

## **Avaliação dos processos de execução de alvenaria de vedação e de revestimento argamassado em obra com base nos onze princípios da Construção Enxuta**

Silvia Sartor Roseng (1), Leopoldo Pedro Guimarães Filho (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) silvia\_roseng@hotmail.com, (2) lpg@unesc.net

**Resumo:** A filosofia *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, visa à satisfação total do cliente, sem que ele tenha que pagar pelas falhas e desperdícios que ocorrem durante os processos. O presente artigo possui como objetivo avaliar os processos de execução de alvenaria de vedação e revestimento argamassado com base na filosofia Construção Enxuta, identificando de forma crítica, o desenvolvimento e melhorias na execução de tais atividades. Para tanto, realizou-se uma pesquisa qualitativa, através da aplicação de um questionário, resultando uma análise entre a metodologia aplicada em uma obra e a filosofia da Construção Enxuta. Os resultados obtidos sugerem que a implantação desta filosofia é de suma importância para atender às necessidades do empreendedor e do cliente, nas expectativas de controle de custo, cumprimento dos prazos estabelecidos e garantia da qualidade final do produto.

**Palavras-chave:** Planejamento; Alvenaria de vedação, Revestimento argamassado, Construção Enxuta; Sistemas Produtivos.

### **Introdução**

A construção civil é um dos setores da indústria mais antigos e com um grande consumo de materiais e serviços. Conforme Pádua (2014), a construção civil brasileira não acompanhou a evolução que as indústrias de bens de consumo sofreram ao decorrer dos séculos, visto que é caracterizada pela informalidade dos procedimentos e padrões construtivos, falta de investimentos na qualificação de mão de obra, dificuldade em aceitar mudanças de modelos e metodologias ultrapassadas, além de possuir um caráter extremamente artesanal em vários serviços.

Essas particularidades contribuem para ações de improvisação nas atividades da construção civil, o que faz aumentar as atividades que não agregam valor ao produto final e que elevam seus custos (PÁDUA, 2014). Segundo Isatto et al. (2000), os problemas gerenciais são os grandes causadores dos baixos níveis de eficiência e qualidade na construção civil no Brasil e exterior. O segredo para a competitividade está no planejamento racional de todas as

atividades da produção da construção civil. Muitas obras ainda são executadas com planejamento pouco formal, sem a garantia do cumprimento do prazo estabelecido e também do orçamento estipulado (LIMMER, 2013).

Uma das possíveis alternativas a serem adotadas para que as empresas da indústria da construção civil podem adotar para aumentarem sua competitividade e a manutenção no mercado é o uso da filosofia Construção Enxuta (*Lean Construction*) em seus processos, nas áreas de planejamento, projetos e execução (OHNO, 1997). Trata-se de uma adaptação à construção civil dos princípios e conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP), criado no Japão, após a Segunda Guerra Mundial. Koskela, em 1992, adaptou o STP para a Construção Civil e a partir disso, muitos esforços têm sido feitos para melhorar e inovar a forma de produção, desde a elaboração dos projetos até a sua execução. O sistema de produção enxuto procura promover a eliminação de desperdícios e aumento da produtividade, no qual o desperdício se refere a todos os elementos da produção que só aumentam o custo, sem agregação de valor (OHNO, 1997).

O objetivo da Construção Enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo os custos e gerando maior lucro. Sarcinelli (2008) cita que a construção civil possui muitas atividades entendidas como “não geradoras de valor”, escondidas em movimentos e transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros. Estas atividades podem ocorrer desde projetos mal feitos, planejamento executivo obsoleto, individualidade de ações no canteiro, não havendo a ideia de conjunto.

Segundo Koskela (1992), a grande contribuição da Construção Enxuta para a indústria da construção civil é o entendimento de que o sequenciamento da produção vai além de uma sucessão de atividades de conversão, ressaltando todas as atividades de apoio (fluxo), como atividades de transporte, de espera e de inspeção. A base da Construção Enxuta é o entendimento de que a produção possui três aspectos fundamentais: fluxo, conversão e valor. Todos consomem custo e tempo, mas só a conversão é que agrega valor e parte da informação que é transformada em produto.

O gerenciamento tradicional define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que são atividades que transformam matérias primas em produtos intermediários ou finais, como ilustra a Figura 1. Por este motivo, essa filosofia também é chamada de Modelo de Conversão (FORMOSO, 2002).

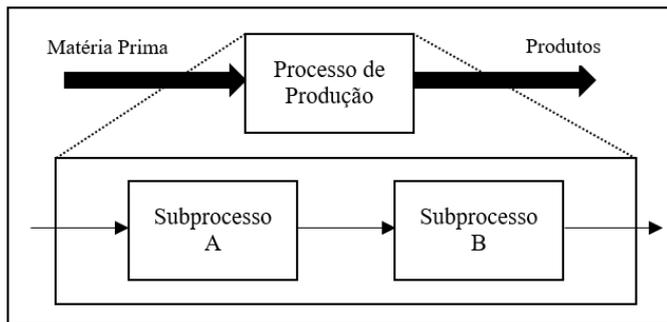


Figura 1: Modelo de processo na filosofia tradicional (Fonte: Formoso, 2002)

O modelo de processo da Construção Enxuta inclui também o fluxo de materiais, além das atividades de conversão. Essas atividades analisadas são compostas por etapas de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção, como ilustra a Figura 2. Isso corrobora o fato de que existem, além das atividades que agregam valor ao produto final, as atividades que não agregam valor a esse produto (KOSKELA, 1992).

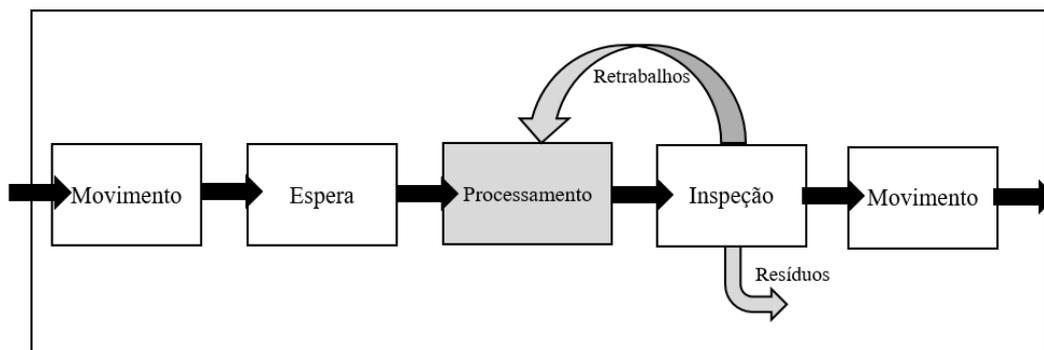


Figura 2: Modelo de processo da Construção Enxuta (Fonte: Koskela, 1992)

De acordo com Koskela (1992), o fato da filosofia tradicional menosprezar os fluxos geram atividades que não agregam valor ao produto. Com o modelo da Construção Enxuta, há uma maior visão do processo, com ganhos através da otimização de fluxos e atividades.

Para Azevedo et al. (2010), além do fluxo de montagem, materiais e informações, existe um outro tipo de fluxo na produção que necessita ser gerenciado, chamado fluxo de trabalho. Este fluxo refere-se ao conjunto de operações realizadas por cada equipe no canteiro de obras. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipes ou máquinas.

O modelo tradicional de conversão não é necessariamente errado, já que é perfeitamente aplicável a sistemas de produção simples, com apenas um processo de conversão. Com os sistemas de produção tornando-se mais complexos e os mercados mais competitivos, o modelo de conversão passou a não representar adequadamente os sistemas de produção (ISATTO et al., 2000).

Koskela (1992) apresentou onze princípios para a Construção Enxuta (*Lean Construction*):

a) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor – Para Koskela (1992), as atividades podem ser definidas como atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor (desperdício), e atividades que consomem tempo, recursos e espaço, sem agregar valor. Este é um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, onde a eficiência dos processos pode ser melhorada e perdas reduzidas, não só através da melhoria das atividades de conversão, mas também pela eliminação de algumas atividades de fluxo (ISATTO et al., 2000). Isso significa reduzir as atividades que consomem tempo, recurso ou espaço, mas não contribuem para atender aos requisitos dos clientes (KOSKELA, 1992);

b) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente – Segundo Koskela (1992), o valor é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. O cliente pode ser o consumidor final ou a próxima atividade no processo de produção. A aproximação prática a este princípio passa por sistematizar a projeção para os fluxos, onde o cliente é definido para cada estágio e suas necessidades analisadas;

c) Reduzir a variabilidade – A padronização de procedimentos é, normalmente, o melhor caminho para conseguir diminuir a variabilidade. Segundo Isatto et al. (2000), existem diversos tipos de variabilidade, relacionados com o processo de produção, como por exemplo, a variação dimensional dos materiais, a variabilidade existente na execução de um determinado processo e a variabilidade da demanda, que está relacionada às vontades e necessidades dos clientes de um processo. A redução da variabilidade também se justifica pelo fato de que elevadas variabilidades tendem a aumentar as atividades que não agregam valor e aumentar também o tempo de execução do serviço;

d) Reduzir o tempo do ciclo de produção – O ciclo de produção é o tempo necessário para que uma peça particular percorra seu fluxo. Este princípio força a redução dos prazos de execução dos serviços, forçando também a eliminação das atividades. Além disso, a redução dos tempos de fluxo contribui para a entrega mais rápida do produto para os clientes, facilita o controle dos processos, aumenta o efeito aprendizagem e torna o trabalho menos susceptível a mudanças de demanda;

e) Simplificar 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 num fluxo de materiais ou informações (BERNARDES, 2003).

Através da simplificação podem-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção. Quanto mais passos ou partes num processo, maior é a chance de alguns desses processos não agregarem valor ao produto final;

f) Aumentar a flexibilidade na execução do produto – Segundo Isatto et al. (2000), a flexibilidade está ligada à possibilidade de alterar as características dos produtos finais entregues aos clientes, sem elevar significativamente seus custos. A aplicação desse princípio pode ocorrer na redução do tamanho dos lotes, no uso de mão-de-obra polivalente, na customização do produto, 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);

g) 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). A transparência dos processos tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados por qualquer componente do sistema produtivo, aumenta a disponibilidade de informações necessárias para a execução dos serviços, tornando o trabalho mais fácil de ser executado. Essa transparência pode ser utilizada para aumentar também o nível de envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de sugestões de melhoria e implementação das mesmas;

h) Focar o controle no processo global – 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);

i) Introduzir melhoria contínua no processo – 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;

j) 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 e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhoras do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão. Isatto et al. (2000) sugerem, para a aplicação deste 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;

k) Referenciais de ponta (*benchmarking*) – Consistem em um processo de aprendizado, a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes, num determinado segmento ou aspectos específicos (ISATTO et al., 2000).

Para que a Construção Enxuta seja aplicada com sucesso, Borges (2018) cita que as empresas de construção civil precisam utilizar as ferramentas corretas para minimizar os sete desperdícios identificados por Taichi Ohno, Em seus trabalhos, Ohno identificou e classificou sete grandes tipos de desperdícios constantes e que devem ser eliminados de um sistema de produção, os quais são: por superprodução, por transporte, no processamento em si, devido à fabricação de produtos defeituosos, nos estoques, no movimento e por espera.

Vargas *et al* (1997) adaptou os desperdícios da *Lean Production* associando-as com as perdas da Construção Enxuta, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Os desperdícios segundo sua natureza, origem e incidência (Fonte: Vargas *et al*,1997)

Desperdício	Conceito	Exemplo
Superprodução	Produção além do necessário de um determinado serviço.	Produção de volume de concreto acima do necessário para a concretagem de uma laje.
Estoque	Estoque em excesso, devido a falha de programação na entrega do material.	Armazenamento de materiais na obra muito antes da sua utilização.
Espera	Produtos ou serviços em fila esperando para serem executados. Podem envolver tanto perdas de mão-de-obra quanto de equipamentos.	Espera para fazer um determinado serviço devido à falta de um determinado material.
Transporte	Desperdício de tempo que não agrega valor e gera custos extras. Está associado ao manuseio excessivo e inadequado dos materiais.	Consumo de tempo no transporte de materiais entre o local de estocagem e o de transformação.
Movimento	Quando o processo de trabalho não é adequado, os operários acabam trabalhando além do necessário, com menor produtividade.	Maior esforço do operário para fazer uma determinada tarefa devido às condições ergonômicas desfavoráveis.
Processamento	Erros na concepção do produto e/ou nas diversas etapas de sua elaboração, acarretando grandes perdas de: materiais, tempo, hora/homem e hora/máquina, elevando os custos.	Retrabalho de uma determinada tarefa devido à falta de detalhamento e construtibilidade do projeto.
Elaboração de produtos defeituosos	Quando os produtos fabricados não atendem à qualidade esperada. Acabam resultando em retrabalho ou em redução de desempenho do produto final.	Erro na estrutura devido à falta de integração entre o projeto e a execução, tendo que parte desta ser desfeita.

Segundo Guimarães Filho (2016), o desperdício de materiais nas edificações é gerado, principalmente, nos serviços que exigem a moldagem *in loco*, como é o caso das estruturas de concreto armado, alvenarias de fechamento ou estruturais e revestimentos argamassados, por

exemplo. Guimarães Filho cita que Andrade et.al (2001), realizaram um levantamento com a estimativa de entulho gerado nas obras de edificações da construção civil, e constataram que 31,45% dos resíduos gerados são blocos / tijolos, seguido de 26,90% que são gerados nas atividades que envolvem o uso de argamassa de paredes e tetos, somados com 10,22% gerados do uso de argamassa utilizados no assentamento de alvenaria. As atividades anteriormente citadas, são responsáveis por 68,57% de toda a geração de resíduos nos canteiros de obra de edificações da construção civil.

Para Guimarães Filho (2016), um dos principais indicadores dos custos da não qualidade dentro da construção civil nos canteiros de obra é o combate ao desperdício. Ao identificar esses desperdícios no planejamento e processo de produção, observa-se um grande potencial nas empresas construtoras para a introdução de programas da qualidade buscando a melhoria de produtos, processos, e a redução e possível eliminação das atividades que não agregam valor ao produto na visão do cliente.

O objetivo da pesquisa é avaliar as atividades de execução de alvenaria de vedação e de revestimento argamassado a luz dos onze princípios da Construção Enxuta (*Lean Construction*) na Indústria da Construção Civil Subsetor Edificações (ICCSE). Para tanto, serão identificados as ações planejadas e tomadas pela empresa no empreendimento avaliado, e como atendem tal filosofia. Serão propostas melhorias e adequações nos processos alvenaria de elevação e revestimento argamassado. Conforme Formoso (2002), Koskela em seu relatório publicado em 1992, desafia os profissionais da Construção Civil a quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no Sistema Toyota de Produção.

## **Materiais e Métodos**

A presente pesquisa teve caráter de pesquisa exploratório, pois buscou proporcionar maior familiaridade com o problema apresentado. Tomou a forma de estudo de caso, visto que consistiu no estudo profundo de um objeto, o que permitiu seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2008).

Para execução desta pesquisa, foram realizadas as seguintes etapas na sequência explanadas, para alcançar o objetivo de avaliar a utilização dos onze princípios da Construção Enxuta nos processos de execução de alvenaria de vedação e de revestimento argamassado, na ICCSE:

- ✓ Revisão bibliográfica acerca da filosofia da Construção Enxuta;
- ✓ Busca de referenciais com as principais atividades geradoras de resíduos, e consequentemente, desperdícios na construção civil;
- ✓ Realização de diagnóstico da atual situação do canteiro de obra de uma edificação em construção, acompanhando os processos alvenaria de elevação e revestimento argamassado, por serem os maiores geradores de resíduos.

Para revisão bibliográfica, realizou-se uma pesquisa sobre os principais autores e temas estudados sobre a Construção Enxuta, principalmente no que tange seus onze princípios. Após conhecimento necessário, realizou-se uma pesquisa em artigos que identificassem os principais processos geradores de resíduos na Indústria da Construção Civil, Subsetor Edificações, e consequentemente, os processos que geram maior desperdício nas etapas de construção. Através dessa pesquisa, foi possível construir o conhecimento necessário para dar andamento ao estudo, verificando possibilidades de rotina para agregar ao processo, promovendo melhorias e evitando perdas existentes nas atividades, baseado na filosofia da Construção Enxuta.

Buscando a avaliação da inserção dos princípios da Construção Enxuta, realizaram-se visitas em um canteiro de obra de uma construtora de Içara, SC, a qual possui doze anos no mercado da construção civil na região sul catarinense, com foco em empreendimentos de médio e alto padrão.

Nas visitas ao canteiro, pode-se acompanhar o andamento das atividades de alvenaria no quinto e sexto pavimento, e de reboco no primeiro e segundo pavimento, onde realizou-se um diagnóstico de tempo, método e materiais utilizados para essas etapas. Nessa etapa, acompanhou-se os dados de rendimento das equipes, os impactos das ações implantadas no canteiro de obras e também no controle de metas de produção da obra. O diagnóstico foi focado nos onze princípios da Construção Enxuta, verificando quais foram aplicados e também possíveis pontos de melhorias, com base na filosofia estudada, que aplicados a essas etapas trariam benefícios ao sistema como um todo.

Com a finalidade de evidenciar a existência da filosofia Construção Enxuta, durante as visitas no canteiro de obras, o diagnóstico foi realizado com base em uma pesquisa de campo adaptada de Kurek (2006) e Tonin (2013). As opções de respostas eram de 0 à 3, com as escolhas de Não aplicado (0), Aplicado com deficiência (1), Aplicado parcialmente (2) e Totalmente aplicado (3). Essa escala gerou uma porcentagem de atendimento para cada princípio e atividade avaliada.

Após diagnóstico concluído, iniciou-se a verificação de possíveis aplicações de melhorias baseadas nos onze princípios da Construção Enxuta. Cada princípio foi isoladamente estudado para verificar o atendimento e também os métodos de implantação nas duas atividades que geram a maior quantidade de resíduos durante a execução de uma obra. Sendo assim, melhorias foram sugeridas nos dois processos para cada princípio estudado, com base na filosofia estudada. Cada ação sugerida teve por objetivo encontrar resultados específicos, principalmente no que diz respeito a redução de desperdícios identificados, tanto de materiais como de tempo de processo.

Com os resultados esperados através das ações propostas, apresentou-se aos responsáveis da empresa estudada para sua análise de viabilidade e aplicação, propondo a expansão desses conceitos para todo o processo e demais obras.

## **Resultados e discussões**

O canteiro de obra, estudo de caso desta pesquisa, está localizado no centro de Morro da Fumaça, a qual possui um torre com subsolo, térreo, seis pavimentos tipo e uma cobertura duplex, com e início no final de 2017 e previsão de entrega para dezembro de 2019. Nos serviços avaliados, estão envolvidos oito serventes nas duas atividades, cinco pedreiros na alvenaria de vedação e três pedreiros no revestimento argamassado.

Durante as visitas no canteiro de obra, não foi possível encontrar um cronograma de gerenciamento da edificação. Em consulta com os gestores, foi verificado que não há implantação nem disposição do cronograma para a obra em estudo, o que dificulta a gestão. O prazo final que os colaboradores informaram seria para fevereiro e abril de 2020, ocorrendo uma inconsistência entre o prazo determinado no site da empresa e do trabalhado em obra.

Em análise dos onze princípios estudados, verificou-se ações referentes aos princípios da Construção Enxuta, para os dois serviços avaliados. A alvenaria de vedação tem o objetivo de vedar e separar ambientes, a qual pode ser interna ou externa, composta por blocos cerâmicos ou de concreto e argamassa. Já o revestimento argamassado tem o objetivo de propiciar uma superfície lisa nas paredes e teto, a qual permita receber o revestimento decorativo da próxima etapa, normalmente a pintura ou, massa corrida e pintura.

O diagnóstico realizado, com base no questionário adaptado de Kurek (2006) e Tonin (2013), das possíveis ações a serem executadas em cada princípio da Construção Enxuta, apresentou o resultado conforme exposto no Quadro 2.

Quadro 2. Diagnóstico das ações nas atividades de revestimento argamassado e alvenaria, com base nos princípios da Construção Enxuta.

Princípio	Alvenaria	Reboco
1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;	67%	67%
2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;	33%	33%
3) Reduzir a variabilidade;	44%	50%
4) Reduzir tempo de ciclo;	71%	76%
5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;	50%	44%
6) Aumentar a flexibilidade de saída;	73%	67%
7) Aumentar a transparência do processo;	33%	33%
8) Focar o controle no processo global;	50%	50%
9) Introduzir melhoria contínua no processo;	21%	25%
10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;	33%	33%
11) Fazer <i>benchmarking</i> .	20%	40%
TOTAL	<b>45%</b>	<b>47%</b>

Pode-se perceber que há princípios com maior evidência de utilização que outros, muito embora haja uma grande paridade na avaliação entre a alvenaria de vedação e revestimento argamassado para cada um dos princípios avaliados. De maneira geral, os serviços possuem um nível intermediário de aplicação, variando de 20% à 76%.

1. Redução da parcela de atividades que não agregam valor - O primeiro princípio, obteve uma pontuação de 67% de utilização. Esse resultado se deu em virtude do canteiro possuir um espaço físico organizado, o que facilita o acesso e movimentação dos materiais e a execução dos serviços. A obra possui uma grua para mover os materiais, a qual reduz tempo e recursos, além de dois guinchos de coluna existentes para a mesma finalidade. O uso desses equipamentos reduz o tempo de atividades que não agregam valor, como o manuseio de materiais do estoque até o local da execução das tarefas. Em virtude do canteiro da obra estudado ser pequeno, ocorreu um planejamento adequado de layout, facilitando a logística de movimentação de materiais e pessoas.

O canteiro de obras limpo e organizado está em concordância com os princípios da filosofia Construção Enxuta, já que a não existência de restos de materiais ou entulhos espalhados nos andares onde os serviços estão sendo executados facilita o fluxo dos colaboradores e de materiais, tanto para o serviço de alvenaria, quanto para o de revestimento argamassado. Esses tipos de ações evitam os desperdícios por transporte, estoques, movimento e espera.

Os colaboradores responsáveis pela execução das atividades, tem conhecimento que podem evitar desperdício de materiais ou promover o reaproveitamento durante o andamento do serviço. Pode-se perceber que esse princípio se encontra amplamente sendo utilizado, mesmo que empiricamente, pela construtora no empreendimento avaliado, e que se aplica aos dois serviços avaliados.

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente - Na avaliação do segundo princípio da Construção Enxuta, pode-se entender cliente como o próximo processo, como os clientes internos de cada atividade. Considerando esta análise, avaliou-se o valor da alvenaria de vedação para o revestimento argamassado, e do revestimento argamassado para a atividade de pintura, as quais são subsequentes. Sendo assim, os critérios de aprovação das atividades avaliadas foram determinadas evitando erros para os processos seguintes.

Esta avaliação obteve um resultado de 33% para ambas atividades estudadas. Esse índice foi obtido em virtude da empresa não realizar o mapeamento interno e as interferências das atividades. Embora o responsável pela inspeção dos processos determinar critério de prumo e esquadro com erro zero, considerou-se questões envolvidas com as considerações das necessidades do cliente com deficiência, já que não são determinadas de maneira formal e comunicada.

No mapeamento do processo são definidas as entradas e saídas de cada processo na construção com as considerações dos clientes questionadas, analisadas e implantadas sempre que possível, onde desta forma pode-se garantir sua satisfação pelo serviço realizado (Moura, 2015). Os desperdícios que podem ser evitados com estas ações são os devido à fabricação de produtos defeituosos e por espera.

3. Reduzir a variabilidade - O terceiro princípio, teve uma avaliação de 44% para a alvenaria, e 50% para o revestimento argamassado. Entende-se que produtos padronizados são menos suscetíveis a erros do que aqueles produtos executados sem um método produtivo repetitivo. Procedimentos descritos são importantes para padronização das atividades realizadas e orientação aos envolvidos, reduzindo a variabilidade na sua execução, porém, não há disponível no canteiro tais procedimentos, resultando na baixa avaliação deste princípio. Foi identificado, durante as visitas na obra, paredes executadas com diferenças significativas de espessura de argamassa de assentamento horizontal e vertical, variando de 0,5 a 3,0 cm. Já a execução do revestimento argamassado é realizada por equipe especializada em reboco, os

quais seguiram o mesmo procedimento, com as mesmas dimensões, em todas as paredes, o que resultou uma melhor avaliação nesse requisito em comparação a execução de alvenaria.

Apesar dessa condição, também considerou-se os materiais utilizados para realização da atividade de alvenaria e revestimento argamassado, visto que uma maneira de utilizar este princípio, é assegurar a qualidade dos materiais utilizados nos processos. Em conversa com o almoxarife da obra, não foi possível evidenciar o seguimento de um padrão descrito de inspeção no recebimento dos materiais, além da sua experiência. Porém, os materiais solicitados possuem sempre as mesmas especificações, os blocos cerâmicos com as mesmas dimensões, e a argamassa com a mesma resistência, o que facilita o processo de inspeção no recebimento.

A redução da variabilidade implica em ferramentas e pessoas dedicadas à prática repetitiva de uma atividade, além de proporcionar métodos de inspeção de processos com o uso de equipamento calibrados, e tornar o profissional experiente, através de treinamentos e executando determinada atividade repetitiva. Dessa forma, o profissional pode tornar-se mais produtivo pelo fato do sequenciamento das atividades estar muito claro, o que faz com que dúvidas inerentes ao processo sejam praticamente eliminadas (Moura, 2015), reduzindo os desperdícios no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos e no movimento.

4. Redução do tempo do ciclo de produção - Para o quarto princípio, o diagnóstico resultou na avaliação de 71% para alvenaria e 76% para o revestimento argamassado. Além do ganho de movimentação de material devido uso de equipamentos instalados como grua e guinchos, para a alvenaria, há também o envolvimento do mestre de obras para aprovar a primeira fiada de tijolos, garantindo as medidas e esquadro, evitando retrabalhos posteriores. Para execução de revestimento argamassado, percebeu-se que não havia a atividade de chapisco nas paredes, diferente dos procedimentos usualmente utilizados. Essa metodologia é empregada devido os tijolos utilizados já possuírem ranhuras, que facilitam a aderência entre a argamassa e a parede assentada.

Considerando a existência de tempo de espera entre os processos, pouco pode-se perceber tal desperdício para execução de alvenaria, considerando que o tempo da realização da alvenaria é menor do que o do reboco, além de serem atividades sequenciais. Não se pode perceber uma redução nos lotes para produção no que diz respeito principalmente a etapa do reboco posterior a alvenaria. A equipe de reboco iniciou sua atividade após quatro pavimentos de alvenaria concluídos. O almoxarife controla o estoque mínimo de material para execução de tais atividades, garantindo um tempo mínimo de solicitação aos fornecedores.

Muito embora perceba-se a eliminação da movimentação e espera por parte dos funcionários, não há o conhecimento necessário de tempo de ciclo, o qual pode ser representado como a soma de todos os tempos relativos ao processo produtivo. Para Formoso (2002), do ponto de vista do controle da produção, o conhecimento do tempo de ciclo é importante, visto que qualquer acréscimo nele é um sinal de alerta para algo que não está conforme o planejado. Sua redução melhora a produtividade, por eliminar o desperdício inerente a todo processo produtivo, por transporte, nos estoques, no movimento e por espera.

Em virtude de não haver informações sobre a medição e acompanhamento das etapas das atividades realizadas, a apresentação e os resultados da redução do que não agrega valor ou o tempo de ciclo é dificultada.

5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes - Para avaliação do quinto princípio para ambas as atividades avaliadas, o resultado foi de 50% para execução de alvenaria e 44% para o revestimento argamassado. Embora o empreendimento não possua o uso de produtos pré-fabricadas nas etapas avaliadas, para a execução da alvenaria de vedação, foi verificado a utilização de calhas cerâmicas próprias para as contra vergas, o que facilita concretagem e aumenta a produtividade da alvenaria, visto que não é mais necessário aguardar a cura do concreto para continuar o assentamento dos tijolos. Nesse mesmo sentido, foi previsto em projeto a utilização das vigas como vergas, diminuindo o número de passos.

Foi verificado que a quantidade de componentes é a mínima necessária para composição da alvenaria, além da argamassa utilizada no reboco ser a mesma utilizada no assentamento dos blocos. A argamassa adquirida é usinada, o que diminui a mão de obra para sua confecção e aumenta o espaço no canteiro, por não haver necessidade de uma grande central de argamassa.

Quanto maior o número de passos ou partes, maior será a quantidade de atividades que não agregam valor ao processo, já que mais tarefas auxiliares serão necessárias para fornecer o suporte à atividade. Diminuir esse número de passos diminui os desperdícios no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos, nos estoques, no movimento e por espera.

6. Aumentar a flexibilidade na execução do produto - Para o sexto princípio, houve um aproveitamento de 73% e 67% para as atividades de alvenaria e revestimento argamassado, respectivamente. O cliente final do empreendimento possui possibilidade de alteração, conforme sua necessidade, desde que seja anterior ao início da execução de cada etapa. Para isso, os clientes foram comunicados para realizar as possíveis mudanças, porém, nenhum

solicitou alteração de paredes, e conseqüentemente, mudanças nos processos de alvenaria e revestimento argamassado.

A aprovação dos processos não é registrada de maneira formal e clara aos envolvidos, porém, foi verificado *in loco* que as aprovações dos serviços avaliados nesse estudo são realizados por apartamento concluído. Também não foi verificado equipes polivalentes, além dos serventes, o que resulta que cada colaborador exerce uma atividade única dentro do canteiro de obra, ocorrendo possíveis desperdícios por superprodução, no processamento, nos estoques e por espera

7. Aumentar a transparência do processo - O sétimo princípio, resultou a pior avaliação no diagnóstico realizado, com o índice de 33% para ambas atividades. Nesse princípio, buscou-se identificar na obra informativos para gerenciamento, segurança do trabalho, entre outros. Tais itens não foram identificados, tão pouco um cronograma de obra atualizado.

A transparência do processo tende a exibir os pontos falhos existentes, além de aumentar e melhorar o acesso à informação de todos os usuários. Desta forma o trabalho é facilitado, além de possibilitar a redução do desperdício de materiais e de atividades que não agregam valor.

Camera, Castro & Campos (2015) citam que com o aumento da transparência dos processos, os erros são facilmente identificados no sistema de produção, além de aumentar a disponibilidade de informações necessárias para a execução do trabalho. Verificou-se que a obra não possuía cronograma definido e disponíveis aos envolvidos, o que dificulta o planejamento da obra, fugindo do que determina o conceito para Construção Enxuta. Ferramentas de gestão como exposição de indicadores, nível de produtividade, número de peças rejeitadas, Kanban, 5S, entre outros, poderiam ser utilizados como referência a este princípio, evitando desperdícios no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos, nos estoques e por espera.

8. Focar o controle no processo global - O oitavo princípio, atingiu 50% de aprovação para ambas atividades avaliadas. Como não foi verificado planejamento através de um cronograma, ocorreu uma baixa avaliação no que diz respeito a este item, não havendo a garantia da entrega da obra no prazo.

Embora esse planejamento formal não estivesse disponível na obra, esse princípio pode ser avaliado por outros aspectos, conforme questionário aplicado. Os tijolos utilizados na alvenaria são fornecidos em pallets, facilitando a movimentação e organização do canteiro de

obra, além da existência de paleteiras nos andares onde ocorre a execução de alvenaria e a utilização de argamassa usinada para o assentamento, reduzindo a atividade de produção de argamassa que anteriormente era realizada em obra.

Como controle geral dos processos, buscou-se ações que apresentassem redução clara no desperdício de materiais. Para execução da alvenaria, verificou-se *in loco* que a quebra de tijolos na parte superior das paredes, para completar sua altura, é evitada com o aumento da espessura da argamassa, muito embora, sem padrão. Para o início da atividade do revestimento argamassado, tem-se como prática a limpeza do local onde será realizado o reboco, para que, quando a argamassa excedente caia no chão, seja reaproveitada imediatamente, incorporando-a novamente na argamassa.

O foco no controle do processo global significa entregar a obra no prazo, no preço e na qualidade acordada com cliente. Para Machado (2014), a modulação das paredes evita o desperdício de materiais e tempo, além dos desperdícios gerados no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos e por espera

9. Introduzir melhoria contínua no processo - A avaliação do nono princípio, apresentou um resultado de 21% para a execução de alvenaria e 25% para o revestimento argamassado. A diferença deste resultado se deu, basicamente, em virtude da meta de produção do revestimento argamassado estar mais claro para os colaboradores envolvidos do que os responsáveis pela execução da alvenaria, em virtude também, de serem terceirizados.

Para os demais requisitos, foi pouco identificado rotina ou ações na obra que tivessem a utilização desde princípio. A melhoria contínua é um princípio básico para que todo potencial de melhoria possa ser testado e se bem-sucedido, incorporado ao sistema. Não foram identificados grupo de melhorias entre os colaboradores, registros de não conformidades e ações corretivas. Tais ações podem evitar desperdícios por transporte, no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos, no movimento e por espera

10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões - Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões, apresentado como décimo princípio, obteve um resultado de 33% para as duas atividades avaliadas. Para que toda prática seja potencializada, deve-se realizar melhoria no fluxo produtivo paralelamente a melhoria na conversão, assim, as perdas serão enxugadas e as melhorias potencializadas. Porém, não foi evidenciado a informação sobre os tempos de conversão e fluxo nessas atividades. Paralelo a essa informação, em virtude da quebra de tijolos ser evitada com a compensação da espessura

da argamassa no assentamento, além do reaproveitamento da argamassa utilizada para o revestimento argamassado, o volume de resíduo gerado é menor do que apresentado nos estudos avaliados.

Os projetos disponíveis na obra não possuíam compatibilização, o que dificulta o processo na sua execução de maneira geral, com problemas que poderiam ser previstos, identificados apenas no momento da execução. Para Nakamura (2011) a compatibilização de projetos é fundamental para evitar erros devido a interferências entre projetos das diferentes especialidades e minimizar o retrabalho, reduzindo prazos de execução, desperdícios e custos.

Os desperdícios associados que poderiam ser evitados com a aplicação desde princípio seriam por superprodução, por transporte, no processamento, devido à fabricação de produtos defeituosos, nos estoques e por espera.

11. Fazer *benchmarking* - O décimo primeiro e último princípio, Fazer *benchmarking*, apresentou o resultado de 20% e 40% para as atividades de alvenaria e revestimento argamassado, respectivamente. Essa diferença se dá em virtude da não percepção de maneira geral, durante as visitas realizadas, da utilização deste princípio para a alvenaria quanto para o revestimento argamassado. Os colaboradores do revestimento trazem experiências de outras obras e empresas, por serem terceirizados. Também está em teste na obra um novo material para o uso no forro, agregando valor ao cliente e redução de custos.

No momento da identificação de melhoria, sua divulgação é essencial, visando o aumento da difusão da filosofia dentro e fora da obra em que se está atuando. Não foi evidenciado avaliações de outras obras já concluídas, com uma análise de lições aprendidas, para posterior uso e aprendizado de erros e acertos. Os desperdícios que poderiam ser evitados principalmente seriam por transporte, no processamento, no movimento e por espera.

Com a análise geral dos onze princípios de forma individual, os resultados apresentados foram de 45% de atendimento aos princípios para a atividade de alvenaria, e 47% para o revestimento argamassado. Os responsáveis do empreendimento não conhecem de forma efetiva os princípios apresentados, porém, possuem ações de gestão que tem base na filosofia de Construção Enxuta. Embora identificado desvios, principalmente no que diz respeito ao planejamento formal da obra e a transparência dos processos, verificou-se que as atividades são centradas no pensamento enxuto, e com o objetivo principal de redução de custo e duração de cada etapa.

Kurek (2006) e Tonin (2013) citam que a avaliação por princípio Construção Enxuta, tem o objetivo de identificar quais estariam sendo contemplados nas práticas de produção de obras e, determinar um indicador geral. Conforme o resultado obtido da análise da obra em estudo e a metodologia de Tonin (2013), os serviços avaliados estão no nível intermediário de aplicação.

Considerando as principais ações realizadas pela empresa com o objetivo de reduzir desperdícios, confeccionou-se o Quadro 3 para apresentar de maneira mais clara a utilização dos princípios nas duas atividades avaliadas.

Quadro 3. Principais atividades realizadas no empreendimento com o respectivo princípio da Construção Enxuta para considerando a etapa de Alvenaria (A) e Revestimento Argamassado (R).

Ações destacadas	1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;	2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos	3) Reduzir a variabilidade;	4) Reduzir tempo de ciclo;	5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;	6) Aumentar a flexibilidade de saída;	7) Aumentar a transparência do processo;	8) Focar o controle no processo global;	9) Introduzir melhoria contínua no processo;	10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;	11) Fazer <i>benchmarking</i> .
Espaço físico organizado;	A / R							A / R		A / R	
Tijolos são paletizados e facilmente disponíveis;	A							A			
A argamassa usinada e facilmente disponível;	A / R							A / R			
Critério de aceitação dos processos;		A / R		A / R							
Materiais com as mesmas especificações;			A / R	A							
Aprovações dos processos no início da atividade;				A / R							
Utilização de calha cerâmica como contra verga				A	A						
Utilização das vigas como verga				A	A						
Utilização de equipamentos de movimentação de materiais, como grua e guinchos;	A / R			A / R				A / R		A / R	
Não realização do processo de chapisco;	R			R	R						
Visitas em outras obras;											R
Reaproveitamento da argamassa utilizada no reboco;								R			
Aumento da espessura da argamassa de assentamento								A		A	
Possibilidade de alteração antes do início da atividade		A				A					

Muito embora a falta de conhecimento efetivo dos princípios seja identificado no empreendimento, o Quadro 3 exemplifica que algumas ações podem ter como base mais de um princípio da Construção Enxuta, reforçando que esta é uma filosofia que deve ser considerada como um todo na sua aplicação.

## Conclusões

A filosofia de Construção Enxuta é baseada nos princípios da produção enxuta, introduzindo um novo conceito, com o principal objetivo de evitar desperdícios nos processos produtivos da construção civil. O estudo de caso desenvolvido procurou responder ao objetivo proposto, concluindo que os princípios da Construção Enxuta são pouco conhecidos pela empresa, porém, parcialmente utilizados no empreendimento avaliado.

Há um grande potencial para a aplicação dessa filosofia, porém, as mudanças de tradições e comportamento, são condições necessárias para sua implantação. Possuir um processo de planejamento e controle da produção é fundamental para garantir que a obra seja entregue dentro do prazo, com qualidade e dentro dos custos planejados.

Algumas ações observadas na obra estudada atenderam a filosofia da Construção Enxuta para as atividades avaliadas, conforme diagnóstico realizado, porém, verifica-se itens em que não há algum atendimento, como a transparência dos processos e melhoria contínua. Ressalta-se que a Construção Enxuta é uma filosofia que deve ser implementada em toda a obra, e a avaliação de apenas dois serviços talvez não retrate a realidade do empreendimento, ou ainda não tenha permitido a profunda análise de todos os onze princípios com sua implantação e medição, onde aplicável.

Em virtude do diagnóstico realizado utilizar como base uma avaliação determinada de dois autores com perguntas definidas, os questionamentos utilizados pelos autores talvez não tenham sido adequados para retratar de maneira efetiva o resultado de utilização de cada princípio avaliado para as atividades de alvenaria de vedação e revestimento argamassado.

Pode-se afirmar que os resultados dessa pesquisa, ainda que limitados ao estudo de caso, contribuem para o meio acadêmico e para o segmento da construção civil, por destacar a utilidade de um novo modelo para a gestão da ICCSE. Os resultados apontam que, mesmo que outras organizações desconheçam os princípios da construção enxuta, poderão utilizar em suas obras algumas dessas ferramentas visando melhorar sua gestão.

## Referências

- AZEVEDO, M. J.; BARROS NETO, J. P.; NUNES, F. R. M.. **Análise dos Aspectos Estratégicos da Implantação da *Lean Construction* em duas empresas de Construção Civil de Fortaleza-CE.** Universidade Federal do Ceará. SIMPOI. Anais. 2010.
- BORGES, Malu Lima Cerqueira. **A aplicação da filosofia *Lean Construction* em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro.** Universidade Federal da Bahia. Escola Politecnica. Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial. Mestrado em Engenharia Industrial. Salvador, Ba. 2018
- BAUMHARDT, Eduardo Oscar. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da Construção Enxuta.** 141f. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC/UNISC, Florianópolis. 2002.
- BALLARD, G. **Improving Work Flow Reliability.** In: Annual Conference of International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. Proceeding.. University of California, Berkeley, 1999, p. 1-16
- Camera, E., Castro, M. D. G., & Campos, R. **Princípios e Ferramentas da *Lean Construction*: Uma comparação entre empresas.** Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, Brasil, 5. 2015
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de Construção Civil.** Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- FORMOSO, C.T. (Org.). **Plano estratégico para a ciência, tecnologia e inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído, com ênfase na Construção Habitacional.** Florianópolis: ANTAC, 2002.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUIMARÃES FILHO, L. P. **A relação dos fatores de produção na geração de resíduos de construção civil.** 260 p. Tese (Doutorado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2016.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** v. 5. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.
- KOSKELA, L. **Application of the new Production Philosophy in Construction.** Stanford. Technical Report, n. 72, Center of Integrated Facility Engineering, (CIFE), 1992.
- KUREK, J. et al. **Aplicação dos princípios lean ao setor de edificações.** Passo Fundo: Ed. da UPF, 2006. 95p.
- LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras.** reimp. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2013. 225p.
- MOURA, Biancarde. **A aplicação prática dos 11 princípios da Construção Enxuta.** SENAC, RN. 2015.

NAKAMURA, Juliana. **Como compatibilizar bem projetos de diferentes especialidades.** PINI. Edição 211 - Outubro/2011

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PÁDUA, R.C. **Implementação de Práticas de *Lean Construction* em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso.** 2014. 61 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. 2014

PIRES, I. B. **O grau de aplicação dos princípios da *lean construction* em Uberlândia, Minas Gerais** Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015

SARCINELLI, Wanessa Tatiany. **Construção Enxuta através da padronização de tarefas e projetos.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SPÓSITO, J. P.; PERDIGÃO, V. D.; BARBOSA, R. V.; GALVÃO JR, P. **Análise das práticas do *Lean Construction* em um empreendimento residencial.** Revista Gestão & Tecnologia, Pedro Leopoldo, v. 18, n. 2, p. 253-273, mai./ago. 2018

TONIN, Luiz Andrei Potter. **Diagnóstico e Aplicação da *Lean Construction* em Construtora.** Iniciação Científica CESUMAR, v. 15, n. 1, p. 23-31. 2013.

VARGAS, C. L.; MARCHIORI, F.F.; MENEZES, M. O.; COELHO, R. Q.; LIMEIRA, U. R. **Avaliação de Perdas em Obras - Aplicação de Metodologia Expedita** XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e 3rd International Congress of Industrial Engineering – ENEGEP/Gramado, 1997.