

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HUGO ALBERTO RAMOS FRANÇA FILHO

PEDRO FONSECA RODRIGUES

**APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS
HABITACIONAIS**

ANÁPOLIS / GO

2017

Hugo Alberto Ramos França Filho

Pedro Fonseca Rodrigues

**APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS
HABITACIONAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: RODOLFO RODRIGUES SOUZA
BORGES

COORIENTADORA: ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO

ANÁPOLIS / GO: 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

FRANÇA, HUGO ALBERTO RAMOS FILHO/ RODRIGUES, PEDRO FONSECA

Aplicação da Construção Enxuta em Obras Habitacionais, 2017

54., 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

Trabalho de Conclusão de Curso - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Construção Enxuta | 2. Toyotismo |
| 3. Redução de desperdício | 4. Modelo de avaliação LCR |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, Hugo Alberto Ramos Filho; RODRIGUES, Pedro Fonseca. Estudo da aplicação da construção enxuta em obras habitacionais. TCC., Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 54p. 2017

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hugo Alberto Ramos França Filho

Pedro Fonseca Rodrigues

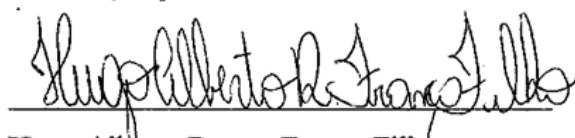
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Aplicação de construção enxuta em obras habitacionais.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

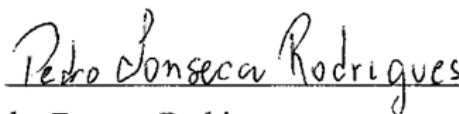
ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Hugo Alberto Ramos França Filho

E-mail: hugo.arff@gmail.com



Pedro Fonseca Rodrigues

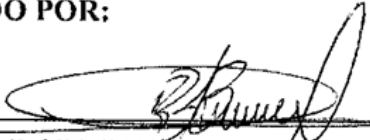
E-mail: pedro_rodrigues777@hotmail.com

HUGO ALBERTO RAMOS FRANÇA FILHO
PEDRO FONSECA RODRIGUES

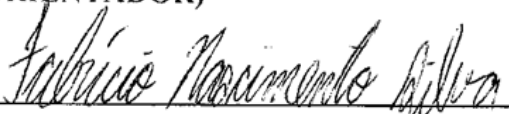
ESTUDO DA APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA
EM OBRAS HABITACIONAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL

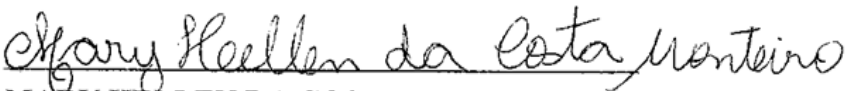
APROVADO POR:



RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



MARY HELLEN DA COSTA MONTEIRO, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

ANÁPOLIS/GO, 01 de dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, que nos deu saúde, paz e discernimento para chegarmos aonde chegamos. Aos nossos pais, que nos deram todo suporte necessário para concluirmos mais esta etapa de nossas vidas. Nosso orientador, grande mestre Rodolfo Rodrigues, que nos auxiliou sempre quando precisávamos. E aos amigos que aqui fizemos, importantes nesta caminhada e que vamos levar para a vida toda!

RESUMO

A indústria da construção civil brasileira vem acumulando índices nada favoráveis com relação à perda de materiais, atrasos na entrega dos serviços contratados e mão-de-obra qualificada. Em resposta a este cenário, as construtoras têm buscado aprimorar seus métodos construtivos, devido principalmente, à grande concorrência de mercado. Neste contexto, a metodologia da construção enxuta tem seus conceitos voltados à três propósitos principais: a entrega do produto, a maximização do valor e a redução do desperdício. O objetivo do presente trabalho é aplicar um modelo de classificação de empresas quanto ao grau de aplicação de ferramentas enxutas: O Rapid Lean Construction – Quality Rating Model (LCR), desenvolvido por Hofacker et al. (2008), em duas obras habitacionais, sendo uma vertical e outra horizontal, executadas na cidade de Anápolis, em Goiás. Como vantagens deste modelo pode-se citar a rápida aplicação, classificação categorizada com fácil visualização e interpretação dos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Construção enxuta, Modelo de avaliação LCR, redução do desperdício.

ABSTRACT

The Brazilian construction industry has been accumulating indifferent indices in relation to the loss of materials, delays in the delivery of contracted services and skilled labor. In response to this scenario, the construction companies have sought to improve their construction methods, mainly due to the great market competition. In this context, the methodology of lean construction has its concepts focused on three main purposes: product delivery, value maximization and waste reduction. The objective of the present work is to apply a classification model of companies regarding the degree of application of lean tools: The RapidLeanConstruction - Quality Rating Model (LCR), developed by Hofacker et al. (2008), in two housing projects, one vertical and one horizontal, executed in the city of Anápolis, Goiás. Advantages of this model are the rapid application, categorized classification with easy visualization and interpretation of the results.

KEYWORDS: Lean Construction. LCR Evaluation Model. Waste Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional	30
Figura 2 – Modelo de processos na construção enxuta	31
Figura 3 – Processos de desenvolvimento do LCR	32
Figura 4 – Retrabalho	33
Figura 2 - Controle de alterações do projeto	34
Figura 3 - Padronização das dimensões dos blocos cerâmicos.	34
Figura 4 – Grua	35
Figura 5 - Vergas pré-moldadas	36
Figura 6 – Utilização de dispositivos visuais	36
Figura 7 - Armazenamento de material	37
Figura 8 - Armazenamento de materiais	37
Figura 9 - Limpeza no canteiro de obras	38
Figura 10 - Treinamento de funcionários	38
Figura 11 - Distribuição dos blocos cerâmico	39
Figura 12 - Armazenamento de resíduo	39
Figura 13 - Aferição de serviço de alvenaria	40
Figura 14 - Conferência de dimensões dos blocos de concreto	41
Figura 15 - Pá carregadeira transportando	41
Figura 16 - Caixas de passagem pré-moldadas	42
Figura 17 - Forma metálica	42
Figura 18 - Traços são expostos na betoneira	43
Figura 19 - Cronograma da obra	43
Figura 20 - Distribuição dos blocos de concreto nos lotes	44
Figura 21 - Treinamento com a administração	44
Figura 22 - Treinamento com funcionário	45
Figura 23 - Política de Qualidade	45
Figura 24 - Reciclagem de materiais	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - PIB Brasil X PIB construção civil	15
Gráfico 2 - Comparativo de obras	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Motivos para se ter o planejamento	16
Quadro 2 - Deficiências do Planejamento	17
Quadro 3 - Identificação das obras visitadas	33
Quadro 4 - Critérios de avaliação LCR	46

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Questionário LRC

47

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABRAIN	Associação Brasileira de Incorporadores Imobiliários
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IGLC	International Group for Lean Construction
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JIT	Just-in-Time
LCR	Lean Construction-Quality Rating
PALC	Plano de Aplicação da Lean Construction
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
STP	Sistema Toyota de Produção
TQM	Total Quality Management

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 METODOLOGIA	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL ATUALMENTE NO BRASIL	14
3 HISTÓRICO	18
3.1 PRODUÇÃO EM MASSA	18
3.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	20
4 CONSTRUÇÃO ENXUTA	22
4.1 PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION	28
4.2 MODELO LCR	39
4.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO	31
5 ESTUDO DE CASO	33
5.1 VISITA <i>IN LOCO</i>	33
5.2 OBRA “A”	33
5.3 OBRA “B”	40
6 DADOS COMPARATIVOS	46
7 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil está cada vez mais inflamado e as empresas buscam investir em novas técnicas e práticas de gestão com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade através de novas filosofias de produção. Uma característica marcante do setor da construção civil é o elevado percentual de desperdício. A falta de planejamento e gerenciamento, ou a improvisação dos mesmos, gera desperdício de materiais, de mão-de-obra e baixa produtividade. Para que essas perdas sejam evitadas é necessário inovar a construção substituindo práticas rotineiras e convencionais por processos sistemáticos.

O termo “lean”, que significa “enxuto”, foi usado no final dos anos 80 por pesquisadores para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador para enfrentar um mercado em constante mudança.

A construção enxuta é uma adaptação da produção enxuta desenvolvida pelo Sistema Toyota de Produção (STP) de Taichi Ohno que surgiu na indústria automobilística dos anos 50 no Japão. Essa época foi marcada por filosofias do Total Quality Management (TQM) e do Just-in-Time (JIT), entre outras com o objetivo da remoção de desperdícios através de uma abordagem prática. Surge como potencial favorável à construção civil.

Nota-se que as empresas passaram a se preocupar com esses fatores e grande parte tem implantado sistemas de gestão da qualidade como ISO 9001 e Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

A partir desta ideia surgem os objetivos que fundamentam este trabalho, a aplicação do modelo LCR (Lean Construction-Quality Rating) nas construtoras para verificar e analisar o grau de maturidade da aplicação de conceitos e ferramentas enxutas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A produtividade na construção civil pode ser melhorada através de um conjunto de modificações estruturais, tecnológicas, organizacionais, motivações psicológicas e das condições de trabalho. A obra em estudo busca adotar os princípios da Lean Construction e as filosofias “lean” para estabilizar o fluxo de material e informação, melhorar os seus processos construtivos, produzir somente quando o necessário (JIT) e aperfeiçoar a mão-de-obra reduzindo os tempos de ociosidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo esclarecer os métodos que constituem a Construção Enxuta, as teorias do processo de aplicação em cada etapa da obra, e a interação dos envolvidos nela para com esta filosofia de trabalho.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Conhecer as técnicas e métodos utilizados na construção enxuta para a sua aplicação no canteiro de obras;
- b) Identificar práticas que evidenciem a aplicação dos princípios da construção enxuta no canteiro de obras;
- c) Estudar as empresas e conhecer os seus processos;
- d) Classificar as obras segundo o modelo LCR.

1.3 METODOLOGIA

O levantamento de informações para essa pesquisa será feito através da aplicação do modelo definido (O Modelo LCR), que é dividido em 6 categorias: Foco no Cliente; Desperdícios; Qualidade; Fluxo de Materiais; Organização; Planejamento e fluxo de informações; Melhorias contínuas. Estas categorias foram definidas a partir dos 5 princípios do Lean Thinking (WOMACK; JONES; ROOS, 1990) e dos 11 princípios de Koskela (1992) da Lean Construction, listados nesse trabalho. Para cada categoria foram escolhidos pontos de avaliação, com pontuação de 0 a 6, sendo que o modelo totalizou 30 questões a serem avaliadas (OLIVEIRA, 2010).

O modelo será aplicado presencialmente pelos autores do trabalho em uma obra vertical e uma obra horizontal. Posteriormente será realizada a análise de dados, para então diagnosticar a maturidade dessas obras perante o método de gestão da produção em canteiros de obra, juntamente com a análise da utilidade de ferramentas enxutas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, sendo eles: introdução, revisão da literatura, estudo de caso e conclusões.

Este primeiro capítulo introdutório apresenta o tema estudado, abordando questões relacionadas a objetivo, à justificativa, metodologia e à estrutura do trabalho.

No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica, a qual forneceu fundamentação teórica sobre a construção enxuta.

No capítulo 3, realizado em obra, foi possível demonstrar a aplicação dos princípios que serão explorados neste trabalho, levantando posteriormente gráficos e tabelas comparativas para a análise de desempenho de cada obra.

No capítulo 4, são apresentadas as considerações finais feitas com base no capítulo 3.

Por fim, são listadas as referências bibliográficas.

2 CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL ATUALMENTE NO BRASIL

Após um ano difícil para o setor da construção civil no país, 2017 deve representar o início da retomada nas vendas e nos lançamentos. Mas tudo depende, claro, do desenrolar das crises política e econômica nos próximos meses, segundo especialistas. O número de novos empreendimentos, por exemplo, não deve aumentar muito em relação a 2016, quando foram lançadas 69.800 unidades, 9% a mais do que em 2015, segundo dados da Associação Brasileira de Incorporadores Imobiliários (ABRAINC).

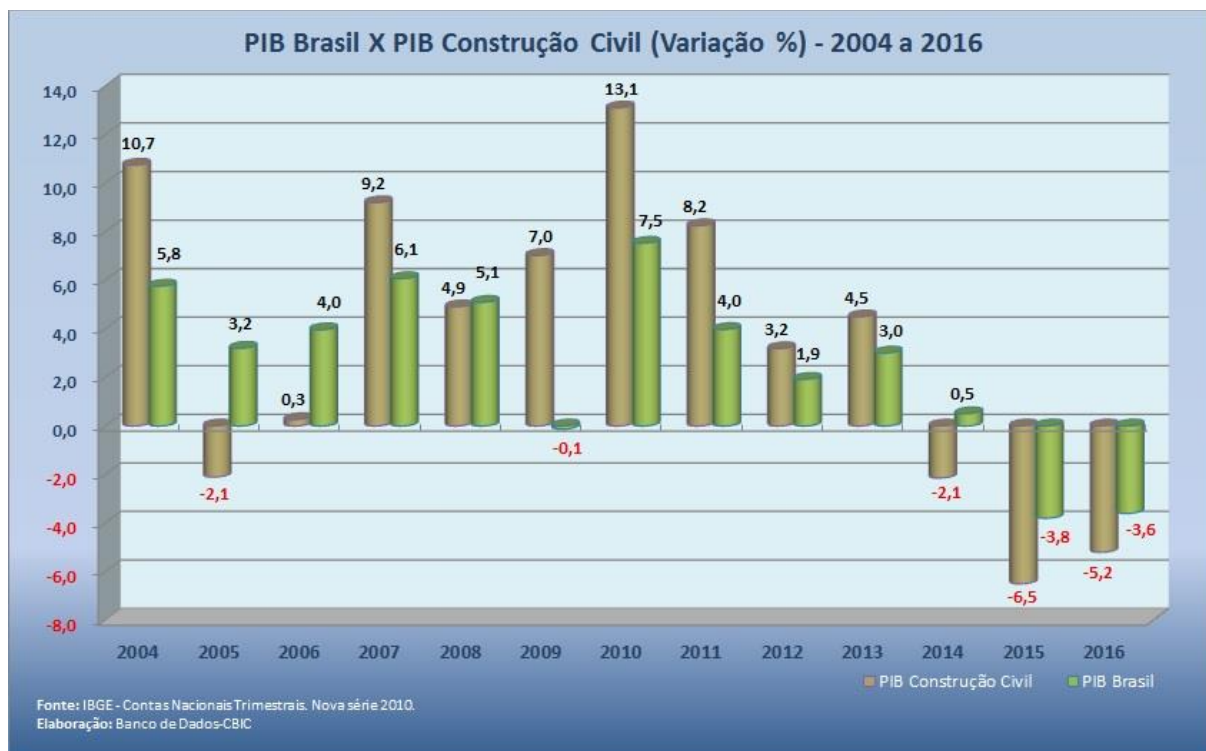
Segundo levantamento da ABRAINC (2017), foram devolvidas 44.200 unidades em 2016, queda de 7,1% em comparação com 2015. "O destrato é um grande problema, porque a sustentabilidade do mercado depende da segurança de empreendedores", afirma o presidente da associação

Outro fato marcante o qual ajudou a abalar o mercado da construção civil no país foi o caso da Operação Lava-Jato, caso que teve como principais investigados dez das maiores empreiteiras do país. Segundo Matos (2016), as grandes construtoras, atingidas frontalmente pela Operação Lava-Jato, demitiram praticamente todos os profissionais que tinham de demitir e, num cruel efeito dominó, já afetaram a saúde de subempreiteiros, fornecedores e prestadores de serviço. Com isso, a construção civil que é o motor do país e a infraestrutura, não pode parar

de receber investimentos. O país está presenciando um rearranjo institucional que, ainda que leve algum tempo para se consolidar, já dá sinais de estar em marcha.

Segundo dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) evidencia a queda do PIB da construção civil a partir de 2014 em comparação com o PIB no Brasil, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 - PIB Brasil X PIB construção civil



Fonte: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

A Pesquisa apresentada pelo IBGE registra queda de 3,6% do PIB nacional e de 5,2% na atividade da construção civil. A pesquisa aponta, ainda, uma redução de 2,8% da força de trabalho do setor. Para o presidente da CBIC, considerando o peso da construção civil no investimento (55%), uma recuperação consistente da economia brasileira passa pelo reaquecimento da atividade do setor. “O governo está avançando na agenda de reformas estruturantes e na redução das taxas de juros, movimento essencial para reanimar a economia” diz Martins (2016).

“O crescente grau de competição entre as empresas da indústria da construção civil no País, nos últimos anos, vem exigindo das mesmas mudanças substanciais na gestão de seus empreendimentos. Em parte, isso tem sido motivado pelo aumento do nível de exigência do mercado consumidor, pelo fenômeno da globalização e pela reduzida disponibilidade de recursos financeiros para atender a tais necessidades. Com isso, a necessidade de investimentos em gestão e tecnologia

da produção tem estimulado as construtoras a buscar melhores níveis de desempenho.”. (FORMOSO et al, 1999.)

Neste contexto, o planejamento da produção e controle dos custos na construção civil vem sendo utilizado como principal ferramenta para que as construtoras alcancem seus objetivos, que é de melhoria contínua em suas construções, exigência do mercado atual. O quadro 1 seguir mostra os principais motivos pelos quais se faz necessário ter um planejamento.

Quadro 1 - Motivos para se ter o planejamento

Facilita a compreensão dos objetivos do empreendimento;
Define todos os trabalhos exigidos;
Desenvolve uma referência básica para processos de orçamento e programação;
Disponibiliza uma coordenação e integração vertical e horizontal (multifuncional), além de produzir informações para tomada de decisão;
Com base em decisões atuais, contribui para evitar tomada de decisões erradas em projetos futuros;
Melhora o desempenho da produção através da consideração e análise de processos alternativos;
Aumenta a velocidade de resposta para mudanças futuras;
Fornece padrões para o monitoramento, revisão e controle de execução do empreendimento;
Explora a experiência acumulada da gerência.

Fonte: Adaptado de Laufer (1990, *apud* BERNARDES, 2003)

Lira (1996) menciona que as deficiências no planejamento têm sido apontadas como causa do baixo desempenho de empreendimentos de construção. No quadro a 2 temos as principais deficiências do planejamento listadas.

Quadro 2 - Deficiências do Planejamento

“O planejamento da produção não é encarado como processo gerencial, mas como o resultado de uma aplicação de uma ou mais técnicas de preparação de planos e que, em geral, utilizam informações pouco consistentes ou baseadas somente na experiência e intuição dos gerentes” (LAUFER; TRUCKER, 1987);

“O controle não é realizado de maneira proativa e, geralmente, é baseado na troca de informações verbais do engenheiro com o mestre de obras, visando a um curto prazo de execução e sem vínculos com o plano de longo prazo, resultando, muitas vezes, na utilização ineficiente de recursos” (FORMOSO, 1991);

“O planejamento e o controle da produção em outras indústrias são focados, em geral, em unidades de produção, diferentemente da indústria de construção, na qual eles estão dirigidos ao controle do empreendimento” (BALLARD; HOWELL, 1997);

“A incerteza, inerente ao processo de construção, é frequentemente negligenciada, não sendo realizadas ações no sentido de reduzi-la ou de eliminar seus efeitos nocivos” (COHENCA et al, 1989);

“Com frequência, existem falhas na implementação de sistemas computacionais para planejamento, por vezes adquiridos e inseridos em um ambiente organizacional, sem antes haver a identificação das necessidades de informações dos seus usuários” (LAUFER; TUCKER, 1987);

“Existem dificuldades de se mudar as práticas profissionais dos funcionários envolvidos com o planejamento, principalmente devido à formação que eles obtêm nos cursos de graduação” (LAUFER; TUCKER, 1987 e OGLESBY et al, 1989).

Fonte: Adaptado de Laufer (1990, *apud* BERNARDES, 2003)

Sendo assim, é possível constatar a importância de se fazer um bom planejamento para a construção de empreendimentos e não atender a isso pode colocar em risco todo um projeto.

No Brasil, a evolução da área de planejamento ainda apresenta muita resistência em relação a países desenvolvidos ou grandes empresas internacionais, “que estão constantemente criando novas regras e/ou linhas de gerenciamento de projetos com o objetivo de baratear os custos de produção ou encurtar o tempo de execução tornando o empreendimento algo mais lucrativo tanto para o executor como para o cliente.” (Cattini Júnior - Uma análise do planejamento e controle de projetos industriais no Brasil, São Paulo, FGV, 1982, p. 36)

A partir da década de 70, as transformações dos sistemas de produção, que se verificavam no Japão e a globalização da economia provocaram o aumento na competição mundial e a produção passou a ser vista como área estratégica. As construtoras buscaram melhorar a eficiência dos seus processos produtivos, através da criação de um ambiente de transparência em seus canteiros de obras, utilização de ferramentas, práticas de gerenciamento e controle de produção. Desta forma, a apresentação dos conceitos da Construção Enxuta

contribuiu com a formulação de estratégias de melhoria e apoio gerencial para estas empresas (KUREK, 2005).

Essa mentalidade sobre construção enxuta busca “enxugar” o processo produtivo, minimizando desperdícios e retrabalho, ou seja, produzir somente o necessário, com qualidade e que agregue valor para os clientes.

Segundo Kotler (2000), o setor da indústria da construção civil vem experimentando mudanças a partir da modificação do perfil dos seus clientes. Os clientes têm exigido produtos de qualidade, preço competitivo e com prazos menores de entrega. A indústria da construção civil tem tentado se adaptar à essas novas exigências de mercado, adotando técnicas de gerenciamento e de produção com o objetivo de otimizar seus processos e produzir produtos cada vez melhores e mais baratos.

A aplicação da padronização de processos, redução de desperdícios e aumento da qualidade, mudando a cultura do modelo de construção e aplicando ferramentas no processo do planejamento, controle da produção e alteração de técnicas construtivas encaixa-se na construção enxuta, pois permite o uso de inovações ou métodos existentes de sistemas aplicados neste conceito (SANTOS, 2014).

Apesar de existirem várias definições de planejamento, este trabalho admite o formulado por Formoso et al (1999), segundo o qual, planejamento “é um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle”.

3 HISTÓRICO

3.1 PRODUÇÃO EM MASSA

De acordo com Womack et al (1990), a chave da produção em massa, ao contrário do que muitos pensavam, se baseava em uma intercambiabilidade completa e consistente de partes, e na simplicidade de uni-las. Um dos primeiros passos para tornar este processo mais eficiente foi a divisão em partes, em cada estação de trabalho; nesse caso o trabalhador poderia permanecer no mesmo local por todo o seu turno de produção. Ford conseguiu esta intercambiabilidade entre partes em torno do ano de 1908, e foi além, decidindo fazer com que o trabalhador realizasse apenas uma única tarefa. Adiante, em 1913, ele estabeleceu uma linha de montagem móvel e contínua, na qual o produto percorria a linha de produção.

Danlbaar (1997) explica que Ford introduziu o modelo de produção baseado em um fluxo contínuo na montagem final; entretanto, as partes e os componentes necessários para a montagem eram produzidas em larga escala, gerando estoques intermediários ao longo de toda a linha de produção.

No sistema de produção de Ford, segundo Danlbaar (1997), existiam alguns elementos do taylorismo; entretanto, neste sistema destacava-se a importância da mecanização e o uso de máquinas para estabelecer o ritmo de trabalho. Estudos de tempos e movimentos foram aplicados para determinar o gerenciamento de níveis para a linha de montagem. A separação entre o planejamento e a execução do trabalho resultou em uma grande divisão do trabalho na produção, baseado em tempos de ciclo curtos de uma linha de montagem que movimentava cerca de 60 carros por hora, combinado com um extensivo planejamento de trabalho e a função de engenharia industrial. O trabalho de produção que não podia ser planejado em detalhes, normalmente envolvendo trabalhadores com habilidades, como inspeção de qualidade e manutenção, era organizado em departamentos indiretos.

Na produção em massa, de acordo com Pontes (2004), profissionais altamente qualificados projetavam os produtos que eram posteriormente produzidos por operários com baixa ou nenhuma qualificação. Para tal, máquinas caras e especializadas em uma só tarefa eram necessárias; elas produziam produtos padronizados em um grande volume de produção. Para garantir a continuidade da produção eram necessários vários operários sobressalentes que cobrissem possíveis faltas dos operários que trabalhavam nessas máquinas. Devido a uma falta de flexibilidade das máquinas, os produtos padrões eram mantidos no mercado pelo maior tempo possível, fazendo com que o cliente final sacrificasse uma variedade de produtos que porventura desejasse, em função do custo mais baixo.

Neste modelo de produção, os trabalhadores da linha de montagem não tinham quaisquer responsabilidades quanto à qualidade do produto; se recebessem peças defeituosas eles poderiam tanto usá-las como deixar o carro passar sem esta peça para que isso pudesse ser corrigido mais adiante. No final dos anos setenta o número de trabalhadores para o reparo de defeitos em fábricas do oeste dos Estados Unidos aumentou significativamente (DANLBAAR, 1997).

De acordo com Amaral (2004), os EUA começaram a apresentar os primeiros sinais de desgaste do modelo taylorista de produção. Isto se tornou evidente por meio de queda nos índices de produtividade em meados do século XX, o que levou a uma redução da competitividade da economia norte americana no contexto internacional.

Apesar das várias características inadequadas existentes no modelo de produção em massa, Henry Ford representou uma grande influência na indústria

automobilística no início do século XX. Ele introduziu diversas alterações na organização do trabalho na manufatura; dentre elas podem ser citadas a padronização do produto final, a intercambiabilidade de peças e a linha de montagem, uma correia transportadora que leva o produto até o operador (BAUMHARDT, 2002).

3.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

No final de 1949, um colapso nas vendas forçou a Toyota a dispensar grande parte da força de trabalho. “Após 13 anos de esforço, a Toyota Motor Company havia, em 1950, produzido 2.685 automóveis, em comparação com os 7.000 despejados pela empresa americana Rouge” (WOMACK – *The machine that changed the world*, Chicago, 1990 p. 107). Assim, contrapondo-se ao paradigma da produção em massa, caracterizada por produzir grandes quantidades e pouca diversidade de modelos, a Toyota Motor Company teve que ser flexível às exigências individuais do Japão.

Em 1956 o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, percebeu, em sua primeira visita às fábricas da Ford, que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias de forma a ser aplicada em um mercado discreto e de demanda variada de produtos, como era o caso do mercado japonês. Ohno notou que os trabalhadores eram sub-utilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregar valor, existia uma forte divisão (projeto e execução) do trabalho, a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes estoques intermediários (GHINATO, 2000).

Para Ohn (1997) eficiência refere-se à redução de custos, e a verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício e levamos a porcentagem de trabalho para 100%. Assim, ele classificou os desperdícios em sete grupos:

1. Desperdício de superprodução: Acontece quando são produzidos mais itens do que existe demanda, ou quando os itens são produzidos antes de que a demanda por eles se concretize;
2. Desperdício de tempo disponível (espera): É a falta de balanceamento entre as operações e paralisação do trabalho;
3. Desperdício em transporte: Ocorre quando há movimentação desnecessária de produtos;
4. Desperdício do processamento em si: Acontece na forma de adição de processamento ou da utilização de processos que vão além do necessário;

5. Desperdício do estoque disponível (estoque): Quando se possui um estoque de produtos acabados ou semiacabados maior que o mínimo necessário.
6. Desperdício de movimento: Dá-se quando operadores realizam movimentações dispensáveis no momento da realização de uma atividade
7. Desperdício de produzir produtos defeituosos: Incide quando algum item no processo de produção ou mesmo o produto acabado não atende às características de qualidade exigidas.

Segundo Ghinato (2000) o Sistema Toyota de Produção, com o intuito de eliminar o desperdício, utiliza algumas ferramentas para atender as necessidades do cliente com produtos de alta qualidade, baixo custo e menor tempo de permanência no sistema (*lead time*). As principais ferramentas, que são os pilares de sustentação do STP, são o *just-in-time* e *jidoka*.

Para Shingo (1996) o just-in-time baseia-se na produção com estoque zero, fazendo com que se fabrique no momento certo e na quantidade exata. E o jidoka (automação) é um termo que está diretamente ligado à qualidade, e consiste na separação do homem e da máquina por meios de mecanismos automáticos capazes de detectar anormalidades na produção.

O mesmo autor apresenta algumas técnicas trabalhadas pela Toyota para a eliminação de defeitos:

- Inspeção para prevenir defeitos, não apenas encontrá-los;
- Os defeitos devem ser controlados na sua origem;
- Os trabalhadores devem encontrar e corrigir os defeitos encontrados na própria operação e os trabalhadores deve checar o trabalho realizado por outros trabalhadores;
- Inspeção 100%: a inspeção não deve ser feita por amostragem, mas sim em todos os passos do processo, para garantir a qualidade do produto;
- Poka-yoke: Uso de dispositivos que impeçam a ocorrência de erros na produção, auxiliando na obtenção de 100% de produtos aceitáveis, como gabaritos.

A Toyota apresenta uma busca incessante pela descoberta das causas reais dos problemas e das perdas. “Outro sistema utilizado para tal é o dos 5 Porquês. Ao utilizar esse sistema, é possível descobrir a raiz dos problemas, tendo como objetivo final a melhoria”. (SHINGO, 1996).

Shingo (1996) aponta três diferenças básicas entre os sistemas Toyota e Ford de produção:

1ª diferença: Lotes grandes versus produção em lotes pequenos: Enquanto o sistema Ford produz várias quantidades de poucos modelos, o sistema Toyota produz pequenas quantidades de vários modelos;

2ª diferença: Adoção da produção com modelos mistos: No processo de montagem, na produção de modelos mistos, pequenos lotes são utilizados, eliminando a geração de estoques intermediários;

3ª diferença: Operações de fluxo consistentes das peças à montagem: Todas as peças utilizadas para a montagem final do produto são produzidas em pequenos lotes, gerando um fluxo contínuo de peças unitárias.

Em 1992, Womack, Jones e Ross desenvolveram cinco princípios básicos da produção enxuta, são eles:

1. Especificação do valor: O valor do produto é definido pelo cliente final, atendendo aos requisitos de preço, tempo e qualidade especificados através das necessidades particulares dos clientes.
2. Identificação do fluxo de valor: É o mapeamento da cadeia produtiva para identificar todas as ações necessárias para produzir um produto e detectar as atividades que não geram valor e causam desperdícios.
3. Fluxo: Permite que a empresa reduza o tempo de concepção do produto, possibilitando uma rápida resposta ao cliente através do fluxo contínuo de atividades entre as etapas da produção, sem o desenvolvimento de estoques intermediários.
4. Puxar: Uma operação não deve ser iniciada sem que a operação subsequente a solicite, atendendo assim a demanda do mercado e produzindo apenas o que é necessário.
5. Perfeição (o antídoto à estagnação): Sugere o aprimoramento diário e constante dos processos, atendendo aos requisitos do cliente.

Por conseguinte, nota-se que esses princípios buscam a eliminação do desperdício através de um fluxo contínuo de valor por toda cadeia produtiva, almejando a satisfação do cliente.

4 A CONSTRUÇÃO ENXUTA

A construção enxuta surgiu no início dos anos 1990 baseado no sistema Toyota de produção, tendo como marco principal a publicação do trabalho “Aplicação de uma Nova

Filosofia de Produção na Construção”, de Koskela (1992). Em seguida, foi criado o International Group for Lean Construction – IGLC, com o intuito de divulgar esses novos conceitos de forma mundial (LORENZON, 2008).

Neste trabalho, Koskela (1992) apresenta os onze princípios que, segundo ele, são norteadores para Construção enxuta, procurando atender aos quesitos prazos, qualidade e custos. Esses princípios são descritos a seguir a partir da visão de Formoso (2002) e Amaral (2010):

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

Para Koskela (1992), as atividades podem ser definidas como:

- a) atividades que agregam valor ou atividades de transformação/conversão de material ou informação, na direção do que é requerido pelo consumidor;
- b) atividades que não agregam valor (desperdício);
- c) atividades que consomem tempo, recursos e espaço, sem agregar valor.

A utilização do processo de planejamento e controle da produção facilita a implementação desse princípio de lean construction, à medida que busca reduzir as atividades de movimentação, inspeção e espera, bem como aquelas que consomem tempo, mas não agregam valor ao cliente final (BERNARDES, 2003).

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente

Há dois tipos de cliente: o cliente final e o cliente da atividade posterior; nesse caso, o enfoque prático é criar um desenho de fluxo no qual o cliente é identificado em cada etapa do processo e suas necessidades são analisadas (WIGINESCKI, 2009). Já para Isatto et al. (2000), esse princípio pode ser atendido, ao longo do processo de projeto, com a disponibilização de dados relativos aos requisitos e às preferências dos clientes finais, através de pesquisas de mercado e avaliações pós-ocupação de edificações.

3. Reduzir a variabilidade

Segundo Lorenzon (2008), existem vários tipos de variabilidade, como variabilidade da matéria-prima (dimensões, características etc.), do próprio processo (equipamentos utilizados, tempo para execução etc.), na demanda (necessidade e interesse dos clientes etc.). Alguns desses tipos de variabilidades são mais facilmente possíveis de serem reduzidos como as de matéria-prima, outras variabilidades como os de processos podem ser combatidos com dispositivos pokayoke (à prova de erros) e outras como a demanda que envolve fatores como expectativa dos clientes, disponibilidades de recursos são mais difíceis de serem reduzidas.

A padronização de procedimentos é, normalmente, o melhor caminho para conseguir reduzir variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção (SHINGO, 1996).

O processo de planejamento e controle da produção facilita a implantação desse princípio, na medida em que se busca a proteção da produção, através da consideração sistemática de tarefas passíveis de serem executadas, e da identificação das reais causas dos problemas, o que permitirá uma tomada de decisão mais condizente com a realidade da obra (BERNARDES, 2003).

4. Reduzir o tempo do ciclo de produção ou reduzir o lead time

Segundo Lorenzon (2008), o tempo de ciclo pode ser definido como o somatório de todos os tempos necessários para ser produzir um determinado produto. Esses tempos podem ser, por exemplo, de transporte de material, de processamento, de espera e de inspeção. A identificação de ocorrências como “espera” (de material, de informação etc.) como um tempo improdutivo, promovendo sua redução ou eliminação ou ainda a eliminação da necessidade de “inspeção”, possibilitará a compressão do tempo total dessa série de atividades. A diminuição do tempo de ciclo propiciará na entrega mais rápido o produto ao cliente.

Pozzobon, Heineck e Freitas (2004) sugerem vantagens no uso da linha de balanço em relação às demais técnicas, em decorrência de sua eficiência em responder às perguntas básicas do planejamento, referentes à quando fazer, o que fazer, quanto fazer, onde fazer e com que recursos fazer.

Para Bernardes (2003), um planejamento de médio prazo (tático) aliado ao ritmo das equipes de produção, é um instrumento potencial para que o fluxo seja analisado na busca da sincronização. No nível de curto prazo (operacional), as ações destinadas à proteção para a produção possibilitam a continuidade das operações no canteiro, diminuindo a variabilidade e seu conseqüente tempo de ciclo.

5. Simplificar o processo através da redução do número de passos ou partes

“A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes de um produto ou a redução do número de partes ou estágios em um fluxo de materiais ou informações”. (BERNARDES, 2003). “Através da simplificação podem-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção, pois quanto maior o número de componentes ou de passos em um processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor”. (ISATTO et al., 2000).

Segundo Junqueira (2006), os mesmos autores apresentam formas de atingir a simplificação, como a utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e

o planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores.

Bernardes (2003) apresenta a implementação desses princípios através do planejamento e do controle da produção, na medida em que se consegue estabelecer, durante a etapa de preparação do processo de planejamento e desenvolvimento da produção, zonas de trabalho similares. Isso pode garantir certa repetitividade ao processo, facilitando a identificação de possíveis simplificações.

6. Aumentar a flexibilidade na execução do produto

À primeira vista, isso parece contraditório com a simplificação. Na realidade, podem ser complementares. O projeto de produtos, ou componentes modulares, pode ser combinado com redução do tempo dos ciclos e maior transparência (KOSKELA, 1992).

Segundo Isatto et al. (2000), o aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. A aplicação desse princípio pode ocorrer na redução do tamanho dos lotes, no uso de mão de obra polivalente, na customização do produto, no tempo mais tarde possível e na utilização de processos construtivos, que permitam a flexibilidade do produto sem grande ônus para a produção, ou seja, a flexibilidade permitida e planejada (ISATTO et al., 2000).

7. Aumentar a transparência do processo

Pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção, proporcionando maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre porque à medida que o princípio é utilizado, podem-se identificar problemas mais facilmente no ambiente produtivo durante a execução dos serviços (KOSKELA, 1992).

Segundo Koskela (1992), a identificação desses problemas é facilitada, normalmente, pela disposição de meios físicos, dispositivos e indicadores, que podem contribuir para uma melhor disponibilização da informação nos postos de trabalho. Pouca transparência no processo incrementa propensão ao erro e diminui a motivação para melhorias.

Isatto et al. (2000) citam algumas formas de aumentar a transparência no processo como: a remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; a utilização de dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas; o emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo e a aplicação de programas de melhorias da organização e limpeza do canteiro.

Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção, na medida em que se disponibilizam informações, de acordo com a necessidade

de seus usuários no ambiente produtivo (BERNARDES, 2003). Este princípio pode ser alcançado ainda com a utilização de ferramentas e controles visuais da obra (kanban e andon) e o programa 5S (Senso de Organização; Ordem e Arrumação; Limpeza; Padronização e Autodisciplina).

8. Focar o controle no processo global

Segundo Lorenzon (2008), um processo de produção pode atravessar vários níveis organizacionais, podendo inclusive ir além dos limites físicos da empresa, envolvendo fornecedores e clientes. O emprego de elemento responsável por todo o processo e a utilização de equipes de funcionários auto gerenciáveis propicia o controle de um processo de produção. Mesmo processos complexos devem apresentar condições de serem controlados e medidos, de preferência pela aplicação de indicadores globais que indicadores locais.

O controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Para Isatto et al. (2000), um grande risco dos esforços de melhorar um sub processo é sub otimizar essa atividade específica, dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) de desempenho global. De acordo com os autores, esse princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura, por parte dos envolvidos na produção, no que tange à preocupação sistêmica dos problemas. Nesse caso, “a integração entre os diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) pode facilitar a implantação desse princípio.” (BERNARDES, 2003).

9. Introduzir melhoria contínua no processo

Segundo Lorenzon (2008), o esforço de diminuir o desperdício e o aumento da agregação de valor em processo produtivo deve ser realizado de forma incremental e interativa. A melhoria contínua pode ser institucionalizada por meio do estabelecimento de metas, como redução do estoque e apresentação de propostas para atingi-las. Uma alternativa complementar é estimular a mão de obra para a responsabilidade de utilização de boas práticas, recompensando-a e desafiando o seu desenvolvimento. Atuar nas causas dos problemas não apenas nos seus efeitos.

Segundo Koskela (2002), os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. O princípio de melhoria contínua pode ser alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos.

Iniciativas de apoio e dignificação da mão de obra são importantes. “Pode-se destacar a utilização da caixa de sugestões, a premiação pelo cumprimento de tarefas e metas, o

estabelecimento dos planos de carreira, a adoção das medalhas por distinção, entre outros.” (POZZOBON et al., 2004).

Para Isatto et al. (2000), o trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo. “Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo.” (BERNARDES, 2003).

10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Para Koskela (1992), no processo de produção há diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias de conversão e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhorias do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão

O mesmo autor ainda complementa que a questão central é que melhorias no fluxo e na conversão estão intimamente interligadas:

a) melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menores investimentos em equipamentos;

b) fluxos mais controlados facilitam a implementação de novas tecnologias na conversão;

c) novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo.

Nesse contexto, é necessário que exista um equilíbrio entre ambas.

Isatto et al. (2000) sugerem, para a aplicação desse princípio, uma consciência por parte da gerência de produção de que é necessário atuar em ambas as frentes. Primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um determinado processo e, apenas posteriormente, avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica. Para Bernardes (2003), esse princípio deve ser observado durante a etapa de projeto, bem como ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra.

11. Referenciais de ponta (benchmarking)

Para a aplicação deste princípio, deve-se conhecer os processos próprios da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares, tipicamente consideradas líderes, em um determinado segmento ou aspectos específicos; entender os princípios por trás dessas boas práticas e adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa (ISATTO et al., 2000).

Segundo Lorenzon (2008), muitos desses princípios são muito próximos, como os princípios “reduzir a parcela das atividades que não agregam valor”, “reduzir o tempo de ciclo” e “simplificar por meio da redução do número de etapas” buscam identificar, reduzir ou eliminar atividades denominadas de desperdícios. Aspectos de qualidade podem ser contemplados no princípio “Reduzir a variabilidade” e o gerenciamento de prazo pode ser considerado no princípio “Reduzir tempo de ciclo”. As necessidades do cliente encontram-se atendidas e “aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes” e “aumentar a flexibilidade de saída”.

Ainda, segundo Lorenzon (2008), essa série de princípios mostra-se bastante abrangente, pois influencia vários aspectos de uma empresa, como controle de processos, identificação de desperdícios, envolvimento e motivação de funcionários etc. Com o intuito de atingi-la, Koskela (1992) sugere a utilização de métodos e ferramentas e destaca os mais importantes: Just-In-Time, gestão pela qualidade total, redução do tempo, engenharia simultânea, reengenharia, gestão visual e envolvimento dos funcionários.

4.1 PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION

Pode se definir “processo” como um conjunto de passos sucessivos ou atividades com um produto final ou serviço sendo prestado. Nos dias atuais, segundo Oliveira et al. (2010) o projeto de sistemas de produção e de organizações empresariais tem por objetivo reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor e tornar o fluxo dos processos na cadeia produtiva mais veloz e voltado às necessidades do cliente, propiciando também a sua melhoria contínua e eliminação do desperdício. Esse é o conhecido princípio da filosofia de produção enxuta – *Lean Production* (WOMACK; JONES; ROSS, 1992). Atividades não agregadoras como “espera por materiais, espera por instruções ou ordens, retrabalho, inspeção e controle” (Oliveira et al., 2010), são facilmente identificadas no processo para que possam ser substituídas e/ou eliminadas.

“A produção enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos” (WOMACK; JONES, 2004).

SHINGO (1988) Exemplifica o processo de orçamento de custos onde o custo total da obra é calculado com base em estimativas de custos individuais dos serviços, porém esses, são calculados com base no custo para se realizar o serviço numa unidade básica padrão, fazendo então com que o projeto seja falho e que não seja equivalente com a sua realidade.

“O princípio da minimização dos custos leva a uma situação de busca por altos índices de utilização dos recursos, podendo gerar buffers (aberturas - espaços de tempo ociosos) entre as atividades.” (Oliveira et al., 2010)

Os fluxos físicos das atividades não são contemplados sendo que a maioria dos custos produtivos no canteiro de obra é oriunda deste contexto; “O controle da produção tende a ser focado no controle de sub-processos individuais em detrimento do processo global, e isto faz com que se obtenham resultados não efetivos no contexto global” (Oliveira et al. 2010 apud Bernardes 2001)

Na construção enxuta é então proposto, um conjunto de princípios operacionais que visam o balanceamento das conversões (operações) e dos fluxos (processos) como cita KOSKELA (2000). Segundo este autor, no conceito de produção como um fluxo, o enfoque das melhorias está na redução das atividades que não agregam valor.

4.2 MODELO LCR

Segundo Oliveira (2010) o Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR) surgiu a partir de uma ideia de HOFACKER et al. (2008) de se desenvolver um modelo de avaliação da qualidade e do grau de aplicação da construção enxuta em empresas construtoras. Este modelo possuiria as seguintes características: interface de preenchimento simples e resumida, com itens agrupados em categorias e com pontuação na Escala Likert, que é um tipo de escala de resposta psicométrica utilizada usualmente em questionários, destacando-se que sua aplicação pudesse ser realizada na presença apenas do engenheiro da obra ou do mestre de obras, para entrevista acompanhada de observação dos pesquisadores.

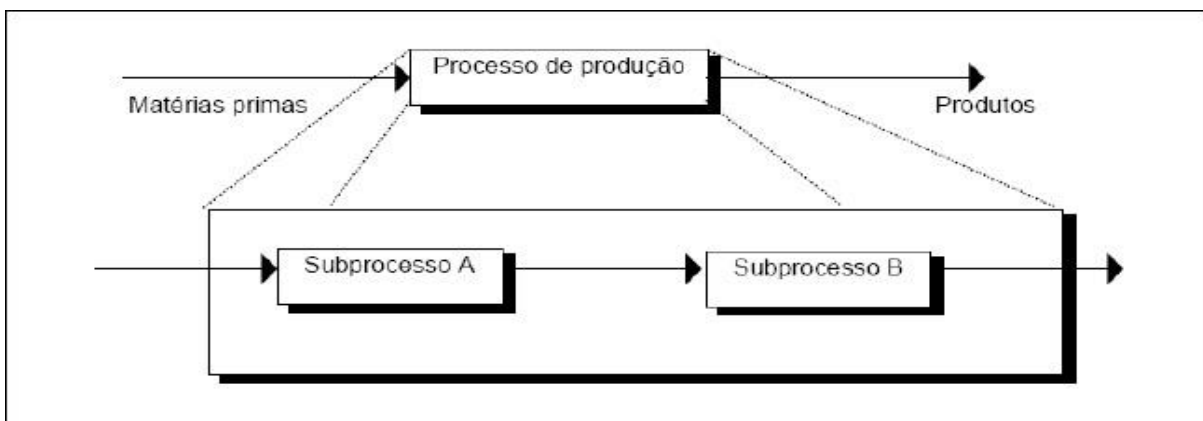
ISATTO (2000) aponta as principais deficiências deste modelo, identificado como modelo de conversão, que apresenta uma parcela de atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão, as quais não são consideradas de forma explícita. Diferentemente das atividades de conversão, estas não agregam valor. Ainda no modelo de conversão, o controle da produção tende a ser focado nos sub-processos individuais e não no sistema de produção considerado como um todo.

Segundo ISATTO (2000), uma ênfase excessiva em melhorias nas atividades de conversão, tais como inovações tecnológicas, pode deteriorar a eficiência de fluxos de outras atividades de conversão. Outra consideração refere-se a não consideração dos requisitos dos clientes, que pode resultar na produção de produtos inadequados.

Na Construção Enxuta, é importante salientar o conceito de valor, que deve estar diretamente associado ao conceito de satisfação do cliente, que se confirma com ISATTO (2000) quando afirma que a geração de valor é outro aspecto que caracteriza os processos na Construção Enxuta não sendo inerente à execução de um processo. Um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou os componentes requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

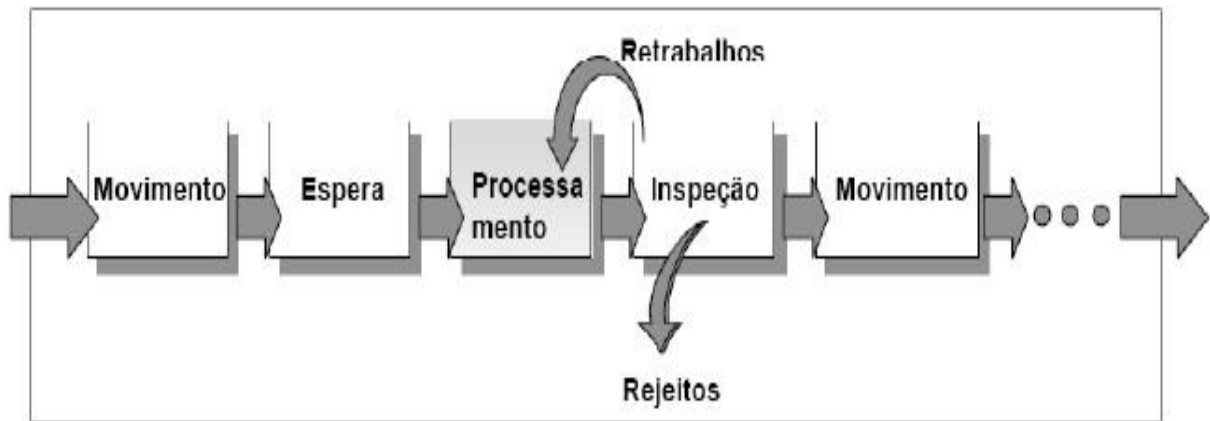
Na construção enxuta um processo é constituído de sub-processos que consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final de acordo com a filosofia gerencial proposta por Koskela ilustrada na Figura 1. Estes processos são constituídos por atividades de transporte, espera, processamento ou conversão e inspeção demonstradas na Figura 2. Dessas atividades, somente o processamento agrega valor ao produto final, por esta razão, as outras atividades são denominadas atividades de fluxo. Algumas dessas atividades como, controle dimensional, treinamento da mão-de-obra e instalação de dispositivos de segurança não agregam valor ao cliente, mas são essenciais a eficiência global dos processos.

Figura 1 - Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional



Fonte: Koskela, 1992, p.13

Figura 2 - Modelo de processos na construção enxuta



Fonte: Koskela, 1992, p.15

Segundo FORMOSO (2000), estima-se que dois terços (67%) do tempo gasto por trabalhadores em um canteiro de obras são em atividades que não agregam valor.

Segundo SHINGO (1996), produção é um fluxo de material e/ou de informação desde a matéria prima até o produto final. Neste fluxo o material é processado (conversão), é inspecionado, está parado ou está em movimento. Estas atividades são diferentes. O processamento representa a conversão da produção, a inspeção, o movimento e o armazenamento representando aspecto de fluxo de produção. Uma característica importante da Lean Construction é a geração de valor que está diretamente vinculada à satisfação do cliente, tanto internos como externos.

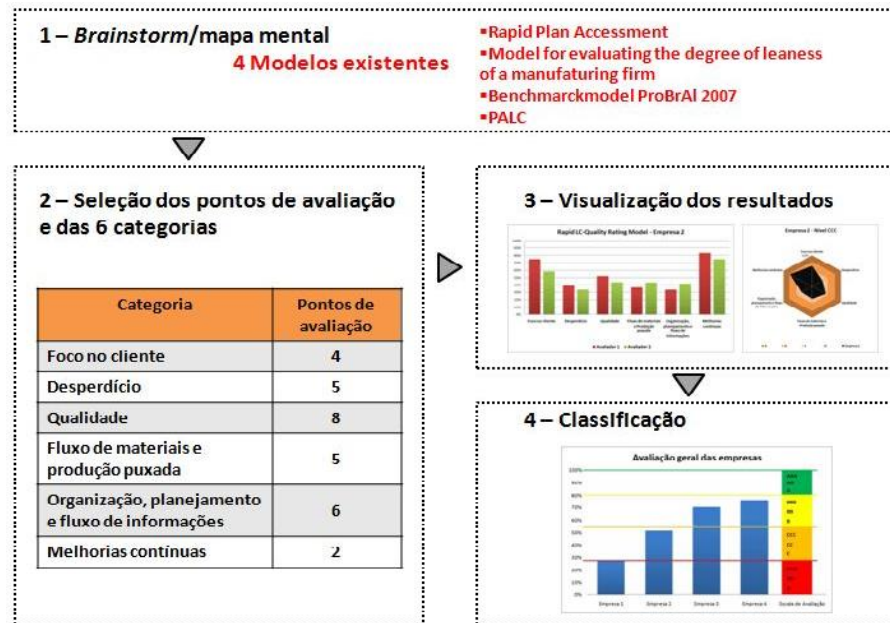
4.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A proposta de desenvolvimento do LCR originou de uma ideia, apresentada a TMB *Karlsruhe University*, denominada de Plano de Aplicação da *Lean Construction* (PALC). Este plano propunha o desenvolvimento de uma metodologia de aplicação dos conceitos enxutos em canteiros de obra, com um instrumento de avaliação (*check-list*) para medir o desempenho das empresas. Porém, o *check-list* proposto não se mostrou eficaz, o que levou os pesquisadores a desenvolver um novo modelo.

Os pesquisadores, então, iniciaram estudos de adaptação do *check-list*, para resolver as falhas, mas resolveram não fazer adaptações, e sim criar um novo modelo partindo do seguinte objetivo: desenvolver um modelo de avaliação da qualidade e do grau de aplicação da construção enxuta em empresas construtoras. E que esse modelo possuísse as seguintes características: tempo de aplicação não maior do que 1h; interface de preenchimento simples e resumida, com itens agrupados em categorias e com pontuação na escala *Likert*; que sua

aplicação pudesse ser realizada na presença apenas do engenheiro da obra ou do mestre de obras, dentro do canteiro, para entrevista acompanhada de observação dos pesquisadores. A Figura 3 representa o desenvolvimento do modelo LCR.

Figura 3 - Processo de desenvolvimento do LCR



Fonte: Adaptado de HOFACKER *et al.*, 2008

Assim, apoiados pelo PALC, e por outros modelos de avaliação do grau de enxugamento em indústrias manufatureiras (SORIANO-MEIER; FORRESTER, 2002; GOODSON, 2000; KARLSON; AHLSTRON, 1996), realizou-se um *brainstorm* para definir as categorias do modelo, bem como seus pontos de avaliação.

Foram então definidas 6 categorias: Foco no Cliente; Desperdícios; Qualidade; Fluxo de Materiais; Organização, planejamento e fluxo de informações; Melhorias contínuas. Estas categorias foram definidas a partir dos 5 princípios do *Lean Thinking* (WOMACK; JONES; ROOS, 1990) e dos 11 princípios de Koskela (1992) da *Lean Construction*. Para cada categoria foram escolhidos pontos de avaliação, com pontuação de 0 a 6, sendo que o modelo totalizou 30 questões a serem avaliadas.

Determinou-se, após a escolha das categorias e questões, que o modelo deveria ser aplicado a pelo menos cinco obras de uma mesma empresa, para fazer o perfil de aplicação da construção enxuta desta. A aplicação em apenas um canteiro de obras caracterizaria apenas a obra e o engenheiro responsável, e não a empresa. Também que o modelo deveria ser aplicado por dois pesquisadores, e que estes tivessem domínio da teoria da *Lean Construction*.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 VISITA *IN LOCO*

No quadro 01 são apresentados os dados das obras avaliadas neste estudo.

Quadro 3 - Identificação das obras visitadas

TAREFAS	OBRA A	OBRA B
Tipo	Residencial - vertical	Residencial – Horizontal
Modelo estrutural	Estrutura convencional (concreto armado) – Laje nervurada	Fundação radier e alvenaria estrutural
Unidades Habitacionais	1 torre com 17 pavimentos + áreas comuns – 36 apartamentos	174 casas
Área de Construção	1.877,35m ²	11.343,06m ²
Prazo de execução	3 anos e 6 meses	1 ano e 6 meses

Fonte: Autores

Nas figuras de 4 a 15 são apresentadas fotos referente à visita realizada na obra vertical, exemplificando alguns dos itens abordados na pontuação do modelo Rapid Lean Construction - Quality Rating Model (LCR).

5.2 OBRA “A”

Figura 4 - Retrabalho



Fonte: Acervo pessoal

Na imagem 4 não foi evidenciado o primeiro princípio de Koskela, que se resume em atividades que consomem tempo, recursos e espaço, sem agregar valor. No momento do corte na parede para a instalação da bancada, a tubulação fora atingida e assim danificada, causando retrabalho e elevando o custo e o tempo da obra.

Figura 5 - Controle de alterações do projeto

DATA	RESUMO DA ALTERAÇÃO SOLICITADA PELA OBRA	CUSTO ESTIMADO	DATA DE INÍCIO	DATA DE TÉRMINO	SITUAÇÃO
	11 Alteração de especificação para construção de parede de concreto armado (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente.				
01/02	11 Demora da entrega de materiais para início de obra (cimento, areia, tijolos, telhas, etc.) e consequente atraso na execução das obras. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 10.000,00	01/02/2014	01/02/2014	
02/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 20.000,00	02/02/2014	02/02/2014	
03/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 30.000,00	03/02/2014	03/02/2014	
04/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 40.000,00	04/02/2014	04/02/2014	
05/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 50.000,00	05/02/2014	05/02/2014	
06/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 60.000,00	06/02/2014	06/02/2014	
07/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 70.000,00	07/02/2014	07/02/2014	
08/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 80.000,00	08/02/2014	08/02/2014	
09/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 90.000,00	09/02/2014	09/02/2014	
10/02	11 Solicita-se a aprovação para a instalação de bancada de cozinha (concreto armado, laje e área de serviço) para atender a planta aprovada pelo cliente. Solicita-se a aprovação para a utilização de materiais alternativos (cimento Portland, areia lavada, etc.) para atender a planta aprovada pelo cliente.	R\$ 100.000,00	10/02/2014	10/02/2014	

Fonte: Acervo pessoal

O segundo princípio pode ser atendido ao longo do processo de projeto, com a disponibilização de dados relativos aos requisitos e às preferências dos clientes finais, através de pesquisas de mercado e avaliações pós-ocupação de edificações. Na imagem 5 temos o exemplo do controle de alterações de projetos propostas pelos clientes, que é enviado para obra e a partir dele se executa a modificação no apartamento.

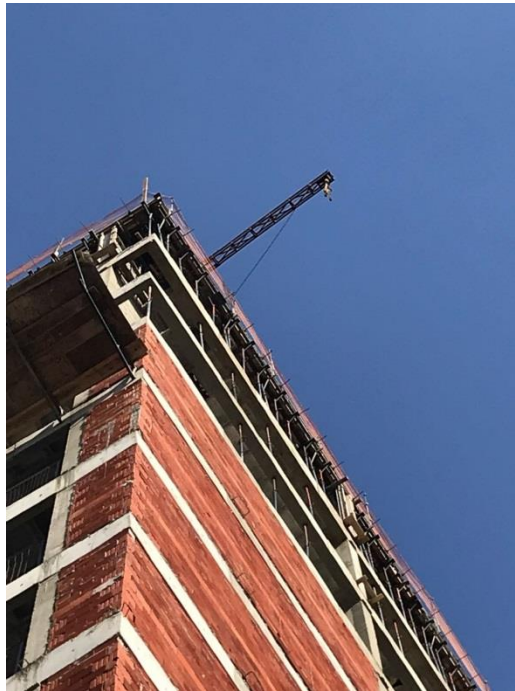
Figura 6 - Padronização das dimensões dos blocos cerâmicos.



Fonte: Acervo pessoal

Para exemplificarmos o terceiro princípio, evidencia-se a padronização de procedimentos, que normalmente é o melhor caminho para conseguir reduzir a variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção. A imagem 6, mostra que são utilizadas as mesmas dimensões dos blocos cerâmicos definidos nos projetos e executados na alvenaria da obra, viabilizando assim um padrão no paisagismo da construção.

Figura 725 - Grua



Fonte: Acervo pessoal

Para o quarto princípio segundo, a diminuição do tempo de ciclo propiciará na entrega mais rápido o produto ao cliente. Na imagem 7 está retratada a mini grua utilizada no transporte de materiais da obra, assim agilizando o processo e reduzindo o tempo dos serviços.

Figura 8 - Vergas pré-moldadas



Fonte: Acervo pessoal

O quinto princípio de Koskela diz que em uma Construção Enxuta deve-se minimizar o número de passos e partes, isso fora evidenciado na obra através de vergas (Figura 8) que, ao serem compradas prontas, realiza-se o serviço em menos tempo com o mesmo resultado.

Figura 9 – Utilização de dispositivos visuais



Fonte: Acervo pessoal

Diante do sétimo princípio, Isatto cita alguns métodos de aumentar a transparência no processo, sendo um deles a utilização de dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas. Nota-se pela figura 9, uma placa de sinalização para que os funcionários atendam com rigor as normas impostas pela Lei Trabalhista, isto que, de certa forma, é pelo zelo de sua segurança.

Figura 10 - Armazenamento de material



Fonte: Acervo pessoal

Programa 5S – Segundo “S” significa “Organização e Arrumação”. A imagem 10 ilustra o armazenamento adequado das barras de aço no canteiro de obras.

Figura 11 - Armazenamento de materiais



Fonte: Acervo pessoal

Programa 5S - Primeiro “S” significa “Utilização e Ordenação”. A imagem 11 mostra a tubulação conservada, organizada e separada por diâmetros.

Figura 12 - Limpeza no canteiro de obras



Fonte: Acervo pessoal

Programa 5S - Terceiro “S” significa “Limpeza”. A figura 12 mostra o depósito limpo e bem organizado de argamassa, rejunte cal, cimento.

Figura 13 - Treinamento de funcionários



Fonte: Acervo pessoal

O nono princípio consiste no esforço de diminuir o desperdício e o aumento da agregação de valor em processo produtivo, deve ser realizado de forma incremental e interativa. A imagem 13 mostra um exemplo na obra através de treinamento de NR 35 – Trabalho em Altura.

Figura 14 - Distribuição dos blocos cerâmico



Fonte: Acervo pessoal

Isatto sugeria para a aplicação desse princípio, uma consciência por parte da gerência de produção que é fundamental atuar em ambas as frentes. Primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um determinado processo. Décimo princípio consiste em equilibrar melhorias de fluxo e conversão. A figura 14 mostra os paletes dos blocos cerâmicos que são distribuídos dentro dos apartamentos com a quantidade exata para se executar uma unidade.

Figura 14 - Armazenamento de resíduos



Fonte: Acervo pessoal

A separação dos resíduos apresentada na figura 15, não está de maneira adequada, pois os resíduos de classe A, B e C estão armazenados juntos, pois a obra em questão não realiza a reciclagem dos materiais descartados.

5.3 OBRA “B”

Da mesma forma, nas figuras 16 a 27 são apresentadas fotos relativas as visitas realizadas na obra horizontal.

Figura 16 - Aferição de serviço de alvenaria



Fonte: Acervo pessoal

Diante do primeiro princípio, ao contrário de reduzir, esta atividade agrega valor à obra, pois como exemplo da ilustração 16, todos os serviços são conferidos diariamente, só havendo a liberação para a próxima etapa se for aprovado, evitando assim o retrabalho nas atividades.

Figura 17 - Conferência de dimensões dos blocos de concreto



Fonte: Acervo pessoal

O terceiro princípio Koskela sugeria a padronização de procedimentos, o qual seria o melhor caminho para conseguir reduzir variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção (SHINGO, 1996). Não se utiliza materiais fora dos padrões determinados pela empresa. Em relação aos blocos de concreto, amostras são inspecionadas quanto às dimensões e a resistência e se não atender o que se pede o lote é reprovado.

Figura 18 - Pá carregadeira transportando



Fonte: Acervo pessoal

Perante o quarto princípio, o tempo de ciclo pode ser definido como o somatório de todos os tempos necessários para ser produzir um determinado produto. Esses tempos podem ser, por exemplo, de transporte de material. Na imagem 18 está retratada a pá carregadeira utilizada no transporte de materiais da obra, assim agilizando o processo e reduzindo o tempo dos serviços.

Figura 19 - Caixas de passagem pré-moldadas



Fonte: Acervo pessoal

Já o quinto princípio de Koskela diz que em uma Construção Enxuta deve-se minimizar o número de passos e partes, isso fora evidenciado na obra através das caixas de passagem que são pré-moldadas, como e não executadas na obra, minimizando a execução de serviços e mão de obra como mostra a figura 19.

Figura 20 - Forma metálica



Fonte: Acervo pessoal

O aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. Um exemplo é o uso da

forma metálica mostrado na imagem 20, que, além de aprimorar o processo, tem maior vida útil, o que significa que este material suporta mais que o convencional, no caso a forma de madeira. Isto pode ser evidenciado no quinto princípio.

Figura 21 - Traços são expostos na betoneira



Fonte: Acervo pessoal

Traços de argamassa e concreto são informações importantes para realização do trabalho, estas são expostas nos murais da betoneira, como mostra a figura 21, para que o operador não tenha dúvida e realize seu serviço com qualidade, seguindo assim o sétimo princípio da Construção Enxuta.

Figura 22 - Cronograma da obra



Fonte: Acervo pessoal

Koskela propunha a facilidade para identificação de problema, normalmente, pela disposição de meios físicos, dispositivos e indicadores. Pouca transparência no processo avança a propensão ao erro e diminui a vontade de melhorias. O cronograma é deixado de

forma visível para que todos da administração possam acompanhar e segui-lo como exposto na figura 22.

Figura 23 - Distribuição dos blocos de concreto nos lotes



Fonte: Acervo pessoal

Isatto sugeria, primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um processo específico. O décimo princípio consiste em equilibrar melhorias de fluxo e conversão. Os paletes dos blocos de concreto mostrados na figura 23 são distribuídos em frente o radier com a quantidade exata para se executar uma unidade.

Figura 24 - Treinamento com a administração



Fonte: Acervo pessoal

O trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo. A figura 24 é uma fotografia tirada no dia da realização do Curso de Trabalho em Altura conforme Norma Regulamentadora – 35.

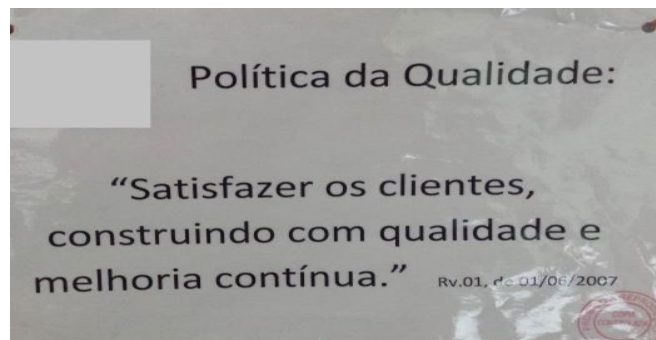
Figura 25 - Treinamento com funcionário



Fonte: Acervo pessoal

A empresa treina todos os funcionários (Figura 25) com o objetivo de fornecer a eles o discernimento e competência necessária para executar as atividades que afetam na qualidade do produto.

Figura 26 - Política de Qualidade



Fonte: Acervo pessoal

Para a aplicação deste princípio, deve-se conhecer os processos próprios da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares, tipicamente consideradas líderes, em um determinado segmento ou aspectos específicos; entender os princípios por trás dessas boas práticas e adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa (ISATTO et al., 2000).

A melhoria contínua está na Política da Qualidade da empresa. Para isso, são estudados e aplicados métodos desenvolvidos por empresas referências e líderes no mercado para serem usados na construtora. A figura 26 mostra um cartaz afixado na obra.

Figura 27 - Reciclagem de materiais



Fonte: Acervo pessoal

Separação do lixo da obra por classe, seguindo os princípios da Política da Qualidade da empresa (ISO 9001 e PBQP-H). Classe A – concreto, argamassa, tijolo, caco cerâmico; Classe B – papéis, plásticos recicláveis, metais; Classe C – gesso; Classe D – solventes, tintas e vernizes. A figura 27 mostra como é feita a separação do lixo na obra.

6 DADOS COMPARATIVOS

Na tabela 1 é apresentada a pontuação obtida pelas obras após avaliação realizada nas visitas *in loco*.

Segue abaixo a escala do critério de avaliação para o questionário da LCR a seguir:

Quadro 4 - Critérios de avaliação LCR

Nível de desempenho	Nota
Inadequado	1
Fraco	2
Regular	3
Bom	4
Muito bom	5
Excelente	6

Fonte: Adaptado de RAPID LEAN CONSTRUCTION-QUALITY RATING MODE, p.165, 2010

Tabela 1 - Questionário LRC

Categoria	Nº	Pontos de avaliação	0-6	
			Obra A	Obra B
Foco no cliente	1.	Foco no cliente, em termos de vendas, marketing e foco estratégico, detectando o que é o valor para o cliente.	4	6
	2.	Comunicação regular com o cliente e flexibilidade para adaptar as mudanças requeridas.	6	3
	3.	Flexibilidade do projeto e comunicação entre os projetistas e gerente da construção (durante a execução).	6	5
	4.	Limpeza do canteiro de obras (5S).	5	6
Desperdícios	5.	Desperdício dos materiais de construção: detecção dos desperdícios e consciência no canteiro.	5	5
	6.	Ações, conhecimento e incentivos para eliminar os desperdícios (produção em excesso, tempos de espera, transportes desnecessários, retrabalhos...).	4	6
	7.	Gerenciamento de resíduos (reciclagem, separação de entulho da construção).	3	6
	8.	Utilização dos espaços: quanto o espaço é eficientemente utilizado (áreas dedicadas aos materiais, pequenas peças organizadas, menor espaço possível utilizado).	5	4
	9.	Tempo desperdiçado (redução do tempo de transporte, tempo de espera, padronização do uso de equipamentos e transportes).	5	5
Qualidade	10.	Controle de qualidade constante dos materiais de construção (e.g. certificação de controle de resistência do concreto).	4	6

	11.	A empresa possui algum tipo de certificação de qualidade (e.g. ISO, PBQP-H).	3	6
	12.	Percepção visual de qualidade de execução de serviços (variabilidade do padrão).	6	5
	13.	Segurança no canteiro de obras.	5	4
	14.	Busca e análises das causas dos retrabalhos.	3	3
	15.	Padronização dos processos.	6	6
	16.	Sistema de gerenciamento visual (sinalização clara, sinalização autoexplicativa e sistemas de controle de qualidade).	3	5
	17.	Grau de mecanização (maquinário técnico) para obter uma qualidade de padronização e desempenho.	4	4
Fluxo de materiais e produção puxada	18.	Sistema de cartões Kanban (existência e bom funcionamento).	0	0
	19.	Aplicação de conceitos just-in-time (medição e.g. da quantidade de armazenamento, e.g. estoque >1 semana, não é JIT).	5	5
	20.	Uso de concreto usinado (uso =(6), feito no canteiro = 0).	5	5
	21.	Sistema de pedido e tempo de reposição de materiais (concreto, aço, tijolos) pelos fornecedores (1 dia = (6), 1 semana = (3), > 2 semanas = (0)).	3	3
	22.	Uso de sistemas de transporte (grua) e padronização dos transportes (pallets).	6	6
Organização, planejamento e fluxo de informações	23.	Como é a consciência, convencimento e suporte da alta gerência na aplicação do Lean Construction.	4	4
	24.	Motivação e responsabilidade dos empregados (existe ações, métodos que promovam isso?).	4	5

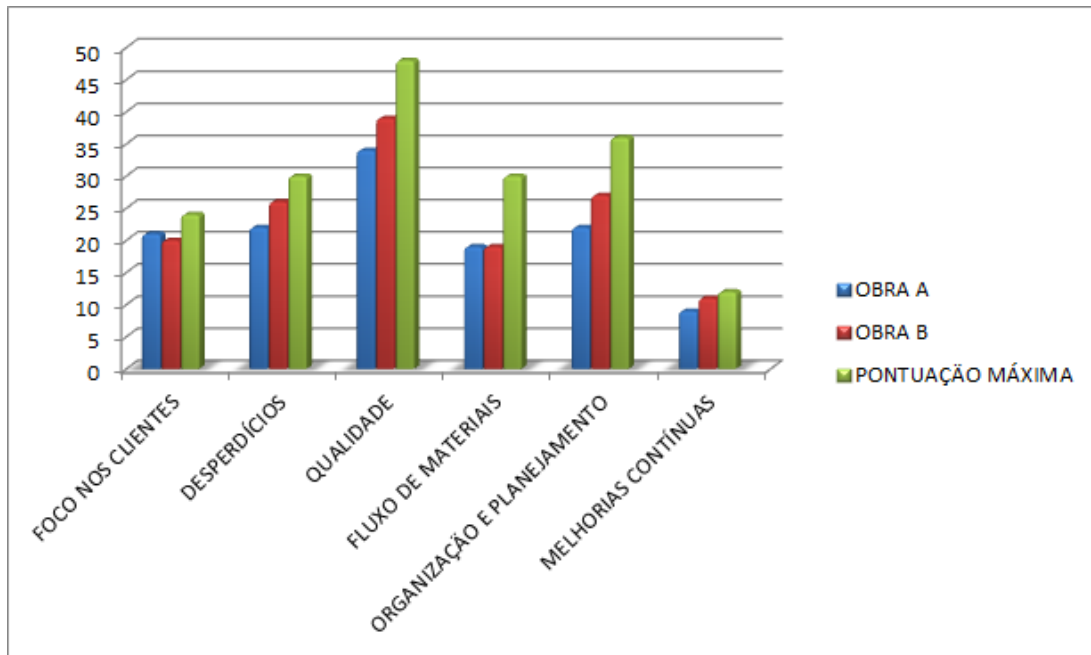
	25.	Polivalência dos times (os quão flexíveis são os empregados para trabalhar em diferentes serviços).	5	5
	26.	São feitas reuniões diárias com aplicação do sistema <i>Last-Planner</i> (6)? Ou a estrutura de planejamento da produção é tradicional (0)?	3	3
	27.	Ferramentas de comunicação (e.g. aplicação do <i>Andon</i>).	3	6
	28.	Aplicação de sistemas de informação vertical e horizontal.	3	4
Melhorias contínuas	29.	Busca da empresa pela perfeição, processo de aplicação do aprendizado de projeto para projeto.	5	5
	30.	Educação continuada dos empregados (e.g. qualidade, cursos de especialização, Lean...).	4	6
Pontuação obtida			127	142
Pontuação máxima LCR			180	

Fonte: Adaptado de RAPID LEAN CONSTRUCTION-QUALITY RATING MODE, p.165 - 167, 2010

Após a aplicação do questionário obtivemos um valor de 127 pontos para obra A, que representa quase 71% da pontuação máxima, e 142 pontos para obra B, alcançando mais de 78%. As obras diferenciam-se entre si em 7%, um índice consideravelmente pequeno levando em consideração o padrão dos empreendimentos.

No gráfico 2 é apresentado o comparativo a partir dos resultados obtidos, subdividido pelas seis categorias do modelo LCR.

Gráfico 2 - Comparativo de obras



Fonte: Acervo pessoal

Avaliando o gráfico destaca-se o item “foco no cliente”. A obra A se sobressai pela flexibilidade na alteração de projetos e acabamentos, o comprador de um apartamento pode dispor de duas opções de plantas para personalizar sua moradia. É permitido também modificar as chamadas peças úmidas das unidades (banheiros, cozinhas e áreas de serviço) ampliando, diminuindo ou transformando-os em cômodos alternativos. .

Diferente da obra A, a obra B não disponibiliza nenhum tipo de alteração, tanto para projeto quanto para acabamento. As casas do residencial são padronizadas e podem ser modificadas apenas após a entrega da unidade, algo comum para empreendimentos de baixa renda.

A empresa da obra B se destaca no item “qualidade” por ser certificada na ISO 9001 e PBQP-H, encaixando-a assim em um dos métodos enxutos da Lean Construction.

A menor diferença se encontra no item “fluxo de materiais”. O sistema de pedido e de reposição de materiais das duas empresas avaliadas é similar, com pequenas exceções, os produtos são produzidos, transportados e comprados na hora exata.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho de conclusão de curso, além de se comentar sobre pensamento enxuto, fora explorada a lógica da Construção Enxuta, para congrega conhecimentos e responder a questão de pesquisa e atingir ao objetivo proposto. A pesquisa qualitativa realizada por meio

de Estudo de Caso Múltiplo, verifica as práticas da Construção Enxuta em duas construções, uma vertical e outra horizontal, na região do interior de Goiás, na cidade de Anápolis. Foram abordados os itens da filosofia da Construção Enxuta e os princípios aplicados nas obras habitacionais pesquisadas.

Discorreram-se os princípios desenvolvidos por Koskela (1992), focando a melhoria do processo de transformação e movimentação acerca dos canteiros de obras, nas aplicações do modelo LCR e no JIT (Just in Time). Sobre a temática aqui objetivada, as construções exploradas demonstraram-se adequadas quanto às ferramentas e filosofia da Construção Enxuta. Analisados os itens do conteúdo do sistema da Construção Enxuta junto com a sua direção e gestores envolvidos no processo, foram, também argumentados o uso e conhecimento das ferramentas da Manufatura Enxuta na Construção Civil.

Foram evidenciados nos dois empreendimentos vários princípios da construção enxuta, um fator que contribuiu muito para isso é a implantação do sistema de gestão da qualidade ISO 9001 e PBQP-H na obra horizontal.

O modelo não possui parâmetros para classificação de uma obra ser enxuta ou não, assim, entende-se que quanto mais próximo da pontuação máxima, mais enxuta a obra é, como as obras possuem pontuação elevada pode-se afirmar que elas são enxutas, destacando que a obra B é mais enxuta do que a A.

A pequena diferença entre a pontuação das obras pode ser explicada pela divergência de padrões das mesmas. Para um melhor resultado recomenda-se a aplicação do modelo entre obras que possuam o mesmo padrão de construção. Ainda, é importante citar que o questionário é subjetivo e depende da avaliação tanto do entrevistado quanto dos entrevistadores, que no caso são quem propõem os critérios à serem aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Tatiana Gondim do. **Construção Enxuta**. Apostila. Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia de Produção de Edifícios- CEGT. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- CARVALHO, B. S. **Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. 2008. Dissertação de mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Construção Civil: 2008.
- COSTA, Joice D. **Aplicação na construção civil de técnicas e ferramentas de planejamento e controle, baseados no conceito da construção enxuta**. Universidade Federal Do Rio De Janeiro/ Escola Politecnica, 2016
- FORMOSO, Carlos Torres. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-NORIE/URFS, 2002.
- GHINATO, Paulo. **Produção e Competitividade: Aplicação e Inovações**. Tradução: Adiel Almeida e Fernando Souza. Recife: UFPE, 2000.
- HOFACKER, Alexander; OLIVEIRA, B. F.; GEHBAUER, F.; FREITAS, M. C. D.; MENDES JÚNIOR, R.; SANTOS, A.; KIRSCH, J. **Rapid lean construction-quality rating model (LCR)**. In: 16th International Group for Lean Construction conference. Manchester, IGLC, 2008.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to the construction industry**. Technical Report n. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, CA, 1992.
- LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
- OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. Tradução de Cristina Schumacher.
- OLIVEIRA, Bruno F.; FREITAS, M. C. D.; HOFACKER, A.; GEHBAUER, F.; MENDES JÚNIOR, R. **Um modelo de avaliação do grau de aplicação de Ferramentas Lean em empresas construtoras: o rapid Lean construction-quality rating Model (LCR)**. Revista Ibero-americana de Engenharia Industrial, Florianópolis, SC, v. 2, n. 2, p. 156-174. dez. 2010.
- OLIVIRA, Erikson R. M. **Estudo de caso em construtora de porte médio**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Centro De Tecnologia Departamento De Engenharia Civil Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil Metodologia De Implantação Da Construção Enxuta. NATAL/RN 2013.
- OYAMA, Raphael A. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em uma obra vertical**. Universidade Da Amazônia – UNAMA Centro De Ciências Exatas E Tecnologia – CCET Belém – PA, 2010

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** 2 ed. Porto Alegre. Artes médicas, 1996.

WIGINESCKI, Beatriz B, **princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso.** Universidade Federal Do Paraná, Curitiba – PR, 2009

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J.P; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

<http://www.cbicdados.com.br/home/>

<http://www.cbicdados.com.br/menu/home/pib-2016>