação de algum serviço, nos apartamentos, o profissional que iria verificar tinha bastante volume de serviço, não precisando voltar diversas vezes ao mesmo pavimento para finalizar o serviço de inspeção, diminuindo, por consequência, o tempo do ciclo na atividade de inspeção.

No decorrer da obra, em consoante ao atendimento das necessidades dos clientes, foi observada a necessidade de mudança de horários de serviço e feito um teste nas equipes dentro do módulo, muitas vezes, na primeira hora de trabalho (das 7h às 8h), os trabalhadores estavam entrando em ritmo de produção, entrando na obra, andando até seu posto de trabalho, separando os equipamentos necessários para executar as tarefas (buscando materiais e equipamentos no almoxarifado). Porém, notou-se que, durante estas atividades, os trabalhadores ligados ao funcionamento da grua (operador e dois sinaleiros, por grua), ficavam ociosos, portanto, tiveram seus horários de serviço alterados, começando as 8h (uma hora depois dos outros profissionais, e terminando também uma hora depois, as 18h. Com isto, os operadores da grua e sinaleiros conseguiam, após o horário de finalização de serviços de execução, organizar os materiais necessários para realização das tarefas e dispô-los nos pavimentos.

Então, na tabela 9, verificamos o resultado dos exemplos citados na nota atribuída para este princípio, podendo-se identificar todos os subitens da tabela na obra analisada.

Tabela 9 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Quarto princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>4) Reduzir o tempo do ciclo de produção</b>	3	
4.1) Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos operários?	3	
4.2) Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)?	3	
4.3) Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo que fazem parte de um ciclo de produção?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

### 5.5 Simplificação através da redução do número de passos

Conforme citado por Formoso (2005), e apresentado no referencial teórico (item número), a utilização de pré-fabricados reduzem o número de atividades simplificando o processo. Fato este observado na obra acompanhada.

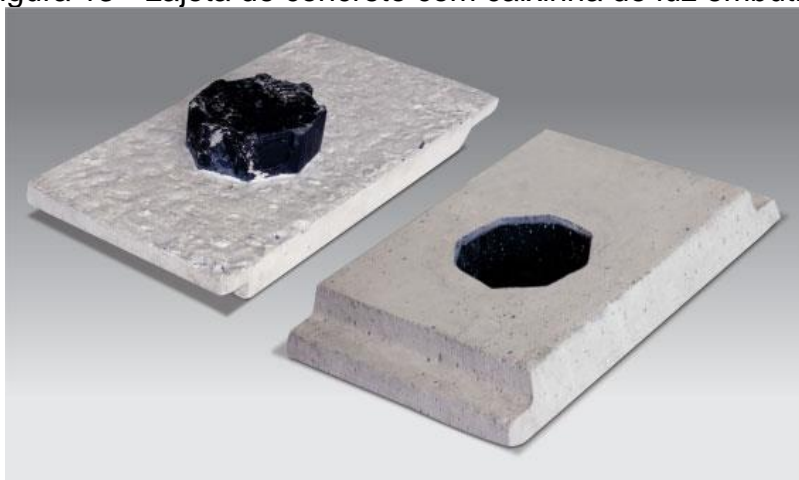
Como exemplo de pré-fabricados podemos citar o corte e dobra do aço, os quais tinham seu lugar específico para descarga e depósito, a obra possuía todos os projetos de aço das estruturas da edificação, portanto, utilizando do cronograma de controle de produção, prazos para entrega de material podiam ser estipulados e, com isso, os pedidos podiam ser feitos para evitar muito estoque.

A obra também possuía uma baia de pré-moldados, onde eram fabricados produtos de uso constante e que, ao serem fabricados em grande escala, diminuía a necessidade de adaptações e atrasos nos serviços das equipes. Possuía-se também uma baia de corte e dobra de ferro, para realizar serviços não previstos (reforços para muros, paredes de alvenaria) o que, por fim, tornar-se-ia mais econômico e prático do que comprar cortado e dobrado e esperar pela entrega. São exemplos de elementos pré-moldados:

- Lajotas de concreto do mesmo formato das cerâmicas de fechamento de laje, com caixas de passagem de luz embutidas, para serem postas nas lajes nos locais da presença de luminárias (Figura 13);

- Blocos de concreto com caixinha elétrica (4"x2") e drenos embutidos para passagem elétrica e hidráulica dos aparelhos de ar-condicionado;
- Caixinhas elétricas (4"x2") com corpo redondo para instalação utilizando serra copo, evitando quebras e desperdício de material da alvenaria;

Figura 13 - Lajota de concreto com caixinha de luz embutida



Fonte: Arte Laje (2020)

As equipes podem ser chamadas de polivalentes, pois, em algumas ocasiões, foram dispostas em outras funções, por impossibilidade de realização de algum serviço, para que o processo não ficasse parado. O exemplo mais visível no dia a dia de obra era, nos dias de chuva, as equipes de execução de alvenaria serem realocadas para pavimentos onde a alvenaria estava pronta e era possível realizar o serviço de fechamento de laje (disposição de treliças e blocos cerâmicos), então, um grande número de trabalhadores se concentrava no pavimento e buscava, em menor tempo, fazer o término do serviço, para que, por mais que o serviço de execução de alvenaria fosse atrasado, fosse adiantado o de laje, abrindo frente para outros serviços, buscando mitigar as perdas. Neste caso o serviço era realizado enquanto a chuva fosse branda, funcionários dispunham de capas de chuva para realização do serviço e eram liberados após o término se o mal tempo não cessasse, impedindo a continuidade das tarefas.

A nota obtida para este princípio, conforme a lista de verificação proposta por Kurek (2005) foi de 2.75, como pode ser visto na tabela 10, uma vez que existiam avaliações de processo em busca de melhorias, porém não de forma constante, as reuniões eram feitas de forma espaçada (mensalmente) e muitas informações apenas circulavam de maneira informal pela obra.

Tabela 10 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Quinto princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes</b>	2,75	
5.1) É evidenciada a utilização de elementos pré-fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção?	3	
5.2) Existe um planejamento do processo de produção?	3	
5.3) Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)?	2	
5.4) Existe uma organização no canteiro com relação ao armazenamento de equipamentos e material visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento?	3	

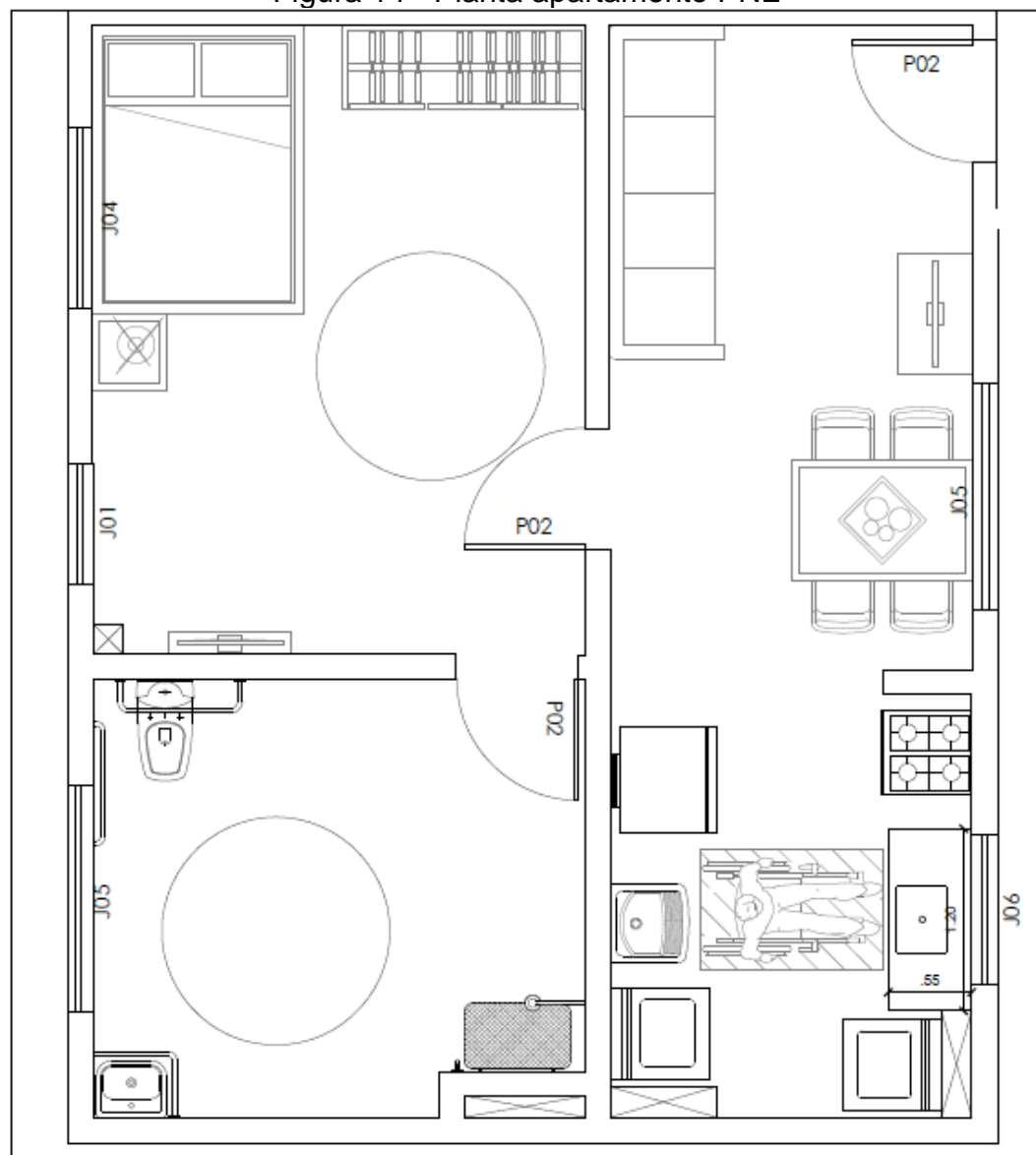
Fonte: adaptado de Kurek (2005)

## 5.6 Aumentar a flexibilidade de saída

Sendo, a obra acompanhada, apartamentos de um conjunto habitacional, mudanças não são o ponto chave do processo, pois alterações em projeto elevam os custos para o cliente final. Porém, ainda existem possibilidades de adaptação para este princípio, uma das adaptações exequíveis tange ao cumprimento das normas de acessibilidade (ABNT NBR 9050), alguns apartamentos, neste empreendimento, quatro por torre, todos no andar térreo, podiam ser modificados e adaptados para atender às pessoas com necessidades especiais (PNE). Neste caso, os apartamentos que possuíam planta como a demonstrada anteriormente na Figura 10, podiam solicitar, na hora da compra do apartamento, durante execução da obra, a mudança da planta para uma semelhante a representada na Figura 14. A alteração de disposição do apartamento, de dois para um quarto, se dá relacionada ao fato de que, para atender à norma de acessibilidade, o espaço disponível nos quarto e banheiro

não eram suficientes, precisando adaptar a planta, onde o banheiro era disposto no local do menor quarto e a parede entre o banheiro e o maior quarto era retirada.

Figura 14 - Planta apartamento PNE



Fonte: Autor

Outra forma de aumentar a flexibilidade de saída foi a adoção de kits de materiais dentro do almoxarifado, com a separação de itens específicos de cada serviço, como a obra era, praticamente toda, padronizada, os materiais utilizados para instalações elétricas e hidráulicas eram sempre os mesmos, desta maneira, foram criados o “kit apartamento”, o “kit hall” e o “kit laje”, a variação se dava no caso do apartamento ser adaptável PNE ou apartamento padrão. No kit laje, a diferença se

dava se eram as lajes padrões ou laje da platibanda, neste kit vinham todas as caixinhas elétricas, quantidade de rolos de mangueiras elétricas, conexões para eletrodutos, mangueiras de água do sistema PEX, conexões para instalações hidrossanitárias. A montagem do kit ficava a cargo da equipe de almoxarifado, que produzia diversos pacotes e, assim que solicitados, agilizavam o processo de entrega de materiais e, conseqüentemente, de execução de serviço.

Outra forma de flexibilizar uma futura necessidade, tanto de manutenção, quanto de mudança, era a adoção de sistemas de *drywall* nas áreas molhadas (nas instalações hidráulicas da cozinha, área de serviço e no banheiro), representadas na Figura 10 e na Figura 14 pelas mochetas da cozinha e banheiro, com hachura em “X”. Desta maneira, numa necessidade de manutenção ou mudança de ponto de água/esgoto, menos quebras são requeridas e o trabalho torna-se menos oneroso.

Além destas mudanças que são ligadas a parte produtiva e estrutural, acompanhadas diretamente pelo autor, também havia a possibilidade de, na hora da compra do apartamento, realizar o pedido do “apartamento com kit”, que não tem relação direta aos kits criados no almoxarifado, o apartamento com kit é uma distinção da construtora. Durante a venda, para clientes que desejam, é possível realizar a troca do piso cerâmico nas áreas molhadas. Além do acréscimo de revestimento cerâmico nas demais paredes da cozinha e área de serviço, pois o projeto prevê apenas nas paredes hidráulicas.

Salienta-se que todas as alterações descritas podem ser solicitadas até a etapa de produção do apartamento. Foi observado na obra acompanhada e por informações passadas sobre outras obras da empresa, as partes visíveis da obra (estrutural acima do solo, desconsiderando fundações) começavam, em grande maioria, após a venda de mais de 70% dos apartamentos do empreendimento e, muitos dos apartamentos que seriam entregues com mudanças, já haviam as solicitado previamente.

Mesmo que as mudanças no produto pudessem ser feitas da maneira mais tardia possível, algumas modificações ainda geravam ônus para a equipe de produção, já que a obra acontecia em módulos, caso houvesse necessidade de mudança posterior em uma obra em um módulo finalizado, a equipe designada para realizar esta mudança estaria realizando uma atividade de fluxo não prevista. Estes

problemas foram os responsáveis pela não totalidade de pontos obtidos na lista de verificação, conforme pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Sexto princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>6) Aumentar a flexibilidade de saída</b>	2,5	
6.1) O produto é customizado no tempo mais tarde possível. Existem evidências?	3	
6.2) O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisória de gesso acartonado - lajes planas)?	2	
6.3) As equipes de produção são polivalentes?	2	
6.4) Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

## 5.7 Aumentar a transparência do processo

A transparência nos processos internos da empresa tinha particularidades bem divididas, no quesito de divulgação de resultados, controle de produção, poucos dados eram repassados a equipe em geral (estagiários, mestre e responsáveis técnicos). Como havia equipes externas a obra (suprimentos, controle e produção, qualidade), alguns dados eram repassados apenas entre os responsáveis destas áreas e o engenheiro responsável pela obra, dados de produtividade, desempenho, percentual de obra concluído, projeção de produção para os próximos períodos (semanas/meses), não eram amplamente divulgados à equipe.

Ocorria, mensalmente, normalmente nos primeiros dias do mês, uma reunião de produção da obra. A equipe técnica (engenheiros, responsáveis, mestre, estagiários) se reunia e era demonstrado, de forma bastante simplificada, o percentual de cada etapa concluído (exemplo: uma torre com quatro pavimentos, caso dois estivessem concluídos, representava-se por 50% do serviço) e o objetivo a ser cumprido naquele mês. Neste momento também eram discutidas as eventuais falhas e necessidades de cada responsável, de cada área, para que sua meta fosse alcançada.

Por outro lado, a transparência no processo de apresentação e comunicação visual, como a construção dos muros, guaritas, placas de identificação, tanto em frente a obra, quanto no caminho de acesso, identificavam a empresa, conforme pode ser visto na Figura 15. A obra acompanhada ficava afastada do centro do bairro e, em suas ruas de acesso, era notável a construção do mobiliário urbano (lixeiras, pontos de ônibus, calçadas, placas) com as cores e logos da empresa, gerando uma identidade visual bastante forte.

Figura 15 - Portal de entrada da obra renderizado



Fonte: Na Planta Brasil (2020)

No período de realização do estágio, o autor acompanhou também outra obra da empresa, desde o início da execução, onde foi possível notar o enfoque principal na apresentação do empreendimento. Onde tudo era planejado para que os tapumes pudessem ser retirados no primeiro momento possível, deixando a obra exposta, pela presença de grades. O portal de entrada com o nome do empreendimento e as placas de identificação da obra eram bastante visíveis.

Outra forma de atingir este princípio, como dito por Isatto *et al.* (2000) é a adoção das diretrizes do Sistema 5S, as quais tem enfoque na organização e limpeza. Embora o sistema não fosse aplicado de forma explícita, explicado minuciosamente ou divulgada sua implementação, seus princípios eram notáveis dentro da obra. A separação de materiais, reutilização, organização, descarte consciente, era bastante visível. A obra continha, em toda sua extensão, diversas caçambas de entulho, com identificações quanto ao seu conteúdo (papel, metal, resíduos da construção e

demolição e outros). Havia serventes próximos as áreas das guias, em tempo integral, eles eram responsáveis pela organização do ambiente, limpeza da área, limpeza das caixas plásticas utilizadas para dispor a argamassa e concreto. Como o carregamento de materiais para dentro da área de carga da grua e utilização dela para distribuição dos pallets pelos pavimentos, muitos resíduos acabavam ficando depositados, necessitando de um servente em tempo integral para limpeza e organização.

Este princípio foi o maior gerador de perda de pontos em vários subitens da lista de verificação proposta por Kurek (2005), vários itens analisam a transparência de dados, divulgação e demonstração, o que ficou claro pelos exemplos, que não ocorria na obra acompanhada, o que reflete na nota obtida para este princípio, na lista de verificação, como pode ser visto na tabela 12.

Este princípio foi o maior gerador de perda de pontos, tanto na avaliação deste princípio, quanto na de outros, uma vez que o processo de transparência e demonstração de resultados não ocorria de forma clara, como ficou demonstrado pelos exemplos. Fato este que reflete na nota obtida na avaliação de outros princípios, também deste, como pode ser visto na Tabela 12 e, por consequência, na nota geral da obra, que será analisada no item 5.12.

Tabela 12 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Sétimo princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>7) Aumentar a transparência do processo</b>	2,25	
7.1) O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais como divisórias?	3	
7.2) No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas?	3	
7.3) São empregados indicadores de desempenho que tornam visíveis atributos do processo?	0	
7.4) São empregados programas de melhoria na organização e limpeza como o Programa 5S?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

## 5.8 Foco no controle de todo o processo

Como foi dito no subitem anterior, o planejamento e controle da produção possivelmente era realizado, por uma equipe técnica externa à obra e alinhada com o engenheiro responsável pela execução, porém as informações não eram repassadas de forma clara ao resto da equipe, mas a reunião mensal dava a entender que havia uma preocupação no controle, entrega dentro dos prazos e cumprimento das metas. Uma maneira bastante evidente era a parceria direta com fornecedores, buscando sempre atingir os objetivos dos outros princípios. Por exemplo, a paletização dos materiais para entrega facilitavam a descarga, com auxílio de caminhões munck, o empréstimo, pelas empresas de argamassa e concreto, de recipientes plástico (caixas) para depósito destes materiais e melhor distribuição pelos pontos de utilização, aliados ao controle das entregas, os quais aconteciam de forma programada, evitando grandes estoques porém sem prejudicar o andamento das tarefas.

O controle de estoque também é algo imprescindível para evitar perdas e maior organização, o almoxarifado era dividido em tipos de materiais e havia depósitos secundários espalhados pela obra, para depositar outros objetos de maior volume e que eram carregados com uso de empilhadeira ou carrinhos. A entrega dos kits, explicados anteriormente, também mantinha o controle de estoque dos materiais, uma vez que cada kit continha uma quantidade específica de objetos e a saída do kit garantia o uso exato das peças, caso houvesse necessidade de pedir peças extras ou problemas com as fornecidas, era repassado para o responsável técnico tanto do almoxarifado, quanto da atividade onde a peça era empregada e verificado o problema, para que não acontecesse novamente.

Aplicando-se a lista de verificação proposta por Kurek (2005), para este princípio a obra obteve nota 3 (Tabela 13), demonstrando controle total dos processos apesar da não divulgação de dados, como foi visto no item 5.7.

Tabela 13 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Oitavo princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>8) Focar o controle no processo global</b>	3	
8.1) A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividades que não agregam valor no momento da entrega e qualidade do material.	3	
8.2) Existe planejamento e controle da produção a fim de garantir a entrega da obra no prazo?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

## 5.9 Introdução da melhoria contínua no processo

A busca por melhorias constantes era algo visível no dia a dia de obra, apesar de não ser formalizada, na forma de reuniões e coleta de dados diretamente, os trabalhadores responsáveis pela execução de tarefas tinham um canal sempre aberto para comunicar suas opiniões aos responsáveis sobre a fiscalização dos serviços. Como o processo produtivo era padronizado, no decorrer da execução das tarefas, os funcionários responsáveis por elas notavam algumas possíveis formas de realizar o mesmo serviço de forma mais eficiente, de modo a reduzir o consumo de materiais e de tempo, sem perder a qualidade do serviço prestado, esta proposta era passada aos responsáveis e discutida com o engenheiro para validação, caso aprovada, era amplamente divulgada, sendo todas as equipes eram informadas da possibilidade de realizar a tarefa dessa outra maneira e, caso desejassem, realizavam também.

Em consoante a ideia de serviços padronizados e repetitivos, também havia a alocação de equipes fixas, uma vez que, sem variar muito os membros da equipe, eles acabavam se adaptando ao ritmo de serviço e buscando melhorar sua produtividade, seja realizando a mudança de responsabilidade de cada um dentro do serviço prestado, ou pela percepção de necessidade de mudança de alguma etapa do processo. Buscando instigar ao processo de melhoria e, conseqüentemente, aumento da produtividade das equipes, eram traçadas metas de produção para cada serviço e, caso as metas fossem ultrapassadas, havia uma bonificação que, muitas vezes, era vinculada a um valor referente ao número de tarefas atingidas além da

meta. Por exemplo, a produção média da equipe de pedreiros de execução de alvenaria, bloqueiros, era de quatro apartamentos por profissional na equipe, por mês, esta era a meta. Caso uma equipe conseguisse chegar à produção de seis apartamentos por profissional por mês, estava estipulado um prêmio, em dinheiro, de um salário líquido adicional por funcionário pertencente a equipe.

Mesmo que a equipe realizasse a busca constante por melhorias, aplicando-se a lista de verificação proposta por Kurek (2005) notamos, na tabela 14, mais uma vez, a influência da transparência dos processos na nota obtida, pois a não divulgação de dados de planejamento e controle também gera impactos neste princípio.

Tabela 14 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Nono princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>9) Introduzir melhoria contínua no processo</b>	2,25	
9.1) Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à mão de obra?	3	
9.2) Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas?	3	
9.3) A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários?	3	
9.4) Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?	0	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

### 5.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões

A racionalização dos processos buscando reduzir as perdas, na tentativa de zerá-las, por mais que isto seja apenas um cenário ideal, é comprovada por diversos exemplos já citados anteriormente, a empresa aplicava das mais diversas estratégias, mesmo que não de forma transparente, para buscar a melhor produtividade, redução de atividades que não agregam valor, melhora nos fluxos de conversão e mitigação de problemas. A utilização de tecnologias, algumas não tão inovadoras, porém não muito presentes nas obras da região, como o uso de guas e

manipuladores telescópicos (Skytrak), movimentação horizontal no solo com uso de empilhadeiras, trouxeram grandes ganhos a obra.

Porém, no propósito de melhorar ainda mais o número de unidades produzidas e a velocidade destas entregas, a empresa optou por, em suas novas obras, implementar um novo sistema construtivo: construção de paredes de concreto utilizando formas metálicas, este novo sistema, já aplicado em obras da empresa, em outras regiões, visava aperfeiçoar outros princípios, como a redução de atividades que não agregam valor, redução da variabilidade pela não utilização de vários materiais e processos na execução da estrutura, redução do tempo de ciclo (cada jogo de formas produz dois apartamentos e um hall em um dia de serviço, com instalações hidráulicas e elétricas já embutidas), redução do número de passos, entre outros.

Como já visto em outros princípios, a falta de transparência dos processos para a equipe também afetou a nota obtida para este princípio, conforme pode ser visto na Tabela 15.

Tabela 15 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Décimo princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões</b>	2	
10.1) São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, como o mapeamento do processo?	1	
10.2) Existe uma estratégia de ataque à obra?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

### 5.11 *Benchmarking*

Apesar da empresa reconhecer seus pontos fracos, assim como todo o seu processo próprio, a existência de aprendizado por *benchmarking* não era uma realidade notável na obra e, se feita, não era divulgada para a equipe interna. Talvez, isto se dê pelo fato da empresa estar inserida no mercado em diversos lugares espalhados por todo o Brasil, fazendo com que o aprendizado ocorra dentro dos empreendimentos próprios, uma vez que existem centenas de engenheiros responsáveis por centenas de obras pelo país, gerando assim, uma carga de

aprendizado enorme, que pode ser repassado de forma descomplicada dentro da própria empresa.

Outro fator pode ser a não existência de empresas do mesmo porte e/ou que façam o mesmo tipo de empreendimento na região da obra acompanhada, fato que não ocorre em outras regiões, no Sudeste do país, por exemplo, onde deva existir um maior número de empresas com o mesmo processo construtivo (construção de conjuntos habitacionais em alvenaria estrutural) e a recolha de informações seja mais simples. Porém é notável a busca por melhorias, mesmo que, muitas vezes, esse esforço acabe acontecendo dentro de um mesmo empreendimento ou em outro da mesma empresa.

Tabela 16 - Lista de Verificação para diagnóstico e implantação do Décimo primeiro princípio da Construção Enxuta

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>11) Referenciais de ponta (benchmarking)</b>	3	
11.1) A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?	3	
11.2) São evidenciados aprendizados a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?		x
11.3) Adapta as boas práticas encontradas a sua realidade?	3	

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

Um ponto importante a ser observado é a nota 3 obtida neste princípio (tabela 16), por mais que esteja descrito que a empresa não tenha troca de informações, na região, com outras que apliquem o mesmo sistema construtivo, ela possuía valiosa troca de informações entre obras da mesma empresa, nas mais diversas regiões do país.

## 5.12 Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de *Lean Construction*

A aplicação da Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de *Lean Construction*, aplicados pontualmente durante a análise de cada princípio, gerou uma nota parcial para cada princípio. A média ponderada destas notas

demonstra a nota final obtida pela obra. Para a obra analisada, foi obtida a nota 2.66 de um total de 3 pontos possíveis, conforme pode ser visto na Tabela 17.

Tabela 17 - Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de *Lean Construction*

<b>ITENS DE VERIFICAÇÃO</b>	<b>Nota</b>
<b>1) Reduzir a parcela de atividades que não agrega valor</b>	3
<b>2) Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente</b>	2,5
<b>3) Reduzir a variabilidade</b>	3
<b>4) Reduzir o tempo do ciclo de produção</b>	3
<b>5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes</b>	2,75
<b>6) Aumentar a flexibilidade de saída</b>	2,5
<b>7) Aumentar a transparência do processo</b>	2,25
<b>8) Focar o controle no processo global</b>	3
<b>9) Introduzir melhoria contínua no processo</b>	2,25
<b>10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões</b>	2
<b>11) Referenciais de ponta (benchmarking)</b>	3
<b>Nota da obra =</b>	<b>2,66</b>

Fonte: adaptado de Kurek (2005)

Considerando as práticas adotadas na obra descritas neste capítulo e a realização de uma avaliação isolada de cada princípio, a aplicação da lista de verificação resultou em um bom desempenho. Alguns pontos são de avaliação complexa, pois, como foi descrito, várias informações sobre a obra (planejamento, controle, entre outros) são disponibilizados apenas para o engenheiro e equipe de apoio externa a obra. Portanto, não teve-se acesso à estes dados e a análise ficou comprometida, sendo assim, nestes casos, informou-se “Não se aplica”.

Ainda assim, a obra obteve uma boa nota geral de 2.66, isto demonstra que mesmo havendo pontos a serem melhorados e sem o *Lean* implantado de forma explícita, é possível identificar muitos dos seus princípios aplicados. Além disso, as questões utilizadas para avaliar a obra, proposta por Kurek (2005), não conseguem demonstrar com precisão as consequências de inserção em um mercado não tão competitivo regionalmente na especificidade do setor. Ou seja, com menor presença de construtoras executando imóveis de conjunto habitacional de interesse social em alvenaria estrutural.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo estudar e verificar a adoção dos princípios da Construção Enxuta apontados pela bibliografia na obra acompanhada. Após a fundamentação teórica e descrição dos exemplos onde havia identificação dos princípios, notou-se então que a prática desta filosofia de produção comprova sua eficiência, embora sua implantação não tenha sido efetivada, garantindo melhor produtividade e menor índice de perdas em todo o processo.

Com o mercado cada vez mais competitivo, as empresas precisam exercer maiores esforços para controlar seus gastos, cumprir os prazos e entregar o melhor produto dentro da necessidade do cliente. Utilizando-se de ferramentas como a Lista de Verificação para diagnóstico e implantação dos princípios da Construção Enxuta, proposta por Kurek (2005) é possível mensurar a aplicação de cada princípio. E, buscando melhorar todo processo produtivo da empresa, focar nas maiores oportunidades de melhora, onde as aplicações dos pensamentos da Construção Enxuta ainda estão defasados e podem gerar grandes avanços.

Com as metodologias vinculadas ao *Lean Construction* as empresas podem incrementar sua eficiência, promovendo redução de tempo, custos, recursos e, por consequência, aumento de produtividade e lucros. A empresa que obtiver lucros certamente crescerá de forma robusta e transmitirá segurança aos seus clientes.

A adoção de grande parte dos princípios, mesmo que não de forma clara aos funcionários presentes na obra, pode corroborar a ideia de que para uma empresa crescer e destacar-se no mercado, como é o caso da construtora responsável pela obra analisada, estas precisam buscar metodologias para melhorar a gestão de todos os processos, procurando melhorar continuamente e reduzir ao máximo as perdas.

As melhorias de organização e limpeza de canteiro de obras, assim como o sistema produtivo planejado e controlado serve como cartão de visita da empresa, demonstrando assim sua competência e seu diferencial. Contudo, caso a construtora buscasse um ponto de melhora, em obras distantes da sede da empresa, seria possível melhorar os processos que dizem respeito a transparência, demonstrações de divulgação de resultados, o qual foi o ponto responsável pela não obtenção de pontos em vários princípios analisados.

A partir do estudo realizado, observou-se oportunidades para elaboração de trabalhos futuros, sendo elas:

- Realização de diagnóstico frente às boas práticas da Construção Enxuta de outras empresas da Construção Civil na região da Grande Florianópolis;
- Utilização da Linha de Balanço como técnica de planejamento para acompanhamento da obra pela adequação aos conceitos de construção enxuta. Destacando-se a facilidade de interpretação da mesma, possibilitando maior transparência do processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudo de caso.** 2000. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

ARTE LAJE. Disponível em: <http://www.artelaje.com.br/site/produtos/enchimento-acessorios.php>. Acesso em: 28 out. 2020.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Implementing construção enxuta: understanding and action.** International Group for *Lean Construction*, 6th Annual Conference, Proceedings, Guarujá, 1998.

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

BERTELSEN, S. e KOSKELA, L. **“Construction Beyond *Lean*: A New Understanding of Construction Management”** Proceedings of the 12th International Group of *Lean Construction* Annual Conference (IGLC12), Copenhaga, Dinamarca, 2004.

BORGES, M. L. C. **Aplicação da filosofia *Lean Construction* em empresas baianas: um estudo de caso comparativo com o cenário brasileiro.** Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (comp.). **Construção cresce mais de 4% e ajuda a elevar o PIB.** 2019. Disponível em: [https://cbic.org.br/en\\_US/construcao-cresce-mais-de-4-e-ajuda-a-elevar-o-pib/#:~:text=Em%20todas%20as%20bases%20de,ao%20mesmo%20per%C3%ADodo%20de%202018..](https://cbic.org.br/en_US/construcao-cresce-mais-de-4-e-ajuda-a-elevar-o-pib/#:~:text=Em%20todas%20as%20bases%20de,ao%20mesmo%20per%C3%ADodo%20de%202018..) Acesso em: 20 nov. 2020.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos**. Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

GHINATO, P. Publicado como 2o. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRENHO, L. F. S. **Last Planner System e Just-in-Time na Construção**. 2009, 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. **O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção**. In: 144 ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC 7, 2000, Salvador. Anais.

HONDA, R. H. **Subsídios para o planejamento da implantação do sistema de Lean Construction em uma construtora**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo (USP), 2011.

HOWELL, G. A. **WHAT IS LEAN CONSTRUCTION?**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR *LEAN CONSTRUCTION*, 7., 1999, Berkley, CA - USA. Proceedings... Berkley, 1999.

HOWELL, G.; KOSKELA, L. **Reforming project management: the rule of Lean Construction**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR *LEAN CONSTRUCTION*, 8., 2000, Brighton, UK. Proceedings... Brighton, 2000.

ISATTO, E. L. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KEMMER, S. L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos**. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, 1992. Technical Report #72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.

KOSKELA, L. **Lean production in construction.** In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR *LEAN CONSTRUCTION*, 1., 1993, Espoo. **Proceedings...** Espoo, 1993, p.1-9.

KUREK, J. **Introdução Dos Princípios Da Filosofia De Construção Enxuta No Processo De Produção Em Uma Construtora Em Passo Fundo-Rs.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de Passo Fundo, 2005.

LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na Lean Construction.** In: XIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2006, Bauru. Anais... São Paulo, 2006.

MELLO, R.; ROGLIO, K.; CUNHA, C. **As implicações de uma gestão orientada para o processo na indústria da construção civil, subsector edificações.** In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996. Anais... Florianópolis, SC, 1996.

NA PLANTA BRASIL. **Residencial Bromélias.** Disponível em: <https://naplantabrasil.com.br/sc/lancamentos-sc/167-palhoca/1-residencial/1494-bela-vista/13275-residencial-bromelias>. Acesso em: 28 out. 2020.

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

POZZOBON, C. E.; HEINECK L. F. M.; FREITAS, M. do C. D. **Atualizando o levantamento de inovações tecnológicas simples em obra.** In: ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC 10, 2004, São Paulo. *Anais...*São Paulo: 2004.

SALVADOR, M. V. **Aplicação do Conceito *Lean Construction* em Obras de Pequeno Porte.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Mecânica), Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2013.

SANTANA, W. B. **Construção Enxuta através da padronização dos processos de produção e planejamento na Construção Civil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

SANTOS, A. **Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites.** 1999, Salford: University of Salford, Tese de Doutorado.

SERPELL, A., Alarcón L., Ghio V. **“A General Framework for Improvement of the Construction Process.”** (1996).

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção** 2ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291p.

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

VENTURINI, J. A. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios *Lean Construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas *Lean Thinking*,** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **The machine that changed the world.** Macmillan Publishing Company, New York, USA, 1990.

WOMACK, J.P; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas. Elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre: Bookman, 2001.

## ANEXOS

### ANEXO A – Lista de Verificação para diagnóstico de implantação dos princípios de *Lean Construction*

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
<b>1) Reduzir a parcela de atividades que não agrega valor</b>		
1.1) A obra possui arranjo físico para armazenamento de materiais, visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de aplicação?		
1.2) Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)?		
<b>2) Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente</b>		
2.1) São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?		
2.2) Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos?		
2.3) Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)?		
2.4) Existe retroalimentação com projetistas, como reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?		
2.5) Existe planejamento das tarefas a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na sequência de atividades?		
<b>3) Reduzir a variabilidade</b>		
3.1) Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas?		
3.2) Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais?		
3.3) Existe controle da variabilidade na execução das tarefas?		
<b>4) Reduzir o tempo do ciclo de produção</b>		
4.1) Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos operários?		
4.2) Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)?		
4.3) Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo que fazem parte de um ciclo de produção?		
<b>5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes</b>		
5.1) É evidenciada a utilização de elementos pré-fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção?		
5.2) Existe um planejamento do processo de produção?		
5.3) Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)?		

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
5.4) Existe uma organização no canteiro com relação ao armazenamento de equipamentos e material visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento?		
<b>6) Aumentar a flexibilidade de saída</b>		
6.1) O produto é customizado no tempo mais tarde possível. Existem evidências?		
6.2) O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisória de gesso acartonado - lajes planas)?		
6.3) As equipes de produção são polivalentes?		
6.4) Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?		
<b>7) Aumentar a transparência do processo</b>		
7.1) O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais como divisórias?		
7.2) No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas?		
7.3) São empregados indicadores de desempenho que tornam visíveis atributos do processo?		
7.4) São empregados programas de melhoria na organização e limpeza como o Programa 5S?		
<b>8) Focar o controle no processo global</b>		
8.1) A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividades que não agregam valor no momento da entrega e qualidade do material.		
8.2) Existe planejamento e controle da produção a fim de garantir a entrega da obra no prazo?		
<b>9) Introduzir melhoria contínua no processo</b>		
9.1) Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à mão de obra?		
9.2) Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas?		
9.3) A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários?		
9.4) Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?		
<b>10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões</b>		
10.1) São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, como o mapeamento do processo?		
10.2) Existe uma estratégia de ataque à obra?		
<b>11) Referenciais de ponta (benchmarking)</b>		
11.1) A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?		

ITENS DE VERIFICAÇÃO	Nota	NA
11.2) São evidenciados aprendizados a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?		
11.3) Adapta as boas práticas encontradas a sua realidade?		

Fonte: Kurek (2005)