

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Luiza Sangoi Dias da Costa

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA À
CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSOS GERENCIAIS, TÉCNICAS E
DESAFIOS PARA O CASO BRASILEIRO**

Santa Maria, RS
2020

Luiza Sangoi Dias da Costa

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA À CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSOS GERENCIAIS, TÉCNICAS E DESAFIOS PARA O CASO BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. André Lübeck

Santa Maria, RS
2020

Luiza Sangoi Dias da Costa

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA À CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSOS GERENCIAIS, TÉCNICAS E DESAFIOS PARA O CASO BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Aprovado em 22 de julho de 2020:

Prof. Dr. André Lübeck (UFSM)
(Orientador/Presidente)

Prof. Dr. Marlon Soliman (UFSM)

Prof. Fernando Marcuzzo Dotto (UFSM)

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

Os primeiros a serem agradecidos são meus pais, Jorge e Beth; por terem me dado a vida, por todos cuidados, apoio e amor ao longo desses 24 anos. Apesar de nem sempre compreenderem os caminhos que escolhi ao longo da vida acadêmica, nunca deixaram de apoiar e sempre se esforçaram para entender e me acompanhar nessa jornada.

Agradeço também aos outros membros de minha família que foram tão importantes nessa caminhada: minha vó, Liza, por me acolher em sua casa há 10 anos quando vim à Santa Maria para estudar, e por sempre ser um ponto de referência para mim, e a meu irmão, Gabriel, pela força e inspiração que sempre me ofereceu.

Agradeço a segunda família que ganhei nesses 10 anos em Santa Maria: meus amigos; a Alana e Bianca que desde o colégio me acompanham; a todos amigos do Clube Farroupilha; e, em especial, a meus colegas de graduação sem os quais não teria chego ao fim do curso: Victor, Daniel, Pedro, João Pedro, Vitória, Sammuel e Rafael. Agradeço ainda aos outros amigos que foram tão importantes durante meu período de estudos: Araxane e Pedro Henrique.

Agradeço aos colegas de trabalho da Lamb Construções e Engenharia que tanto me ensinaram durante meu período de estágio e me despertaram o interesse pelo tema que hoje abordo em meu trabalho de conclusão de curso. À minha chefe, Francine, meus agradecimentos em especial pela paciência, atenção e, principalmente, pelo exemplo de profissional com que me presenteou.

Agradeço ainda a meu orientador, Prof. André Lübeck, por sempre compartilhar seu conhecimento de forma tão acessível, pelo incentivo para escrever o presente estudo, bem como pela liberdade que me foi concedida para criá-lo.

Por fim, agradeço Àquele que colocou todas essas pessoas em meu caminho, que sempre zela pelos meus passos e que tanta sorte me concedeu na vida, Deus.

Em geral, o sucesso não depende de jogadas brilhantes nem do lançamento de produtos revolucionários. Você pode chegar lá com uma brilhante gestão de processos, algo que qualquer empresa com um compromisso de longo prazo pode realizar.

(James P. Womack e Daniel T. Jones)

RESUMO

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA À CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSOS GERENCIAIS, TÉCNICAS E DESAFIOS PARA O CASO BRASILEIRO

AUTOR: Luiza Sangoi Dias da Costa
ORIENTADOR: André Lübeck

Engenheiros civis estão habilitados a exercer diversas atividades relativas a projeto, planejamento e execução de edificações urbanas e rurais. Nos últimos anos, a crescente complexidade dos projetos motivou esses profissionais a direcionarem seus esforços para o *gerenciamento de obras*. Apresenta-se, então, a *produção enxuta*, cujos princípios e técnicas têm influenciado expressivamente as teorias de gerenciamento da construção civil; esse sistema produtivo, o qual propõe o aumento expressivo da produtividade das organizações a partir da redução radical de desperdícios, atualmente deu origem à *construção enxuta*. Nesse contexto, no presente estudo apresentam-se os princípios que regem os sistemas de produção e construção enxuta, a forma como são estruturados os processos gerenciais nas atividades de projeto, planejamento e produção, bem como se expõem técnicas e procedimentos que podem ser empregados na construção civil. Além disso, relatam-se alguns dos principais desafios brasileiros a serem enfrentados pelos empreendedores na adoção deste sistema, bem como planos para auxiliá-los na implementação. A partir disso, ressalta-se que a adoção das práticas enxutas não ocorrerá de forma imediata nas empresas, e que podem ser necessários anos para que ela aconteça de forma completa. Por fim, conclui-se que o sucesso da implementação está ligado a alguns fatores como o profundo conhecimento das práticas e princípios enxutos, o mapeamento dos fluxos de valor, a rapidez com a qual as mudanças são realizadas, o engajamento real dos trabalhadores diretamente ligados aos processos produtivos, o apoio da alta gerência da empresa, bem como à existência de algum tipo de crise que motive mudanças.

Palavras chave: Gerenciamento de obras. Produção enxuta. Construção enxuta.

ABSTRACT

APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF LEAN PRODUCTION TO CIVIL CONSTRUCTION: MANAGEMENT PROCESSES, TECHNIQUES AND CHALLENGES FOR THE BRAZILIAN CASE

AUTHOR: Luiza Sangoi Dias da Costa
ADVISOR: André Lübeck

Civil engineers are licensed to exert several activities related to the design, planning and execution of urban and rural buildings. In recent years, the increasing complexity of the projects has motivated these professionals to direct their efforts towards the *construction management*. Then, *lean production* is presented, whose principles and techniques have significantly influenced the management theories of civil construction; this productive system, which proposes a significant increase in the productivity of organizations based on the radical reduction of waste, currently gave rise to *lean construction*. In this context, the present study presents the principles that rule lean production and construction systems, the way in which management processes are structured in design, planning and production activities, as well as exposing techniques and procedures that can be used in construction. In addition, some of the main Brazilian challenges to be faced by entrepreneurs in adopting this system are reported, as well as plans to assist them in the implementation. From this, it is emphasized that the adoption of lean practices will not occur immediately in companies, and that it may take years for it to happen completely. Finally, it is concluded that the success of the implementation is linked to some factors such as the deep knowledge of lean practices and principles, the mapping of value flows, the speed with which changes are made, the real engagement of the workers directly linked to the productive processes, the support of the company's top management, as well as the existence of some type of crisis that motivates changes.

Keywords: Construction management. Lean production. Lean construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Resumo das técnicas e procedimentos para solução de problemas	38
Figura 2 - Fluxograma de emissão de pedidos em uma organização enxuta	39
Figura 3 - Matriz para identificação de famílias de produtos	45
Figura 4 - Mapa do fluxo de valor.....	47
Figura 5 - Mapa do fluxo de valor do estado atual fictício	48
Figura 6 - Mapa do fluxo de valor do estado futuro fictício	49
Figura 7 - Mapa de entregáveis.....	51
Figura 8 - Diagrama de causa e efeito	52
Figura 9 - Fluxograma de encadeamento das atividades.....	56
Figura 10 - Gráfico de tempo da equipe mínima para execução de 1 lote	61
Figura 11 - Gráfico das equipes ajustadas ao <i>takt</i> time	63
Figura 12 - Fluxograma com a programação da infraestrutura do viaduto	64
Figura 13 - Resumo das oito etapas para aplicação do princípio do <i>takt</i>	65
Figura 14 - Modelo de cartão <i>kanban</i>	80
Figura 15 - Diagrama do desenvolvimento do processo de produção para a automação.....	84
Figura 16 - Quadro de controle <i>takt</i>	89
Figura 17 - Quadro modelo para relatório A3.....	90
Figura 18 - Resumo das técnicas e procedimentos para transformação física	93
Figura 19 - Organograma da organização enxuta.....	106
Figura 20 - Resumo das técnicas e procedimentos da primeira etapa do <i>salto enxuto</i>	109
Figura 21 - As cinco abordagens para implantação da construção enxuta	110
Figura 22 - Resumo das técnicas e procedimentos do princípio <i>takt</i>	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro comparativo entre os cinco princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)	24
Quadro 2 - Quadro com visão geral sobre problemas relacionados às peculiaridades da construção e soluções correspondentes	28
Quadro 3 - Quadro de funções e regras do <i>kanban</i>	72
Quadro 4 - Quadro com prazos para o salto enxuto	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A planta da General Motors em Framingham versus a Planta da Toyota em Takaoka, 1986.....	14
Tabela 2 - Quantitativo por atividade.....	57
Tabela 3 - Equipe mínima e produtividade por atividade	59
Tabela 4 - Equipes ajustadas.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Modeling
CCQ	Círculo de Controle da Qualidade
CEO	Chief Executive Officer
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
COO	Chief Operating Officer
EUA	Estados Unidos da América
GM	General Motors
h	Hora
Hh	Homem-hora
hmaq	Hora-máquina
IMVP	Internacional Motor Vehicle Program
kg	Quilograma
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PDT	Product Development Team
QFD	Quality Function Deployment
TPM	Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivos gerais	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO E CONSTRUÇÃO ENXUTA	19
2.1.1 Produção enxuta: os princípios de Womack e Jones (2004)	19
2.1.2 Construção enxuta: os princípios de Koskela (1992)	23
2.2 PROCESSOS GERENCIAIS DAS TAREFAS CRÍTICAS	24
2.2.1 Solução de problemas	24
2.2.2 Gerenciamento da informação	38
2.2.3 Transformação física	69
2.3 DESAFIOS E PLANOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA NO BRASIL.....	94
2.3.1 O caso brasileiro	94
2.3.2 O <i>salto enxuto</i>: um plano de Womack e Jones (2004) para a produção enxuta	98
2.3.3 O princípio do <i>takt</i>: um plano de Oliveira (2018) para a construção enxuta	110
3 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS	115
REFERÊNCIAS	119

1 INTRODUÇÃO

Na resolução nº 1.048 de 14 de agosto de 2013, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), autarquia responsável pela regulamentação do exercício da engenharia civil no Brasil, consolida as atribuições dos profissionais desta área; dentre outras, cabe ao engenheiro civil todas as atividades que englobam estudos, projetos, planejamento, análises, avaliações, vistorias, perícias, pareceres, fiscalização e execução de edificações, serviços e equipamentos urbanos, rurais e regionais, nos seus aspectos técnicos e artísticos.

Percebe-se, então, que os engenheiros civis estão habilitados a desempenhar diversas funções em variados setores e, conseqüentemente, são dotados de ampla gama de especializações. Nesse contexto, estão os profissionais ligados à construção civil, os quais desenvolvem e executam projetos que envolvem matérias de várias áreas da engenharia, tais como ciência dos materiais, geologia, hidráulica, elétrica, estruturas, arquitetura, entre outras – cada uma delas com diversas especificidades.

Dada a progressiva complexidade dos projetos desse setor nos últimos anos, cresceu também a necessidade de profissionais cuja tarefa seja a compatibilização dos projetos dessas matérias, bem como a adequada integração de todas as atividades pertinentes à execução de um empreendimento imobiliário; como resultado, outros conhecimentos tornam-se indispensáveis a esses indivíduos, que, não raro, precisam ultrapassar as barreiras da engenharia convencionalmente ensinada para se adaptarem às exigências de um mercado de trabalho cada vez mais competitivo.

Nesse contexto, o domínio de técnicas de gestão e finanças, bem como noções de contabilidade e direito, revela-se essencial para esses profissionais que têm entre suas grandes metas não só o desenvolvimento de projetos tecnicamente viáveis e de segurança garantida, como também de empreendimentos autossustentáveis do ponto de vista ambiental, social e, principalmente, *econômico*.

Dentre as técnicas supracitadas, uma delas tem recebido atenção especial por parte de profissionais e estudiosos no meio acadêmico: *a gestão ou gerenciamento*. A possibilidade de gerir uma organização de forma a criar um ambiente interno capaz de responder às mudanças de mercado, bem como às transformações pelas quais passa a sociedade, têm se mostrado uma das grandes ferramentas a serviço dos profissionais de engenharia que desejam atingir a sustentabilidade de seus negócios.

Em meio às diversas teorias de gestão existentes, uma tem se destacado nos últimos anos: a *produção enxuta (lean production)*; seu surgimento deu-se na década de 50 do século passado e sua origem está na indústria automobilística japonesa. Entre os seus resultados está a redução radical de desperdícios, adoção de mecanismos internos de melhorias contínuas, e, conseqüentemente, o aumento da produtividade das organizações que a adotam. Também conhecida popularmente como *toyotismo*, foi sob o título de produção enxuta que foi sistematizada; já na década de 90, formalizaram-se seus 11 princípios no âmbito da construção civil, e atualmente é conhecida neste setor sob o nome de *construção enxuta (lean construction)*.

1.1 JUSTIFICATIVA

“A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK et al., 2004), publicado originalmente em 1990, foi um dos maiores e mais detalhados estudos já feitos na indústria automobilística; ele teve como objetivo principal a descrição de dois sistemas de produção essencialmente diferentes: a produção em massa e a produção enxuta. O livro inicia com uma forte mensagem ao leitor: “A maneira como os produzimos [bens] determina, não somente como trabalhamos, mas ainda como pensamos, o que compramos e como vivemos” (WOMACK et al., 2004, p.1).

Na sequência, descrevem-se alguns dos motivos porque o novo sistema de produção (enxuto) revela-se tão revolucionário em relação ao seu precursor (em massa).

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 de 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 et al., 2004, p.3).

O livro apresenta, ainda, os resultados de cinco anos de estudo e pesquisa¹ que abrangeram 14 países e passaram pelas fábricas e escritórios de algumas das maiores empresas do setor automobilístico à época, Ford, General Motors e Toyota. A fim de sintetizar e ilustrar as diferenças entre os sistemas produtivos, apresenta-se na Tabela 1 um comparativo entre a montadora da General Motors em Framingham (EUA) – a qual empregava o sistema de produção em massa clássico – e a montadora da Toyota em Takaoka (Japão) – a qual empregava o sistema de produção enxuta clássica.

Tabela 1 - A planta da General Motors em Framingham versus a Planta da Toyota em Takaoka, 1986

	GM Framingham	Toyota Takaoka
Horas Brutas de Montagem por Carro	40,7	18
Horas Ajustadas de Montagem por Carro	31	16
Defeitos de Montagem por 100 Carros	130	45
Espaço de Montagem por Carro (m ²)	0,75	0,45
Estoques de Peças (média)	2 semanas	2 horas

Nota: Horas brutas de montagem, por carro são calculadas dividindo-se número total de horas de trabalho na fábrica pelo número total de carros produzidos

“Horas ajustadas de montagem por carro” incorporam os ajustes nas atividades padrão e atributos dos produtos descritos no texto.

Defeitos por carro foram estimados com base em J.D. Power Initial Quality Survey de 1987.

Espaço de montagem por carro está em metros quadrados por veículo por ano, corrigidos para o tamanho do veículo.

Estoques são uma média aproximada para as principais peças.

Fonte: Pesquisa Mundial das Montadoras do IMVP.

Fonte: (WOMACK et al. 2004, p.69).

A partir desses resultados, os autores analisam: “em Takaoda, não somente o trabalho é reduzido à metade, e os defeitos a um terço, como também se dá um golpe profundo nos estoques e no espaço de fabricação [...]” (WOMACK et al., 2004, p.69).

¹ A pesquisa faz parte do *Internacional Motor Vehicle Program* (IMVP, Programa Internacional de Veículos Automotores, tradução nossa), a qual deu origem ao livro “A Máquina que Mudou o Mundo”.

Nesse contexto, ficam explícitas as grandes vantagens da adoção dessa nova metodologia de produção.

“A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK et al., 2004, p.332), porém, nas palavras dos próprios autores em posfácio, “contém poucas orientações sobre como converter um produtor em massa em um produtor enxuto realmente capaz de resolver os problemas do cliente”. Assim, Womack e Jones reuniram-se novamente para o lançamento de “A Mentalidade da Produção Enxuta” (WOMACK E JONES, 2004), obra que resume, de forma concisa, os *princípios* do pensamento enxuto.

Para o desenvolvimento desse segundo estudo, os autores foram além da gigante indústria automobilística e buscaram exemplos de outras organizações industriais e prestadoras de serviços de diferentes portes, complexidades e nacionalidades que haviam implantado o sistema de produção enxuta de forma avançada, e identificaram quais haviam sido as técnicas empregadas nesse processo. Nesse contexto, os autores chegaram a seguinte conclusão:

Depois de interações com muitas plateias e de considerável reflexão, concluímos que o pensamento enxuto pode ser resumido em cinco princípios: determinar precisamente o *valor* por produto específico, identificar o *fluxo de valor* para cada produto, fazer o valor *fluir* sem interrupções, deixar que o cliente *puxe* o valor do produto e buscar a *perfeição* (WOMACK E JONES, 2004, prefácio, grifos dos autores).

Graças aos resultados expressivos apresentados pela produção enxuta em diferentes contextos organizacionais, em 1992, Lauri Koskela publicou o relatório técnico intitulado “Application of the New Production Philosophy to Construction” (Aplicação da nova filosofia de produção à construção, tradução nossa), em que objetivou avaliar se a produção enxuta teria implicações para a construção. Na introdução de seu relatório, ele disserta.

A manufatura tem sido um ponto de referência e uma fonte de inovações na construção por muitas décadas [...]. Agora, há outra tendência de desenvolvimento na manufatura, cujo impacto parece ser muito maior que o da tecnologia da informação e automação. Essa tendência, baseada em uma nova filosofia de produção², e não em novas tecnologias, enfatiza a importância de teorias e princípios básicos relacionados aos processos de produção (KOSKELA, 1992, p.4, tradução nossa).

² A nova filosofia de produção é conhecida por diversos nomes: manufatura de classe mundial, produção enxuta, novo sistema de produção (KOSKELA, 1992).

Nas primeiras duas partes de seu relatório, Koskela (1992) apresenta as origens e princípios da produção enxuta, respectivamente; na sequência, ele explora a tradicional conceptualização da construção e a contrasta com a nova forma proposta pelo sistema da produção enxuta. Em uma conclusão parcial, ele afirma:

Assim, seguindo a liderança da manufatura, a próxima tarefa é reconceptualizar a construção como fluxo. O ponto de partida para melhorar a construção é mudar a maneira de pensar, em vez de buscar soluções isoladas para os vários problemas em questão (KOSKELA, 1992, p. 37, tradução nossa).

Por fim, ele analisa o nível de implementação dessa nova filosofia de produção na construção, bem como os desafios a serem enfrentados na adoção do sistema. Na conclusão do relatório, ele afirma:

A atitude em relação à nova filosofia de produção em construção fornece um paradoxo: contém uma promessa de enormes possibilidades de melhoria e uma solução para os problemas crônicos da construção; no entanto, o interesse de praticantes e acadêmicos tem sido, na melhor das hipóteses, morno. Em suma, o exemplo de empresas manufatureiras e pioneiras na construção mostra que há um conjunto de princípios, métodos e técnicas que vale a pena entender e adotar na construção. Eles formam uma mudança de paradigma, que será um longo processo de transformação da prática e da teoria da engenharia e gerenciamento de construção (KOSKELA, 1992, p.64, tradução nossa).

Já no resumo final, as últimas palavras de seu relatório são endereçadas aos acadêmicos da engenharia civil, e reforçam essa necessidade de ampliar os estudos nessa área:

A pesquisa acadêmica atual e o ensino de engenharia e gerenciamento de construção são fundamentados em uma base conceitual e intelectual obsoleta. É urgente que a pesquisa acadêmica e a educação abordem os desafios colocados pela nova filosofia. A primeira tarefa é explicar a nova filosofia no contexto da construção. A formalização dos fundamentos científicos da administração e engenharia da construção deve ser uma meta de longo prazo para a pesquisa (KOSKELA, 1992, p.67, tradução nossa).

No entanto, apesar da crescente atenção dada aos estudos sobre gestão e gerenciamento no âmbito da construção civil nos últimos anos – em especial para a teoria da construção enxuta – ainda são muitas as dúvidas sobre o funcionamento de uma empresa enxuta, bem como diversos os desafios enfrentados pelos empreendedores que optam pela implantação do sistema.

Não raro, observa-se que os empreendedores do ramo da construção estão cientes dos benefícios proporcionados pela construção enxuta. No entanto, ao iniciarem a implantação do sistema, optam por adotar isoladamente ferramentas enxutas, ou então modificam suas atividades em apenas um departamento ou setor da empresa. O resultado dessa adoção parcial: apenas uma fração dos ganhos da produção enxuta é obtida pelas empresas.

Neste contexto, a justificativa deste trabalho se apresenta: a necessidade de ampliar a pesquisa em torno da aplicação dos princípios da produção enxuta à construção civil, dadas às diversas implicações positivas na produtividade das organizações, bem como devido à necessidade de melhor compreensão desse sistema por parte dos profissionais e empresas que adotam esse sistema produtivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

O principal objetivo do presente trabalho é apresentar como seriam estruturados os processos gerenciais em uma empresa de construção enxuta, bem como os procedimentos e técnicas que podem facilitar a implantação do sistema em uma empresa.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar este objetivo é necessário desenvolver os seguintes objetivos específicos.

- Apresentar os *cinco princípios da produção enxuta* identificados por Womack e Jones (2004), bem como os *11 princípios da construção enxuta* apresentados por Koskela (1992);
- Analisar como são estruturados os processos sob a ótica enxuta nas *três tarefas gerenciais críticas* de qualquer negócio: solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física no contexto da construção civil;
- Apresentar *procedimentos e técnicas* já satisfatoriamente utilizados durante a implantação do sistema de produção enxuta em indústrias e que podem ser empregados na construção civil;

- Relacionar alguns dos *desafios brasileiros* a serem enfrentados pelo setor da construção civil durante a implantação da construção enxuta, bem como os *planos* de Womack e Jones (2004) e de Oliveira (2018) para auxiliar executivos na adoção deste sistema.

1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO

No presente estudo, optou-se pela realização de revisão *narrativa*, também conhecida como *tradicional*; nela, “a seleção dos artigos é arbitrária, provendo o autor de informações sujeitas a viés de seleção, com grande interferência da percepção subjetiva” (CORDEIRO et al., 2007). Rother (2007) também descreve esta forma de revisão.

Os artigos de revisão narrativa são publicações amplas, apropriadas para descrever e discutir o desenvolvimento ou o "estado da arte" de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual. [...] Constituem, basicamente, de análise da literatura publicada em livros, artigos de revista impressas e/ou eletrônicas na interpretação e análise crítica pessoal do autor (ROTHER, 2007).

Ainda, conforme Rother (2007), revisões narrativas estruturam-se da seguinte forma: capítulo de Introdução, seguido por Desenvolvimento, Comentários e, por fim, Referências. Nesse contexto, a fim de melhor abordar os objetivos específicos do presente trabalho, o Desenvolvimento encontra-se dividido da seguinte maneira:

- O capítulo 2, item 1 apresenta os princípios da produção e construção enxuta definidos por Womack e Jones (2004) e Koskela (1992), respectivamente;
- No item 2 apresenta-se a forma como são estruturados os processos gerenciais das três tarefas gerenciais críticas no âmbito da construção civil sob a ótica da produção enxuta, bem como procedimentos e técnicas empregados em empresas enxutas do setor industrial;
- E o item 3 apresenta os desafios da implantação da construção enxuta no Brasil, bem como os planos para contorná-los.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO E CONSTRUÇÃO ENXUTA

Para implantação do sistema de produção enxuta, faz-se necessário o entendimento dos princípios que o regem. Nesse contexto, os mesmos foram definidos por Womack e Jones (2004) como sendo *valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição*. Por fim, apresentam-se os 11 princípios da construção enxuta organizados por Koskela (1992), e sua relação com os definidos por Womack e Jones (2004).

2.1.1 Produção enxuta: os princípios de Womack e Jones (2004)

2.1.1.1 Valor

Segundo Womack e Jones (2004), o valor é ponto de partida essencial para o pensamento enxuto:

O valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. O valor é criado pelo produtor. Do ponto de vista do cliente, é para isso que os produtores existem (WOMACK E JONES, 2004, p.4).

Porém, segundo Womack (2008)³, muitos produtores ainda não compreendem esse conceito; quando questionados sobre o propósito de suas organizações, respondem que este é *“make money and grow”* (ganhar dinheiro e crescer, nossa tradução). Para ele, é compreensível que produtores assim o pensem, mas assegura que os mesmos devem ter em mente que o ponto de vista do consumidor é outro: produtores existem para *resolver problemas* de seus clientes.

Womack (2008) vai além e contextualiza de forma simples o que é valor:

Todo valor, todo problema resolvido é o resultado de algum processo. E um processo não é nada mágico, nada complicado. São simplesmente as ações que devem ser tomadas adequadamente na sequência adequada e no

³ Entrevista concedida ao Lean Enterprise Institute em 2008 intitulada “The Power of Purpose, Process, and People: a webinar with Jim Womack” (“O Poder do Propósito, Processos e Pessoas, uma conferência online com Jim Womack”, tradução nossa).

momento adequado para criar valor para o cliente, resolvendo o problema (WOMACK, 2008, tradução nossa).

Ao analisar a problemática do valor sob a ótica da construção civil, Koskela (1992) estrutura esse conceito a partir da definição dos dois principais processos em um projeto de construção: o processo de *design (projeto)* e o processo de *construção*; no primeiro, o valor para o cliente pode ser determinado por três fatores: “quão bem os requisitos implícitos e explícitos foram convertidos em uma solução de design; o nível de otimização alcançado, e o impacto dos erros de design descobertos durante o início do uso e vida útil”; já no processo de construção, o valor para o cliente é determinado pelo “o grau de liberdade de defeitos descoberto durante o início do uso e vida útil” (KOSKELA, 1992, p. 39, tradução nossa).

Nesse contexto, as formas pelas quais o cliente percebe o valor elencadas por Koskela (1992) podem ser reescritas da seguinte maneira: o valor para o consumidor em um projeto de construção não se encontra apenas na *performance* do projeto em si (“quão bem os requisitos implícitos e explícitos foram convertidos em uma solução de design” e “o nível de otimização alcançado”), como também na *ausência de erros* de projeto e execução (“impacto dos erros de design” e “grau de liberdade de defeitos descoberto durante o início do uso e vida útil”).

Para finalizar a análise deste princípio, pode-se ainda utilizar as palavras de Taiichi Ohno (1997), criador do *Toyotismo* na apresentação de seu livro “O Sistema de Produção Toyota: Além da Produção em Larga Escala”:

O mundo já tinha mudado de uma época em que a indústria podia vender tudo que produzisse, para uma sociedade afluenta onde as necessidades materiais são satisfeitas rotineiramente. Os valores sociais mudaram. Agora, não podemos vender nossos produtos a não ser que nos coloquemos dentro dos corações dos nossos consumidores, cada um dos quais tem conceitos e gostos diferentes (OHNO, 1997, Apresentação).

2.1.1.2 Fluxo de valor e fluxo

Determinado o valor, parte-se para etapa seguinte: questionar se as atividades envolvidas nesse processo de resolução de problemas *realmente* geram valor para o cliente. Para isso, Womack e Jones (2004) primeiramente definem o que é fluxo de valor.

O *fluxo de valor* é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico (seja ele um bem, um serviço, ou, cada vez mais, uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a *tarefa de solução de problemas* que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a *tarefa de gerenciamento da informação*, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a *tarefa de transformação física*, que vai da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente (WOMACK E JONES, 2004, p.8, grifos dos autores).

Nesse contexto, os autores afirmam que as atividades necessárias para criar, pedir e produzir um produto específico só podem ser questionadas, melhoradas – e até mesmo eliminadas – após serem precisamente *identificadas, analisadas e associadas*. A partir dessa análise, as ações envolvidas na produção de qualquer bem ou serviço podem ser classificadas de três formas: aquelas que *geram valor* conforme percepção do cliente; aquelas que não geram valor, mas que *são inerentes ao processo*; e por fim, as atividades que não geram valor, e *podem ser eliminadas* imediatamente (WOMACK E JONES, 2004).

A partir do mapeamento do fluxo de valor e da eliminação deste último tipo de atividade, parte-se para a próxima etapa: *fazer com que o valor flua* dentro da organização. Para os autores, o fluxo pode ser entendido nas três etapas a seguir, as quais devem ser praticadas simultaneamente:

- Primeira etapa: *focalizar o objeto real*. Esse objeto varia conforme a tarefa gerencial crítica que se analisa; pode ser o projeto, o pedido ou a produção do produto em si. Ele pode ser uma viagem, uma casa ou uma bicicleta. O essencial nesta fase é *jamais perder esse objeto de vista*;

- Segunda etapa: *ignorar as fronteiras tradicionais das tarefas*. Para que sejam eliminados os obstáculos ao fluxo tais como retrabalhos, paralisações e outros tipos de desperdícios, devem ser ignoradas as funções, departamentos e até mesmo empresas envolvidas no fluxo de valor;

- Terceira etapa: *repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas*. Para que o projeto, a emissão de pedidos e a fabricação do produto fluam continuamente sem retrofluxos e demais interrupções e paralisações, faz-se necessário repensar *todo* o sistema de trabalho atual.

2.1.1.3 Puxar

O fluxo, porém, não é condição suficiente para tornar uma organização enxuta. É necessário que os serviços e/ou produtos prestados e/ou produzidos sejam *demandados* pelos clientes. Para isso, Womack e Jones (2004, p. 60) definem que puxar “significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite”. A fim de contextualizar esse princípio, eles explicam:

A melhor forma de compreender a lógica e o desafio de puxar é começar com um cliente real expressando a demanda por um produto real e caminhar no sentido inverso, percorrendo todas etapas necessárias para levar o produto ao cliente (WOMACK E JONES, 2004, p.60).

Entender esse princípio revela-se fundamental para compreensão do sistema de produção enxuta; historicamente, o gerenciamento da produção foi feito por meio do sistema de *lotes e filas (batche and queue)*, característico do sistema de produção em massa. Neste, as operações se baseiam em *grandes lotes (batches)*, os quais são processados e movidos ao próximo processo, independentemente de serem realmente necessários, o que ocasiona espera em uma *fila (queue)* (THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008). Em suma, a produção em massa segue de forma *empurrada*, e não de forma *puxada*.

Essa forma de produzir foi sistematizada por Henry Ford no início do século XX, e mostrou-se eficaz quando os volumes de produção eram suficientemente altos para justificar as linhas de montagem de altas velocidades. Além disso, os produtos processados não mudavam suas especificações ao longo de muitos anos (WOMACK E JONES, 2004).

O desafio atual, entretanto, revela-se processar quantidades menores de produtos com variadas especificações, a fim de atender um mercado cada vez mais exigente e dinâmico. Ohno (1997) resumiu a questão na apresentação de seu livro.

Os fabricantes e os locais de trabalho não podem mais basear sua produção somente no planejamento de escrivania e depois distribuir, ou empurrar, seus produtos no mercado. Para os consumidores, ou usuários, cada um com sistema de valores diferentes, se tornou um hábito ficar na linha de frente do mercado, e por assim dizer, puxar as mercadorias que eles necessitam, na quantidade e no momento que eles precisam delas, (OHNO, 1997, Apresentação).

Womack e Jones (2004) ainda apresentam o grande benefício da adoção do princípio de puxar: interrompe-se a produção de itens indesejados pelos clientes.

[...] a capacidade de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer quando o cliente quer significa que você pode jogar fora a projeção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhe dizem que precisam. Ou seja, você pode deixar que o cliente *puxe* o produto de você, quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente (WOMACK E JONES, 2004, p.13, grifo dos autores).

2.1.1.4 Perfeição

A perfeição, último princípio no sistema de produção enxuta, revela-se fruto da adoção dos quatro princípios anteriores:

À medida que as organizações começarem a especificar valor com precisão, identificarem o *fluxo de valor* total, à medida que fizerem com que os passos para criação de valor *fluam* continuamente, e deixem que os clientes *puxem* o valor, algo muito estranho começará a acontecer. Ocorre aos envolvidos que o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros é infinito e, ao mesmo tempo, oferece um produto que se aproxima ainda mais do que o cliente realmente quer. De repente, a *perfeição*, o quinto e último conceito do pensamento enxuto, não parece uma ideia maluca (WOMACK E JONES, 2004, p.14, grifos dos autores).

Assim, percebe-se que a perfeição é basicamente um *processo iterativo*: seu progresso se dá por meio de refinamentos sucessivos; para sintetizar e finalizar utilizam-se as palavras de Womack e Jones (2004, p. 90, grifo dos autores): “a perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-la (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a *inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho*”.

2.1.2 Construção enxuta: os princípios de Koskela (1992)

Koskela (1992) ao final de seu trabalho apresenta 11 princípios que podem aumentar considerável e rapidamente a eficiência dos processos de fluxo. Já Picchi (2003), apresenta quadro comparativo destes com os princípios apresentados por Womack e Jones (2004). O mesmo pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 - Quadro comparativo entre os cinco princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)

Cinco princípios do <i>Lean Thinking</i> (WOMACK E JONES, 2004)	11 princípios para desenho de processos (KOSKELA, 1992)
Valor	Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes
	Reduzir os tempos de ciclo
Fluxo de valor	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
	Simplificar através da redução de passos, partes e ligações
	Focar o controle no processo global
	Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
Fluxo	Reduzir a variabilidade
	Aumentar a transparência do processo
Puxar	Aumentar a flexibilidade de saída
Perfeição	Introduzir melhoria contínua no processo
	Fazer <i>benchmarking</i> ⁴

Fonte: adaptado de Picchi (2003, p. 13).

2.2 PROCESSOS GERENCIAIS DAS TAREFAS CRÍTICAS

O segundo dos objetivos específicos do presente trabalho revela-se analisar a forma como são estruturados os processos gerenciais das três tarefas gerenciais críticas de qualquer negócio: a tarefa de *solução de problemas*, a tarefa de *gerenciamento da informação* e a tarefa de *transformação física*, sob a ótica da produção enxuta. A seguir, cada uma delas será contextualizada para a construção civil, e, na sequência, conforme o terceiro objetivo específico, apresentar-se-ão alguns procedimentos e técnicas satisfatoriamente empregados no setor industrial.

2.2.1 Solução de problemas

Segundo Womack e Jones (2004, p. 8), a tarefa de solução de problemas compreende as atividades que vão “da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia”. O equivalente para construção

⁴ Benchmarking é um processo comparativo que tem por finalidade identificar as melhores práticas de gestão utilizadas por uma determinada organização em um setor.

civil pode ser encontrado na obra de Koskela (1992) sob o nome de *processo de design*⁵. A seguir, a definição deste último processo.

É o refinamento das especificações em etapas, onde necessidades e desejos vagos são transformados em requisitos e, em seguida, através de um número variável de etapas, em projetos detalhados. Simultaneamente, esse é um processo de detecção e solução de problemas. Pode ainda ser dividido em subprocessos individuais e processos de suporte (KOSKELA, 1992, p. 38, tradução nossa).

A partir dessas duas concepções, o produto da tarefa de solução de problemas na construção civil pode ser resumido na figura do *projeto*. Nesta fase em especial, Koskela (1992) aponta que os conceitos gerenciais tradicionais levam a diversos problemas de fluxo e ao aumento das atividades que não agregam valor ao produto final; entre os problemas decorrentes dessa abordagem, podem-se citar.

- existe pouca ou nenhuma iteração no processo de design (longos tempos de ciclo)
- as restrições das fases subsequentes não são levadas em consideração na fase de projeto (pouca consideração dos requisitos dos próximos clientes internos)
- restrições desnecessárias para as fases subsequentes são definidas na fase de projeto (pouca consideração dos requisitos dos próximos clientes internos)
- pouco feedback para especialistas (pouca transparência do processo, controle de projeto segmentado)
- falta de liderança e responsabilidade pelo projeto total (controle segmentado do projeto) (KOSKELA, 1992, p. 32, tradução nossa).

Nesse contexto, Koskela (1992) ressalta ainda a influência do processo de design para a *qualidade* da construção.

Especialmente, o design geralmente é a fonte de problemas de qualidade: às vezes parece que os desperdícios e perdas causados pelo design são maiores que o custo do próprio design. Mesmo se houver falta de dados sobre o desperdício interno no design, pode-se inferir que uma parte substancial do tempo do design é consumida refazendo ou aguardando informações e instruções (KOSKELA, 1992, p.35, tradução nossa).

Na sequência, Koskela (1992) apresenta outro princípio fundamental para o desenvolvimento do projeto: a *constructability* (*construtibilidade*, tradução nossa). A seguir, a definição.

⁵ Neste contexto, pode-se compreender a expressão *processo de design* como equivalente à expressão *processo de projeto*.

Construtibilidade é a capacidade de um projeto de ser construído (The Construction Management Committee 1991). A construtibilidade de um projeto depende da consideração de *restrições e possibilidades* de construção. Projetos nos quais a construtibilidade foi abordada especificamente relataram uma economia de 6 a 10% nos custos de construção (Construtibilidade, 1986) (KOSKELA, 1992, p.35, tradução e grifo nosso).

Percebe-se, então, que o projeto tem grande influência não só na qualidade da construção, como também na *produtividade* da mesma. Diante dessa importância do processo de design para qualidade e produtividade da construção civil, a seguir será apresentada a estruturação dos processos gerenciais enxutos da tarefa de solução de problemas da construção civil, nos dois principais elementos que a compõem: a concepção e elaboração do projeto e a equipe responsável pelo desenvolvimento deste; em cada um deles, serão abordados alguns procedimentos e técnicas que podem ser empregados nesta fase.

2.2.1.1 Concepção e elaboração do projeto

Segundo Womack e Jones (2004), os produtores existem para criar valor para seus clientes, e o valor, neste caso, pode ser simplificado como resolução de problemas, por meio da oferta de um bem e/ou serviço a um preço e momento específicos. Além disso, eles afirmam que esses mesmos bens e/ou serviços não devem produzidos/prestados sem que o cliente de um processo posterior os solicite. Logo, na tarefa de solução de problemas, os princípios de valor e puxar revelam-se essenciais: o *problema* do consumidor é o *ponto de partida* para o desenvolvimento do projeto.

Koskela (1992) vai além e afirma que o processo de design tem dois consumidores: o cliente propriamente dito (*cliente final*), bem como o processo de construção (*próximo cliente*). Para o cliente, conforme explicado anteriormente, o valor está na *performance do projeto* e na *ausência de erros* do mesmo. Já o construtor percebe o valor de duas formas: pelo “grau em que os requisitos e restrições do processo de construção foram levados em consideração” e pelo “impacto dos erros de projeto detectados durante a construção” (KOSKELA, 1992, p. 39, tradução nossa).

Porém, como visto anteriormente, a adequada definição do valor é *apenas uma* das etapas a ser cumprida no processo de adoção dos princípios da produção enxuta. Faz-se necessário, ainda, identificar precisamente o conjunto de ações que compõem

o *fluxo de valor* do produto e/ou serviço, bem como fazer com que essas ações *fluam* ao longo do tempo. Por fim, a *perfeição* deve ser almejada por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos.

Nesse contexto, Koskela (1992) expõe alguns dos problemas de fluxo causados pelos conceitos gerenciais tradicionais e pelas peculiaridades da construção, bem como alternativas para enfrentá-los. Esses problemas afetam todas as tarefas gerenciais críticas, de forma que alguns deles podem ser *identificados* e *contornados* ainda na fase de projeto.

No caso dos conceitos tradicionais, o autor afirma que a introdução de novos métodos gerenciais deve conduzir à melhoria do fluxo; para tanto, ele propõe que devem ser encontradas *alternativas ao modo sequencial* de realização de projetos, bem como novas formas de *umentar a qualidade* dos mesmos. Além disso, devem-se buscar soluções que *superem os problemas de controle segmentado*, e introduzam o *planejamento do fluxo*, ao invés do planejamento em rede. Esses dois últimos problemas serão abordados em mais detalhes na tarefa de gerenciamento da informação e de transformação física.

Em relação ao modo sequencial de elaboração de projetos, o autor apresenta o conceito de *concurrent engineering* (*engenharia simultânea*, tradução nossa), o qual é abordado em profundidade na obra “Total Quality Development” (1993) (Desenvolvimento da Qualidade Total, tradução nossa), do autor Don Clausing. Nela, o conceito de engenharia simultânea é descrito como “o desenvolvimento integrado de produtos e processos” (CLAUSING, 1993, p. 27, tradução nossa).

A engenharia simultânea básica consiste em dois elementos: (1) processo aprimorado [...], que fornece maior clareza às atividades e (2) [...] melhor trabalho em equipe, que cria maior unidade dentro da equipe que faz o trabalho. O processo aprimorado [...] que fornece maior clareza possui quatro recursos principais: (1) processo simultâneo, (2) foco na qualidade, custo e entrega (QCD), (3) ênfase na satisfação do cliente e (4) ênfase no benchmarking competitivo. No processo concorrente, as principais atividades são realizadas ao mesmo tempo, uma grande melhoria em relação ao tradicional sequencial, [...]. Como exemplo, a engenharia de processo para preparar a produção é realizada simultaneamente (simultaneamente) com o design do produto (CLAUSING, 1993, p. 27, tradução nossa).

Já no caso das peculiaridades da construção, encontram-se os seguintes problemas: “natureza única dos projetos, produção no local; multi organização temporária e a intervenção regulatória” (KOSKELA, 1992, p. 44, tradução nossa). Novamente, algumas ações podem ser conduzidas ainda na fase de projeto. O

Quadro 2, extraído do Relatório Técnico de Koskela (1992), apresenta a visão geral das peculiaridades, problemas e soluções.

Quadro 2 - Quadro com visão geral sobre problemas relacionados às peculiaridades da construção e soluções correspondentes

(continua)

Peculiaridade	Problemas de controle de processo	Problemas de melhoria de processo	Soluções estruturais	Soluções operacionais para controle	Soluções operacionais para melhoria
Natureza única dos projetos;	Sem ciclos de protótipo; Entradas não sistemáticas do cliente; Coordenação de atividades incertas;	Processos únicos não se repetem, portanto, a melhoria a longo prazo é questionável	Minimizar o conteúdo único no projeto;	Análise inicial de requisitos; Configurar ciclos artificiais; Buffer de tarefas incertas;	Aumentar a flexibilidade de produtos e serviços para cobrir uma variedade maior de necessidades Acumular informações de feedback de projetos anteriores;
Produção em canteiro	Incertezas externas: clima etc; Incertezas e complexidades internas: interdependências de fluxo, mudança de layout, variabilidade da produtividade do trabalho manual;	Dificuldade de transferir melhorias entre canteiros apenas por procedimentos e habilidades	Minimizar as atividades no local em qualquer fluxo de material	Usar tapumes etc. para eliminar a incerteza externa Planejamento detalhado e contínuo Equipes de trabalho multi-qualificadas	Aprimorar os recursos de planejamento e análise de riscos Procedimentos de trabalho sistematizados

Quadro 2 - Quadro com visão geral sobre problemas relacionados às peculiaridades da construção e soluções correspondentes

(conclusão)

Peculiaridade	Problemas de controle de processo	Problemas de melhoria de processo	Soluções estruturais	Soluções operacionais para controle	Soluções operacionais para melhoria
Organização temporária	Incertezas internas: troca de informações através das fronteiras das organizações (desconexões de fluxo);	Dificuldade de estimular e acumular melhorias além das fronteiras da organização;	Minimizar interfaces organizacionais temporárias (interdependências);	Formação de equipe durante o projeto;	Integrar fluxos por meio de parcerias
Intervenção regulatória	Incerteza externa: atraso na aprovação			Compressão do ciclo de aprovação Auto inspeção	

Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p.49, tradução nossa).

A partir do Quadro 2, pode-se observar que cada peculiaridade está ligada a uma solução estrutural. Para a presente tarefa de concepção da solução, é fundamental que o *conteúdo único do projeto seja minimizado* por meio da *adoção de fluxos de trabalho padrão comprovados*, sem que as *características únicas indispensáveis ao projeto* solicitadas pelo cliente sejam negligenciadas.

Para tanto, é essencial que a *análise inicial de requisitos* do cliente seja adequadamente realizada. Nesse contexto, alguns procedimentos e metodologias podem ser utilizados para obtenção de melhores resultados, tais como o *Quality Function Deployment* (QFD ou *Desdobramento da Função Qualidade*, tradução nossa). Clausing (1993) aborda a implantação do desdobramento da função qualidade, a partir da engenharia simultânea.

No processo tradicional, a atenção ao cliente é insuficiente. Em vez disso, o trabalho sempre se concentrou em satisfazer os padrões profissionais de grupos enclausurados de especialistas técnicos, em detrimento da satisfação do cliente. A engenharia simultânea básica melhora isso, enfatizando a satisfação do cliente, e o QFD melhora ainda mais a eficácia de atender às necessidades do cliente (CLAUSING, 1993, p. 81, tradução nossa).

Nesse sentido, o QFD pode ser resumido da seguinte forma: "o Desdobramento da Função Qualidade é um processo visual e conectivo que ajuda as equipes a se concentrarem nas necessidades dos clientes durante todo o desenvolvimento" (CLAUSING, 1993, p.60, tradução nossa). Para tanto, essa metodologia faz uso de diferentes matrizes: a primeira delas é conhecida como *casa da qualidade*, e é utilizada para o planejamento do novo produto; na sequência, a equipe desdobra os resultados desta primeira matriz no projeto e no processo de produção; nesse contexto, este último processo pode ser entendido como o planejamento das operações de produção, o qual definirá as operações no chão de fábrica (CLAUSING, 1993).

Percebe-se nessa lógica que *ainda na fase de projeto* começam a ser planejados os *procedimentos e operações* que serão necessários para *execução do projeto*. Logo, a adoção de fluxos de trabalho padrão revela-se essencial, uma vez que auxiliará a equipe durante esse processo. Para que isso possa ser feito, é fundamental que o produtor acumule informações e feedbacks de projetos anteriores, bem como *sistematize* os procedimentos de trabalho e, conseqüentemente, crie *métricas* para avaliação da produção. Nesse contexto, recorre-se a Womack et al. (2004) para compreender a importância da padronização do trabalho.

Como observou Taiichi Ohno, "sem padrões, não pode haver kaizen" [melhoria contínua]. O processo de trabalho em si, juntamente com o processo gerencial, precisa ser absolutamente padronizado pelos gerentes e pelos engenheiros industriais e de produção para que as equipes de trabalho possam ter alguma esperança de aperfeiçoá-lo. Padronizar, nesse contexto, significa criar uma maneira precisa e amplamente compreendida de executar todas as etapas essenciais dos processos (WOMACK et al., 2004, p.326).

Já Ohno (1997) estabelece o que seria o *trabalho padrão*.

Os elementos a considerar no trabalho padrão são: operário, máquina e materiais. Se não os combinarmos efetivamente, os operários sentir-se-ão alienados e incapacitados de produzir com eficácia. Os padrões não devem ser estabelecidos de cima para baixo, e sim pelos próprios operários da produção. Somente quando o sistema da planta é considerado como um todo que os padrões para cada departamento de produção tornam-se livres de defeitos e flexíveis (OHNO, 1997, p. 110).

Em sua obra, Ohno (1997) apresenta também a *folha de trabalho padrão*, a qual contém a descrição do trabalho padrão e os demais elementos que a compõem.

Esse procedimento será abordado em mais detalhes no tópico da tarefa de transformação física.

Ainda nas orientações para melhoria do fluxo, o produtor deve buscar aumentar a oferta de produtos/serviços que contemplem uma variedade maior de necessidades do consumidor; ou seja, deve *flexibilizar* a oferta (KOSKELA, 1992), sem perder uma padronização mínima exigida para a execução do projeto. Outra sugestão de Koskela (1992) é a redução das atividades em canteiro relativas ao fluxo de materiais. Para alcançar esse objetivo, pré-fabricação, modularização e pré-montagem *precisam ser consideradas na fase de projeto*.

Nesse contexto, outro ponto que precisa ser considerado durante o desenvolvimento do projeto conforme apontado por Koskela (1992) são as *intervenções regulatórias*, visto que a solução de design proposta, bem como diversas fases da construção estão sujeitas a aprovação e fiscalização das autoridades regulatórias. Ling (2017) disserta sobre os desafios do caso brasileiro.

As legislações que regulam o uso e a ocupação do solo nas cidades brasileiras são extensas, complicadas e, muitas vezes, contradizem-se entre diretrizes de diferentes órgãos e secretarias municipais. [...] Tal complexidade e, em muitos casos, contradição, atrasam, arriscam e encarecem tremendamente o processo da construção – custo que é inevitavelmente repassado aos moradores ou usuários do espaço construído (LING, 2017, p. 52).

Ainda, segundo Ling (2017), o desafio enfrentado pela construção civil é tamanho que se tornou comum no Brasil a figura do “arquiteto de aprovação” ou “arquiteto despachante”, profissional responsável pela aprovação dos projetos junto aos órgãos municipais. Como sugestão para esse desafio, Koskela (1992), propõe que os *ciclos de aprovação* de projetos sejam *reduzidos*, bem como a auto inspeção seja incluída como parte do fluxo do processo de produção. No entanto, para que esses objetivos possam ser alcançados, *é fundamental a adequada estruturação da equipe responsável pela concepção e elaboração da solução*, assunto que será abordado no tópico a seguir.

2.2.1.2 Equipe responsável pela concepção e elaboração do projeto

Conforme apontado por Koskela (1992), um dos grandes problemas da abordagem gerencial tradicional é a falta de *falta de liderança* e de *responsabilidade*

pelo projeto total, a qual leva ao *controle segmentado* do projeto, bem como a *pouca ou nenhuma iteração* no processo de design. A fim de contornar esses problemas, a produção e construção enxuta propõem *alternativas ao modo sequencial de realização de projetos*, as quais estão diretamente ligadas à forma como as equipes responsáveis pelo projeto são estruturadas.

Nesse contexto, Womack et al. (2004) apontam que as principais diferenças nos métodos de projetar utilizados pelos produtores enxutos consistem no *trabalho e comunicação da equipe* envolvida, na *liderança* do projeto, bem como no *desenvolvimento simultâneo*; já Koskela (1992) aponta a noção de *engenharia simultânea*. A seguir, a definição da equipe enxuta de projeto sintetizada por Womack e Jones (2004).

A abordagem enxuta cria equipes de produto realmente dedicadas com todas habilidades necessárias para conduzir a especificação de valor, projeto geral, engenharia detalhada, compras, equipamentos e planejamento da produção na mesma sala, em um curto período de tempo, utilizando uma metodologia comprovada de processo decisório em equipe chamada Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment) (WOMACK E JONES, 2004, p. 45).

Observa-se que a engenharia simultânea, a qual também adota o método QFD para desenvolvimento de produtos, compartilha de princípios similares para a estruturação das equipes.

A engenharia simultânea básica é melhor realizada por uma equipe multifuncional de desenvolvimento de produtos [*Product Development Team* ou PDT] liderada por um forte gerente de produtos. Todas as funções da corporação devem participar [do PDT] (CLAUSING, 1993, p. 40, tradução nossa).

Nesse sentido, ao se estruturar equipe multifuncional para o desenvolvimento do projeto, percebem-se ganhos na comunicação da equipe, e a mudança do desenvolvimento sequencial do projeto, para o desenvolvimento simultâneo: o projeto não mais passará de um departamento para o outro, o que frequentemente resulta em esperas, retrabalhos, e, não raro, em *modificações não notificadas* aos departamentos anteriores pelo qual o projeto passou; o projeto, nesse novo contexto, passará a ser desenvolvido *em fluxo*, e os conflitos que envolvem prioridades entre departamentos ocorrerão *no início*, e não no final do projeto. A resolução de problemas, desta forma, ocorre de forma *iterativa*, e não sequencial.

Para que esse processo flua adequadamente, a figura do líder revela-se essencial: ele é o responsável, entre outras funções, por forçar o grupo a tomar as decisões difíceis para que haja consenso em relação ao projeto (WOMACK et al., 2004), bem como pelo sucesso do produto em todo seu ciclo de vida, desde a concepção, até o lançamento, e seu respectivo sucesso financeiro para a empresa (WOMACK E JONES, 2004).

Nesse contexto, revela-se fundamental trazer outro agente para a equipe de desenvolvimento dos projetos: os *fornecedores*. Clausing (1993) disserta sobre o momento no qual tradicionalmente estes são incluídos no processo de design e algumas consequências disso.

Na antiga forma em massa de desenvolvimento de produtos, os fornecedores geralmente eram trazidos muito tarde, quando só podiam responder a projetos que já estavam concluídos para competir com outros fornecedores em potencial, principalmente com base no menor custo cotado. Isso levou à proliferação do número de fornecedores de uma empresa, nenhum dos quais estava contribuindo significativamente para o design de novos produtos. Como resultado, os projetos costumavam ser pouco adequados às capacidades dos fornecedores (CLAUSING, 1993, p. 51, tradução nossa).

Womack et al. (2004) estendem essa discussão e mostram que, ao não se incluir os fornecedores no processo de design, as empresas – além de perderem a oportunidade de melhoria dos projetos com base na experiência destes últimos – também correm o risco de as peças projetadas serem de difícil produção, ou ainda, de terem baixa *manufaturabilidade*, ou seja, a facilidade com que o produto será montado e ajustado corre o risco de ser baixa, devido aos muitos componentes, ou estrutura das peças.

Ademais, dado o alto número de fornecedores envolvidos no processo de produção, não raro a interação entre todas as peças não ocorre conforme planejado, e os consumidores acabam por descobrir defeitos e o mau funcionamento dos componentes. Além disso, outros problemas costumam surgir, como lotes entregues com grande número de peças defeituosas, ou até mesmo a necessidade de *redesenhar* os componentes, o que leva a mais custos, bem como atrasos nos cronogramas.

No entanto, os aumentos de custos imprevistos não se resumem apenas aos componentes que requerem novos projetos: os critérios tradicionalmente adotados para escolha dos fornecedores, bem como a falta de transparência durante as

negociações fazem com que os preços contratados nem sempre se mantenham estáveis ao longo do tempo; uma vez que um dos principais objetivos dos departamentos de suprimentos das empresas seja *achatar os lucros dos fornecedores*, estes, para conseguir longos contratos, fazem *ofertas deficitárias* inicialmente, ao mesmo tempo em que preveem *mecanismos para aumento do preço* de peças e componentes ao longo do tempo (WOMACK et al., 2004).

Dada essa relação de baixa transparência entre as partes, falha-se na tentativa de obter canal efetivo de comunicação entre as empresas e fornecedores, o que implica diretamente na qualidade do projeto e do produto final, bem como encarece o processo como um todo. O resultado: *o consumidor na ponta final da cadeia acaba por pagar o preço de uma abordagem tradicional de suprimentos*.

Os produtores enxutos, em contrapartida, adotam outra abordagem quanto aos suprimentos: logo no início do desenvolvimento do novo produto, eles selecionam todos os fornecedores necessários. Os critérios para seleção, porém, revelam-se bastante distintos dos empregados pelos produtores em massa; enquanto estes selecionam principalmente com base no preço, o produtor enxuto seleciona com base no *relacionamento passado* e no *histórico de bom desempenho* (WOMACK et al., 2004).

Consequentemente, reduz-se significativamente o número de fornecedores envolvidos, e alguns destes passam a ser responsáveis não só pela produção de todo um componente, como também pelo *projeto do produto*: tais fornecedores são categorizados como de *primeiro nível*, e costumam estruturar equipes de projeto bastante amplas; essas equipes contam não só com membros da própria empresa e da empresa contratante dos componentes, como também com profissionais advindos das empresas fornecedoras, chamados aqui de fornecedores de *segundo nível*. Porém, para que esse relacionamento entre produtores e fornecedores possa existir, uma estrutura racional de custos, preços e lucros, balizada por contratos básicos, revela-se imprescindível (WOMACK et al., 2004).

Nesse contexto, os custos e lucros são determinados de forma inversa da observada na produção em massa: os produtores enxutos, a partir de um preço-meta estabelecido, retrocedem, juntamente com os fornecedores, para analisar como o produto poderia ser produzido por aquele preço, com margem razoável de lucro para ambos. Para que isso ocorra, porém, produtores precisam respeitar a necessidade dos fornecedores de lucrar razoavelmente, bem como os fornecedores precisam

compartilhar fidedignamente suas informações internas sobre custos e técnicas de produção. Ainda, empresas e fornecedores possuem regras claras de divisão de lucros para o caso de melhorias nos processos que levem a redução de custos. (WOMACK et al., 2004).

Tal transparência na relação entre os entes “substitui um círculo vicioso de desconfiança por um círculo virtuoso de cooperação” (WOMACK et al., 2004, p. 138), o qual leva não só a reduções nos custos dos componentes, como principalmente à melhoria da *qualidade dos projetos e produtos*. A seguir, os Womack et al. (2004) resumem os princípios dos suprimentos enxutos.

Em vez do preço – determinado pelo relativo poder de barganha de ambas partes – como principal elo de ligação com os fornecedores externos, e em vez da burocracia como principal elo com as divisões internas de suprimentos, a montadora enxuta introduz um acordo de longo prazo, estabelecendo uma estrutura racional de análise de custos, definindo os preços e compartilhando os lucros. É, portanto, do interesse de todas as partes melhorar constantemente o desempenho, mantendo-se sempre completamente abertos uns com os outros, sem o temor de que o outro se aproveitará da situação para levar vantagem. O relacionamento entre fornecedores e montadoras no Japão não se baseia primariamente na confiança, mas na interdependência mútua, consagrada nas regras do jogo aceitas por todos. Entretanto, um conjunto estável de regras não quer dizer que qualquer um possa afrouxar. Pelo contrário, mantém a todos num constante afã de melhorar o desempenho. (WOMACK et al., 2004, p. 143).

Considerações sobre o gerenciamento tradicional de suprimentos também aparecem na obra de Koskela (1992).

A responsabilidade por diferentes tarefas relacionadas à preparação de um fluxo de materiais geralmente é dividida entre várias pessoas. A compra de materiais geralmente é realizada por um departamento especial, que visa minimizar os custos totais de compra e transporte para cada material. Portanto, não é provável que o fluxo de material resultante seja ideal do ponto de vista das cooperações no local (KOSKELA, 1992, p. 33, tradução nossa).

Nesse contexto, em relação aos diversos fornecedores envolvidos em um projeto, Koskela (1992) ressalta a origem da chamada *multiorganização temporária* característica dos projetos de construção.

A organização do projeto de construção geralmente é uma organização temporária projetada e montada para a finalidade de um projeto específico. É composta por diferentes empresas e práticas, que não necessariamente trabalharam juntas antes e que estão vinculadas ao projeto por meio de diferentes disposições contratuais. É uma organização múltipla. [...] No entanto, essas características geralmente não são causadas por condições

objetivas, mas são o resultado de uma política gerencial destinada à execução sequencial e à compra de várias partes do edifício a um custo aparentemente mais baixo (KOSKELA, 1992, p. 47, tradução nossa).

Para o autor, conforme apontado anteriormente, faz-se necessário buscar alternativas ao modo sequencial de elaboração de projetos. Para tanto, a formação de equipe durante o projeto, a qual possua definições claras dos objetivos a serem alcançados, e da qual façam parte organizações com histórico de cooperação de longo prazo revela-se essencial; assim, as informações, conhecimentos, soluções de design e processos necessários ao desenvolvimento do projeto podem transitar entre as múltiplas organizações de forma a promover o fluxo no processo de projeto (KOSKELA, 1992).

Nesse contexto, as ferramentas empregadas pela equipe para desenvolvimento da solução também merecem atenção especial. Koskela (1992) aponta que muitos países destinam recursos para o desenvolvimento da construção, e que os objetivos desses projetos de financiamento devem ser repensados à luz dos novos conceitos gerenciais. No que tange a fase de projeto, a *Construção Integrada por Computador* é um dos pontos analisados pelo autor, a qual tem como equivalente na indústria outra CIM: a *Computer Integrated Manufacturing (Manufatura Integrada por Computador, tradução nossa)*.

A Manufatura Integrada por Computador, conforme Bremer (1995, resumo) “pode ser entendida como o uso da tecnologia de informação para a integração dos processos de uma empresa, visando atingir seus objetivos de negócio”; nesse sentido, Koskela (1992) aborda a implantação desse sistema na construção civil sob a ótica da produção enxuta.

Deve-se notar que a integração técnica fornece apenas a infraestrutura e o potencial para integração. A integração técnica não ajuda muito se os processos não forem de alta qualidade (erros, omissões, tempos de espera e inspeção, alterações devido a uma análise de requisitos inadequada, longos ciclos de feedback); provavelmente isso apenas aumenta a confusão e a complexidade. Isto foi dito sucintamente em relação à CIM (Computer Integrated Manufacturing): “A CIM atua como uma lupa. Torna o bom sistema muito melhor; torna o sistema pobre muito pior” (Melnik & Narasimhan 1992) (KOSKELA, 1992, p. 58, tradução nossa).

Já na construção civil, o *Building Information Modeling (BIM ou Modelagem da Informação da Construção, tradução nossa)* pode ser entendido como uma ferramenta para Construção Integrada por Computadores, conforme explicito a seguir.

Building Information Modelling (BIM) é considerado uma nova abordagem de gestão de projetos nas áreas de arquitetura, engenharia e construção, envolvendo todo o ciclo de vida de uma edificação. Embora tenha diferentes definições, todas convergem para o uso da tecnologia, sendo esta responsável por demandar mudanças no conceito e processo de concepção dos projetos (CHAVES et al., 2014, p. 1468).

Nesse sentido, estendem-se as considerações de Koskela à Construção Integrada por Computador à abordagem BIM também.

Essa análise sugere que a integração do computador não deve ser uma meta principal, mas um meio, entre outros, para atingir as metas de melhoria do processo. A necessidade de melhoria de processos é muitas vezes urgente e deve ser iniciada com os meios disponíveis (engenharia simultânea, definição e aprimoramento de processos de trabalho, abordagem de equipe, programas de qualidade de fornecedores), enquanto muitas soluções para integração de computadores parecem levar mais tempo para amadurecer. (KOSKELA, 1992, p. 58, tradução nossa).

Não se deve, porém, descartar o uso do BIM no processo de design. O BIM, enquanto tecnologia a serviço da construção civil, pode proporcionar grande melhoria na comunicação entre os envolvidos, na qualidade dos serviços e das informações disponíveis para tomada de decisões, bem como pode reduzir o tempo e o custo em cada etapa do ciclo de vida de uma edificação (CHAVES et al., 2014, p.1468, apud SMITH E TARDIF, 2009). Contudo, conforme apontado por Koskela (1992), ferramentas computacionais são meios para melhoria de processos.

Nessa mesma lógica, Womack e Jones (2004) dissertam sobre os ganhos de produtividade em uma das empresas analisadas em seu estudo, a Wiremold.

[...] Várias novas tecnologias auxiliadas por computador poderiam receber o crédito por esses ganhos, exceto pelo fato de essas técnicas terem sido adotadas em 1990-91, *antes* dos ganhos de tempo de lançamento no mercado e dos ganhos de produtividade. Como enfatizamos em todo este livro, os avanços em tecnologias pesadas podem ser úteis e, em muitos casos, são muito importantes, mas é improvável que gerem mais do que uma fração de seu potencial, a não ser que sejam incorporados a uma organização capaz de fazer uso total deles. Ao colocar os projetos de produto em fluxo contínuo com uma equipe dedicada, com múltiplas habilidades, trabalhando em um mesmo local e sem interrupções, a Wiremold eliminou os retrofluxos no processo de desenvolvimento, reduzindo, ao mesmo tempo, os custos de produção e aumentando drasticamente as vendas através de produtos que atendem precisamente às necessidades dos clientes (WOMACK E JONES, 2004, p. 150, grifo dos autores).

Logo, percebe-se que a melhoria dos processos gerenciais para o desenvolvimento do projeto *como um todo* deve ser o foco, desde a forma como será

estruturada a equipe, até a concepção e elaboração da solução; para tanto, os princípios da produção enxuta oferecem as diretrizes que devem ser seguidas ao longo desse curso. Na Figura 1, apresenta-se o resumo das técnicas e procedimentos expostos neste item.

Figura 1 - Resumo das técnicas e procedimentos para solução de problemas



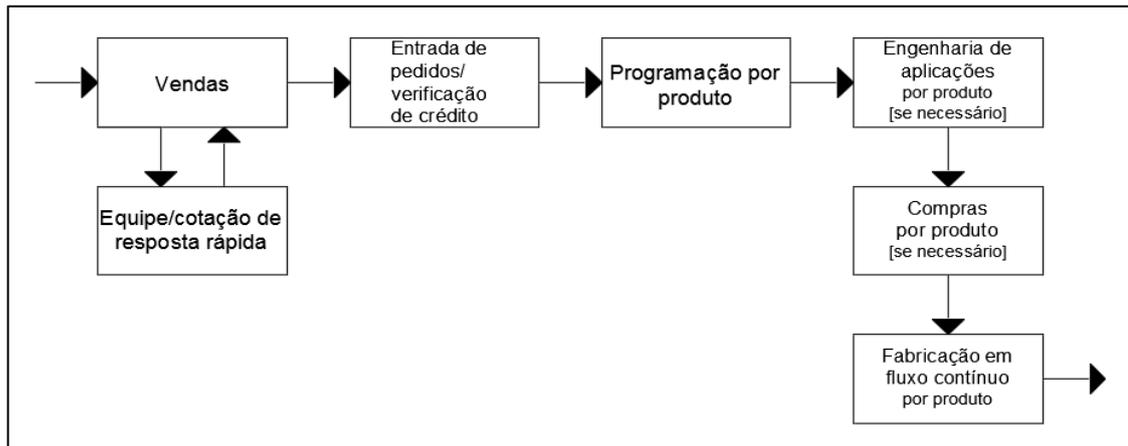
Fonte: A autora

2.2.2 Gerenciamento da informação

Segundo Womack e Jones (2004, p.8), a tarefa de gerenciamento da informação compreende as atividades que vão “do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma”. Sob a ótica da construção civil, o equivalente pode ser encontrado na obra de Koskela (1992) sob o nome de processo de *gerenciamento da construção*, o qual presta suporte aos processos principais de design, descrito anteriormente, bem como ao processo de construção, o qual será citado mais à frente no presente estudo.

Para exemplificar o processo enxuto de gerenciamento na indústria, a Figura 2 apresenta o fluxograma de emissão de pedidos implementado pela Lantech, empresa participante da pesquisa conduzida por Womack e Jones (2004).

Figura 2 - Fluxograma de emissão de pedidos em uma organização enxuta



Fonte: adaptado de Womack e Jones (2004, p. 117).

Koskela (1992), por outro lado, define o processo de gerenciamento da construção como o conjunto de ações que transforma o projeto detalhado em um plano de construção, bem como em controles diários dos processos que ocorrerão no canteiro. Aproveita-se aqui para ressaltar uma das grandes diferenças existentes entre a indústria e a construção civil apontadas por Oliveira (2018), a qual influencia profundamente a atividade de gerenciamento nesses setores.

Na indústria, [...] as estações são fixas e o produto se movimenta através da linha de produção, já na obra, é o contrário, as equipes (que analogamente seriam as estações) se movimentam em relação ao produto, que é a própria obra (OLIVEIRA, 2018, p. 127).

Isso reflete novamente o caráter único dos projetos da construção civil já observado por Koskela (1992). A produção industrial, em contrapartida, tem caráter altamente repetitivo, e a função do gerenciamento neste caso está mais ligada ao processo de *emissão de pedidos* dos produtos, enquanto a transformação dos projetos em planos de fabricação é conduzida *ainda na fase de projeto*, com auxílio de ferramentas como o Desdobramento da Função Qualidade, conforme apontado por Clausing (1993).

Já na construção civil, conforme apontado por Koskela (1992), todo projeto é único e o gerenciamento relacionar-se-á ao processo de transformação deste projeto em planos de construção específicos, ou seja, como se dará em termos *operacionais a execução do projeto*. Conseqüentemente, orçamentos e cronogramas, alguns dos principais produtos do gerenciamento, também serão únicos. Oliveira (2018) prossegue com a exposição das diferenças entre as operações da indústria e da construção civil.

[...] no segmento automotivo, os projetos de produtos são desdobrados nas estações de modo que as instruções de trabalho forneçam a sequência na qual as operações devem ser executadas, as especificações em cada estação e, assim, os líderes compartilham a responsabilidade com os engenheiros e técnicos de como as atividades devem ser executadas, ou seja, *o papel do líder é certificar se o operário está cumprindo ou não o que já está determinado*. Já na construção civil, as frentes de trabalho têm gestores e engenheiros para coordenar o fornecimento de materiais e realizar a interface com os outros departamentos da empresa, entretanto, a responsabilidade de condução das equipes para a realizar as atividades e fazer com que os pacotes de projetos se transformem em produtos é dos mestres de obras, que geralmente têm muitos anos de empresa e grande experiência de execução, ou seja, *os gestores pensam “o quê” fazer, mas o “como” fazer fica por conta dos mestres* (OLIVEIRA, 2018, p. 137, grifos nossos).

Essa diferença apontada por Oliveira (2018) pode ainda ser outro indício da abordagem tradicional de gerenciamento da construção civil. Recordam-se, então, as palavras de Koskela (1992) sobre essa questão.

No design e na engenharia sequencial, a tarefa total é dividida em tarefas sequenciais temporalmente, que são dadas a diferentes especialistas para execução. [...] Na construção, a abordagem tradicional para a execução do projeto [...] é semelhante. *Aqui, o cliente primeiro seleciona um arquiteto, que prepara projetos e especificações gerais*. Projetos para disciplinas estruturais e mecânicas são então preparados. *A construção é de responsabilidade de um empreiteiro geral contratado pelo cliente* (KOSKELA, 1992, p. 32, tradução e grifos nossos).

Koskela (1992) aponta que essa abordagem sequencial leva a soluções sub-otimas, baixa construtibilidade e operabilidade, grande número de solicitações de mudança (expresso em retrabalhos nos projetos e na construção), bem como à falta de inovação e melhorias. Na atividade específica de gerenciamento, os resultados da abordagem tradicional também aparecem: os responsáveis pelo planejamento de obras – tal como os profissionais que preparam projetos e definem especificações que não raro falham em identificar restrições – também elaboram frequentemente

cronogramas e orçamentos distantes da realidade por falta de domínio dos processos de execução. Como Oliveira (2018) assinala, sabem “o quê” deve ser feito, mas lhes falta o “como”.

Por outro lado, a execução conduzida basicamente por mestres de obras com conhecimento do “como” corre grande risco de tornar-se desordenada pela ausência de processos claros, bem como pela alta complexidade das atividades envolvidas em uma construção. Isatto et al. (2000) resumem de forma simples as consequências dessa abordagem tradicional de gerenciamento da construção civil: a falta de domínio de muitas empresas sobre seus próprios processos acaba por gerar variabilidades e incertezas.

Nesse contexto, citam-se algumas ferramentas que se mostram de grande auxílio não só na elaboração do projeto, como também para fase de gerenciamento. O já mencionado BIM, por exemplo, além da mais tradicional modelagem paramétrica em três dimensões (3D) – a qual traz a essencial e altamente objetivada compatibilização de projetos de diferentes matérias – também permite a introdução de atributos de tempo ao modelo que possibilitam a elaboração de cronogramas (4D), bem como geram tabelas de quantitativos que permitem a geração de orçamentos (5D) (BOMFIM et al., 2016).

Koskela (1992) ainda aponta outra forma de contornar esses problemas: o aprimoramento do planejamento *detalhado e contínuo* (em fluxo). No entanto, ressalta-se: *implantar uma nova metodologia de planejamento enxuta de forma isolada não tornará a produção enxuta*; a incorporação dos princípios da produção enxuta a todas atividades críticas deve ser o objetivo. Dessa forma, as tarefas críticas da fase de gerenciamento passam a não ser vistas de forma isolada, mas sim *como um todo* dentro da empresa – e até mesmo *fora dela*. *Para que se possam elaborar cronogramas e orçamentos fidedignos na fase de gerenciamento, as fases de projeto, gerenciamento e produção precisam ser colocadas em fluxo.*

É preciso inculcir-lhes a ideia de que gerenciar não significa mais administrar as atividades de forma estável e evitar variâncias. Ao contrário, significa eliminar as causas básicas das variâncias (para que elas desapareçam permanentemente e os gerentes possam parar de apagar incêndios) e melhorar o desempenho em saltos periódicos que nunca terminam (WOMACK E JONES, 2004, p. 272).

Atualmente na construção civil brasileira, muitas empresas tem buscado colocar seus planejamentos em fluxo e reduzir a variância por meio da metodologia de planejamento e controle da produção intitulada *last planner*⁶. Isatto et al. (2000) definem essa técnica da seguinte forma.

O *last planner* é uma ferramenta destinada ao planejamento e controle da produção no nível operacional, desenvolvida inicialmente por Ballard & Howell (1998). Seu principal objetivo é formalizar o plano de curto prazo, através da utilização de uma planilha relativamente simples, através da qual se pode avaliar a eficácia do planejamento operacional e registrar as causas do não cumprimento das tarefas programadas (ISATTO et al., 2000, p. 122).

A variabilidade, nesse contexto, é definida por Isatto et al. (2000) de três formas: pode estar relacionada aos processos anteriores, ao próprio processo em andamento, ou então à demanda. Segundo os autores, a natureza da variabilidade também se revela variável: pode estar ligada à qualidade do produto, à duração de uma determinada atividade ou ainda à quantidade de recursos consumidos; eles afirmam, no entanto, que existe parcela da variabilidade que não pode ser eliminada, e que o *last planner* pode ser uma das ferramentas empregadas a fim de minimizá-las. A partir desses pressupostos, Isatto et al. (2000) dissertam sobre o processo de planejamento.

Em função da complexidade típica de empreendimentos de construção e da variabilidade de seus processos [...] em geral existe a necessidade de dividir o planejamento e controle da produção em diferentes níveis hierárquicos. A hierarquização do planejamento é uma das principais formas de proteger a produção contra os efeitos nocivos da incerteza e variabilidade. [...] Assim, a hierarquização do processo de planejamento permite que algumas decisões sejam adiadas até que se tenha mais informações sobre a disponibilidade ou não de determinados recursos (ISATTO et al., 2000, p. 78).

O planejamento, nesta linha lógica, divide-se em três horizontes: longo, médio e curto prazo; neste sentido, o grau de detalhamento amplia-se à medida que se aproxima da execução da tarefa. O primeiro estágio de planejamento, de longo prazo, costuma ser realizado pela direção das empresas, e é responsável por definir a data de entrega da obra, bem como os marcos chave no cronograma, como o início e fim de fundações e estrutura da edificação, por exemplo; tem como produto o *plano mestre* (ISATTO et al., 2000).

⁶ A expressão “*last planner*” costuma ser traduzida para o português como “último planejador”.

Já o planejamento de médio prazo funciona como elo entre o de longo e curto, e o horizonte de tempo analisado dependerá da complexidade e duração do empreendimento; geralmente é de responsabilidade da equipe gerencial da obra. Já o último planejamento, o de curto prazo, relaciona-se à programação das atividades do dia a dia da obra, e é feito pela equipe operacional semanalmente (ISATTO et al., 2000).

Nesse contexto, Oliveira (2018) apresenta as consequências de não se trabalhar com planejamento hierarquizado.

Normalmente o que vemos nas construtoras são planilhas enormes com cronogramas imensos ou sistemas específicos para realizar programação de todas as frentes, geralmente realizadas pela equipe de planejamento e muitas vezes sem a participação de quem irá conduzir as atividades. Isto gera uma série de transtornos no controle e, normalmente, a equipe de RH “reclama” que não teve tempo suficiente para contratar, ou a equipe de suprimentos relata que “não sabia” da necessidade de determinado material, e assim por diante (OLIVEIRA, 2018, p. 109).

Ballard e Howell (1994), então, justificam porque a ferramenta do *last planner* destina-se principalmente ao planejamento e controle no nível operacional.

As decisões sobre o trabalho a ser feito, em que sequência, sobre quais durações, usando quais recursos e métodos são feitas em todos os níveis da organização, e ocorrem durante toda a vida do projeto. Por fim, alguns planejadores produzem tarefas que direcionam a produção física. Esse “último planejador” é o último da cadeia, porque a saída de seu processo de planejamento não é uma diretiva para um processo de planejamento de nível inferior, mas resulta em produção (BALLARD E HOWELL, 1994, p. 5, tradução nossa).

Segundo Ballard e Howell (1994, p. 5, tradução e grifo nosso), “a estabilização do ambiente de trabalho começa por *aprender a fazer e manter compromissos*”. Nesta mesma linha lógica, Oliveira (2018) resume o funcionamento dessa metodologia.

A base do sistema *last planner* é que o trabalho não é mais determinado por “previsões”, pois, a função do último planejador é justamente definir o que deve ser feito, ele determina as atividades, bem como os recursos necessários para que possam ser executadas, além de identificar e controlar as restrições do processo. O sistema se baseia no conceito, o que “deve ser feito”, o que “pode ser feito” e o que “será feito” ao contrário sistema de planejamento empurrado, no qual a execução só ocorre com base no que “deve ser feito” (OLIVEIRA, 2018, p. 111).

Segundo Oliveira (2018), a melhor forma de combater esses problemas revela-se mudar a forma de realizar o planejamento, de forma que todos os responsáveis pelos processos participem da tomada de decisão, bem como clientes internos e externos sejam incluídos. Ele denomina essa nova forma de gerenciamento de *planejamento puxado*, e apresenta metodologia própria para implantá-lo em construtoras. O plano completo de Oliveira (2018) será apresentado ao final do presente estudo; no momento, focar-se-á nos processos relacionados ao gerenciamento.

Nesse contexto, Oliveira (2018) apresenta algumas ferramentas que fornecerão informações para elaboração adequada do plano mestre, o planejamento de longo prazo da obra; são elas o *mapa do fluxo de valor* e o *mapa de entregáveis*. Este primeiro, o mapa de fluxo de valor, é estudado em profundidade no manual de Rother e Shook intitulado “Aprendendo a Enxergar” (2003), o qual apresenta conceitos e ferramentas para auxiliar no mapeamento dos fluxos de valor na área de produção industrial.

No entanto, conforme já apontado anteriormente por Womack e Jones (2004), o fluxo de valor são as ações que levam o produto a passar por *todas* etapas críticas do negócio. Logo, por mais que o foco do livro de Rother e Shook (2003) seja o processo de fabricação, faz-se necessário recordar que todas tarefas e processos críticos devem colocados em fluxo na empresa enxuta.

Rother e Shook (2003) também apresentam a figura do *gerente do fluxo de valor*, o principal responsável pela tarefa de mapeamento. Na última parte do presente estudo, serão apresentadas as características e atribuições deste profissional. Por ora, focar-se-á na forma como esse mapeamento é realizado no meio industrial, conforme orientações de Rother e Shook (2003) e, na sequência, na forma adaptada ao meio da construção civil, segundo Oliveira (2018).

Na indústria, segundo Rother e Shook (2003), estrutura-se o fluxo para diferentes famílias de produtos – as quais compartilham das mesmas etapas de processamento e equipamentos. Segundo os autores, tentar incluir inicialmente todos produtos em um único diagrama seria atividade muito complexa. Para facilitar a identificação das famílias, os autores ainda propõem que seja criada matriz em que as etapas de montagem e equipamentos sejam dispostas em um eixo, e no outro eixo os produtos, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Matriz para identificação de famílias de produtos

		Etapas de montagem & equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma família de produtos

Fonte: adaptado de Rother e Shook (2003, p. 6).

Rother e Shook (2003, p. 6) apontam que a definição da família varia conforme o tamanho da empresa: “a menos que você tenha uma pequena empresa, uma planta de um único produto, desenhar todo o fluxo de produto em um único mapa é muito complicado”. Logo, no âmbito da construção civil poder-se-ia utilizar o mesmo raciocínio: conforme a escala da obra em questão, e/ou dos produtos ofertados pela empresa, estipular-se-ão as famílias.

Definir as famílias, no entanto, é apenas o primeiro passo. Mapear os fluxos de valor dessas famílias revela-se fundamental para que os procedimentos gerenciais enxutos possam ser implantados. Rother e Shook (2003) descrevem essa técnica de maneira bastante didática.

O que queremos dizer por mapeamento do fluxo é simples: siga a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhe uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formule um conjunto de questões chave e desenhe um mapa do “estado futuro” de como o valor deveria fluir (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 5).

A partir dessa definição, percebe-se que algumas adaptações precisam ser feitas para que esse processo possa ser aplicado na construção civil; devido às peculiaridades deste setor, em especial do caráter único de cada projeto e de cada canteiro, Oliveira (2018) propõe que o mapeamento seja simplificado e

complementado pelo mapa de entregáveis. Apresentam-se, então, as recomendações para realização do mapeamento do fluxo de valor.

Diferentemente do mapeamento utilizado na indústria, o mapeamento de fluxo de valor aplicado na construção é bem mais simples, não necessita usar um sistema de símbolos robusto e normalmente não é necessário realizar um mapeamento otimizado após as análises. A ideia geral de construir esta ferramenta é entender as várias atividades de trabalho, quantitativos e fluxos de informação, de forma a identificar desvios entre o produto, escopo do contrato e necessidades construtivas para que se possa encontrar desperdícios, já que na construção o ciclo de atividades é um ciclo único, oposto da indústria, onde os ciclos se repetem (OLIVEIRA, 2018, p. 104).

Além disso, Oliveira (2018) propõe que, ao invés dos mapas dedicados a família de produtos, sejam utilizadas as *frentes de trabalho* como unidade para o mapeamento. Apesar da diferença conceitual, as denominações ainda podem ser bastante similares. Toma-se como exemplo a obra de um condomínio residencial multifamiliar em que serão executados, além dos apartamentos unifamiliares, áreas comuns como quiosques, salões de festas, guaritas, entre outros.

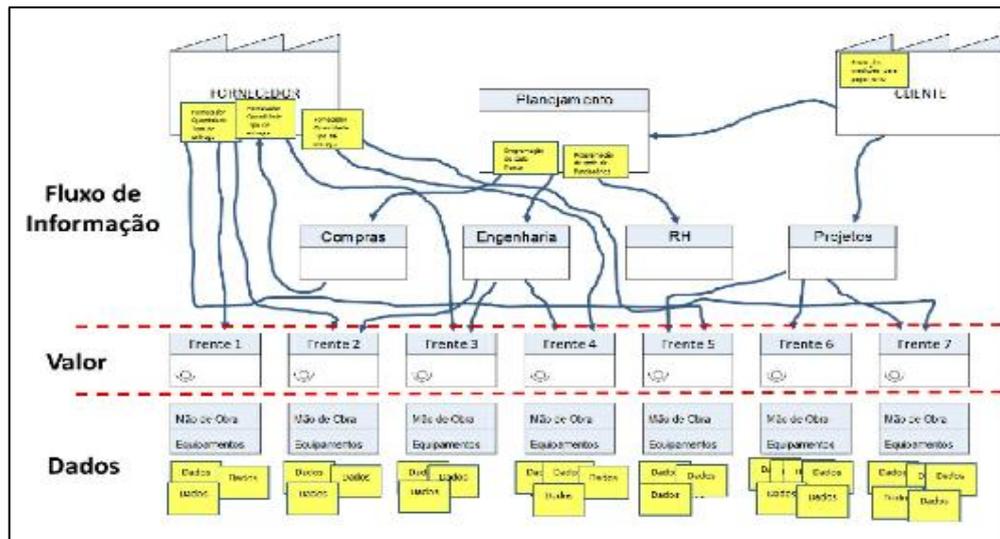
Nesse contexto, pode-se classificar os apartamentos como uma família de produtos visto que *todos seguem as mesmas etapas de construção e utilizam os mesmos equipamentos para montagem*. Já no caso de haver dois prédios de unidades familiares com diferentes prazos de entrega, por exemplo, também poder-se-ia considerar *cada um deles como uma frente de trabalho*. Conforme Oliveira (2018) aponta, a definição das frentes irá variar conforme o tipo de obra em análise.

Ainda, segundo Rother e Shook (2003), identificar as famílias também é fundamental por outro motivo: *seus clientes se preocupam com produtos específicos, não com todos os seus produtos*. É razoável dizer, por exemplo, que em um condomínio os moradores se preocupam mais com o desempenho de seus apartamentos do que com o desempenho dos equipamentos comuns, ou da área de garagem. Com isso não se quer dizer que a qualidade dos outros produtos não afetará a empresa como um todo, apenas que os esforços podem ser dirigidos aos produtos mais críticos.

Segundo Oliveira (2018), e conforme já exposto, a primeira tarefa do mapeamento revela-se identificar o fluxo de valor, ou seja, as frentes de trabalho. Na sequência, faz-se necessário esboçar o fluxo de informação entre os principais processos (planejamento, projetos, RH e Suprimentos), bem como a relação com cliente e fornecedores. Por fim, descrevem-se as principais informações de cada

frente de trabalho (produtividade, número de colaboradores por função, volumes dos principais materiais, principais equipamentos e quantidades, entre outros). Na Figura 3, um modelo de mapa de fluxo de valor. Na sequência, as orientações de Oliveira (2018) para elaboração do mapa.

Figura 4 - Mapa do fluxo de valor



Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 105).

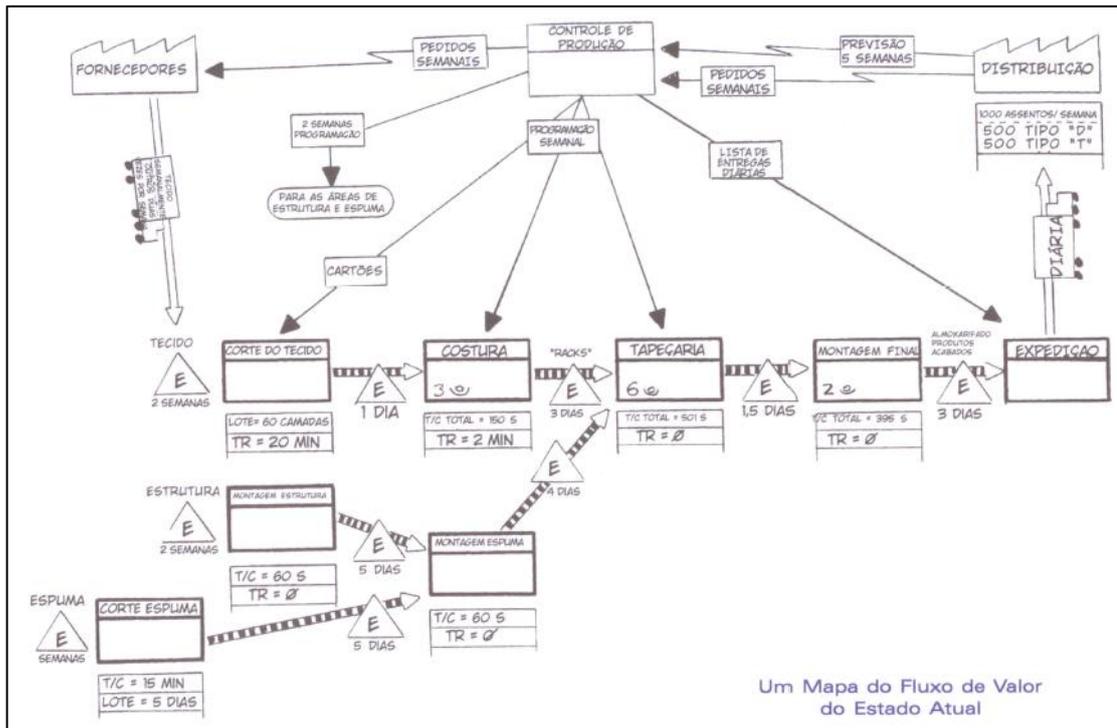
[...] do lado direito se coloca a caixa “cliente”, no lado esquerdo a caixa “fornecedor”, no meio sempre temos o “planejamento”, pois ele é o cérebro de toda a obra, e um pouco mais abaixo pode-se inserir todos os outros departamentos para que se possa realizar as ligações entre eles, conforme o envio ou recebimento de informações, cada caixa deve conter todas as informações pertinentes, por exemplo, na caixa “fornecedor” coloca-se todos os fornecedores e os volumes que serão adquiridos e, neste momento, confronta-se com o escopo da obra, e assim para todas as caixas (OLIVEIRA, 2018, p. 105)

Oliveira (2018) prossegue com as orientações.

Mais abaixo, como em uma linha horizontal, deve-se colocar a sequência das frentes de trabalho, mesmo que sejam subprodutos, como viadutos e pontes, ou frentes de terraplenagem, isso vai variar conforme o tipo de obra e, por fim, abaixo de cada frente de trabalho identificada, deve conter todos os dados pertinentes, quantitativos, mão de obra prevista, utilização de materiais, quantidade de equipamentos etc., pois assim facilita o entendimento quanto a frente mais crítica e posterior análise logística (OLIVEIRA, 2018, p. 107).

Apresenta-se também versão resumida dos mapas de fluxo de valor apresentados por Rother e Shook (2003): na Figura 5, o mapa do fluxo de valor do estado atual; na Figura 6, o mapa do fluxo de valor do estado futuro.

Figura 5 - Mapa do fluxo de valor do estado atual fictício



Fonte: (ROTHER E SHOOK, 2003, prefácio).

Logo, se o mapeamento do fluxo de valor contribui para que a equipe de planejamento e produção alcance “o pleno domínio sobre o escopo da obra e todas as informações” (OLIVEIRA, 2018, p. 108), o mapa de entregáveis auxiliará na elaboração do plano que transformará o que “deveria” ser feito, no que “pode” e o que “será” realizado.

Uma ferramenta muito importante [...] é o “mapa de entregáveis”, pois é a base para a confecção do plano mestre de produção e nos ajuda a entender e desdobrar as datas de contrato do projeto em datas de “entregáveis” por processo, de forma que a “visão” de longo prazo, ou seja, do que “deve ser feito” fique clara, e por sua vez facilite o desdobramento para a visão de médio e curto prazo (OLIVEIRA, 2018, p. 111).

Oliveira (2018) sugere que a primeira atividade a ser realizada para elaboração do mapa dos entregáveis é a identificação das fases e marcos da obra. Nesse contexto, ele aponta que as fases podem diferir conforme o projeto, e aponta quatro exemplos para auxiliar executivos: *planejamento*, *mobilização*, *execução da obra*, e *desmobilização*. Quanto aos marcos, o autor aponta que esses podem ser definidos tanto de forma externa, na forma de uma exigência contratual por parte do cliente, quanto de forma interna, por conta de definições e metas da empresa relativas à mão-de-obra e mobilização de equipamentos, por exemplo.

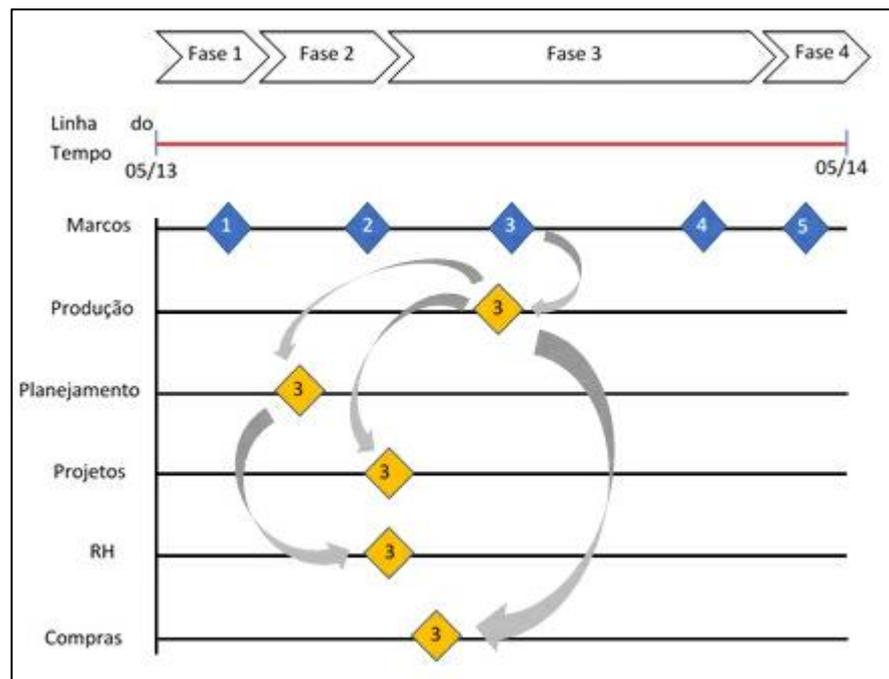
No caso da definição dos marcos, ressalta-se a importância de os gestores terem bem definida a *capacidade* dos processos produtivos, expressas em geral pelos dados de *produtividade*; além disso, é fundamental que esses dados sejam fruto da *análise real* de dados, seja dos dados do histórico da empresa ou então advindos dos procedimentos padrão. Conforme já apontado por Isatto et al. (2000) anteriormente, a falta de domínio de muitas empresas sobre seus próprios processos acaba por gerar variabilidades e incertezas, as quais se refletem no planejamento, em especial nesta atividade de definição de marcos.

É nesse contexto que se apresenta um dos principais ganhos advindos do mapeamento do fluxo de valor: como um dos principais objetivos desta ferramenta revela-se descrever as principais informações das frentes de trabalho, tais como produtividade, número de colaboradores por atividade, equipamentos necessários, bem como a própria sequência construtiva de cada uma das frentes, a definição da capacidade construtiva, e conseqüentemente dos marcos da obra, pode se tornar muito mais *assertiva*. Além disso, os benefícios advindos da utilização dessa

ferramenta não se restringem somente à elaboração dos planos para obra, como também auxiliam no processo de *vendas e negociação* com o consumidor, os quais serão abordados mais à frente neste capítulo.

A fim de ilustrar o mapa de entregáveis, na Figura 7 observa-se exemplo desta ferramenta.

Figura 7 - Mapa de entregáveis

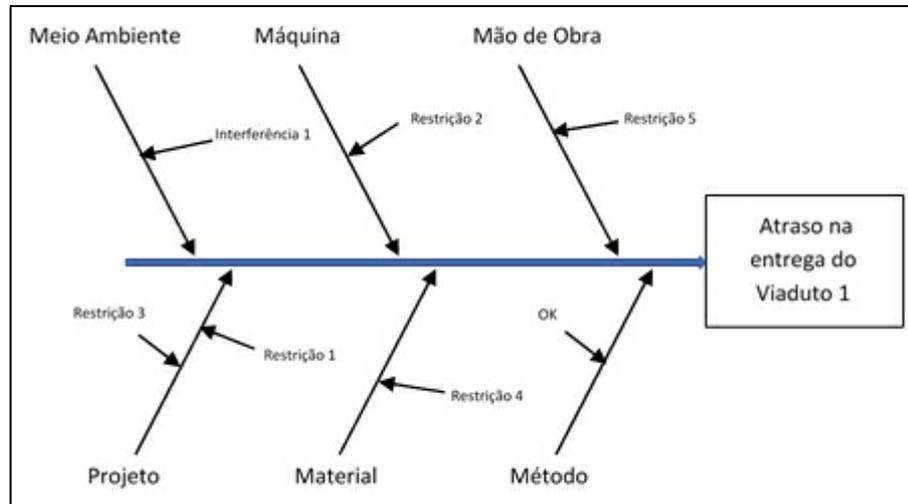


Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 112).

Segundo Oliveira (2018, p. 112) preenche-se o mapa de forma *puxada* “sempre perguntando ao processo cliente, ‘quando o processo fornecedor precisa entregar a atividade’”. “Assim, se todos cumprirem com as datas acordadas, a produção terá condições de atender o marco que fora definido; em alguns casos, mais frentes de produção precisam trabalhar de forma simultânea” (OLIVEIRA, 2018, p. 113).

A partir desse mapa, torna-se possível *identificar as restrições*, as quais, de acordo com Oliveira (2018, p. 144), são “tudo aquilo que impede que a atividade seja realizada ou reduz a performance da execução”. Para execução desta etapa, faz-se necessário identificar a causa raiz do problema em questão, e recomenda-se a utilização do diagrama de causa e efeito, ou de *Ishikawa*, o qual pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 112).

A partir dessas análises, elabora-se uma lista com todas as restrições a fim de criar planos de ações para contorná-las. Segundo Oliveira (2018), na obra em que se realizavam esses estudos, sugeriu-se que o horizonte de análise fosse de três meses, e que as revisões fossem feitas semanalmente. Assim, garantia-se que todas as restrições passariam por contínua análise e remoção.

Com a análise do escopo e o planejamento puxado, é possível construir os cenários da obra, entender as mudanças “físicas” que ocorrerão ao longo da obra. Esta etapa torna-se imprescindível para que se possa realizar as análises da logística dos materiais, pois na medida que a obra vai evoluindo, os locais de abastecimento podem se alterar, bem como a movimentação dos funcionários e, no caso de uma obra linear como esta, os canteiros avançados precisam ser deslocados para que não ocorra excesso de movimentações desnecessárias (OLIVEIRA, 2018, p. 114).

A fim de elaborar a programação semanal da obra, o que seria o equivalente a planejamento de curto prazo, Oliveira (2018) propõe como princípio norteador o *takt*. Esse termo, ao contrário de outros empregados na produção enxuta, não deriva do japonês, e sim do *alemão*. Ele significa *ritmo* em português, e foi adotado pelos japoneses durante o convívio com alemães no período da segunda guerra mundial; e foi dentro da Toyota que ele foi desenvolvido tal como o conceito gerencial amplamente conhecido atualmente.

Womack e Jones (2004, p. 368, grifo nosso) o definem da seguinte forma: “o tempo *takt* define o ritmo de produção de acordo com o ritmo de demanda do cliente,

tornando-se o *puxador* de qualquer sistema enxuto”. Ele pode ser calculado da seguinte forma.

Tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente. Por exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o tempo *takt* será de dois minutos; se o cliente quiser que sejam projetados dois novos produtos por mês, o tempo *takt* será de duas semanas (WOMACK E JONES, 2004, p. 368).

Segundo Womack e Jones (2004, p.47), “a questão é definir sempre o tempo *takt* com precisão, em um determinado momento, em relação à demanda, e processar toda sequência de produção precisamente com base no tempo *takt*”. Os autores ressaltam ainda que, obviamente, o volume de pedidos pode aumentar ou diminuir ao longo do tempo, e que o “*takt* precisa ser ajustado para que a produção esteja sempre precisamente sincronizada com a demanda”.

Já Rother e Shook (2003) complementam as definições de Womack e Jones (2004), e afirmam que o *takt* é a frequência com a qual determinada peça ou produto deve ser fabricado. Eles ainda ressaltam: “o *takt* é um número referência que dá a você noção do ritmo em que cada processo deve estar produzindo e ajuda a enxergar como as coisas estão indo e o que você deveria melhorar” (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 44).

Percebe-se que, no caso do setor industrial, Womack e Jones (2004) são bastante enfáticos ao afirmarem que o *takt* deve ser ajustado conforme a demanda. Já no caso da construção civil, a demanda não se altera no sentido literal da palavra; uma vez definido o projeto, não se executam “unidades a mais”. A superprodução, neste caso, não existe no âmbito “extraprodução”. Já a discussão da superprodução, no caso da construção de unidades que não foram demandadas (vendidas previamente ao cliente), revela-se tópico altamente relevante, dado o caráter puxado da produção enxuta, porém não será abordada aqui essa problemática.

A discussão na construção civil, portanto, foca-se no *ritmo da produção*. Conforme apresentado por Oliveira (2018, p. 117), o objetivo da aplicação do *takt* neste setor revela-se o alcance da “‘harmonia’ na execução das atividades de forma a produzir no mesmo ritmo da necessidade do cliente, tornando-se um diferencial para atingir metas de redução de prazo”. O autor ainda explica o conceito de ritmo e apresenta motivos pelos quais ele não é facilmente compreendido na construção civil.

Se o conceito de ritmo são ciclos que se repetem, portanto, só é possível identificar ritmo quando há repetições, e isto é facilmente percebido em uma indústria e em obras onde é nítida a presença de elementos repetitivos, portanto, quando nos deparamos com construções que não apresentam de forma clara, a presença de elementos que se repetem, devemos “fatiar” a construção para que tenhamos partes que apresentem elementos repetitivos, ou seja, tornar uma construção não repetitiva em “partes repetitivas” (OLIVEIRA, 2018, p. 118).

Oliveira (2018) apresenta então oito etapas a serem seguidas para a adequada incorporação do princípio do *takt* na construção civil. Nas duas primeiras concentram-se os processos que mais se distinguem daqueles realizados na indústria. São eles:

- Divisão em partes e definição do tamanho de lote;
- Identificação do sentido construtivo;
- Encadeamento das atividades;
- Definição do quantitativo
- Identificação das equipes mínimas;
- Cálculo do *takt time*;
- Ajuste das equipes por atividade;
- Elaboração da programação (OLIVEIRA, 2018, p. 118).

A divisão em partes e definição dos lotes⁷, conforme já apontado por Oliveira (2018) revela-se fundamental: enquanto na indústria os produtos são fabricados de forma repetitiva, na construção civil cada projeto é único, e faz-se necessário seccioná-lo a fim de melhor enxergar as repetições. Além disso, na produção enxuta industrial, um dos pontos mais importantes para redução dos desperdícios na produção reside na *diminuição do tamanho dos lotes*, bem como na *fabricação de um produto por vez*. Esses temas serão abordados em maiores detalhes no capítulo de fabricação a seguir, no entanto faz-se necessário ter em mente que esses são alguns dos conceitos a serem incorporados à fase de planejamento.

Dessa forma, “a cada obra, a forma de ‘fatiar’ em partes é diferente, o tamanho de lote em alguns casos não é tão fácil de ser definido, contudo, o importante é a fixação dos conceitos e exercitá-los na prática é a melhor forma” (OLIVEIRA, 2018, p. 153). Para auxiliar gestores nesta etapa, o autor fornece alguns exemplos práticos: no caso da construção de um viaduto, ele aponta que se fez necessário reparti-lo em três partes distintas, a saber *infraestrutura*, *mesoestrutura* e *superestrutura*. A partir disso,

⁷ Observa-se aqui que a palavra lote, quando empregada por Oliveira (2018), tem conotação diferente da tradicionalmente empregada autores da produção enxuta, como Womack e Jones (2004) e Rother e Shook (2003). Para esses últimos autores, o conceito de lotes está associado às grandes quantidades processadas pela produção em massa tradicional, enquanto para Oliveira (2018), o lote é o menor quantitativo repetitivo da construção civil.

buscou-se a definição do lote, que é o *menor quantitativo repetitivo*. No caso da infraestrutura do viaduto, a menor unidade repetitiva era o *bloco de fundação*.

Oliveira (2018) também apresenta o exemplo da obra de hospital de 12 pavimentos em que os quatro primeiros pavimentos se dedicavam às áreas administrativas, de apoio, e às salas de cirurgia, e os oito demais andares aos quartos. Neste caso, a repetição ficava clara no caso dos quartos, mas em relação às demais áreas fez-se necessário repartir a obra em *seis partes diferentes* devido às particularidades dos projetos. Nesse contexto, o autor explica que as áreas administrativas e de apoio foram divididas em dois fluxos, visto que um lado era espelhado em relação ao outro. Já a área de cirurgia foi dividida em quatro fluxos, visto que, apesar de não serem áreas idênticas, compartilhavam quantitativos semelhantes.

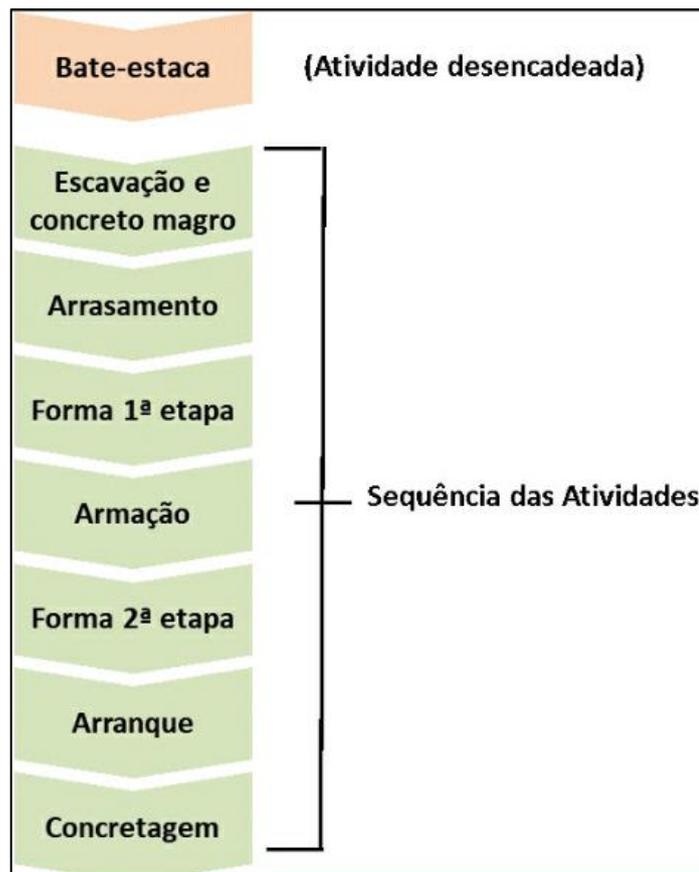
A próxima etapa, de identificação do sentido construtivo, também é uma particularidade da construção civil: enquanto na indústria as estações permanecem fixas ao longo do tempo na fábrica, o canteiro modifica-se continuamente ao longo da obra, e revela-se altamente influenciado pelo entorno da construção. Logo, nesta etapa, a “avaliação inicial das interferências e da necessidade de acessos ao longo do período de construção permite-nos ter a visão de fluxo das equipes e nos ajuda a definir a logística de materiais, equipamentos e funcionários” (OLIVEIRA, 2018, p. 122). Oliveira (2018) ressalta ainda que estas definições devem ser feitas de forma colaborativa com a participação da equipe operacional para que o maior número de restrições seja identificado e a melhor estratégia seja definida.

Já o encadeamento de atividades, próxima etapa na sequência proposta por Oliveira (2018), revela-se uma das principais análises a serem feitas para que a produção seja de fato *enxuta*. É nela que se avaliam quais atividades podem ser postas em *fluxo*. Para tanto, inicialmente faz-se necessário compreender o lote definido: sua sequência construtiva, tempos de execução das atividades, equipamentos utilizados, entre outras – tarefa essa que pode ser auxiliada pelo mapa de fluxo de valor já elaborado. Oliveira (2018) explica a questão central da etapa.

Um fator importante desta etapa, também, é entender se existem atividades que não podem ser encadeadas, pois em alguns casos a diferença de tempo ou alguma limitação física, quando muito significativa, não possibilita a existência de fluxo e, portanto, devem ser definidas pela produtividade padrão ou através de histórico, tratadas de forma separada e inseridas no planejamento (OLIVEIRA, 2018, p. 123).

Oliveira (2018) afirma, por exemplo, que no caso da obra do viaduto a atividade de escavação não pode ser encadeada com as demais atividades de execução do bloco de fundação, visto que tempo desta execução era bastante diferente dos demais. Neste caso, não era possível *escavar um bloco por vez*. Na Figura 9 apresenta-se o fluxo definido para a obra do viaduto.

Figura 9 - Fluxograma de encadeamento das atividades



Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 124).

Oliveira (2018) ainda explica como lidar com essa situação quando ela não for a primeira atividade a ser executada.

Quando a atividade desencadeada estiver entre as outras atividades, devem ser constituídos fluxos diferentes, ou seja, um fluxo antes da atividade desencadeada e outro após esta atividade, por isso, a análise da equipe operacional em conjunto com a equipe de engenharia é indispensável (OLIVEIRA, 2018, p. 124).

Deter essas informações sobre encadeamento revela-se essencial porque o fluxo, no sistema enxuto, pressupõe *nivelamento* da produção, ou seja, *ausência de picos de trabalho*. No capítulo de fabricação, a seguir, o tema do nivelamento da produção será abordado em maiores detalhes; contextualizar-se-á, então, sua origem e importância dentro do sistema de produção enxuta, bem como identificar sua adaptação à construção civil.

Por ora, prossegue-se para a próxima etapa proposta por Oliveira (2018): a definição dos quantitativos. No exemplo do viaduto, “o objetivo desta etapa é identificar o volume de trabalho por lote, que neste caso é um bloco do apoio” Oliveira (2018, p. 125). Aqui, aponta-se o BIM novamente como grande aliado nessa atividade, uma vez que *softwares* como o *Revit* fornecem tabelas com os quantitativos dos projetos. Na Tabela 2, alguns dos quantitativos do exemplo do viaduto.

Tabela 2 - Quantitativo por atividade

Atividades	Quantitativos para 1 bloco
Escavação	18,2 m ²
Arrasamento	4 perfis
Forma 1ª etapa	6,45 m ²
Armação	2150 kg
Forma 2ª etapa	6,55 m ²
Arranque	720 kg
Concretagem	9,1 m ²

Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 126).

A próxima etapa de identificação das equipes mínimas revela-se fundamental; segundo Oliveira (2018), há uma grande tendência tanto na indústria quanto na construção civil de dimensionar as equipes como *ilhas*, sem levar em consideração o fluxo; nessa linha lógica, busca-se *somente* a máxima velocidade possível para a execução de cada atividade. Isso é fruto, conforme já apontado por Womack e Jones (2004) anteriormente no presente estudo, da lógica de produção em massa, a qual planeja a produção de forma *empurrada*, por meio dos *grandes lotes e filas*.

No próximo capítulo de fabricação, esse assunto será abordado novamente em maior profundidade. No momento, focar-se-á em como dimensionar as equipes adequadamente. Segundo Oliveira (2018, p. 126) “esta quinta etapa nos orienta a entender quais são as equipes mínimas necessárias e as produtividades de cada atividade, para que posteriormente possam ser balanceadas”. Ele prossegue e exemplifica como conduzir esse procedimento.

A equipe mínima, como o próprio nome diz, é a menor combinação possível de colaboradores para executar a atividade, por exemplo, se a atividade for pintura e apenas um pintor seja o suficiente para executar a atividade independentemente do tempo, então a equipe mínima será um pintor; entretanto, se a atividade for de concretagem e para executar a atividade são necessários no mínimo dois colaboradores para garantir a qualidade da operação, então a equipe mínima será de dois colaboradores. Portanto, é necessário saber qual a produtividade possível de ser alcançada por esta equipe mínima (OLIVEIRA, 2018, p. 126).

Oliveira (2018) ressalta que o ideal é de fato *cronometrar* as atividades para ter os dados sobre produtividade. No entanto, no caso de a obra ainda não estar em andamento, os dados podem ser obtidos de forma mais simples ou mais complexa. No caso mais simples, pode-se obter os parâmetros de produtividade no próprio orçamento, por meio das composições utilizadas; no entanto, a depender do banco de composições utilizadas, esses dados podem não ser tão próximos da realidade quanto o desejado. Outra forma mais segura de obter essas informações é por meio de dados de projetos anteriores ou dos procedimentos de trabalho da própria empresa, o qual já pode conter cálculos e estimativas de produtividade.

Como forma de aprimorar esses dados, sugere-se ainda validar essas informações logo no início da obra. No caso da construção de condomínio de apartamentos residenciais, optar pela execução de um apartamento modelo do *início ao fim* pode ser de grande auxílio; dessa forma, além de validar os dados de produtividade relativos à execução das unidades, também podem ser identificadas uma série de restrições, bem como diversas possibilidades de melhoria no projeto. Na Tabela 3, os dados do exemplo do viaduto.

Tabela 3 - Equipe mínima e produtividade por atividade

Atividades	Quantitativo de 1 bloco	Equipe mínima	Produtividade da equipe mínima	Tempo de execução de 1 bloco
Escavação	18,2 m ³	1 operador 2 pedreiros 3 ajudantes	1,05 m ³ /hmaq	17,3h
Arrasamento	4 perfis	1 soldador	0,28 perfil/Hh	14,3h
Forma 1 ^a etapa	6,45 m ²	1 carpinteiro 1 ajudante	0,20 m ² /Hh	16,1h
Armação	2.150 kg	2 armadores 1 ajudante	27 kg/Hh	26,5h
Forma 2 ^a etapa	6,55 m ²	1 carpinteiro 1 ajudante	0,20 m ² /Hh	16,4h
Arranque	720 kg	2 armadores 1 ajudante	27 kg/Hh	8,9h
Concretagem	9,1 m ³	1 pedreiro 2 ajudantes	0,95 m ³ /Hh	3,2h

Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 127).

Concluídas todas essas etapas, pode-se então calcular o tempo *takt*. Aqui Oliveira (2018) sugere outra equação para cálculo devido às diferenças entre ambos setores: ao invés de utilizar a jornada de trabalho como numerador, o autor sugere que se empregue *o prazo para conclusão das atividades*, e, no lugar da unidade de segundos tradicionalmente utilizada na indústria, sugere-se empregar as horas. No entanto é no denominador que ocorre a maior mudança no procedimento.

No denominador temos a mudança mais importante, o que na indústria consideramos a quantidade de produtos necessários como sendo a demanda, no caso da construção, devemos considerar a quantidade de lotes, que nada mais são do que pequenas partes do produto a serem entregues, entretanto, existe uma característica peculiar em obras que não é considerada na indústria, que é o conceito de "linha cheia", pois na indústria o processo é contínuo, nas trocas de turno as estações estão abastecidas, [...] Já na construção este cenário é totalmente diferente, pois o processo não é contínuo e o tempo das equipes para percorrer um lote é de forma relativa bem maior, obrigando as equipes a serem consideradas na demanda, e o

fator “-1” se deve ao fato da primeira equipe já estar alocada no primeiro lote e, portanto, não pode ser considerado duas vezes. Esta fórmula do *takt time* para construção fora amplamente estudada pela equipe de consultores em um dos nossos encontros e descrita no *workbook* por Barros (2014) (OLIVEIRA, 2018, p. 129).

A equação para cálculo do tempo *takt* fica então da seguinte forma:

$$\text{Tempo } takt = \frac{\text{Prazo para conclusão das atividades}}{\text{Quantidade de lotes definidos} + \text{n}^\circ \text{ de equipes} - 1}$$

Fonte: Oliveira (2018, p. 128).

No exemplo do viaduto, Oliveira (2018) apresenta os dados utilizados para o cálculo do *takt*; aqui observa-se que, apesar do número de equipes ser sete (Escavação, Arrasamento, Forma 1ª etapa, Armação, Forma 2ª etapa, Arranque e Concretagem), consideram-se *oito* equipes no cálculo. Isso se deve ao fato de que no caso da escavação executam-se dois lotes por vez. Logo, para efeito de cálculo, considera-se como houvessem duas equipes desse serviço. O resultado obtido neste exemplo encontra-se a seguir.

$$\text{Tempo } takt = \frac{17 \text{ dias} \times 9 \text{ horas}}{8 \text{ lotes} + 8 \text{ equipes} - 1} = 10,2 \text{ horas}$$

Fonte: Oliveira (2018, p. 129).

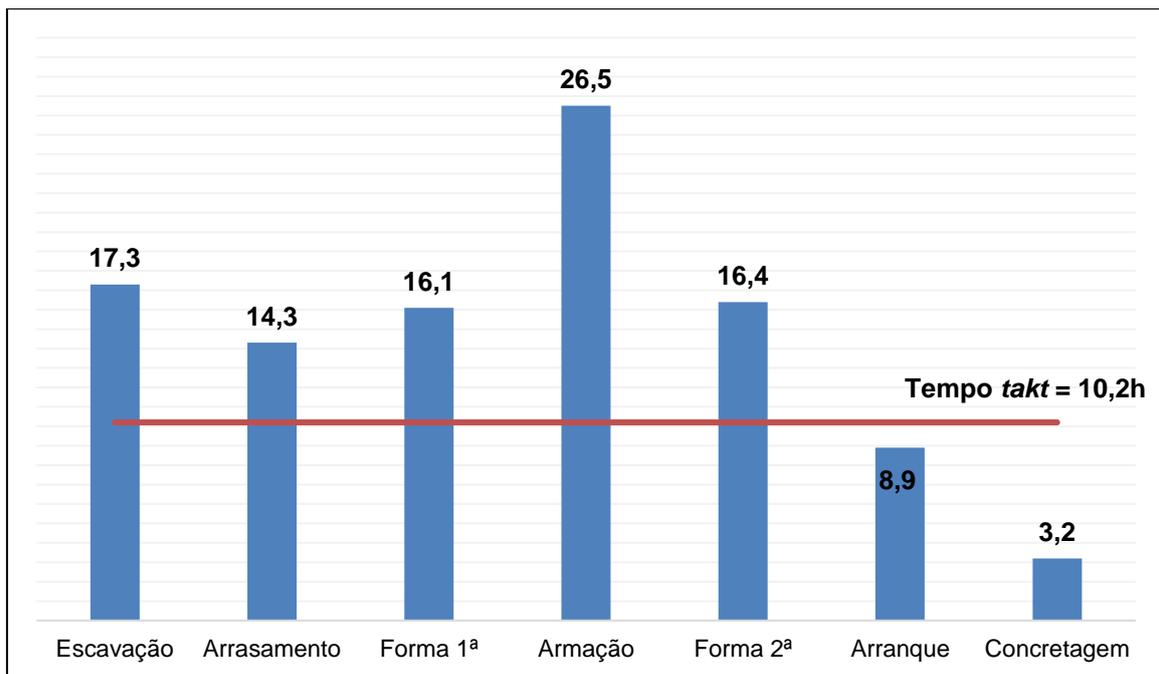
Aqui cabe também a introdução de alguns conceitos da produção enxuta; Ohno (1997, p. 41), ao dissertar sobre o procedimento de trabalho padrão, apresenta um dos seus elementos: o *tempo de ciclo*, o qual corresponde ao “tempo alocado para fazer uma peça ou unidade”. Rother e Shook (2003, p. 21) complementam essa definição: “a frequência com que uma peça ou produto é realmente completado em um processo, cronometrado como observado. Também o tempo que um operador leva para percorrer todos os seus elementos de trabalho antes de repeti-los”.

Logo, percebe-se que o tempo cronometrado e apresentado por Oliveira (2018) corresponde ao tempo de ciclo, uma vez que é o tempo para produzir uma unidade, aqui definida como *lote*. Nesse contexto, Rother e Shook (2003) dissertam sobre a importância de tempos de ciclo similares ao tempo *takt*.

Tente definir o tempo de ciclo do seu processo puxador o mais próximo possível do tempo *takt*. Uma distância significativa entre o *takt* e o tempo de ciclo indica a existência de problemas de produção que causam paradas não planejadas. Quando você compensa os problemas de produção colocando o ciclo muito mais rápido que o *takt*, o incentivo para eliminar esses problemas desaparece (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 59).

Calculado o *takt*, prossegue-se para a etapa de ajuste das equipes por atividade. Para auxiliar nessa etapa, Oliveira (2018) sugere que se plotem os dados de tempo de execução de cada atividade (ou tempos de ciclo) com o tempo *takt* calculado. Dessa forma, ficam mais claras as diferenças entre os tempos de ciclo, e pode-se então *redimensionar* as equipes, de forma a alcançar o resultado desejado. Na figura 10 exibe-se o gráfico do exemplo do viaduto.

Figura 10 - Gráfico de tempo da equipe mínima para execução de 1 lote



Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 131)

A partir disso, Oliveira (2018) relata que as equipes de Arrasamento, Forma e Armação foram incrementadas com a quantidade de trabalhadores necessários para que os tempos de ciclo se aproximassem do *takt*. A Tabela 4 mostra as alterações.

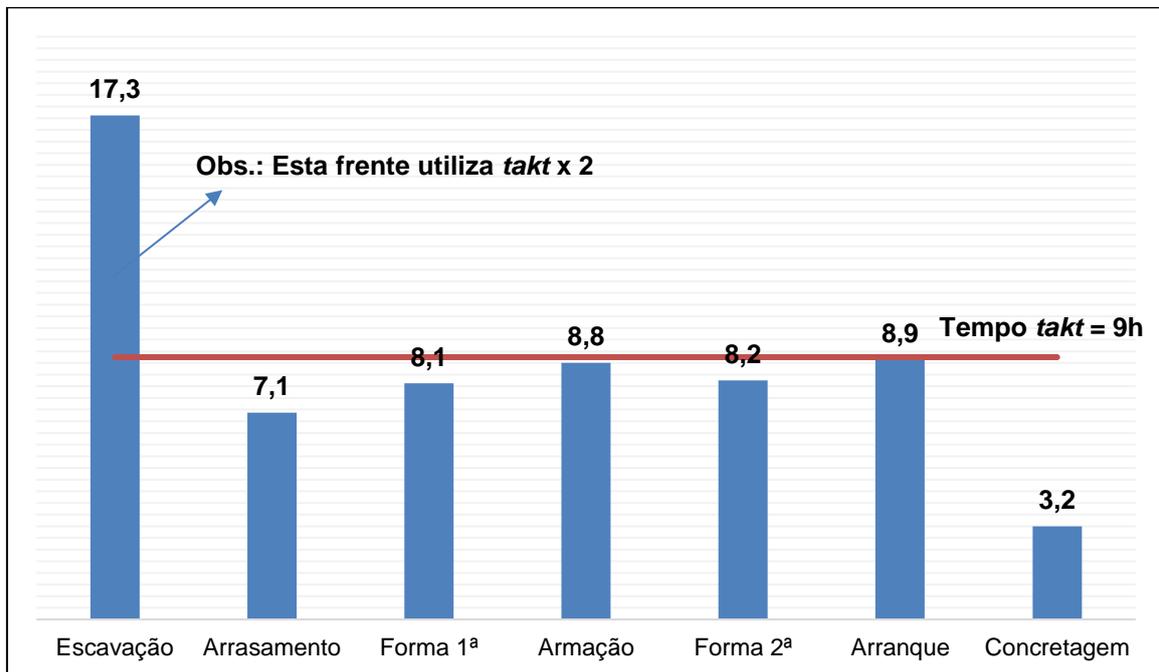
Tabela 4 - Equipes ajustadas

Atividades	Equipe mínima	Produtividade	Tempo originais	Equipes ajustadas	Tempos ajustados
Escavação	1 operador 2 pedreiros 3 ajudantes	1,05 m ³ /hmaq	17,3h	1 operador 2 pedreiros 3 ajudantes	17,3h
Arrasamento	1 soldador	0,28 perfil/h*h	14,3h	2 soldadores	7,1h
Forma 1 ^a etapa	1 carpinteiro 1 ajudante	0,20 m ² /h*h	16,1h	2 carpinteiros 2 ajudantes	8,1h
Armação	2 armadores 1 ajudante	27 kg/h*h	26,5h	6 armadores 3 ajudantes	8,8h
Forma 2 ^a etapa	1 carpinteiro 1 ajudante	0,20 m ² /h*h	16,4h	2 carpinteiros 2 ajudantes	8,2h
Arranque	2 armadores 1 ajudante	27 kg/h*h	8,9h	2 armadores 1 ajudante	8,9h
Concretagem	1 pedreiro 2 ajudantes	0,95 m ³ /h*h	3,2h	1 pedreiro 2 ajudantes	3,2h

Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 132).

Dado que a jornada de trabalho da equipe era de aproximadamente nove horas diárias, Oliveira (2018) mostra que se reduziu o *takt* para esse valor. Na Figura 11, o novo gráfico dos tempos ajustados ao *takt*.

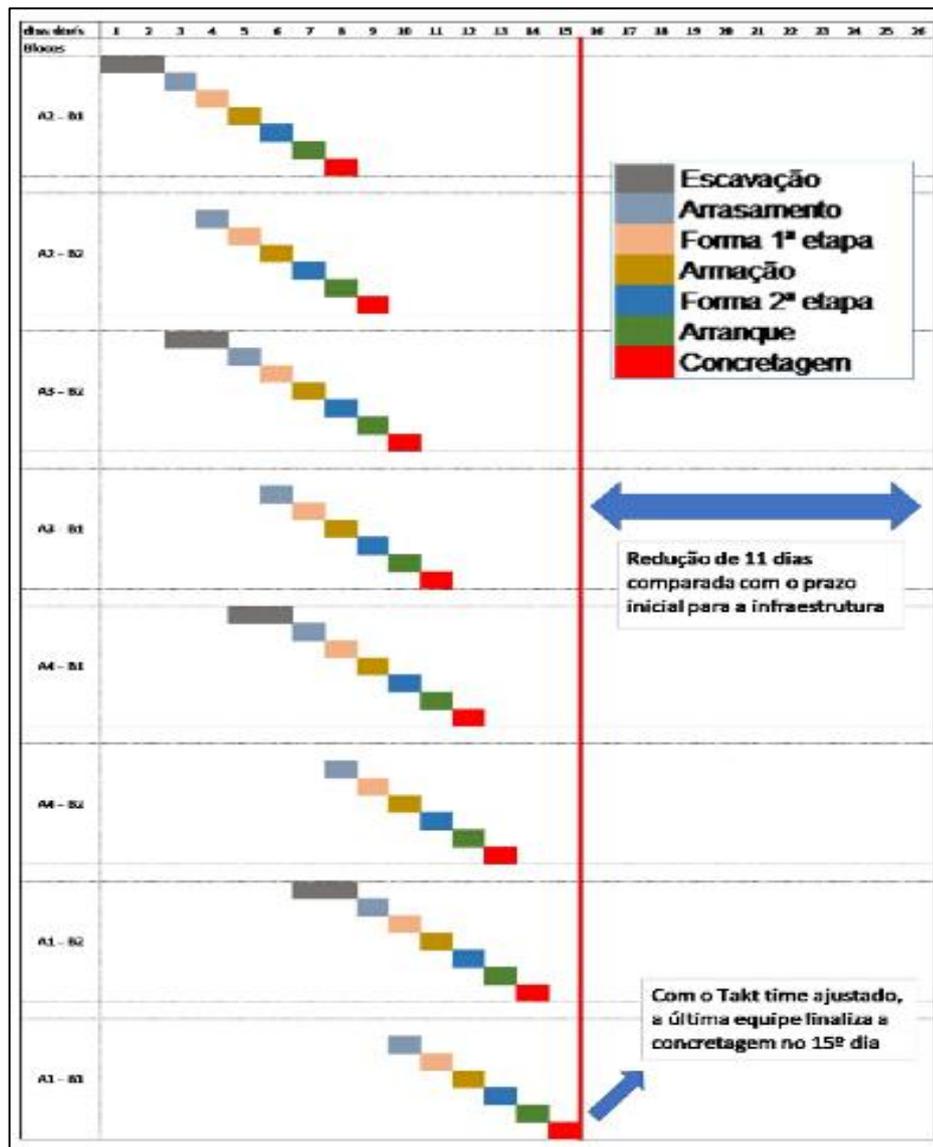
Figura 11 - Gráfico das equipes ajustadas ao *takt* time



Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 132).

“A última etapa da abordagem do ‘Princípio do *takt*’ é a elaboração da programação, nesta etapa o objetivo é transferir as informações para um gráfico, que pode ser em uma planilha ou no sistema que a empresa utiliza” (OLIVEIRA, 2018, p. 133). Na Figura 12, demonstra-se a programação final da infraestrutura do viaduto. Na primeira coluna à esquerda, estão indicados os blocos, e na primeira linha os dias úteis.

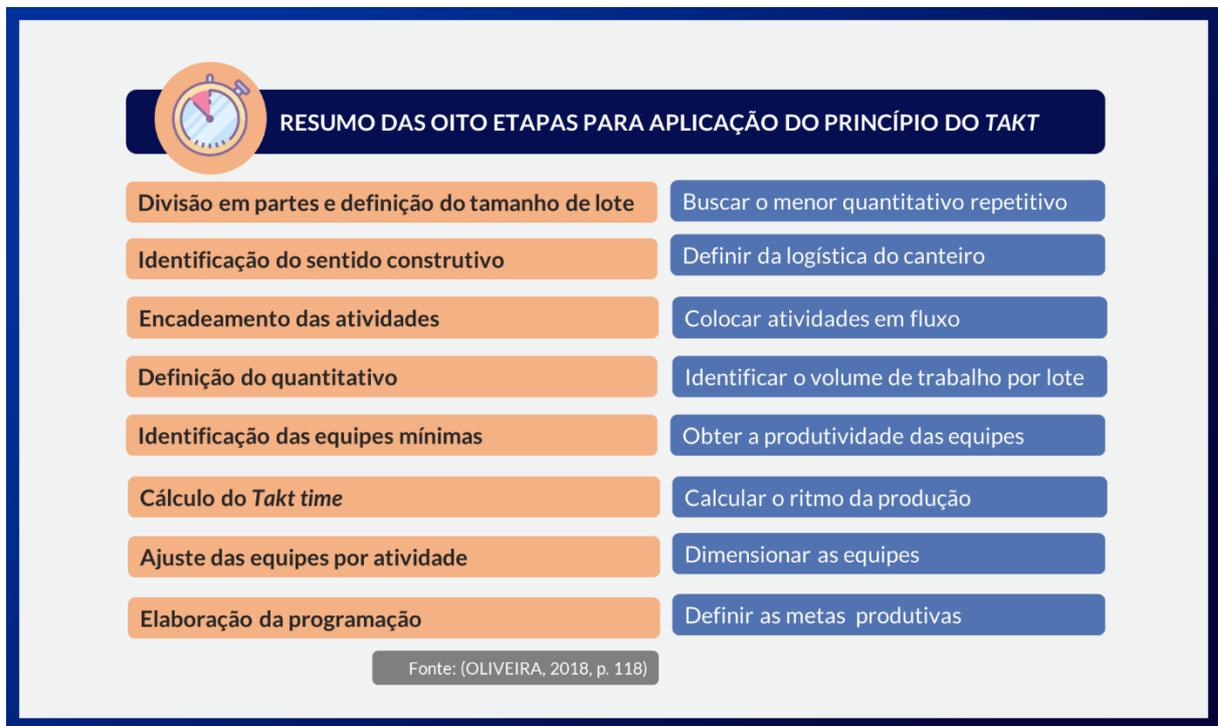
Figura 12 - Fluxograma com a programação da infraestrutura do viaduto



Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 133).

Já na Figura 13, apresenta-se um resumo das oito etapas para aplicação do princípio do *takt*.

Figura 13 - Resumo das oito etapas para aplicação do princípio do *takt*



Fonte: adaptado de Oliveira (2018, p. 118).

Oliveira (2018), no entanto, afirma: para que o resultado almejado no planejamento seja garantido, é de fundamental importância que os mecanismos de gestão e controle da produção sejam adequadamente implantados, bem como os de melhoria contínua. O *last planner*, nesse contexto, pode ser uma ótima ferramenta a serviço do planejamento em fluxo dentro de um canteiro de obras, mas não pode ser a única. Todas as atividades críticas devem funcionar em fluxo, do projeto à construção. No próximo capítulo, de fabricação, abordar-se-ão as ferramentas e procedimentos apresentados por Oliveira (2018), bem como contextualizar-se-á seu uso dentro dos princípios e conceitos da produção enxuta.

Nesse sentido, o excessivo foco colocado atualmente na etapa de planejamento talvez seja melhor explicado por Koskela (1992): a construção civil opera de forma sequencial, e não de forma iterativa. Logo, a fase de projeto, a qual inúmeras vezes revela-se o ponto de concentração de problemas de qualidade, falha em identificar restrições e transfere responsabilidades e atribuições para as fases subsequentes de gerenciamento e construção, de forma a sobrecarregá-las.

Aqui também se ressalta: apesar da grande importância da elaboração dos planos de obras na tarefa de gerenciamento, esta possui também *outras* funções. De acordo com Womack e Jones (2004), esta tarefa crítica também compreende a emissão de pedidos, a qual necessariamente passa pelos processos de vendas, cotação e programação, conforme ilustrado no fluxograma da Lantech apresentado anteriormente. Esses processos estão diretamente ligados aos consumidores e ao fechamento de contratos com estes; portanto, não podem ser de forma alguma *ignorados ou negligenciados*.

Sabe-se que a metodologia *last planner*, conforme apresentado, proporciona grandes ganhos à tarefa de gerenciamento: traz mais assertividade às programações elaboradas graças a método de planejamento puxado, o qual propõe a ampliação do grau de detalhamento dos planos ao longo da obra. No entanto, ter a certeza do prazo de entrega de sua obra, bem como a segurança de que ela ficará dentro do orçamento *no momento da contratação* revela-se essencial para o fechamento de contratos com o consumidor.

Nesse contexto, apresenta-se dado digno de atenção: em um simples acesso ao portal eletrônico do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul⁸ verificou-se a existência de mais de 900 julgamentos contra construtoras/incorporadoras envolvendo atrasos na entrega de imóveis no ano de 2019. Esse dado apenas reforça a importância de as construtoras terem pleno domínio de seus processos internos, a fim de evitar incertezas e variabilidades no processo produtivo; além disso, em um país como o Brasil, onde dado como o apresentado deixa até mesmo de surpreender devido à grande recorrência desse tipo de problema, a capacidade da empresa de entregar obras dentro do prazo e orçamento estipulados proporciona muito mais do que redução de custos e desperdícios, revela-se grande *diferencial de mercado*.

Afim de ilustrar a importância do domínio dos processos internos para o fechamento de contratos, utilizar-se-á como exemplo uma construtora texana estudada por Womack e Jones (2004), a Doyle Wilson Homebuilder. A empresa, em meados de década de 90, direcionou seus esforços para implantação de Programa de Qualidade Total, a fim de reduzir os retrabalhos e tempo de ciclo em suas obras. Apesar de perceber melhorias nos processos e o aumento da satisfação dos seus

⁸ Pesquisa realizada em 14 de julho de 2020, com as palavras-chave “atrasos em obra” no período de 1º de janeiro de 2019 a 1º de janeiro de 2020. Disponível em: https://www.tjrs.jus.br/novo/buscas-solr/?aba=jurisprudencia&q=&conteudo_busca=ementa_completa

clientes, Doyle Wilson, o proprietário, ainda se sentia insatisfeito com a fatia do mercado que sua empresa atendia: segundo suas pesquisas, apenas 22% dos consumidores optavam por construir uma casa, ao passo que os demais 78% preferiam comprar casas “usadas”. A seguir, o relato de Womack e Jones (2004) sobre o caso.

Assim, em vez de realizar pesquisas com pessoas que compravam casas novas, Wilson começou a conversar com pessoas que compravam casas usadas. Sua descoberta revela-se óbvia hoje, mas exigiu uma abordagem inteiramente diferente do negócio. Especificamente, ele descobriu que muitos compradores de casa mais antigas detestavam o “fator aborrecimento” nas negociações de novas construções, os longos prazos para execução do serviço e para que a casa estivesse pronta para a mudança, a inevitável lista de “coisas a serem feitas” depois que se mudavam e os “falsos opcionais” oferecidos pelas construtoras, que prometiam casas personalizadas para depois entregar como “item padrão” muitas características de pouco interesse dos compradores (WOMACK E JONES, 2004, p. 20).

Logo, percebe-se que o valor para o cliente da construção civil não está somente no desempenho do projeto e na ausência de erros, como também *no prazo de entrega da obra e na facilidade com que as negociações são realizadas*. A partir dessa observação, Doyle Wilson constatou que não por acaso estava perdendo grande fatia do mercado imobiliário, e que seria necessário repensar todos seus processos a fim de proporcionar aos seus clientes uma experiência “livre de aborrecimentos” na compra de uma casa.

Conforme Womack e Jones (2004) relatam, Wilson abriu então centros de vendas para que os consumidores pudessem ver e decidir sobre todas as opções de revestimentos disponíveis para futura casa, personalizá-los em *software* AutoCAD, bem como já fornecia o preço exato do empreendimento, conseguia a hipoteca, fazia o seguro e providenciava os documentos, tudo em apenas *uma visita* ao centro de vendas, caso o cliente estivesse com pressa. Na sequência, os autores descrevem a reorganização do processo de emissão de pedido, bem como dos demais processos gerenciais que tiveram de ser adaptados para que as metas fossem atingidas.

Para reduzir de seis meses para uma meta de 30 dias o tempo transcorrido entre a assinatura do contrato e a mudança, ele reorganizou o processo de assinatura do contrato e de emissão de ordens de produção e está desenvolvendo um sistema puxado para os empreiteiros aos quais são atribuídas novas tarefas à medida que as tarefas posteriores no processo vão sendo terminadas. Está introduzindo também a padronização do trabalho, listas de peças e kits de ferramentas para cada tarefa. Eventualmente, essas etapas acabarão eliminando a lista “de coisas a fazer”, pois o novo sistema

não permite o início da próxima tarefa antes do término da tarefa anterior com perfeita qualidade (WOMACK E JONES, 2004, p. 21).

Percebe-se, aqui, a clara aplicação dos princípios da produção enxuta aos processos gerenciais da Doyle Wilson Homebuilder: após redefinir o valor, Wilson identificou o fluxo de valor, ou seja, o “conjunto mínimo irreduzível de atividades necessárias para projetar, pedir e fabricar” um produto. (WOMACK E JONES, 2004, p.110). Logo, ele não só modificou a tarefa de concepção da solução por meio da melhoria na identificação dos requisitos do cliente, como também melhorou o processo de gerenciamento da informação, ao reduzir drasticamente o tempo para fechamento de um contrato e entrega do imóvel, e reestruturou a tarefa de produção, por meio da intensiva padronização do trabalho.

Nota-se, portanto, que não é possível agilizar o processo de emissão de pedidos, sem que haja também mudança na forma de elaboração de projetos, e, conseqüentemente, padronização da produção. Nesse contexto, Womack e Jones (2004) apresentam a solução final adotada por Doyle Wilson em sua construtora.

Finalmente, Wilson criou uma ampla gama de projetos básicos de casas com um padrão de construção mínimo e pede ao cliente que especifique todas as melhorias relacionadas a material e sistemas (usando o sistema de projeto auxiliado por computador) em um projeto básico selecionado, para que o cliente pague apenas pelo que considera realmente necessário (WOMACK E JONES, 2004, p. 21).

Percebe-se, então, a importância da padronização mínima do trabalho para a tarefa de gerenciamento, representada na Doyle Wilson Homebuilder pelos projetos básicos. A partir dos padrões mínimos de construção, a elaboração do planejamento, representado fisicamente pelos cronogramas e orçamentos, torna-se mais ágil e precisa. Em outras palavras, torna-se *enxuta*.

Nesse contexto, Womack e Jones (2004) ainda afirmam que a forma como se estruturam os departamentos responsáveis pela emissão dos pedidos também é fundamental para o sucesso não só das vendas, como também da produção.

Na empresa enxuta, Vendas e Programação da produção são participantes essenciais da equipe de produto, ocupando uma posição que permite planejar a campanha de vendas enquanto o projeto do produto está sendo desenvolvido e *vender com uma visão clara das capacidades do sistema de produção*, para que tanto os pedidos quanto os produtos possam fluir sequencialmente da venda à entrega (WOMACK E JONES, 2004, p. 47, grifo nosso).

Womack e Jones (2004) ressaltam que, quando *não há* esse tipo de conexão estreita entre a produção e as vendas, esses últimos trabalham sem o conhecimento real das capacidades do sistema produtivo, o que leva as empresas a recorrer a outro mecanismo para motivar seus funcionários: *o sistema de bonificações*. Esse método, no entanto, pode ter graves consequências, conforme apontam os autores.

Esses métodos produzem surtos periódicos nos pedidos ao final de cada período de bonificações (embora a demanda subjacente não tenha mudado) e um ocasional “pedido do século” anunciado pela equipe de vendas ávida por bonificações, *que o sistema de produção provavelmente não consegue acomodar. Ambos levam a entregas com atraso e insatisfação do cliente. Em outras palavras, ambos geram magicamente desperdício* (WOMACK E JONES, 2004, p. 48, grifo nosso).

No caso da construção civil, conforme o exemplo da Doyle Wilson Homebuilder ilustra, clientes percebem o valor não só na qualidade do produto e/ou serviço, como também como também no prazo de entrega da obra e na facilidade com que as negociações são realizadas. Para tanto, as informações devem ser apresentadas ao cliente com *clareza e transparência* para que, durante a negociação, se estabeleça vínculo de *confiança* entre o consumidor e a empresa, que seja comprovado pelos *cronogramas e orçamentos fidedignos*, e se traduza nas *vendas e fechamentos de contrato*.

Para tanto, as fases de projeto, gerenciamento e produção devem ser postas em fluxo, a fim de que o equilíbrio entre a padronização do trabalho e os requisitos únicos do cliente possa ser expresso também no planejamento. Para tanto, alguns procedimentos e ferramentas podem ser empregados; o conceito de tempo *takt*, ferramentas como o mapeamento de fluxo de valor e mapa de entregáveis, bem como a metodologia *last planner* podem ser grandes aliados de gestores na tarefa de elaboração de programações verdadeiramente enxutas.

2.2.3 Transformação física

Segundo Womack e Jones (2004, p. 8), a tarefa de transformação física compreende as atividades que vão “da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente”. Já na construção civil, o equivalente ao processo de fabricação pode ser encontrado na obra de Koskela (1992) sob o nome de *processo de construção*. A seguir, a definição deste.

Processo de construção: é composto por dois tipos diferentes de fluxos:

- Processo de material que consiste nos fluxos de material para o local, incluindo processamento e montagem no local.
- Processos de trabalho de equipes de construção. Os fluxos temporais e espaciais das equipes de construção no local geralmente estão intimamente associados aos processos materiais (KOSKELA, 1992, p. 38, tradução nossa).

É talvez nesta fase que se tornem mais visíveis os resultados da adoção dos princípios enxutos: conforme Womack et al. (2004), a produção enxuta reduz à metade o esforço dos operários de fábrica, o investimento em ferramentas, bem como o espaço necessário para fabricação, e resulta em maior qualidade e diversidade de produtos ofertados aos consumidores. Para que esses objetivos possam ser alcançados, primeiramente se faz necessário melhor compreender a natureza dos sistemas que funcionam em fluxo, bem como as inúmeras ferramentas e procedimentos vitais para seu adequado funcionamento.

Por princípio, os sistemas em fluxo têm uma qualidade do tipo “tudo funciona ou nada funciona” que precisa ser respeitada e prevista. Isso significa que a equipe de produção deve ter múltiplas habilidades em todas tarefas (no caso de alguém faltar ou ser necessário em outra tarefa) e que é preciso manter as máquinas 100% disponíveis e precisas através de uma série de técnicas chamada Manutenção Produtiva Total (TPM – Total Productive Maintenance). Além disso, significa que o trabalho precisa ser rigorosamente *padronizado* (pela equipe de trabalho, e não pelo grupo distante de engenheiros industriais) e que os funcionários e as máquinas têm que aprender a monitorar o próprio trabalho através de uma série de técnicas comumente chamadas de *poka-yoke*, ou à prova de erros, que impede que qualquer peça com defeito seja enviada à próxima etapa de produção (WOMACK E JONES, 2004, p. 53, grifo dos autores).

No âmbito da construção civil, é de fundamental importância a compreensão e adaptação desses conceitos e técnicas, ainda que esta não seja uma tarefa fácil; segundo Koskela (1992), o tradicional entendimento da construção civil como conjunto de atividades de conversão faz com que a edificação (ou qualquer outra estrutura que esteja em análise) seja dividida em seus elementos constituintes, e para cada elemento os custos sejam analisados somente em termos de material e trabalho; essa abordagem faz com que os processos de produção sejam analisados *isoladamente*: cada processo total de produção consiste em um conjunto de subprocessos que convertem entradas em saídas.

Segundo Koskela (1992), esse entendimento é a base dos diversos conceitos gerenciais tradicionais que ocasionam diversos problemas na construção, tais como os já citados métodos sequenciais de produção, hierarquização organizacional e

negligência da qualidade nos projetos. Logo, na tarefa crítica de transformação física, assim como se podem observar mais claramente os benefícios da produção enxuta, também podem-se observar mais nitidamente esses *problemas* advindos das abordagens tradicionais – em especial da produção em massa.

Conforme já afirmado no presente estudo, segundo Koskela (1992), é necessário reconceptualizar a construção como fluxo: mudar a maneira de pensar, em vez de apenas buscar soluções isoladas para os vários problemas. Para tanto, faz-se necessário melhor compreender o sistema que deu origem à produção enxuta – o *Toyotismo* – bem como o período histórico que o forjou – o Japão pós 2ª Guerra Mundial. Ohno (1997, p. 23) resume: “o principal objetivo do Sistema Toyota de Produção foi produzir muitos modelos em pequenas quantidades”.

O Sistema Toyota de Produção evoluiu da *necessidade*. Certas restrições no mercado exigiram a produção de pequenas quantidades de muitas variedades sob condições de baixa demanda, um destino que a indústria japonesa enfrentou no período do pós-guerra. Estas restrições serviram como um critério para testar se os fabricantes de carros japoneses poderiam se estabelecer e sobreviver competindo com os sistemas de produção e de vendas em massa já estabelecidos na Europa e nos Estados Unidos. O objetivo mais importante do Sistema Toyota tem sido aumentar a eficiência da produção pela *eliminação consistente e completa de desperdícios*. Este conceito é o igualmente importante respeito para com a *humanidade* (OHNO, 1997, apresentação, grifos nossos).

Nesse contexto, Ohno (1997) apresenta os dois pilares do sistema Toyota de produção: o *just-in-time* e a *autonomação*. Esse primeiro, o *just-in-time*, é definido como parte integrante da política de *estoque zero*: “em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária” (OHNO, 1997, p. 26).

Para que esse sistema funcione adequadamente, outra ferramenta deve ser implantada: o *kanban*. Womack e Jones (2004, p. 365) o descrevem mais especificamente como “pequeno cartão pendurado em caixas de peças que regulam o *puxar* no Sistema de Produção Toyota sinalizando a produção e a entrega em etapas anteriores”. No Quadro 3 apresentam-se as funções e regras de utilização do *kanban* elencadas por Ohno (1997).

Quadro 3 - Quadro de funções e regras do *kanban*

Funções do <i>kanban</i>	Regras para utilização
Fornecer informações sobre apanhar ou transportar	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>kanban</i> no processo precedente
Fornecer informações sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo <i>kanban</i>
Impedir a superprodução e o transporte excessivo	Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i>
Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias	Serve para afixar um <i>kanban</i> às mercadorias
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos
Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.	Reduzir o número de <i>kanbans</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas

Fonte: (OHNO, 1997, p. 48).

Já a *autonomação* ou *jidoka* é definida como “automação com um toque humano” (OHNO, 1997, p. 26). Para tanto, todas as máquinas da Toyota são acopladas a dispositivos de parada automática; assim, quando algum erro é detectado na produção, a máquina é automaticamente paralisada. Esses dispositivos são chamados de *baka-yoke* ou *poka-yoke*. O conceito aplica-se também a procedimentos gerenciais. Mais à frente no presente estudo serão apresentados exemplos da aplicação do *kanban* e dos dispositivos *poka-yoke* à construção civil.

Ohno (1997) afirma ainda que a finalidade do *kanban* é o *just-in-time* e que ele é responsável por impedir a superprodução na fábrica. Ressalta-se aqui que dentre os sete tipos de desperdício⁹, Ohno (1997) considera a superprodução o mais nocivo aos negócios. Segundo ele, existe grande crença por parte da sociedade – indústrias

⁹ Segundo Ohno (1997), são sete os tipos de desperdício: superprodução, tempo de espera, transporte, processamento em si, estoque disponível, movimento e a fabricação de produtos defeituosos.

inclusas – de que uma quantidade considerável de estoques garante mais estabilidade e segurança.

A indústria moderna também parece estar paralisada neste modo de pensar. Um industrial pode se inquietar com a sobrevivência nesta sociedade competitiva sem manter alguns estoques de matérias primas, produtos semi-acabados, e produtos prontos. Este tipo de estocagem, contudo, já não é mais prático. A sociedade industrial deve desenvolver a coragem, ou melhor, o bom senso, de buscar *apenas o que é necessário quando for necessário e na quantidade necessária*. Isso requer aquilo que eu chamo de revolução na consciência, uma mudança de atitude e ponto de vista por parte dos empresários. Num período de crescimento lento manter um grande estoque causa o desperdício da superprodução. Isto também leva a um estoque de peças defeituosas, o que é uma séria perda de negócios. Devemos compreender estas situações em profundidade antes que possamos alcançar uma revolução na consciência (OHNO, 1997, p. 35, grifo nosso).

No entanto, ele aponta que o sistema *kanban* não funciona a menos que seja instituída a *sincronia na produção*. Esta última, para ser estabelecida, além de requisitar a *padronização do trabalho*, demanda produção capaz de *fluir* livremente, bem como exige o *nivelamento* desta.

Esse último procedimento, já citado no capítulo anterior, revela-se primordial para que se instaure o fluxo na produção. O Lean Enterprise Institute (2008) apresenta ainda outras terminologias para nivelamento como *suavização da produção* ou *nível de produção* e define que o nivelamento deve ser feito tanto em termos de *volume quanto de variedade em um período fixo de tempo*.

Nesse contexto, Ohno (1997) afirma que, apesar de a Toyota empregar o *just-in-time* e produzir seus carros de forma puxada, ou seja, a partir dos pedidos dos clientes, a operação funciona com planejamento e com programas de nivelamento, e explica a importância desse procedimento para a fabricação.

Numa linha de produção, as flutuações no fluxo do produto fazem aumentar o desperdício. Isso se dá porque equipamento, operários, inventário, e outros elementos exigidos para a produção precisam estar sempre preparados para um pico. Se um processo posterior varia sua retirada das peças em termos de tempo e quantidade, a extensão destas flutuações aumentará conforme elas forem avançando na linha em direção aos processos anteriores. A fim de evitar flutuações na produção mesmo nas associadas externas, precisamos tentar manter a flutuação na linha de montagem final em zero. A linha de montagem final da Toyota nunca monta o mesmo modelo de um carro em um “volume”. A produção é *nivelada* fazendo-se primeiro um modelo, depois outro e então outro (OHNO, 1997, p. 133, grifo nosso).

Em relação ao nivelamento por volume, o Lean Enterprise Institute (2008) apresenta exemplo para melhor ilustrar esse procedimento.

No que diz respeito ao nível de produção por quantidade de itens, suponha que um produtor receba rotineiramente pedidos de 500 itens por semana, mas com variação significativa por dia: 200 chegam na segunda-feira, 100 na terça-feira, 50 na quarta-feira, 100 na quinta-feira e 50 na Sexta-feira. Para nivelar a produção, o produtor pode colocar um pequeno buffer de produtos acabados próximo ao transporte, para responder ao alto nível de demanda de segunda-feira e nivelar a produção a *100 unidades por dia* durante a semana. Ao manter um pequeno estoque de produtos acabados no final do fluxo de valor, esse produtor pode nivelar a demanda de sua planta e de seus fornecedores, possibilitando uma utilização mais eficiente dos ativos ao longo de todo o fluxo de valor, atendendo aos requisitos do cliente (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008, p.28, tradução e grifo nosso).

Percebe-se neste exemplo que o produtor *estabiliza* o seu fluxo de fabricação por meio do *nivelamento*, e que o *ritmo* de produção é dado pelo *takt* de 100 itens por dia. Logo, todos processos que compõem o fluxo de valor *não* devem ser dimensionados de forma isolada, como *ilhas*, a fim de se obter somente a máxima produção e velocidade em cada um de forma particular.

No caso do dimensionamento e organização da produção feito na forma de ilhas, agrupam-se máquinas ou atividades conforme o tipo de operação realizado; cria-se no *layout*, por exemplo, setor para usinagem ou para entrada de pedidos. Esse tipo de organização, conforme exposto, é tipicamente observado nos sistemas que operam por lotes e filas: grandes máquinas que operam a altas velocidades são responsáveis pelo processamento de lote grande de produtos – mesmo que o pedido recebido seja de apenas *uma unidade*. Isso leva a existência de estoques de produtos acabados, os quais não raro ainda precisam passar por retoques antes de serem entregues aos consumidores (WOMACK E JONES, 2004).

Ohno (1997, p. 31) apresenta algumas das consequências da adoção dessa metodologia: “quando grandes quantidades são produzidas, o custo da mão de obra por carro e taxa de depreciação são reduzidos. Isso requer máquinas de alto desempenho e de alta velocidade que são duplamente grandes e caras”. Womack e Jones (2004) também versam sobre o tema.

[...] aparentemente, o bom senso diz que a gerência eficaz da produção mantém todos funcionários ocupados e todas as máquinas em funcionamento o tempo todo, a fim de justificar o capital investido em equipamentos caros. Mas os gerentes tradicionais não compreendem o custo de manter e coordenar uma rede complexa de máquinas de alta velocidade fabricando

lotes. Esse é o desafio da complexidade. Como os sistemas contábeis tradicionais de “custo padrão” adotam a utilização de máquinas e funcionários como principais medidas de desempenho, *tratando estoques de itens semiacabados como ativo – mesmo que ninguém jamais vá querer esses itens* – não é surpreendente que os gerentes também não compreendam que as máquinas que fabricam rapidamente peças que *ninguém deseja* durante 100% de suas horas disponíveis e funcionários que executam seriamente tarefas desnecessárias durante cada minuto disponível *estão apenas gerando desperdício* (WOMACK E JONES, 2004, p. 52, grifos nossos).

Além disso, a existência das ilhas faz com que os produtos precisem se deslocar inúmeras vezes dentro da fábrica para ir de um processo ao outro. Isso gera não somente desperdícios com movimentação, como também desrespeita os princípios de puxada: cada ilha opera com uma capacidade e velocidade própria, independente da capacidade do processo posterior, ou dos pedidos que foram de fato realizados.

A consequência final dessa forma de organização, conforme já exposto, é a *falta de nivelamento*: a produção, nesse contexto, é repleta de picos conforme a operação que está em curso em cada ilha. O fluxo como um todo não é analisado, tampouco suavizado. Os produtos são *empurrados* de um processo ao outro, e não *puxados*.

Em relação ao nivelamento das variedades de produtos, percebe-se outra diferença crucial nos processos gerenciais adotados por produtores em massa e enxutos. Para ilustrar a diferença, o Lean Enterprise Institute (2008) fornece o exemplo de uma empresa de camisas que recebe pedidos de quatro modelos diferentes em uma semana: cinco do modelo A, três do modelo B e dois, cada um, dos modelos C e D; enquanto produtor em massa utilizará a ideia dos grandes lotes e filas para orientar a produção, o produtor enxuto, em contrapartida, fabricará esses produtos de forma *nivelada*.

Assim, “um produtor em massa, buscando economias de escala e desejando minimizar as trocas entre produtos, provavelmente criaria esses produtos na sequência semanal AAAAABBBCDD”. O produtor enxuto, em contrapartida, “se esforçaria para criar a sequência repetida AABCD AABCDAB, fazendo melhorias apropriadas no sistema de produção, como reduzir os tempos de troca [de ferramentas]” (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008, p.28, tradução nossa).

Nesse contexto, a produção enxuta, segundo Womack e Jones (2004), é regida pelo conceito de *one piece flow* (*fluxo de uma só peça*, tradução nossa), ao contrário da fabricação orientada por lotes preconizada pelos produtores em massa; essa é a

“situação na qual os produtos passam, um produto completo de cada vez, por várias operações no projeto, recebimento de pedidos e produção, sem interrupções, retrofluxos ou refugo” (WOMACK E JONES, 2004, p. 364).

Ressaltam-se aqui novamente as palavras de Oliveira (2018) sobre a importância de dividir a obra e buscar os menores quantitativos repetitivos, a fim de adaptar o conceito de fluxo de uma peça só à construção civil de forma adequada.

O fluxo unitário, que é a base da produção *just-in-time*, é um item importante que nos ajuda a identificar os desperdícios do processo e de produzir todas as partes de um produto de forma ordenada e no tempo certo em cada processo. Sem o conceito de fluxo unitário, a dificuldade de aplicar os princípios de “produção puxada” e “ritmada” torna-se muito grande (OLIVEIRA, 2018, p. 50).

Para que isso possa ocorrer, as células de trabalho são fundamentais: elas ordenam em sequência diferentes tipos de equipamentos que executam operações distintas, geralmente em formato U, para que o fluxo seja contínuo.

No layout para o fluxo contínuo, as etapas de produção são organizadas em sequência, normalmente dentro de uma única célula, e o produto passa de uma etapa para a seguinte, uma bicicleta de cada vez, *sem* pulmões intermediários de itens semiacabados, usando uma gama de técnicas genericamente chamadas de “fluxo de uma só peça” (*one piece flow*) (WOMACK E JONES, 2004, p.52, grifo do autor).

O caso da construção civil, conforme apresentado no capítulo anterior, difere do caso da indústria, onde a produção tem caráter altamente repetitivo. Logo, o processo de divisão de uma atividade e a definição do lote – a menor unidade repetitiva – revela-se fundamental para que os conceitos de fluxo de uma peça só e nivelamento possam ser aplicados. No entanto, essas diferenças conceituais não mudam o ponto central: para que o fluxo possa existir na produção, os produtos precisam ser passados – um de cada vez – de uma atividade à outra sem esperas, bem como sem apresentar defeitos, de acordo com o ritmo de produção estabelecido pelo tempo *takt*, no que Oliveira (2018) define como *encadeamento de atividades*.

Esse encadeamento, contudo, nem sempre é possível, como exposto no caso da escavação do viaduto. Conforme apontam Rother e Shook (2003), há pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo não é possível e faz-se necessário produzir em

lotes¹⁰. Eles elencam alguns dos motivos para isso: processos projetados para operar em tempos de ciclo muito rápidos, processos em que a entrega ou execução por parte de um fornecedor não se adequa ao fluxo de uma só peça, ou processos que por ventura não sejam confiáveis o suficiente para se ligarem aos demais processos em fluxo contínuo.

No caso da construção civil também se ressalta: muitas vezes não é possível mobilizar equipamentos e equipes de trabalho para executar um produto por vez. Entretanto, Rother e Shook (2003, p. 46) fazem um alerta em relação a esses processos que não podem ser colocados em fluxo contínuo: “resista a tentação de programar estes processos através de uma função de programação independente. [...] controle a produção ligando-os aos clientes posteriores”. Para tanto, eles sugerem a instalação de um *sistema puxado com supermercado*, em que o processo posterior (em fluxo) retira o que precisa do processo anterior (em lote), enquanto o processo em lote produz para reabastecer o que foi retirado.

Dessa forma, o processo em lote não produz de forma indiscriminada somente de acordo sua capacidade: ele segue sua operação em lotes, o estoque entre processos continua a existir, porém a quantidade produzida *é ditada pelos processos posteriores que estão em fluxo*. Dessa forma, *evita-se a superprodução e o dimensionamento dos processos como ilhas*. Por isso a importância do cálculo do *takt*: assim sabe-se qual o ritmo de produção que deve ser almejado para que a obra seja entregue dentro do planejado.

Para que essa forma de trabalho em fluxo em células seja possível, os operários precisam ser orientados e treinados para trabalho multifuncional, a fim de que possam operar e manter a produção de diferentes tipos de equipamento de produção. Além disso, conforme já apontado por Ohno (1997), o trabalho precisa ser altamente padronizado a fim de que melhorias possam ser possíveis; para tanto, Ohno (1997) ressalta que a importância do ambiente fabril deve ser reconhecida.

A fábrica é a principal fonte de informação da manufatura. Ela fornece as informações mais diretas, atualizadas e estimulantes sobre a gerência. Sempre acreditei firmemente no princípio da Fábrica em primeiro lugar, talvez porque eu tenha começado a trabalhar no chão-de-fábrica. Mesmo hoje, como parte do primeiro escalão da empresa, tenho sido incapaz de me separar da realidade encontrada na planta de produção. O tempo que me

¹⁰ Aqui a palavra ‘lote’ é usada no contexto usual da produção enxuta. Conferir novamente a nota de rodapé nº7 na página 54 para verificar a conotação utilizada por Oliveira (2018) no âmbito da construção civil.

provê as informações mais vitais sobre a gerência é aquele que passo na fábrica, e não na sala de vice-presidente. Em algum momento entre 1937 e 1938, meu chefe na Toyoda Spinning and Weaving me disse para preparar métodos de trabalho padrão para a tecelagem. Era um projeto difícil. [...] Um procedimento de trabalho adequado, porém, não pode ser escrito numa escrivadinha. Ele deve ser testado e revisado muitas vezes na planta de produção. Além disso, ele tem que ser um procedimento que qualquer um possa compreender de imediato (OHNO, 1997, p. 40).

No caso da construção civil, pode-se entender o canteiro de obras como a fábrica, *o local onde a maioria dos processos que geram valor para o cliente ocorre*. Na sequência, Ohno (1997) apresenta os itens que são combinados na folha de trabalho padrão: materiais, operários e máquinas. A partir destes, desenvolve-se o procedimento de trabalho padrão, o qual contém o *tempo de ciclo, a sequência do trabalho e o estoque padrão*. A seguir, a definição de tempo de ciclo.

O tempo de ciclo é o tempo alocado para fazer uma peça ou unidade. Isso é determinado pela quantidade da produção, ou seja, a quantidade necessária e o tempo da operação. A quantidade necessária por dia é a quantidade necessária por mês dividida pelo número de dias de trabalho naquele mês. O tempo de ciclo é calculado dividindo-se as horas de operação pela quantidade necessária por dia (OHNO, 1997, p. 41).

Já a sequência de trabalho e o estoque padrão definem-se da seguinte forma.

O termo “sequência do trabalho” significa exatamente o que está expressando. Não se refere à ordem de processos ao longo dos quais fluem os produtos. Refere-se, isto sim, à sequência de operações, ou a ordem de operações em que um operário processa itens transportando-os, montando-os nas máquinas, removendo-os das mesmas, e assim por diante. O estoque padrão refere-se ao mínimo de trabalho-em-processo, intra-processo, necessário para que as operações continuem. Isso inclui os itens montados nas máquinas (OHNO, 1997, p. 42).

Ohno (1997, p. 42) ressalta ainda que se deve levar apenas *três dias* para treinar novos funcionários nos procedimentos de trabalho: “quando as instruções estão claras, sobre a sequência e os movimentos básicos, os operários aprendem rapidamente a evitar refazer um trabalho ou a produzir peças defeituosas”. Para explicar como o trabalho deve ser desenvolvido, o autor defende que o supervisor, enquanto treinador, deve “realmente pegar as mãos dos operários e ensiná-los”, e que os operários, por outro lado, devem “ser ensinados a ajudar uns aos outros”.

Oliveira (2018), nesse contexto, ressalta a importância das instruções de trabalho no ambiente da construção civil e postula que, apesar de estas fazerem parte

dos sistemas de gestão da qualidade atualmente empregados por muitas empresas, as instruções não costumam ser elaboradas da forma preconizada pelos japoneses.

Normalmente, os famosos sistemas de gestão da qualidade, orientam a descrever procedimentos de trabalho que, sem dúvida, são importantes para que os processos sejam descritos e o conhecimento da empresa seja mantido e controlado, contudo, as instruções de trabalho padrão, como fora concebido na indústria japonesa, são diferentes, elas devem ser confeccionadas de forma que qualquer colaborador, mesmo sendo um aprendiz, possa realizar a atividade e, portanto, precisam conter o passo a passo do método de execução, com fotos e as especificações da operação. As instruções de trabalho devem ser confeccionadas de forma desdobrada, ou seja, por operação, para que o colaborador tenha fácil acesso e, na medida do possível, fiquem fixadas no local de trabalho, seja na bancada de corte e dobra ou no caminhão (OLIVEIRA, 2018, p. 148).

Koskela (1992) também tece algumas críticas aos programas de qualidade.

O problema básico é que o gerenciamento da qualidade trata basicamente apenas de um conjunto parcial (embora importante) de desperdícios, como defeitos e falhas na consideração dos requisitos do cliente. As metodologias, muitas vezes rígidas e dogmáticas, não permitem facilmente a adoção de perspectiva mais ampla. Outro problema parece ser que o gerenciamento da qualidade muitas vezes foi introduzido como uma segunda faixa de gerenciamento, separada do processo de gerenciamento real. Às vezes, a implementação do gerenciamento da qualidade está mais relacionada ao marketing e à imagem, digamos certificação ISO ou à conquista de um prêmio nacional de qualidade, do que à necessidade de melhoria interna (KOSKELA, 1992, p. 53, tradução nossa).

Em síntese, para que o fluxo possa ser introduzido na fabricação, os suprimentos requeridos para cada processo devem chegar à produção somente no momento em que são necessários, em um sistema *just-in-time*, puxados por meio do *kanban*. Para tanto, a produção precisa ser *nivelada* em volume e variedade, os produtos devem ser fabricados um de cada vez, bem como o trabalho precisa ser altamente padronizado e conter dispositivos e ou procedimentos capazes de identificar falhas automaticamente (*poka-yoke*).

Nesse contexto, Oliveira (2018) apresenta como ferramentas como o *kanban* e os dispositivos *poka-yoke* podem ser empregados na construção civil. No caso do *kanban*, Oliveira (2018) ressalta que é fundamental diferenciar os materiais comprados em maior quantidade pelo setor de suprimentos, dos materiais confeccionados no próprio canteiro. No caso do primeiro tipo, o ideal é que um funcionário que não participa diretamente do fluxo de atividades encarregue-se de

organizar os materiais em lotes menores, de acordo com o volume de trabalho utilizado no planejamento *takt*, a fim de facilitar o abastecimento das equipes.

Já os materiais fabricados no próprio canteiro devem ter seu ritmo de confecção condicionado ao ritmo de produção. Para isso devem-se empregar os cartões *kanban*: todo produto solicitado, fabricado ou transportado dentro do canteiro deve conter cartão que indique quantidade, finalidade, e características do material. Logo, tal qual na indústria, os cartões neste caso funcionam como *ordens de produção*. Na Figura 14, um exemplo de cartão *kanban* apresentado por Ohno (1997), e na sequência as orientações de Oliveira (2018) para uso dessa ferramenta nos canteiros de obra.

Figura 14 - Modelo de cartão *kanban*

Hora da Entrega 10:30	Área de Estocagem A 1 - 1	Fábrica Central da Toyota Motors
 Fundação Ohashi Prateleira nº 1 - Embaixo	Número do Item 53018-60011	Identificação
	Nome do Item Linha de pressão do radiador	Usado em FJ Carro tipo (I)
	21	Tipo de caixa Especial
	Capacidade da caixa 30	Montagem nº 2
Kanban de pedido de peças		50

Nota do autor: “[...] O número 50 representa o número do portão de recebimento da Toyota. [...] O número 21 é o número de controle de item para as peças”

Fonte: (OHNO, 1997, p. 46).

[...] vale lembrar que na construção civil o produto é a própria obra e, portanto, a principal função do *kanban* é garantir que todos os materiais estejam disponíveis de forma que as atividades de conversão sejam executadas na quantidade e tempo planejado, ou seja, se o *takt* para execução do lote é de 1 dia, todos os materiais necessários para 1 dia de trabalho devem estar disponíveis para as equipes, e na medida que as equipes utilizam os materiais, eles são repostos nas frente de trabalho (OLIVEIRA, 2018, p. 144).

Oliveira (2018, p. 145) também disserta sobre o profissional chamado *besouro d'agua*, o qual “deve realizar o abastecimento de materiais na frente de trabalho de forma rápida, precisa e cíclica, disponibilizando os lotes *kanban* para as equipes e realizando o reabastecimento conforme o tempo de duração de cada *kanban*”. Por

exemplo, se o *takt* definido é de um dia, o lote de abastecimento *kanban* de responsabilidade do profissional pode ser de duas horas. Além disso, esse profissional também tem a responsabilidade de comunicar o mestre ou o encarregado da obra sobre eventuais problemas e paradas na produção, a fim de garantir que a programação do *takt* seja executada conforme planejado.

Em relação aos dispositivos *poka-yoke*, Oliveira (2018) apresenta o exemplo dos gabaritos de furação e armação de telas como exemplo. Dessa forma, garante-se que as atividades sejam executadas de forma padronizada sem erros, com o auxílio de ferramentas simples. Oliveira (2018) bem como por Womack e Jones (2004) também sugerem o uso de controles visuais, como os *andons* (monitores eletrônicos), ou então dispositivos mais simples como sinalizadores sonoros ou luminosos, ou ainda apenas quadros brancos.

No ambiente industrial, Womack e Jones (2004) apontam que um dos principais usos dos *andons* é mostrar à equipe de produção o *takt* atualizado para que todos saibam qual ritmo de produção deve ser objetivado. Já na construção civil, Oliveira (2018) sugere que se utilizem esses dispositivos para que os colaboradores sejam devidamente informados caso seja detectado um problema na produção. Independente do uso, a ferramenta garante não só a *transparência* do trabalho para todos envolvidos, bem como serve de *estímulo e motivação* para a força de trabalho que passa ter mais clareza e controle sobre as atividades.

Nesse contexto, Womack e Jones (2004) resumem a importância dessas e outras ferramentas.

Essas técnicas precisam ser combinadas a *controles visuais* [...] que variam dos 5s (nos quais todas as sujeiras e itens desnecessários são eliminados e todas as ferramentas têm um lugar de armazenamento claramente marcado e visível na área de trabalho) a indicadores de desempenho e andamento (frequentemente em forma de monitores *andon*), desenhos de padronização do trabalho atualizados e claramente afixados em murais com as principais informações financeiras e itens mensuráveis sobre os custos do processo. As técnicas precisas variarão com a aplicação, mas o princípio-chave, não: todos os envolvidos devem ser capazes de enxergar e precisam compreender todos os aspectos da operação e de seu andamento em todos os momentos (WOMACK E JONES, 2004, p. 53, grifo dos autores).

Aqui chama-se atenção para a técnica de 5s: Womack e Jones (2004, p. 363) a definem como “as cinco palavras japonesas iniciadas por S utilizadas para criar um ambiente de trabalho adequado ao controle visual e à produção enxuta”; neste contexto, Oliveira (2018, p. 28) apresenta cada um dos conceitos: *seiri* (utilização),

seiton (organização), *seiso* (limpeza), *seiketsu* (higiene) e *shitsuke* (disciplina). Oliveira (2018) também apresenta algumas observações sobre a implementação dessa metodologia em empresas brasileiras.

Algo que ficou muito evidente na aplicação destes conceitos no Japão, é que o grande objetivo dos 5S não era organizar ou manter limpo, como em geral é a resposta que temos quando indagamos alguns gestores no Brasil. A essência do conceito está no sentido de “vigiar”, ou seja, garantir que as mudanças que são realizadas no processo se perpetuem, que tudo se mantenha conforme fora planejado e, se algo estiver diferente, rapidamente seja identificado e corrigido. Esse é um conceito que precisa ser proliferado nas organizações para que aquelas famosas auditorias de 5S, que em geral não trazem o resultado esperado, sejam substituídas por algo mais efetivo (OLIVEIRA, 2018, p. 30).

Womack e Jones (2004, p.52) prosseguem suas análises para implantação do sistema enxuto e afirmam: *as máquinas da produção enxutas também precisam ser adaptadas*: ao invés de grandes máquinas capazes de processar apenas tipos específicos de materiais em lotes e a altas velocidades, a produção enxuta – por conta de sua produção nivelada – exige “que cada máquina possa ser convertida quase instantaneamente, de acordo com as diferentes especificações do produto”.

Além disso, inverte-se a lógica da produção em massa, a qual fabrica materiais em excesso por conta da suposta redução de custos advinda do processamento em lotes: agora as máquinas precisam ser redimensionadas para que *se ajustem ao volume demandado pelo mercado*.

Nesse contexto, faz-se necessária a introdução de outro procedimento fundamental para que os sistemas em fluxo enxutos funcionem adequadamente: a *Total Productive Maintenance* (TPM ou *Manutenção Produtiva Total*, tradução nossa). Oliveira (2018) apresenta os oito pilares que sustentam essa técnica: a manutenção autônoma, a manutenção planejada, as melhorias específicas, o controle inicial, o treinamento e educação, a segurança, higiene e meio ambiente, e por fim as áreas administrativas.

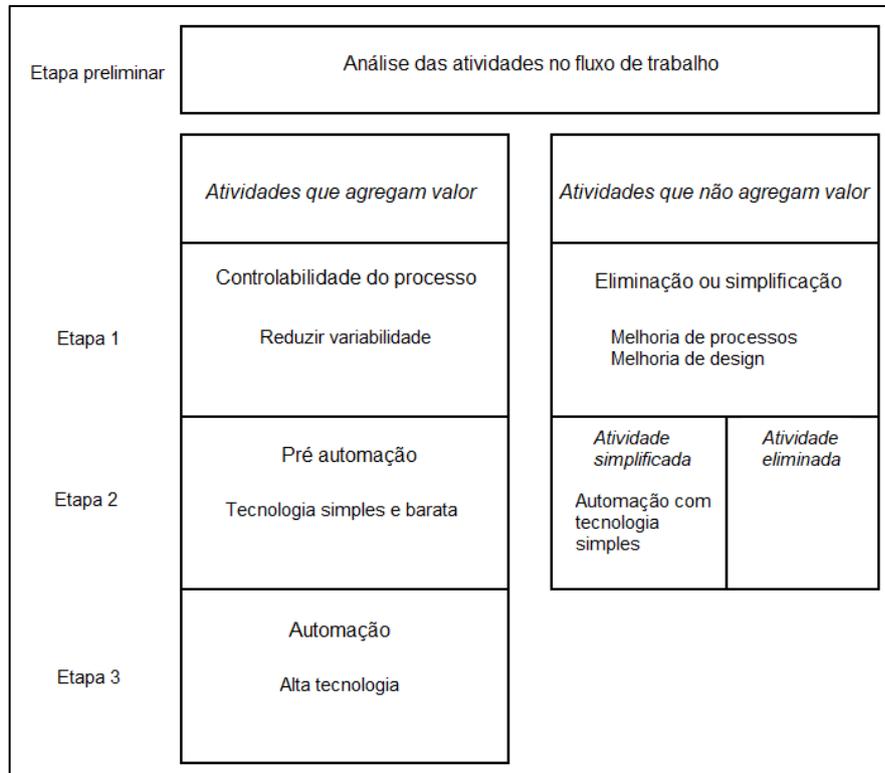
Segundo Oliveira (2018), a manutenção autônoma inicia-se com a capacitação da mão de obra para que estes se envolvam nas rotinas de manutenção de forma a prevenir a deterioração dos equipamentos. A manutenção planejada tem seu foco na quebra zero e no aumento da eficiência e eficácia do equipamento; podem ser do tipo preditivas, preventivas e corretivas. As melhorias específicas têm o mesmo objetivo da manutenção planejada, porém envolvem times interdisciplinares para sua

realização. O controle inicial objetiva a análise detalhada dos produtos e equipamentos antes mesmo de sua instalação.

O treinamento e educação, como o próprio nome aponta, devem elevar a capacitação da mão de obra em todos níveis hierárquicos. Já o sétimo pilar, segurança, higiene e meio ambiente além de serem princípios a serem observados, também devem servir para criar sentimento de pertencimento entre os funcionários. As áreas administrativas, por fim, devem fornecer os recursos e informações às atividades produtivas para que estas possam reduzir perdas e criar ambientes de alta eficiência (OLIVEIRA, 2018).

No que tange a automação, Womack et al. (2004, p. 82) são categóricos: “a organização enxuta precisa anteceder a automação de alta tecnologia, se a companhia deseja desfrutar plenamente dos benefícios”. Koskela (1992, p. 60, tradução nossa) aponta: “geralmente é mais eficaz eliminar ou reduzir atividades que não agregam valor do que automatizá-las. Se a eliminação não for possível, essas atividades devem ser automatizadas com tecnologia simples e barata”. Nesse sentido, na Figura 15 estão descritas as etapas pelas quais o processo de produção para automação deve passar, segundo Koskela (1992).

Figura 15 - Diagrama do desenvolvimento do processo de produção para a automação



Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p. 61, tradução nossa).

Percebe-se, então, que a identificação dos fluxos é imprescindível não só para que o trabalho possa ser padronizado e os processos gerenciais melhorados, como também para definir de que forma pode-se automatizar o trabalho. Conforme Womack et al. (2004), a automação é peça importante para as fábricas de alto desempenho, *mas requer uma gerência de fabricação superior* para que os resultados de sua implementação possam ser colhidos adequadamente.

Nesse contexto, faz-se necessário abordar outra característica fundamental do sistema de produção enxuta: os aspectos organizacionais. No caso da tarefa de fabricação, estes assumem particular importância dada a alta concentração de processos que geram valor para o cliente. Womack et al. (2004) apontam que são muitas as dúvidas de executivos, gerentes de fábrica e sindicalistas sobre como organizá-los.

A fábrica genuinamente enxuta possui duas características organizacionais fundamentais: *transfere o máximo de tarefas e responsabilidades para os trabalhadores que realmente agregam valor ao carro, e possui um sistema de detecção de defeitos que rapidamente relaciona cada problema, uma vez descoberto, a sua derradeira causa* (WOMACK et al., 2004, p. 85, grifo do autor).

Segundo Womack et al. (2004), para que isso seja possível, o trabalho precisa ser realizado *em equipe*, bem como é vital que exista sistema simples, mas abrangente de *disseminação de informações*.

No final das contas, a equipe de trabalho dinâmica é que emerge como o coração da fábrica enxuta. Montar essas equipes eficientes não é simples. Primeiro, é preciso dotar os trabalhadores de variadas qualificações: de fato, em todos os serviços de sua equipe de trabalho, permitindo a rotatividade das tarefas e substituições dos trabalhadores uns pelos outros. A seguir, é preciso que adquiram qualificações adicionais: reparos simples de máquinas, controle de qualidade, limpeza e solicitações de materiais. É preciso, ainda, que sejam encorajados a pensarem ativamente – de fato *proativamente*, de modo a encontrarem soluções antes que os problemas se tornem graves (WOMACK et al., 2004, p. 85, grifo dos autores).

Womack et al. (2004) prosseguem e apontam as diferenças cruciais nas relações de trabalho nas fábricas enxutas.

Nossos estudos das fábricas tentando adotar a produção enxuta revelam que os trabalhadores reagem apenas quando existe algum senso de compromisso mútuo, um senso de que a gerência realmente valoriza os trabalhadores qualificados, fará sacrifícios para mantê-los e está propensa a delegar responsabilidade à equipe. Simplesmente mexer no organograma da empresa, para mostrar “equipes”, e introduzir círculos de qualidade, para encontrar meios de melhorar os processos de produção, dificilmente fará grande diferença (WOMACK et al., 2004, p. 86).

Ohno (1997) também versa sobre a importância do pensamento proativo por parte dos funcionários da fábrica. Para isso, ele compara uma organização empresarial a um corpo humano: segundo o autor, o departamento de planejamento e controle da produção, ou de engenharia, funciona como o cérebro no corpo humano, ao definir normas e emitir planos; e, assim como no corpo humano, toda empresa deve possuir nervos autonômicos capazes de responder automaticamente a mudanças no corpo, sem a orientação do cérebro.

Na fábrica, segundo Ohno (1997), um nervo autonômico significa a possibilidade de fazer julgamentos *no nível mais baixo possível*, ou seja, os próprios funcionários da fábrica devem ser capazes de conduzir discussões como quando parar a produção, que sequência seguir na fabricação das peças, ou quando serão necessárias horas extras para alcançar as metas da produção, sem ter que consultar os departamentos de planejamento. Em suma, “a fábrica deveria ser um lugar onde esses julgamentos possam ser feitos pelos operários autonomamente” (OHNO, 1997, p. 64).

Na prática empresarial diária, o departamento de Planejamento e Controle da produção, como centro de operações envia diversas normas. Estes planos devem ser então continuamente modificados. [...] os negócios mundiais nem sempre se desenvolvem conforme o planejado e as ordens devem mudar rapidamente em resposta às mudanças nas circunstâncias. Se alguém se prende à ideia de que, uma vez estabelecido, um plano não deve ser modificado, a empresa não poderá existir por muito tempo (OHNO, 1997, p. 64).

Ohno (1997, p. 64) prossegue com suas analogias; segundo o autor, o centro de operações corresponde à coluna vertebral no corpo humano, e tal qual, precisa ser firme, elástico e flexível: “se algo der errado e a coluna for engessada, esta área vital fica rígida e para de funcionar. Fixar-se a um plano uma vez que ele esteja estabelecido é como engessar o corpo humano. Não é saudável”.

Penso que uma empresa deveria ter reflexos que possam responder instantânea e suavemente as pequenas mudanças no plano sem ter que ir ao cérebro. É semelhante ao reflexo de piscar os olhos quando há poeira ou a ação reflexa de uma mão que se afasta rapidamente quando toca alguma coisa quente. Quanto maior uma empresa, melhores os reflexos de que ela precisa. Se uma pequena mudança em um plano deve ser acompanhada de uma ordem do cérebro para que funcione (por exemplo, o departamento de Planejamento e Controle da produção emitindo ordens de fabricação e formulários de mudança no plano), a empresa será incapaz de evitar queimaduras ou ferimentos e perderá grandes oportunidades. (OHNO, 1997, p. 64).

Esses reflexos são definidos por Ohno (1997) como *ajustes finos*. O autor alerta, ainda, sobre a existência de profissionais que se recusam a alterar planos e programações, e reforça a importância de se reconhecer as mudanças e de capacitar os operários a lidar com essas; além disso, a forma de pensar flexível também deve ser estimulada entre os funcionários.

Eu mesmo, durante muito tempo, lutei com um sistema de produção não facilmente compreendido pelos outros. Olhando para o caminho que persistentemente trilhei, acredito que posso recomendar com segurança “corrija um erro imediatamente — apresse-se; não se dar o tempo necessário para corrigir um problema causa perda de trabalho mais tarde”. Eu também digo “Espere pela oportunidade certa”. Essas ideias surgiram do *kanban* a ferramenta que nos afasta do fracasso e do mau julgamento. *Creio que o papel dos ajustes finos não é apenas indicar se uma mudança na programação significa um “continue” ou um “pare temporariamente”, mas é também para nos capacitar a descobrir por que ocorreu uma parada e como fazer os ajustes finos necessários para, fazer o processo andar de novo. O Sistema Toyota de Produção ainda não é perfeito. É preciso desenvolver mais os ajustes finos. (OHNO, 1997, p. 69, grifo nosso).*

Oliveira (2018) compartilha da mesma visão de Ohno (1997) em relação à importância de capacitar as equipes produtivas a pensar de forma proativa, a fim de que possam realizar os ajustes necessários na produção.

[...] em geral, as empresas costumam utilizar indicadores para acompanhar a evolução da obra e que o setor de planejamento fica responsável por esta atividade, o que não deixa de ser fundamental, entretanto, para que as equipes produtivas possam realizar a comparação do “previsto x realizado” e efetuar eventuais ajustes no processo, é necessário que as informações estejam disponíveis nas frentes de trabalho (OLIVEIRA, 2018, p. 139).

Segundo Oliveira (2018), são os mecanismos de *gestão e controle* que permitem que essa abordagem seja adotada no canteiro de obras. Ele então contextualiza ambos e apresenta as quatro ferramentas que devem ser implantadas: *a sala de Indicadores, as rotinas de reuniões, o quadro de controle do takt, e a metodologia A3* para resolução de problemas.

[...] quando falamos de Gestão, estamos nos referindo ao modelo adotado para administrar os recursos de forma a atender as metas estabelecidas e, portanto, tem uma visão mais abrangente da obra. Agora, quando falamos em Controle, estamos nos referindo ao mecanismo de controle da rotina, no qual as frentes de trabalho diariamente comparam o trabalho previsto com o que fora realizado (OLIVEIRA, 2018, p. 139).

De acordo com Oliveira (2018), a sala de indicadores é fruto do conceito *oobeya*, palavra japonesa que significa “grandes recintos”. Ele explica que essas salas eram utilizadas na Toyota para o desenvolvimento de projetos, e nelas se reuniam todas as informações necessárias ao desenvolvimento do produto. Já na construção civil, Oliveira (2018) propõe que neste ambiente sejam reunidos todos indicadores da obra, bem como que eles sejam organizados de forma hierárquica, e sejam atualizados diariamente.

Nesse contexto, os primeiros indicadores à mostra devem ser do plano mestre; a seguir, “a lista de restrições com plano de ação, deve conter também os indicadores globais de resultados seu desdobramento até que se possa ‘enxergar’ a situação de produção, qualidade, custo e segurança de todas as frentes” (OLIVEIRA, 2018, p. 140).

As reuniões da equipe de gestores devem, então, ser realizadas semanalmente e diferem das reuniões tradicionais pelo fato de que, como os indicadores são atualizados diariamente na *oobeya*, todos têm acesso às informações de forma visual:

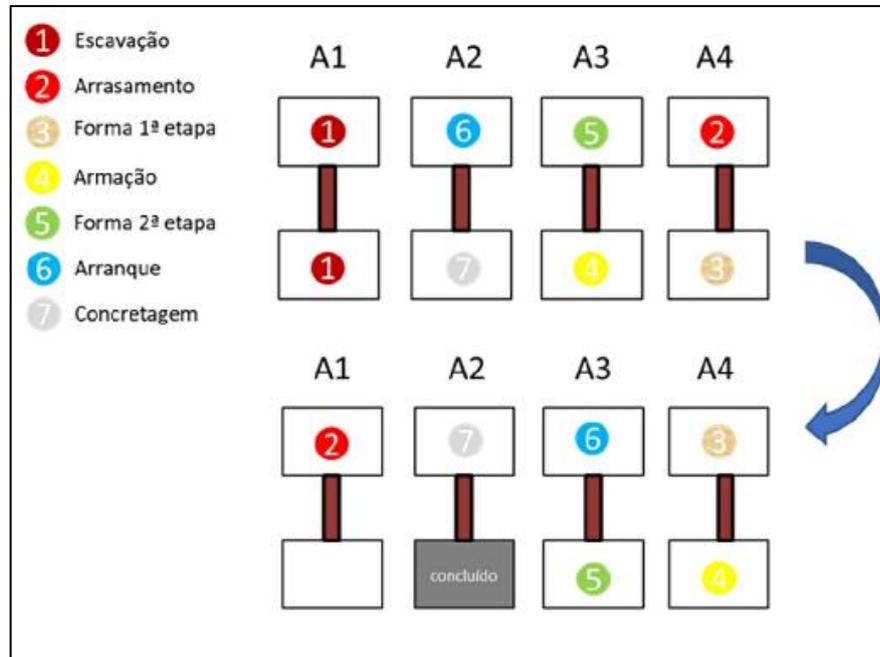
“estas reuniões devem durar no máximo duas horas e a cada final de reunião um plano de ações deve ser gerado, de forma que possa ser fixado no quadro e reavaliado na semana seguinte se fora executado ou não” (OLIVEIRA, 2018, p. 140).

Já as frentes de trabalho, para que possam se certificar de que tudo está preparado para o início das atividades, devem necessariamente realizar reuniões diárias, no local de trabalho. Estas reuniões, diferentemente das reuniões de gestores, devem ser realizadas no máximo em dez minutos, normalmente podem ser efetuadas em conjunto com os famosos “diálogos de segurança”, mas é fundamental que sejam relatados os problemas enfrentados no dia anterior e os desafios para o dia corrente (OLIVEIRA, 2018, p. 140).

Segundo Oliveira (2018), é fundamental que as reuniões com a frente de trabalho sejam realizadas em frente ao quadro de controle do *takt* e que as informações sejam preenchidas de preferência por algum colaborador da frente. Ao final do dia, ele sugere que o mestre de obras reúna as informações das frentes e repasse ao gestor, para que este último atualize os indicadores na *oobeya*. Assim, o comprometimento e o alinhamento da equipe são estimulados.

Os quadros de controle do tempo *takt* podem ser confeccionados de várias formas, em geral o modelo que mais facilita o entendimento das equipes de produção são os modelos esquemáticos com as equipes identificadas, assim no final de cada *takt*, o encarregado atualiza o quadro para que todos já saibam qual o próximo lote que cada equipe irá trabalhar, o ideal é que sejam quadros magnéticos e utilizem ímãs com identificação das equipes, pois facilita a atualização e visualização (OLIVEIRA, 2018, p. 141).

Na Figura 16, modelo de quadro *takt* apresentado por Oliveira (2018) para o caso do viaduto.

Figura 16 - Quadro de controle *takt*

Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 141).

A fim de corrigir os erros encontrados durante as reuniões de *oobeya*, Oliveira (2018) descreve outra ferramenta amplamente empregada pela Toyota e por outros produtores enxutos: o *relatório A3*.

Durante as reuniões de *Oobeya*, os gestores quando relatam o desvio de algum indicador, seja por algum problema de qualidade que afetou o *takt*, alguma falta de material ou problemas de manutenção, devem levar todas as informações pertinentes e se possível com plano de ações já preparado, seguindo [...] a metodologia A3 (OLIVEIRA, 2018, p. 142).

Este, como o próprio nome apresenta, configura-se análise realizada em folha de tamanho A3 toda vez que um problema é identificado. Oito etapas são realizadas: a descrição do problema, a análise da situação, definição de meta factível, análise das causas por meio do método de *Ishikawa*, e o planejamento das ações por meio de matriz 5W2H¹¹. Concluídas essas cinco etapas, partem-se para as demais: execução das atividades planejadas, análise dos resultados (comparativamente com a meta) e, por fim, padronização das ações sucedidas. Oliveira (2018) ainda assinala algumas

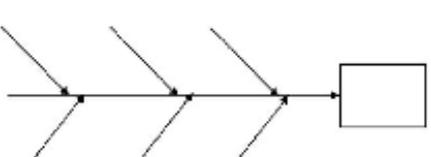
¹¹ Ferramenta empregada para planejar planos de ações. Respondem-se sete questões: o quê (*what*), por quem (*who*), quando (*when*), onde (*where*), por quê (*why*), como (*how*) e quanto irá custar (*how much*).

diferenças cruciais para o sucesso do emprego da metodologia, como a equipe envolvida no processo.

Esta forma de raciocinar levando em consideração os oito passos [...] remetem-nos a analisar e resolver o problema como um todo, desde a identificação até a padronização das ações bem sucedidas e, como o exemplo que vivenciei no Japão, a melhor saída quando da ocorrência do problema é agir de forma rápida na frente de trabalho, pedindo aos envolvidos que levem o máximo de informações possíveis para a reunião de forma a torná-la rápida e eficiente e, no final, o relatório A3 já estará pronto para que as ações sejam tomadas (OLIVEIRA, 2018, p. 142).

Na Figura 17 apresenta-se o quadro modelo para Relatório A3.

Figura 17 - Quadro modelo para relatório A3

Relatório A3	
1 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	5 - PLANO DE AÇÕES
2 - ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	6 - EXECUÇÃO DAS AÇÕES (EXPLICAR DIFICULDADES NA EXECUÇÃO)
3 - DEFINIÇÃO DA META	7 - ANÁLISE DOS RESULTADOS
4 - ANÁLISE DAS CAUSAS 	8 - PADRONIZAÇÃO DAS AÇÕES BEM-SUCEDIDAS

Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 35).

Oliveira (2018) conclui sua exposição do relatório A3 da seguinte forma.

Finalizei dizendo que normalmente ouvimos gestores reclamarem que a equipe não faz a análise de causas de um problema, entretanto, minha experiência fala que, os gestores que reclamam da qualidade das análises dos colaboradores, são os mesmos que *não sabem* confeccionar uma análise de causas e um plano de ação (OLIVEIRA, 2018, p. 143, grifo nosso).

Para auxiliar gestores e a equipe produtiva neste processo, apresenta-se outro procedimento simples, porém fundamental da Toyota: *perguntar-se cinco vezes por quê toda vez que um problema é identificado*. Ohno (1997) aponta que o próprio sistema de produção Toyota foi construído com base na aplicação prática e na evolução deste método. Segundo o autor, se a busca pela causa raiz que originou o problema não for adequadamente conduzida, as ações conduzidas podem ficar desfocadas e o problema volta a surgir dentro de um período de tempo.

“Por que uma pessoa na Toyota Motor Company pode operar apenas uma máquina, enquanto que na tecelagem Toyota uma moça supervisiona de 40 a 50 teares automáticos?”. Começando com essa pergunta, obtivemos a resposta “as máquinas na Toyota não são programadas para parar quando completada a usinagem”. A partir disso, foi desenvolvida a automação com um toque humano. À pergunta por que não podemos fazer este componente usando *just-in-Time* veio a resposta “o processo anterior os produz tão rapidamente que não sabemos quantos são feitos por minuto” Disto foi desenvolvida a ideia de sincronização da produção. A primeira resposta à pergunta “por que estamos produzindo componentes em demasia?”, foi “porque não existe um jeito de manter baixa ou prevenir a superprodução.” Isso levou à ideia de controle visual que, por sua vez, conduziu a ideia do *kanban* (OHNO, 1997, p. 38).

Ohno (1997) prossegue em sua análise e mostra a importância desse procedimento para o sistema Toyota de produção.

Foi afirmado [...] que o Sistema Toyota de Produção é fundamentalmente baseado na absoluta eliminação do desperdício. Em primeiro lugar, por que o desperdício é gerado? Com esta questão, estamos, na verdade, indagando sobre o significado do lucro, que é a condição para a existência continuada de um negócio. Ao mesmo tempo, estamos perguntando por que as pessoas trabalham. [...] Quando surge um problema, se a nossa busca pela causa não for completa, as ações efetivadas podem ficar desfocadas. É por isso que repetidamente perguntamos por quê. Essa é a base científica do Sistema Toyota (OHNO, 1997, p. 38).

Conforme afirmado anteriormente, para que a construção civil possa ser reorganizada segundo o princípio do fluxo, faz-se necessário compreender o sistema que deu origem à produção enxuta. Nesse contexto, reforça-se: o *Toyotismo* foi um sistema concebido em meio a grande período de crise pós 2ª Guerra Mundial, em que a única saída para a indústria japonesa era *aumentar radicalmente sua produtividade por meio da drástica redução dos desperdícios*. Soma-se a isso as características da demanda do mercado japonês à época: baixas quantidades de veículos de variados modelos.

Foi a partir desse cenário que os princípios e procedimentos dos sistemas enxutos foram formulados; o nivelamento em variedade e volume da produção, o ritmo *takt* de produção, bem como a ideia de fluxo de uma só peça são alguns dos grandes frutos dessa época. No entanto, apesar de o sistema ter sido forjado para sobrevivência em momento de crise, o sucesso e os ganhos dele revelam-se *atemporais*. Nas palavras de Womack e Jones (2004, p. 316), “a Toyota é a administradora mais brilhante de processos essenciais da história da indústria”.

A inteligência dos processos da Toyota significa que ela não precisa se aventurar com projetos audaciosos de produtos dentro de um segmento de mercado estabelecido nem ser pioneira em novos segmentos [...] A Toyota pode copiar rapidamente os produtos nos quais os outros são pioneiros e vencer porque continua a ser pioneira nos processos brilhantes que seus concorrentes *hesitam* em copiar. Enfatizamos esta observação porque se trata de uma ótima notícia para as empresas que adotam a mentalidade enxuta: em geral o sucesso não depende de jogadas brilhantes nem do lançamento de produtos revolucionários. Você pode chegar lá com uma brilhante gestão de processos, *algo que qualquer empresa com um compromisso de longo prazo pode realizar* (WOMACK E JONES, 2004, p. 316, grifos nossos).

A construção civil, nesse contexto, tem muito a ganhar ao explorar as potencialidades do sistema de construção enxuta; para tanto, o essencial é compreender a importância dos princípios enxutos: caso a construção não seja vista como *produto com valor definido pelo cliente, dificilmente se analisará o fluxo de valor*, de forma que os processos envolvidos em sua construção serão meramente analisados como atividades de conversão, e não como *processos que fazem parte de um fluxo*.

Caso essa seja a visão adotada, buscar-se-á tão somente o incremento de produtividade dos processos de conversão *isoladamente*; corre-se, neste caso, o risco de inclusive aumentar a velocidade de um processo que já opera em lotes, de forma a prejudicar ainda mais a instalação do fluxo contínuo nas fases subsequentes. *No sistema de produção enxuta, é mais vantajoso que a produção siga um ritmo constante, que os produtos sejam postos em fluxo, e que eles sejam produzidos um por vez*.

Para a produção enxuta, os processos precisam ser sequenciados e nivelados de tal forma que sejam *puxados*, ou seja, só avancem à medida que os processos posteriores os demandem, à medida que os processos posteriores sejam capazes de processar os materiais produzidos pelas etapas anteriores. Somente dessa forma

podem-se enxergar de fato os problemas na produção, e buscar a *perfeição por meio da melhoria contínua*.

Conforme já dito anteriormente, a adaptação desses conceitos à construção nem sempre se dá de forma simples ou clara. Exige esforço e, conforme Oliveira (2018) assinala, com a prática a atividade se torna mais fácil. Os projetos únicos da construção civil precisam ser divididos, e os menores quantitativos repetitivos precisam ser identificados a fim de que os conceitos de nivelamento, *takt* e fluxo de uma peça só possam fazer sentido para os gestores de obra.

Além disso, conforme afirmado por Womack e Jones (2004) anteriormente, é fundamental que as características organizacionais das empresas que almejam ser enxutas sejam repensadas. Para que os sistemas de produção em fluxo funcionem adequadamente, problemas precisam ser prontamente resolvidos, o que exige senso de compromisso mútuo entre os funcionários, bem como transparência de informações a todos, garantidas pelos procedimentos de gestão e controle. Na Figura 18, apresenta-se um resumo das técnicas e procedimentos expostos neste item.

Figura 18 - Resumo das técnicas e procedimentos para transformação física

Just-in-time	Insumos chegam à produção apenas no momento e na quantidade necessária
Autonomação	Implantação de dispositivos e procedimentos de parada automática (<i>poka-yoke</i>)
Nivelamento da produção	Evitar picos de trabalho na produção
Fluxo de uma só peça	Fabricação de um item e/ou peça por vez, do início ao fim
Células de trabalho	Organização do equipamentos e dimensionamento das equipes em células
Kanban	Ferramenta que regula o ritmo de produção
5s	5 técnicas japonesas para manutenção do ambiente de trabalho
Relatórios A3	Ferramenta para resolução de problemas
Procedimentos de trabalho padrão	Instruções com o tempo de ciclo, a sequência do trabalho e o estoque padrão para execução de determinada atividade
Manutenção preventiva total	Procedimento para manutenção preventiva de equipamentos

Fonte: A autora

2.3 DESAFIOS E PLANOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA NO BRASIL

O fato de Doyle Wilson Homebuilder ter iniciado sua caminhada para adoção do pensamento enxuto não significa que a implementação seja fácil. Negociantes habilidosos no setor da construção muito provavelmente constituem o grupo mais resistente na sociedade à ideia de “trabalho padrão” e somente a liderança forte de Doyle Wilson os persuadiu a experimentar o novo sistema (WOMACK E JONES, 2004, p. 371).

A citação de Womack e Jones (2004) é exposta ao final do livro “A Mentalidade Enxuta nas Empresas” (2004), já nas notas. No entanto, sua relevância é digna de um capítulo à parte no presente estudo. A implantação do sistema de produção enxuta revela-se caminho árduo a ser percorrido pelas empresas de qualquer setor, e, conforme os autores afirmam, *não irá acontecer de forma imediata*. Ohno (1997) ressalta: foram necessários 10 anos para implantar o sistema *kanban* na Toyota, e o método como um todo levou cerca de 30 anos para ser desenvolvido dentro da empresa. Na construção civil brasileira não será diferente.

2.3.1 O caso brasileiro

Em um dos apêndices ao fim de “A Máquina que Mudou o Mundo” (2004), José Roberto Ferro, ex-presidente e um dos fundadores do *Lean Institute Brasil*, relata os passos da implantação da produção em massa e enxuta no Brasil, bem como aborda o desempenho da indústria automobilística brasileira em comparação aos grandes produtores enxutos da atualidade. Ele então questiona: *por que a indústria brasileira está tão longe do padrão mundial de desempenho?* Ele apresenta alguns elementos que possivelmente a prejudicam, tais como o baixo nível de automação e de manufaturabilidade, a baixa escala de produção, associados à alta complexidade do portfólio de produtos brasileiros, a elevada idade de design e a grande proteção do mercado brasileiro imposta pelo governo.

Para concluir a lista de elementos que explicam o baixo desempenho da indústria brasileira, Ferro (2004) aponta o que, na sua opinião, revela-se o maior obstáculo à eficiência: *as práticas de manufatura, os sistemas de trabalho e as políticas de recursos humanos* adotadas pelas empresas. Segundo ele, a indústria brasileira tem obtido sucesso na adoção *pontual* de práticas de manufatura enxutas,

porém falha ao adotar o sistema como um todo; em suas palavras, “o sistema de produção encontra-se ainda fundamentalmente estruturado em torno da filosofia tradicional da produção em massa” (FERRO, 2004, p. 313, grifo nosso).

Prova disso é a frequente necessidade de *retrabalhos* pós linha, exatamente pela *dificuldade de se produzir com qualidade na primeira vez*. Além disso, a relação com os fornecedores tampouco evoluiu: em sua grande maioria, esses não foram integrados à produção. No entanto, Ferro (2004) afirma que os fornecedores brasileiros conseguem realizar a entrega de peças e componentes às fábricas com maior frequência que a média internacional, mas que *a existência de grandes volumes de estoque ainda é visível nas indústrias brasileiras*.

Apesar de mais visíveis, as práticas de manufatura não são o ponto mais crítico da difusão da produção enxuta. Segundo Ferro (2004), *o maior insucesso da implantação tem sido nos sistemas de trabalho e políticas de recursos humanos*. Ele afirma que as empresas brasileiras, durante a década de 80, enxergaram apenas a ponta do iceberg e atribuíram o sucesso das indústrias japonesas às técnicas de qualidade total, como o Círculo de Controle da Qualidade (CQC). O problema, no entanto, não foi somente este: ao implantarem as técnicas de CQC, as empresas também falharam no processo de disseminação dentro das empresas, e as técnicas acabaram restritas à pequena parcela dos níveis de gerência médios.

Esse fato reflete outra característica negativa das empresas brasileiras: segundo Ferro (2004), a desigualdade nas relações sociais reflete-se nas organizações industriais sob a forma de quantidade de níveis hierárquicos, a qual está muito acima da encontrada em outros países. A qualidade, nesse contexto, encontra-se confinada nas mãos da gerência, e pouca responsabilidade é delegada aos trabalhadores. Ferro (2004, p. 315) resume: “a autoridade gerencial continua centralizada e muito baseada na posição hierárquica e não no conhecimento e experiência. Praticamente não há trabalho em grupo na indústria brasileira”.

Ferro (2004) prossegue a discussão e elenca outro grande entrave à produtividade brasileira: *a inexistência de políticas de remuneração vinculadas ao desempenho*; participação nos lucros, bônus de produtividade e qualidade ainda são raros na indústria brasileira, segundo ele.

Só é possível conseguir maior envolvimento dos trabalhadores na medida em que haja reciprocidade, ou seja, ambas as partes, trabalhadores e administração, se comprometam com a eficiência do sistema produtivo e se

beneficiem dela de modo a viabilizar a realidade da parceria e da mutualidade (FERRO, 2004, p. 316).

O problema, no entanto, não se restringe somente às questões organizacionais internas das empresas. Segundo Ferro (2004), *o trabalhador brasileiro tem muito pouco treinamento quando comparado a outros países acompanhados pela pesquisa do IMVP¹², porém essa situação é agravada pela baixa escolaridade e baixo nível do sistema educacional brasileiro.*

A ausência de esquemas de aprendizado constante, no próprio trabalho, através de supervisores cuja tarefa seja ensinar e guiar, e não vigiar e controlar, prejudica ainda mais a capacitação dos trabalhadores no Brasil. Mesmo mostrando disposição de colaborar e aprender, há falta de preparo técnico adequado para poder influir mais diretamente na resolução de problemas. *Não se trata apenas de mais treinamento técnico, mas efetivamente de educação em sentido lato, a carência da mão de obra brasileira* (FERRO, 2004, p. 317, grifo nosso).

Ainda assim, Ferro (2004) elenca elementos positivos nas práticas gerenciais brasileiras. Segundo ele, esquemas como a rotação de tarefas mostram como a mão de obra brasileira apresenta-se altamente flexível e capaz de adaptar-se, apesar de seu baixo preparo técnico. Entretanto, ele é categórico e reforça os ensinamentos de Ohno (1997) e de Womack et al. (2004): os funcionários de níveis mais baixos da organização precisam ser capazes de tomar decisões de forma autônoma, bem como deve haver um sentimento de comprometimento mútuo entre todos dentro da empresa. Para tanto, as mudanças nas características organizacionais das empresas revelam-se fundamentais.

Como se sabe, uma das principais inovações trazidas pela produção enxuta é a plena incorporação da contribuição intelectual dos trabalhadores no processo de produção. Assim supõe-se que o estabelecimento de novos sistemas de trabalho que favoreçam a multiquificação e de políticas de Recursos Humanos que permitam o maior envolvimento e participação dos funcionários seja fundamental para o bom desempenho das empresas (FERRO, 2004, p. 315).

Entretanto, a baixa qualidade da educação no Brasil é apenas um dos desafios externos a serem enfrentados pelas empresas brasileiras. Segundo Ferro (2004), a indústria brasileira é pouco competitiva quando comparada à internacional, e afirma que *a ampliação do mercado consumidor interno é fundamental para reorganização*

¹² Conferir nota de rodapé nº 1 na página 14 para mais informações sobre o IMVP.

da indústria brasileira. Para isso, algumas ações governamentais se fazem necessárias: “qualquer política de reorganização da indústria em direção à produção enxuta precisa eliminar os bloqueios e obstáculos à expansão do mercado interno, quer seja a melhor distribuição de renda, quer seja a redução de impostos” (FERRO, 2004, p. 319).

Não obstante, segundo Ferro (2004, p. 319), o cenário de negociações no país se agrava ao se observar outros entraves colocados pelo governo às empresas: “as constantes intervenções governamentais [...], a instabilidade trazida pelas altas taxas de inflação e as constantes mudanças de política econômica têm complicado de sobremaneira a negociação de preços no Brasil”.

Apesar de essas considerações se dirigirem à indústria automobilística brasileira, elas também são extremamente pertinentes à construção civil; este último setor, conforme já exposto por Ling (2017), também se encontra extremamente regulamentado pelo governo. As regulamentações, nesse contexto, além de dificultarem a aprovação dos projetos, também funcionam como *barreiras de entrada* às novas empresas que desejam ingressar no mercado imobiliário.

Por fim, Ferro (2004, p. 320) finda seu capítulo com prognóstico realista: “o caminho será árduo e não há soluções óbvias. Possivelmente, nem todas as empresas e países conseguirão fazer essa transição satisfatoriamente”.

A transição no Brasil vai ser difícil. O alto grau de verticalização, as diferenças históricas entre as partes envolvidas, os hábitos enraizados, as plantas antigas, certamente são alguns dos fatores que tomarão o processo bastante intrincado. E dependerá também das variáveis macroeconômicas. Porém, a facilidade de adotar formas mais flexíveis de trabalho e de produção é um elemento muito positivo (FERRO, 2004, p. 320).

Apesar de serem diversos os desafios do caso brasileiro apresentados por Ferro (2004), Womack e Jones (2004) também mostram como cada país terá suas dificuldades particulares; segundo eles, americanos, alemães e japoneses – os três países que tiveram empresas analisadas durante o estudo – possuem desafios completamente distintos para adoção da produção enxuta. *Esses desafios, no entanto, mais que barreiras, mostram o caminho a ser seguido*; mostram para onde o foco das empresas deve ser dirigido.

Nesse contexto, a baixa escolaridade da mão de obra, associada a políticas de recursos humanos que falham em delegar responsabilidade aos níveis gerenciais

mais baixos, somada ao ambiente de instabilidade política e econômica, tornam a transição claramente mais difícil para os empresários brasileiros. Logo, no âmbito interno das empresas, fica nítida a necessidade dos gestores de *repensarem suas práticas de gestão de pessoas*, a fim de buscarem formas de *capacitar* seus funcionários, bem como maneiras de incluí-los *de fato* nos processos produtivos.

Infelizmente, no âmbito externo existem poucas formas pelas quais os empresários brasileiros podem mudar sua realidade; as intrincadas legislações urbanas, bem como o complexo sistema tributário brasileiro infelizmente não apresentam sinais de mudança para o pensamento enxuto no curto prazo. Resta aos gestores, então, a busca pelo maior controle de seus processos internos a fim de melhor superar as adversidades impostas pelo Estado brasileiro.

A fim de auxiliar executivos nessa caminhada, Womack e Jones (2004) apresentam ao final de seu livro plano de ação para auxiliar executivos no que eles intitulam *salto enxuto*. No próximo tópico, esse plano será analisado em maiores detalhes. Mais à frente, apresentar-se-á também o plano de Oliveira (2018) baseado no *princípio do takt*.

2.3.2 O salto enxuto: um plano de Womack e Jones (2004) para a produção enxuta

Womack e Jones (2004) apresentam plano de cinco anos, e dividem as ações em quatro etapas, cada uma com determinado prazo. Eles resumem o processo da seguinte forma.

Depois de examinarmos transformações bem-sucedidas no mundo inteiro, aprendemos que uma sequência específica de etapas e iniciativas produz os melhores resultados. O truque é encontrar os líderes certos, com o conhecimento certo, e começar com o fluxo de valor propriamente dito, criando rapidamente mudanças drásticas na forma como as tarefas de rotina são realizadas no dia a dia. A esfera de mudança precisa então ser ampliada continuamente, incluindo toda a organização e todos os seus procedimentos de negócios. Uma vez feito isso e o processo incorporado irreversivelmente à sua empresa, é hora de começar a olhar para cima e para baixo muito além das fronteiras de empresas isoladas para otimizar o todo (WOMACK E JONES, 2004, p. 257).

No Quadro 4 encontram-se resumidas as etapas e suas respectivas durações conforme apresentado por Womack e Jones (2004).

Quadro 4 - Quadro com prazos para o salto enxuto

Fase	Etapas específicas	Prazo
Inicie o processo	Encontre um agente de mudança	Seis meses iniciais
	Conheça as técnicas do pensamento enxuto	
	Encontre uma alavancagem	
	Mapeie os fluxos de valor	
	Inicie o <i>kaikaku</i>	
	Expanda seu escopo	
Crie uma nova organização	Reorganize-se por famílias de produtos	Seis meses até o ano dois
	Crie uma função enxuta	
	Desenvolva uma política para o excesso de pessoal	
	Desenvolva uma estratégia de crescimento	
	Elimine os cabeças duras	
	Instile a mentalidade da “perfeição”	
Instale sistemas de negócios	Implemente a contabilidade enxuta	Ano três e quatro
	Implemente a transparência	
	Inicie o desdobramento das diretrizes	
	Implemente o aprendizado do pensamento enxuto	
	Encontre equipamentos do tamanho certo	
Termine a transformação	Aplique essas etapas a seus fornecedores/clientes	Final do ano cinco
	Desenvolva uma estratégia global	
	Transição da melhoria de cima para baixo de baixo para cima	

Fonte: (WOMACK E JONES, 2004, p. 283).

Em relação aos primeiros passos a serem dados no caminho para adoção do sistema de produção enxuta, Womack e Jones (2004) alertam.

A etapa mais difícil é simplesmente começar superando a inércia presente em muitas antigas organizações. Você precisará de um agente de mudança, mais a essência do conhecimento enxuto (não necessariamente da mesma pessoa), um tipo de crise para servir como alavanca para a mudança, um mapa de seus fluxos de valor e a determinação de fazer o *kaikaku* rapidamente em suas atividades geradoras de valor, a fim de produzir

resultados rápidos que sua organização não possa ignorar (WOMACK E JONES, 2004, p. 257).

No presente estudo, focar-se-á nas duas primeiras etapas propostas pelos autores em função do caráter único e temporário das obras de construção civil. Em relação ao agente da mudança, Womack e Jones (2004) são categóricos:

[...] a presença de um líder – alguém que assuma a responsabilidade pessoal pela mudança – é essencial. Nenhuma empresa efetua mudanças radicais e abrangentes sem que alguém, em alguma parte, calmamente ou com grande estardalhaço, assuma a iniciativa e lidere a mudança (WOMACK E JONES, 2004, p. 329).

Nesse sentido, Womack e Jones (2004) reforçam: esse líder não precisa inicialmente deter todo conhecimento sobre produção enxuta, mas precisa buscá-lo, bem como disposição para aplicá-lo. Entre as fontes disponíveis atualmente, pode-se elencar, além da literatura disponível sobre o tema, empresas que já tenham passado pelo processo de implantação do sistema enxuto e que estejam dispostas a abrir suas portas. Os autores ainda ressaltam que o domínio das técnicas enxutas exige tempo considerável, e que normalmente a ajuda adicional imediata se faz necessária. No entanto, eles fazem um alerta.

Há muitos consultores alegando credenciais enxutas e alguns deles são muito competentes. Mas é preciso tomar vários cuidados. Qualquer consultor que não tenha ligações com as raízes do pensamento enxuto e que confie principalmente em seminários e instrução em sala de aula ou que queria fazer a melhoria para você com uma grande equipe de consultores juniores sem explicar inteiramente a lógica do que está acontecendo, deve ser evitado. Da mesma forma, um consultor que oferece ofensivas maciças para corrigir atividades específicas [...] sem interesse em trabalhar em conjunto com você para criar uma organização capaz de sustentar os conceitos da abordagem enxuta a longo prazo provavelmente não será de grande ajuda (WOMACK E JONES, 2004, p. 259)

Womack e Jones (2004) também afirmam que é improvável que apenas um conselheiro reúna todas qualificações necessárias para efetuar as mudanças nas fases de projeto, gerenciamento da informação e fabricação; não raro, as empresas descobrem que precisam de diferentes profissionais para a aconselharem nesse processo. Além disso, eles sugerem que as empresas não deleguem aos consultores técnicos a responsabilidade pela elaboração do plano de ação que norteará as mudanças: essa deve ser uma atividade para os gerentes de linha, os quais possuem

mais experiência quanto aos fluxos e enxergam mais claramente quais são as necessidades mais importantes do negócio.

Já a alavancagem proposta ainda na primeira etapa é definida por Womack e Jones (2004) da seguinte forma: *aproveite ou crie uma crise*. Segundo os autores, recessões podem ser valiosas para empresas e para sociedade, desde que a liderança tenha conhecimento e capacidade de tomar decisões difíceis.

Não encontramos uma organização livre de crises que estivesse disposta a cumprir as etapas necessárias para adotar o pensamento enxuto na empresa como um todo em um curto período de tempo. Portanto, se sua empresa já está em crise, aproveite essa oportunidade valiosa. Lembre-se apenas de que pode alcançar resultados espetaculares em redução de custos e estoques em seis meses a um ano, mas precisará de cinco anos para construir uma organização capaz de sustentar esse processo se seu agente de mudança for atropelado por um ônibus (WOMACK E JONES, 2004, p. 260).

Na sequência, a etapa proposta por Womack e Jones (2004) envolve o mapeamento do fluxo de valor de acordo com as famílias de produtos. Nesse contexto, Rother e Shook (2003) ressaltam que o mapeamento da produção envolve a análise de dois fluxos: *o fluxo de materiais e o fluxo de informações*. Este segundo tem a função de dizer a cada processo o que deve ser fabricado ou feito em seguida, e, *dentro da lógica enxuta de produção, deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de materiais*.

Como consequência dessa análise, Rother e Shook (2003) afirmam: os limites organizacionais da companhia serão ultrapassados, e por isso a figura do gerente do fluxo de valor revela-se tão essencial. Esse profissional não só compreende o fluxo de produção de uma determinada família por inteiro, como tem o poder necessário para fazer com que mudanças aconteçam. Rother e Shook (2003) denominam esse líder de *gerente do fluxo de valor*.

Segundo os autores, esse profissional deve ser *capaz de enxergar todo o fluxo de valor de uma determinada família de produtos através das fronteiras organizacionais da empresa*. Nesse contexto, os autores alegam que esse profissional, junto à pessoa de maior autoridade na unidade produtiva devem ter o *poder necessário para fazer as mudanças acontecer*. A seguir as atribuições deste líder.

- Reporta os progressos da implementação enxuta à pessoa mais influente da Unidade;
- Uma pessoa de linha, não assessoria ("staff"), com a capacidade de fazer as coisas acontecer além dos limites funcionais e departamentais;
- Lidera a criação dos mapas do fluxo de valor do estado atual e futuro bem como do plano de implementação para sair do presente e chegar ao futuro;
- Monitora todos os aspectos da implementação;
- Caminha e checa o fluxo de valor, diária ou semanalmente;
- Faz da implementação uma prioridade máxima;
- Mantém e periodicamente atualiza o plano de implementação;
- Insiste em ser uma pessoa que põe a "mão na massa" e é guiada pelos resultados (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 8).

A partir da elaboração desses diagramas, torna-se possível observar diversas características da produção: seus pontos de estoque, ilhas de processo, tempo de ciclo, número de funcionários envolvidos, bem como de que forma a produção é conduzida e como são distribuídas às informações a ela. Rother e Shook (2003) apresentam o objetivo desse procedimento.

O objetivo de mapear o fluxo de valor é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um "estado futuro" que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo. A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio do fluxo contínuo ou puxada, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 57).

Nesse contexto, Rother e Shook (2003) ressaltam a importância da ação imediata.

[...] a primeira iteração de seu mapa de "estado futuro" deveria considerar o projeto do produto, as tecnologias de processo e a localização e estrutura da planta como dados e procurar remover todas as fontes de desperdício não causadas por essas características, tão rápido quanto possível. ([...] pense: "o que nós podemos fazer com o que temos"?) (ROTHER E SHOOK, 2003, p. 57, grifo dos autores).

Percebe-se, conforme apontado pelos autores, que a rapidez com a qual as mudanças devem ser feitas é fundamental; além disso, trabalhar com o que se tem disponível revela-se primordial: caso grandes somas financeiras sejam necessárias para fazer as modificações, a mudança não se sustentará (WOMACK E JONES, 2004). Nesse sentido, para que as alterações possam ser conduzidas, faz-se necessária a introdução de dois procedimentos cruciais no processo de produção enxuta: as *melhorias radicais (kaikaku)* e as *melhorias contínuas (kaizen)*.

Atualmente, esta última técnica revela-se mais difundida que a primeira nos meios empresariais, e é definida por Womack e Jones (2004, p. 365) como “melhoria contínua e incremental de uma atividade a fim de criar mais valor com menos desperdício”. Ela costuma ser empregada tradicionalmente por meio de ciclos PDCA (*plan-do-check-act* ou *planejar-fazer-chechar-agir*, em tradução nossa), os quais fazem parte dos Programas de Qualidade Total. Já o *kaikaku* é definido por Womack e Jones (2004) da seguinte forma.

Melhoria radical de uma atividade a fim de eliminar desperdícios, por exemplo, reorganizando as operações de processamento para um produto de modo que, em vez de viajar de e para “ilhas de processo”, o produto proceda pelas operações em um fluxo contínuo e em um curto espaço de tempo (WOMACK E JONES, 2004, p.365).

Segundo Womack e Jones (2004), o *kaikaku* é fundamental no processo de conversão de uma empresa para o pensamento enxuto, e por isso figura como uma das etapas iniciais. Nesse sentido, mudanças drásticas devem ser realizadas rapidamente para que os resultados da adoção da produção enxuta não possam ser ignorados pela organização, tais como redução de 90% nos itens semiacabados, 50% das exigências de espaço e queda de até 90% nos *lead times*¹³ (tempo de espera, tradução nossa) de produção.

Uma das características críticas das técnicas enxutas é o feedback imediato. A equipe de melhoria e toda a força de trabalho devem ser capazes de ver as coisas mudando diante dos seus olhos. Isso é essencial para criação da noção psicológica de fluxo na força de trabalho e do momentum para mudança dentro de sua organização. Portanto, não faça um prolongado exercício de planejamento. Seus mapas de fluxos de valor podem ser concluídos em apenas uma ou duas semanas (WOMACK E JONES, 2004, p.265).

A fim de ilustrar a importância desse procedimento para a implantação da produção enxuta, Womack e Jones (2004) apresentam os casos de algumas empresas que contaram com ajuda de *senseis*¹⁴ para implantação dos procedimentos enxutos em suas plantas. Entre elas estão a Porsche, uma das maiores empresas do mercado automobilístico de luxo. À época, a empresa precisava reduzir à metade as

¹³ “Tempo total que um consumidor deve esperar para receber um produto depois de fazer um pedido” (WOMACK E JONES, 2004, p.366).

¹⁴ “Professor particular com o domínio em [...] pensamento enxuto e técnicas enxutas” (WOMACK E JONES, 2004, p.367).

pilhas de peças que se acumulavam em seu estoque (de 2,3m para 1,5m), bem como diminuir de 28 para sete dias a média de estoques de peças de montagem.

O objetivo do primeiro *kaikaku* na área de montagem de motores era muito simples: livrar-se das montanhas de estoques e da busca de peças, que ocupavam uma parte do esforço substancial do esforço diário de cada operário de montagem. Em seguida, a meta era fazer com que as peças fluíssem rapidamente do recebimento à seção de montagem final, passando pela montagem do motor sem que houvesse interrupções, refugos e retrofluxos para consertar defeitos. [...] Enquanto a equipe formulava seu plano, chegou um momento crucial. Nakao [*sensei*] entregou a Wiedking [CEO¹⁵], que a essa altura estava vestido com o mesmo macacão azul que todos os operários de produção vestiam, uma serra circular e disse-lhe que serrasse cada *rack* de estoque pela metade. Manfred Kessler, na época chefe do departamento de Métodos e Planejamento e hoje chefe do Grupo de Desenvolvimento do Fornecedor, recorda: “foi um momento decisivo. Historicamente, a gerência sênior nunca havia colocado a mão em nada na fábrica e ninguém jamais havia tomado atitudes tão drásticas, de forma tão direta e tão rápida (WOMACK E JONES, 2004, p. 209).

Em outro exemplo, Womack e Jones (2004) apresentam a Jacobs Chuck Company, fabricante de brocas e pequenas furadeiras elétricas e relatam os primeiros exercícios de *kaikaku* conduzidos nas fábricas com auxílio dos *senseis*.

Com as mangas arregaçadas e uma barra de ferro nas mãos, Takenaka e Nakao [*senseis*] estavam trabalhando loucamente para tirar as máquinas pesadas de seus departamentos e colocá-las na sequência correta para o fluxo contínuo, enquanto os engenheiros da Jacobs e o restante da força de trabalho observavam boquiabertos. Até certo ponto, tudo aquilo era puro teatro; os visitantes japoneses [*senseis*] compreendiam a cena extraordinária que estavam desempenhando. Mas, analisando sob outro prisma, eles estavam arrancando Jacobs de seu passado burocrático e departamentalizado de lotes e filas. Byrne [CEO] relembra: “ao mover as máquinas sozinhos, em alguns minutos – quando muitas não saíam do lugar há anos e os executivos da Jacobs jamais sonhariam em tocar naqueles equipamentos – os japoneses demonstraram como criar o fluxo, mas demonstraram também o que alguns indivíduos determinados são capazes de fazer. Nem Denis [presidente] nem o restante da força de trabalho da Jacobs jamais foram os mesmos. Todos abandonaram as reservas e começaram a trabalhar” (WOMACK E JONES, 2004, p. 130).

Percebe-se aqui, além das mudanças rápidas e visíveis, a importância da participação da alta gerência no caminho para a adoção dos princípios enxutos. Nesse ponto, Womack e Jones (2004, p. 175) são categóricos: “é impossível implementar conceitos enxutos parcialmente em uma organização onde a gerência sênior não entende e onde a própria estrutura da organização não os apoia”; Ohno (1997)

¹⁵ *Chief Executive Officer* (Diretor Executivo, tradução nossa).

também confere destaque ao apoio da gerência na ocasião da implantação do sistema *kanban* nas fábricas da Toyota.

Durante esse período, o principal administrador da Toyota era um homem de grande visão que, sem dizer uma palavra, deixou a operação totalmente a meu encargo. Quando eu estava – praticamente à força – pressionando os supervisores da fábrica para que entendessem o *kanban*, meu chefe recebeu um número considerável de reclamações. Elas expressavam o sentimento de que esse tal Ohno estava fazendo algo completamente ridículo e deveria ser impedido de continuar. Isso deve, às vezes, tê-lo colocado numa posição difícil, mas mesmo então ele deve ter confiado em mim. Não me foi ordenado parar e por isso sou muito grato (OHNO, 1997, p. 53).

Nesse contexto, apresenta-se a última etapa específica: *a expansão do escopo*. Womack e Jones (2004) afirmam que os primeiros exercícios de *kaikaku* normalmente são executados na fabricação dos produtos, e que os resultados nesse setor se revelam fundamentais para que todos enxerguem os ganhos de produtividade advindos da implantação da produção enxuta. No entanto, na sequência, *os exercícios de melhoria radical também devem ser aplicados às demais atividades críticas do fluxo de valor*.

Uma vez iniciado o fluxo e a produção puxada no chão de fábrica, é hora de se dedicar ao sistema de pedidos. O *kaikaku* no escritório não é tão facilmente visível quanto no chão de fábrica, mas é igualmente vital. Comece com as atividades burocráticas que estão diretamente associadas às atividades que acaba de modificar no chão de fábrica [...] Então, quando estabelecer uma posição sólida, passe a trabalhar em todas as suas atividades relacionadas a vendas, registro formal de pedidos e programação (WOMACK E JONES, 2004, p. 266).

Womack e Jones (2004) afirmam que, dados os bons resultados advindos desta primeira etapa, muitos líderes acreditam equivocadamente que somente replicar a mesma metodologia para outras atividades será suficiente para conduzir a mudança para o pensamento enxuto em suas empresas. O salto seguinte, no entanto, envolve a elaboração de nova estratégia.

Para isso [o salto seguinte], é preciso reorganizar sua empresa por famílias de produtos com alguém claramente responsável por produto, criando uma função realmente forte de promoção do pensamento enxuto, que se transforme em depósito de seus conhecimentos arduamente adquiridos. Além disso, é preciso uma abordagem consistente ao emprego em sua empresa e uma disposição de eliminar os poucos gerentes que nunca aceitarão o novo estilo. Finalmente, significa criar uma mentalidade na qual o fracasso temporário na busca da meta correta seja aceitável, mas nenhum

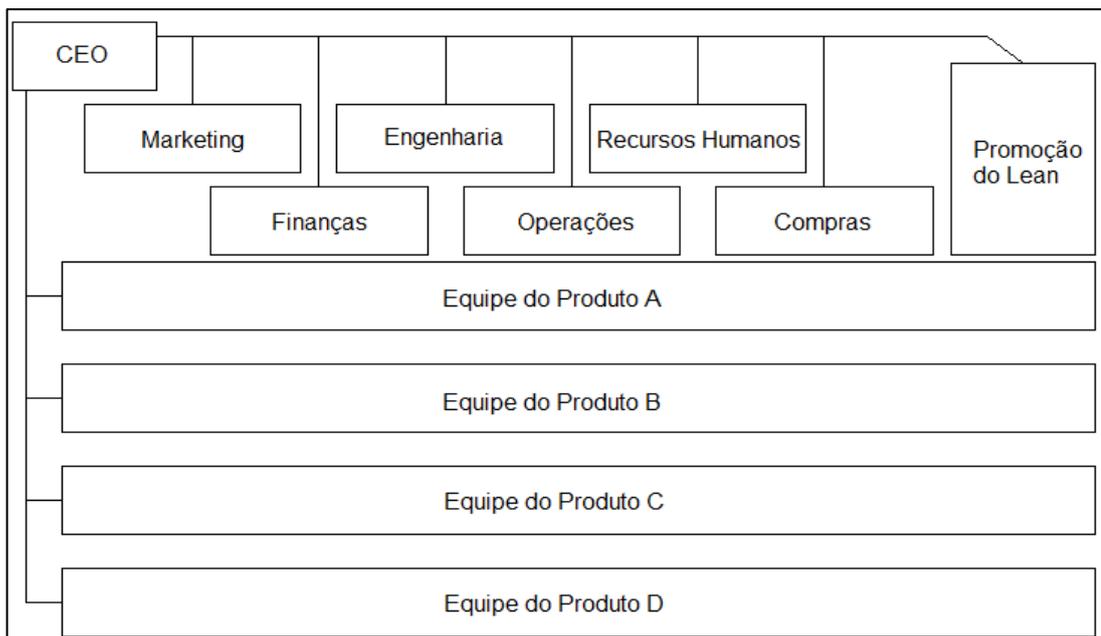
volume de melhorias de desempenho jamais seja considerado suficiente (WOMACK E JONES, 2004, p. 267).

Nesse contexto, eles reforçam a importância do gerente de fluxo: esses profissionais não só lideram o processo de mapeamento dos fluxos de valor, como também são responsáveis por eliminar os desperdícios, implementar o fluxo e a produção puxada.

Se as funções não tiverem o desempenho adequado, o gerente do fluxo de valor em geral vai diretamente para o CEO, o COO¹⁶ ou o diretor do escritório dos gerentes do fluxo de valor, para descrever o problema, chegar à sua causa básica e tentar resolvê-la (WOMACK E JONES, 2004, p. 337).

A fim de ilustrar como seria a reorganização da empresa por família de produtos, Womack e Jones (2004) apresentam a Figura 19.

Figura 19 - Organograma da organização enxuta



Fonte: adaptado de Womack e Jones (2004, p. 268).

A função enxuta, nessa nova organização, pode ser entendida como o “novo” departamento da qualidade. É aqui que estarão alocados os mapeadores de fluxo, bem como onde os gerentes operacionais e demais equipes eventuais de melhoria

¹⁶ Chief Operating Officer (Diretor de Operações, tradução nossa).

serão treinadas para o pensamento enxuto. Na sequência, Womack e Jones (2004) abordam outra questão bastante crítica que surge a partir da implantação da produção enxuta: como lidar com o excesso de mão de obra que decorre da nova produtividade decorrente das melhorias enxutas.

A atitude correta a tomar é enfrentar o fato de frente, estimando o número de pessoas necessárias para executar o trabalho da forma correta e passar imediatamente para esse nível. Em seguida, *é preciso garantir que ninguém perderá o emprego no futuro depois da implementação das técnicas enxutas. E é preciso manter essa promessa* (WOMACK E JONES, 2004, p. 269, grifo nosso).

Aqui nota-se outra diferença crucial do sistema de produção enxuto: *as garantias oferecidas aos funcionários e o senso de comunidade que resulta disso*. Nesse contexto, Womack et al. (2004) relatam os esforços feitos por Ohno nas fábricas da Toyota durante a implantação de técnicas enxutas, como a troca rápida de ferramentas; segundo os autores, Ohno sabia que, para que seu novo sistema funcionasse, a força de trabalho não precisaria apenas ser extremamente qualificada, como também altamente *motivada*.

Neste caso, o caminho encontrado pela Toyota foi conceder emprego vitalício a seus funcionários, bem como remuneração vinculada ao tempo de serviço e à rentabilidade da empresa. A fim de mostrar como essas iniciativas podem ser implantadas em outras empresas, Womack e Jones (2004) apresentam o exemplo da Wiremold, empresa que trabalha no ramo de produtos para gerenciamento de cabos elétricos.

Art Byrne [CEO] sabia que, se o fluxo de valor de cada produto fosse alterado continuamente, as pessoas seriam constantemente aproximadas do fluxo. A resistência à melhoria contínua seria crônica, a não ser que a empresa garantisse aos operários que eles não seriam colocados na rua, mesmo que um cargo específico fosse eliminado. Sabia também que as regras trabalhistas existentes no contrato da Wiremold com o sindicato – restringindo os prensistas à estamperia, os pintores à pintura [...] e assim por diante – impossibilitariam a introdução do fluxo e a melhoria contínua de todas as atividades. [...] Portanto, assim que a oferta inicial de aposentadoria [compulsória] foi aceita, Art procurou imediatamente o sindicato e ofereceu garantias de emprego para os operários restantes em troca de sua cooperação com o novo estilo de trabalho (WOMACK E JONES, 2004, p. 141).

Womack e Jones (2004) relatam que os sindicatos não são os únicos a desconfiarem de tais propostas; em realidade, os empresários configuram o grupo mais cético quanto a essas medidas.

Curiosamente, por razões que Art Byrne considera difícil compreender, os executivos de muitas empresas [...] foram os mais céticos em relação à sua oferta de garantia de emprego do que o sindicato. “As pessoas me dizem o tempo todo que sou louco porque estou oferecendo uma rígida garantia de emprego. Elas dizem: ‘E se alguma coisa der errado e as vendas da empresa caírem?’ Mas minha visão é de que a gerência dispõe de cinco linhas de defesa antes de mostrar às pessoas a porta da rua: (1) reduzir as horas extras, (2) alocar o pessoal excedente nas atividades de *kaizen*, (3) fabricar internamente alguns componentes produzidos por fornecedores marginais [...], (4) reduzir a semana de trabalho em todos níveis e, a mais poderosa das cinco, (5) desenvolver novas linhas de produtos para expandir a empresa [...]” (WOMACK E JONES, 2004, p. 140).

Nesse contexto, tão importante quando as garantias de estabilidade, é *saber remover da organização o grupo de gerentes e demais funcionários que não aceita as novas ideias*.

Um pequeno percentual dos gerentes aceita com rapidez as ideias do pensamento enxuto – os “adeptos iniciais”, no jargão de marketing – mas a grande maioria fica indecisa. O problema ocorre com o pequeno percentual que nunca adota as novas ideias, pois eles enviam uma imagem totalmente oposta à dos adeptos iniciais e têm prazer especial em enfatizar todos os erros cometidos ao longo do caminho de transição para o pensamento enxuto. O resultado paralisa a grande massa no meio e ameaça o sucesso (WOMACK E JONES, 2004, p. 271).

A fim de resumir as principais ações que devem ser tomadas em relação à equipe, Womack e Jones (2004) ressaltam.

Repetindo: ao iniciar o processo, a maioria dos gerentes e funcionários não entende o que você está fazendo, mas adota uma posição neutra ou positiva se você der garantias de emprego. *Aja rapidamente e elimine os gerentes que não aceitam experimentar novas ideias* (WOMACK E JONES, 2004, p. 272, grifo nosso).

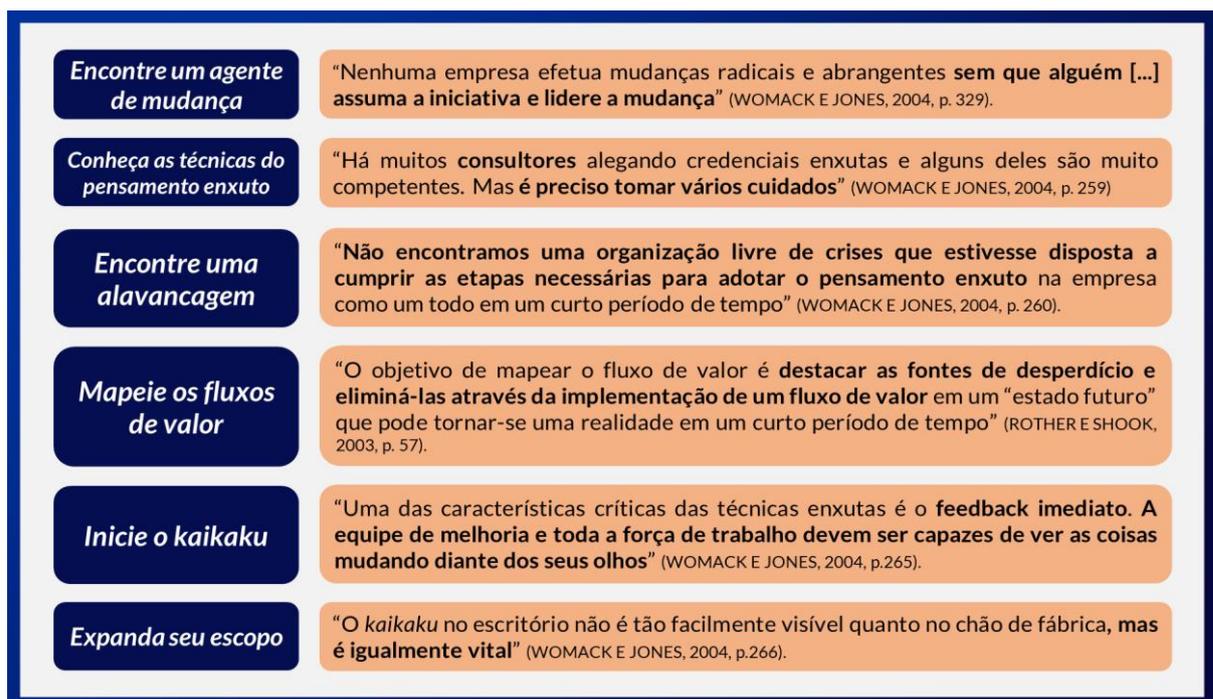
Para completar a segunda etapa de criação de nova organização, Womack e Jones (2004) defendem que deve ser criada nova estratégia de crescimento, e a mentalidade de perfeição deve ser instaurada. A estratégia, segundo os autores, será particular de cada empresa: algumas optam pelo desenvolvimento de novos produtos, enquanto outras melhorarão a qualidade dos produtos já comercializados; o principal nesta atividade é perceber que famílias de produtos podem ser eliminadas,

acrescentadas ou modificadas sem que se altere a estrutura fundamental da empresa. Além disso, eles ressaltam que a nova estratégia pode ser financiada com o capital liberado pela eliminação de estoques e espaço resultante dos exercícios de *kaikaku* e *kaizen*.

Já a mentalidade de perfeição é sintetizada da seguinte forma, segundo Womack e Jones (2004, p. 272, grifo dos autores): “*quando tiver ajustado algo, comece de novo*”. Os autores defendem que, assim que alguma melhoria for concluída em uma determinada atividade, deve ser dado novo prazo à equipe de trabalho para melhorá-la novamente. Womack e Jones (2004, p. 272) resumem da seguinte forma esse processo: “isso traz a ideia de que nenhum nível de desempenho é suficientemente bom, e que sempre haverá espaço para melhorar”.

Como por ser visto ao longo deste capítulo, o plano de Womack e Jones (2004) revela-se bastante robusto, além do fato de ter sido concebido para o setor industrial. Etapa. Logo, algumas adaptações se fazem necessárias. Na Figura 20, apresenta-se um resumo das técnicas e procedimentos expostos na primeira etapa do *salto enxuto*. Na sequência, apresentar-se-á o plano proposto por Oliveira (2018) para a construção civil.

Figura 20 - Resumo das técnicas e procedimentos da primeira etapa do *salto enxuto*



Fonte: adaptado de Womack e Jones (2004).

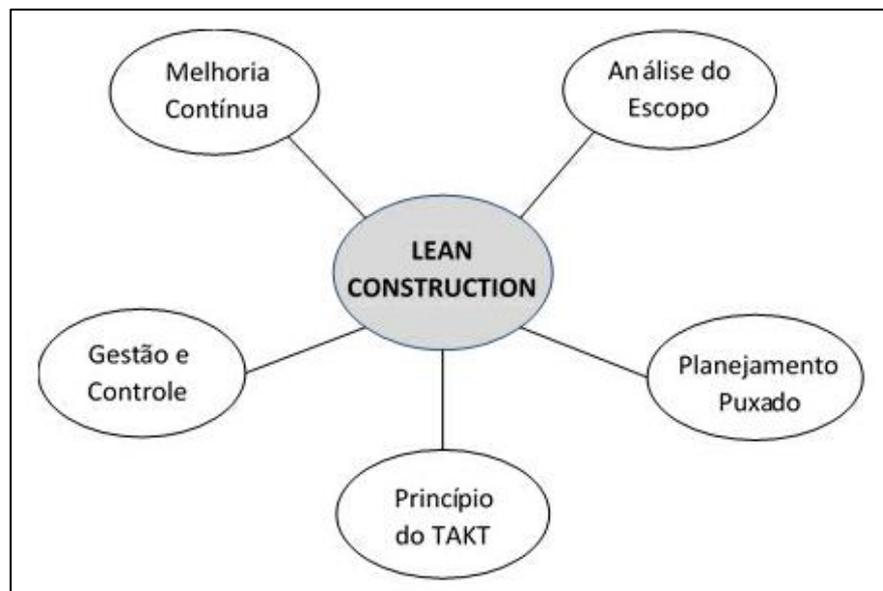
2.3.3 O princípio do *takt*: um plano de Oliveira (2018) para a construção enxuta

Ao longo do presente estudo, abordaram-se diversas técnicas e procedimentos propostos por Oliveira (2018) para a implantação do sistema de construção enxuta em uma obra. Agora, apresentar-se-á a metodologia completa e sistematizada proposta pelo autor.

Para implantar o *Lean Construction* como um sistema de produção, entendo ser necessário ter uma metodologia prática para implantar os conceitos desta nova filosofia, de forma que possa ser facilmente compreendida e adotada. O “Princípio do *takt*” tem um grande poder na busca da melhor eficiência, mas, para que os ganhos se tornem reais, é fundamental ter a visão “desdobrada” de todo o projeto no tempo, além de ferramentas adequadas e controle, de forma a garantir que o ritmo de execução determinado esteja sendo cumprido. (OLIVEIRA, 2018, p. 102).

Oliveira (2018) sugere então as *cinco abordagens*, as quais podem ser vistas na Figura 17.

Figura 21 - As cinco abordagens para implantação da construção enxuta



Fonte: (OLIVEIRA, 2018, p. 102).

As abordagens podem ser consideradas independente da fase em que esteja a obra, entretanto, elas são complementares, ou seja, para alcançar a melhor eficiência é necessário que todas sejam analisadas, ponderadas e executadas, e é importante salientar que, quanto antes estas abordagens forem consideradas para implantação da “construção enxuta”, os resultados de redução de prazos e redução de custos serão mais significativos, que por sua vez, é o mais recomendado (OLIVEIRA, 2018, p. 102).

A primeira abordagem a ser realizada é a *análise do escopo*. Nesta fase, o principal revela-se *entender* a obra como um todo. Para tanto, Oliveira (2018) sugere que alguns documentos da obra sejam analisados. A seguir a lista proposta.

- Análise da EAP (estrutura analítica do projeto);
- Análise de contratos (cliente e fornecedores);
- Mensuração dos quantitativos x Orçamento;
- Análise do Orçamento x curva “S”;
- Análise da previsão de M.O. e equipamentos (OLIVEIRA, 2018, p. 103).

Esses documentos são tradicionalmente utilizados por gestores de obra, e é nesta etapa que Oliveira (2018) propõe que seja realizado o mapeamento do fluxo de valor, a fim de organizar as informações de forma que se identifiquem problemas como diferenças entre os quantitativos e necessidades da obra, contratos que não atendem à demanda necessária, ou então frentes que ainda não possuam programação definida.

No exemplo do viaduto, Oliveira (2018) aponta que foram necessárias três semanas para confecção do mapa do fluxo de valor. Além disso, ele ressalta que, apesar de o mapeamento não ser obrigatório, o mesmo revela-se ferramenta altamente útil para identificação de problemas e desperdícios. Sugere-se ainda que o mesmo seja feito de forma simples, com folhas e papel autoadesivo, e com a colaboração do maior número possível de envolvidos no processo de programação.

Na sequência, Oliveira (2018, p. 109) propõe que seja realizado o *planejamento puxado*: “Se na abordagem anterior o objetivo foi entender a ‘encomenda’ do cliente, nesta abordagem o objetivo é inserir a variável ‘tempo’ no projeto e construir o plano mestre de produção”. Para isso, Oliveira (2018) apresenta a metodologia *last planner*, bem como propõe a elaboração do mapa de entregáveis, ambos já abordados no capítulo de gerenciamento da informação.

As duas abordagens iniciais têm uma importância enorme no entendimento do projeto como um todo e, também, no alinhamento das informações e dos compromissos de cada departamento em atender os prazos determinados, e além disso, tornar transparente as possíveis restrições e tratá-las para não interferir no que “será feito” (OLIVEIRA, 2018, p. 115)

Apenas após essas duas abordagens Oliveira (2018) introduz o princípio do *takt*, o qual deve seguir os oito passos apresentados no capítulo de gerenciamento para sua implementação.

[...] as abordagens da “Análise do Escopo” e “Planejamento Puxado”, além de identificar desvios, criaram consenso à equipe e forneceram as informações necessárias para a abordagem do “Princípio do *takt*” e, desta forma, os mestres não mais sentiam a responsabilidade em pensar “como” executar a obra sozinhos, proporcionando um ganho muito significativo em todo o processo. Porém, somente um bom planejamento e consenso da equipe não nos fornece a garantia do resultado esperado (OLIVEIRA, 2018, p. 138).

Para que a obra possa de fato ser enxuta, Oliveira (2018) ressalta a importância da *gestão e do controle*, bem como da *melhoria contínua*.

[...] as duas abordagens a seguir tem a função de complementar as anteriores, elas têm como premissa garantir o funcionamento do planejamento ritmado que fora concebido, tornar mais simples a rotina do colaborador que está na frente de trabalho, facilitar a tomada de decisões por parte dos engenheiros, gestores e mestre e, com isso, garantir que os requisitos tanto dos clientes internos como externos, sejam atendidos (OLIVEIRA, 2018, p. 138).

Na etapa de implementação das ferramentas de gestão e controle, Oliveira (2018) apresenta os quatro procedimentos a serem adotados, os quais já foram expostos no capítulo de fabricação (2018), a saber: a *sala de Indicadores*, as *rotinas de reuniões*, o *quadro de controle do takt*, e a *metodologia A3* para resolução de problemas. Reforça-se novamente a importância da participação das equipes produtivas nas reuniões diárias, bem como na atualização do quadro de controle, e na identificação de problemas. Essa participação dos colaboradores proporciona o engajamento e motivação necessários à equipe para a adequada implantação dos princípios enxutos no canteiro de obras.

Já na etapa de implementação da melhoria contínua – ou *kaizen* na terminologia japonesa adotada pela Toyota – Oliveira (2018) propõe a inserção de sete ferramentas, a saber: o *kanban*, o sistema de abastecimento com o “besouro d’água”, os *andons*, os dispositivos *pokayoke*, as técnicas de Manutenção Preventiva Total (TPM), os 5s, e a confecção das instruções de trabalho padrão. Oliveira (2018) encerra com a apresentação das ferramentas com alguns dos principais e mais comuns desafios enfrentados por gestores durante a adoção dessas ferramentas.

A abordagem da melhoria contínua, assim como as anteriores, deve ser encarada como um grande desafio, pois normalmente os funcionários criam dificuldade em seguir padrões e costumam fazer as coisas como sempre fizeram. Não é incomum nos deparar com funcionários na obra executando uma determinada etapa do processo diferente do que fora padronizado e, quando questionados, a resposta é, “sempre foi feito assim”. Para mudar este

cenário, a persistência e a disciplina da equipe de gestores é a base para a vitória, um bom planejamento é essencial, e se for seguido de uma boa gestão e uma cultura de melhoria, terá grandes chances de não mais ser uma previsão, e sim uma realidade para garantir o resultado de redução de prazos e custos da obra (OLIVEIRA, 2018, p. 150).

Nesse contexto, ressalta-se outro desafio adicional enfrentado pelos gestores de obras. Segundo Oliveira (2018), uma das maiores diferenças entre a indústria e a construção civil reside na agilidade requerida por este último setor durante o processo de implementação de princípios e procedimentos enxutos.

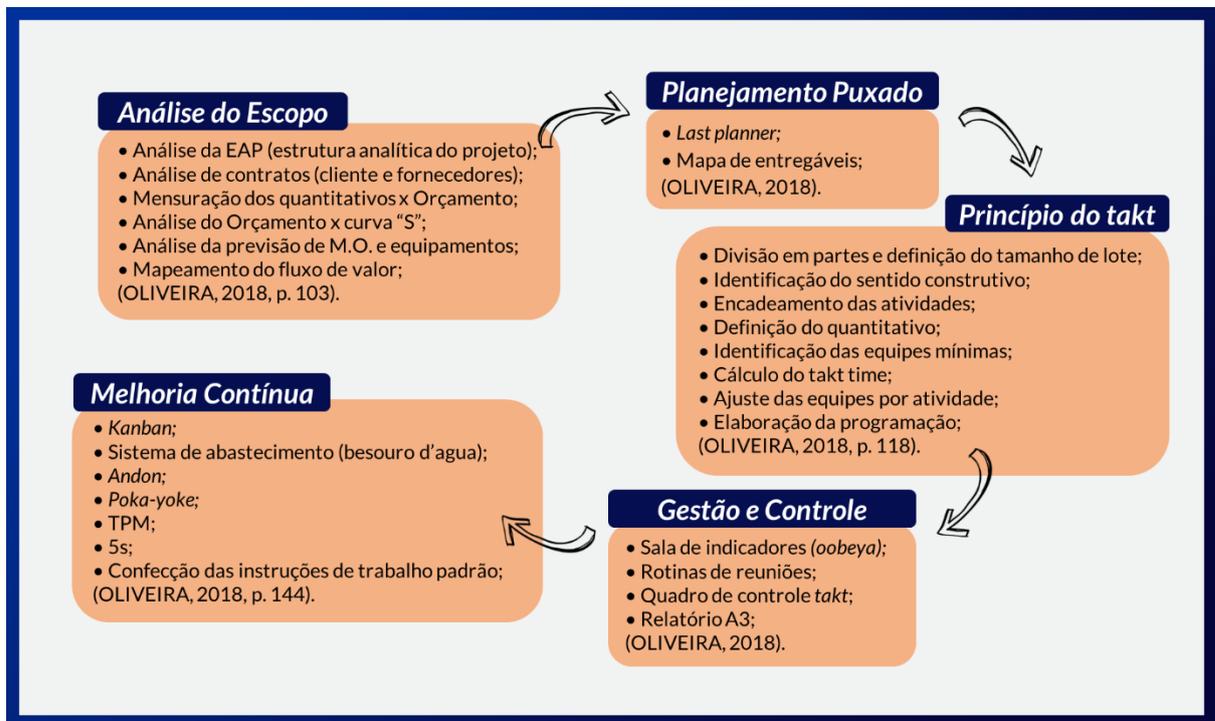
[...] na construção civil a velocidade é diferente, pois, se a implementação de uma ação deve ser analisada a cada caso por ser um projeto único, então o tempo de implantação deve ser menor, senão corremos o risco da obra ser finalizada e não vermos o resultado das melhorias (OLIVEIRA, 2018, p. 81).

Apesar dessa diferença refletir-se nos planos de implementação de ambos setores, ainda é possível encontrar muitos pontos similares entre eles, em especial na primeira etapa proposta por Womack e Jones (2004): conforme já afirmaram esses últimos autores, nenhuma empresa busca mudar seu sistema produtivo, a menos que se encontre em meio a uma crise. O mesmo pode ser visto na construção civil: dificilmente gestores de obra buscarão outra forma de organizar sua produção, a menos que os prazos de entrega ou os custos do projeto estejam próximos dos limites definidos.

Além disso, a figura do agente de mudança, bem como a busca pelo conhecimento enxuto revelam-se objetivos compartilhados por ambos setores; nesse sentido, o mapeamento do fluxo de valor também se revela presente em ambos os planos, o que demonstra a importância dessa ferramenta para que gestores possam enxergar o processo produtivo como um todo, bem como consigam observar pontos de desperdício.

Por fim, o conceito de *kaikaku*: assim como na indústria as melhorias radicais são essenciais para provar às equipes a efetividade do pensamento enxuto logo no início da implementação, na construção civil a reorganização imediata da forma de executar o planejamento e programar a produção também é fundamental tanto para que a obra seja entregue no tempo previsto, como para que os colaboradores percebam também a efetividade das técnicas enxutas. Na Figura 22, apresenta-se um resumo das técnicas e procedimentos do princípio *takt*.

Figura 22 - Resumo das técnicas e procedimentos do princípio *takt*



Fonte: adaptado de Oliveira (2018).

3 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Inúmeros são os artigos, teses e livros encontrados na internet sobre produção e construção enxuta, desde estudos de caráter teórico até análises de casos práticos. No entanto, as dúvidas e dificuldades encontradas pelo setor da construção civil para implantar esse sistema de produção ainda são muitas. No presente estudo, optou-se pela escolha de alguns dos principais autores sobre o tema para que se pudesse investigar com profundidade seus escritos, de forma a mostrar como processos gerenciais podem ser estruturados, quais ferramentas podem ser utilizadas e como conduzir a implantação do sistema de produção enxuta em empresas de construção civil.

Nesse contexto, faz-se necessário compreender que cada um dos autores citados no presente trabalho deixou seu legado particular sobre o assunto; a leitura deles revela-se *essencial* para aqueles que desejam de fato compreender e dedicar-se ao estudo e aplicação deste sistema de produção. Taiichi Ohno (1997) construiu a base do sistema, e apresenta os pilares sobre os quais se estrutura o modo de produção Toyota – o *just-in-time* e a automação – bem como o sistema que o opera – o *kanban*. A simplicidade com que ele apresenta esses e outros conceitos revela-se estupefacente: em suas palavras, tudo o que a Toyota faz é *remover desperdícios* na linha do tempo que separa o momento em que o cliente faz o pedido até o ponto em que o pagamento é feito à empresa.

Womack, Jones e Ross (2004), por outro lado, foram alguns dos grandes responsáveis por colher informações e estruturar esse sistema; nesse sentido, oferecem visão mais ampla da implantação da produção enxuta: versam sobre todas atividades críticas envolvidas para levar um produto e/ou serviço até o consumidor, e mostram como projeto, gerenciamento e fabricação *precisam* ser colocados em fluxo. O objetivo destes autores revela-se grandioso: eles não desejam que processos individuais sejam colocados em fluxo, ou sequer que as empresas se tornem enxutas isoladamente, mas que se forme uma verdadeira *rede enxuta*.

Koskela (1992), por sua vez, foi um dos pioneiros da construção civil: seu trabalho revela-se o marco do pensamento enxuto neste setor. Reconceptualizou o sistema e expôs as diferenças entre a construção e a indústria, mas sempre de forma a mostrar como essas poderiam – e *deveriam* – ser superadas. Ballard e Howell (1994) prosseguiram seus estudos na mesma linha e criaram a uma das ferramentas enxutas

mais amplamente estudadas por acadêmicos da construção civil: o *last planner*. Autores brasileiros como Isatto entre outros (2000) buscam trazer para a realidade brasileira esses estudos, e ampliam o escopo das ferramentas que podem ser empregadas no processo de implantação enxuta. Como denominador comum entre esses autores, pode-se citar a *sólida pesquisa acadêmica*.

Já Rother e Shook (2003), além da experiência acadêmica, contam respectivamente com a *experiência de trabalho* em fornecedores da Toyota e na própria Toyota; seus escritos são verdadeiros manuais de implantação de procedimentos enxutos e não podem passar despercebidos por gestores. Mais do que mostrar o passo a passo de como enxergar o mapeamento de fluxo, eles conseguem tornar *simples* a aplicação desses procedimentos. Nessa mesma linha de trabalho encontra-se, por fim, Oliveira (2018), com ampla experiência na implantação de procedimentos e ferramentas enxutas em indústrias e canteiros de obra. Sua metodologia merece destaque pela eficácia e eficiência com a qual implanta o sistema de construção enxuta em obras ao redor do Brasil.

Percebe-se, então, o quão rico e vasto revela-se o ambiente de estudos da produção e construção enxuta, bem como as inúmeras possibilidades de melhoria que se apresentam aos gestores. Os princípios, nesse contexto, revelam-se a base para compreensão dos sistemas de produção e construção enxuta: enquanto os definidos por Womack e Jones (2004) têm caráter mais abrangente, e podem ser aplicados a diferentes tipos de empresas e indústrias, os definidos por Koskela (1992) adaptam-se de forma mais específica ao setor da construção.

Apesar dessas diferenças, dentre os diversos conceitos e pressupostos apresentados, um deles parece se destacar entre os diversos autores: *focar na transformação enxuta isolada de algum processo, procedimento e/ou ferramenta não tornará enxuta produção como um todo*. Tornar processos enxutos de forma isolada, sem que o fluxo de valor como um todo tenha sido identificado, bem como remover restrições e replanejar atividades sem que a causa raiz do problema tenha sido encontrada, revela-se um trabalho hercúleo para qualquer gestor.

A tarefa de concepção da solução, nesse contexto, é uma das primeiras que precisa ser repensada na construção civil à luz dos princípios enxutos. Conforme Koskela (1992) afirmou, o projeto costuma ser a fonte dos problemas da qualidade, e a abordagem sequencial com a qual sua elaboração costuma ser conduzida é a responsável por diversos problemas tais como soluções sub-ótimas, baixa

construtibilidade e operabilidade, grande número de retrabalhos nos projetos e na construção, bem como à falta de inovação e melhorias.

A fim de contornar esses problemas da fase de projeto, o presente estudo propôs algumas soluções: a adoção de métodos como a engenharia simultânea e ferramentas como o Desdobramento da Função Qualidade, bem como a estruturação de equipes multidisciplinares com forte liderança e participação dos fornecedores. Além disso, mostrou-se como procedimentos de trabalho padrão e a redução dos ciclos de aprovação dos projetos em prefeitura podem agilizar a tarefa crítica de concepção da solução.

Na sequência, abordam-se os problemas encontrados na tarefa crítica de gerenciamento da informação: dado o caráter único de cada projeto da construção civil, esta fase torna-se mais robusta do que no setor industrial: além da negociação, cotações e emissão de pedidos tradicionalmente realizadas na indústria, a fase de gerenciamento na construção civil também desdobra projetos em planos de obra.

Aqui, reaparecem os problemas da abordagem sequencial apontados por Koskela (1992): cronogramas e orçamentos distantes da realidade são elaborados por profissionais com falta de conhecimento prático da execução de obras, o que leva não só a problemas no canteiro, como atrasos na entrega da obra e gastos fora do esperado, como também prejudica as vendas e fechamento de contrato com os consumidores.

Como solução para isso, apresentou-se no presente estudo a metodologia de planejamento puxado intitulada *last planner*, bem como o princípio do *takt* para definir o ritmo com o qual a obra deve ser executada. Para auxiliar na implementação dessa nova forma de planejamento, propôs-se também a adoção de ferramentas como os mapas do fluxo de valor e de entregáveis, bem como se reafirmou a importância dos procedimentos de trabalho padrão no contexto do gerenciamento.

Dessa forma, torna-se possível estruturar processos gerenciais capazes de transformar projetos em cronogramas executáveis e orçamentos realistas, bem como de agilizar negociações e fechamento de contratos para que se obtenha processos de emissão de pedidos realmente enxutos.

Já ferramentas como o BIM são fundamentais tanto para as fases de projeto quanto a fase de gerenciamento: *softwares* como o *Revit* podem compatibilizar projetos de diferentes matérias, bem como são capazes de elaborar quantitativos e auxiliar na tarefa de orçamentação e elaboração de cronogramas.

No entanto, ressalta-se novamente a importância do caráter multidisciplinar da equipe de projeto, bem como da participação dos fornecedores: quanto mais diversos os profissionais e mais iterativa for essa fase, mais restrições e incompatibilidades entre as diferentes disciplinas podem ser encontradas e resolvidas antes que o projeto seja encaminhado para execução. Ferramentas de compatibilização de projetos perdem seu potencial quando não compartilhadas por diferentes profissionais: corre-se o risco de integrar um projeto deficitário e não colher as visões dos níveis hierárquicos mais baixos da empresa, por exemplo.

Já na etapa crítica de fabricação, apresentaram-se alguns dos mais importantes conceitos e ferramentas da produção enxuta: o *just-in-time*, o nivelamento da produção, o fluxo de uma só peça, bem como as células de trabalho; além disso, ressaltou-se o objetivo para o qual essas práticas foram instituídas: o *aumento expressivo da produtividade por meio da redução drástica dos desperdícios*. Para tanto, diversas ferramentas de gestão e controle, bem como de melhoria contínua foram apresentadas: o *kanban*, os 5s, os *andons*, dispositivos *pokayoke*, os relatórios A3, os procedimentos de trabalho padrão, entre outros.

Por fim, identificaram-se alguns dos principais desafios a serem enfrentados pelas empresas brasileiras no caminho da adoção do pensamento enxuto; nesse sentido, a baixa escolaridade da mão de obra brasileira, as políticas de recursos humanos que falham ao integrar o trabalhador ao processo produtivo, bem como as barreiras regulatórias e tributárias impostas pelo Estado brasileiro são apenas alguns dos obstáculos à construção enxuta atualmente.

Como caminho comum para o que desejam transpor esses obstáculos, pode-se citar: o conhecimento real dos princípios e práticas enxutas, independente de este ser advindo de alguém interno ou externo à empresa; a importância do mapeamento dos fluxos de valor, bem como dos profissionais capazes de realizar essa tarefa; e ainda a rapidez com que as mudanças precisam ser realizadas inicialmente, para que todos possam perceber a eficácia do novo sistema produtivo.

Por fim, ressalta-se ponto de unanimidade entre os todos autores citado no presente estudo: *a conversão para um sistema de produção de fato enxuto não ocorre rapidamente, e muitas empresas não têm a determinação necessária para enfrentar os desafios que se apresentam nesse caminho*. No entanto, esses mesmos autores também chegam a outro consenso: *os ganhos obtidos pela adoção dos princípios enxutos compensam os sacrifícios que precisam ser realizados*.

REFERÊNCIAS

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: stabilizing work flow. In: 2nd ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 1994, Santiago, Chile. **Anais...** Santiago, Chile: Catolica Universidad de Chile, 1994. Disponível em: <shorturl.at/arLO9>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BONFIM, C. A. A; LISBOA, B. T. W; MATOS, P. C. C. Gestão de obras com BIM: uma nova era para o setor da construção civil. In: XX CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 2016, Buenos Aires, Argentina. **Anais...** Buenos Aires, Argentina: SiGraDi, 2016. Disponível em: <shorturl.at/clmy1>. Acesso em: 13 jul. 2020.

BRASIL. Resolução n. 1.048 de 14 de agosto de 2013. Consolida as áreas de atuação, as atribuições e as atividades profissionais relacionadas nas leis, nos decretos-lei e nos decretos que regulamentam as profissões de nível superior abrangidas pelo Sistema Confea/Crea. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 ago. 2013. Seção 1, p. 149-150.

BREMER, C. F. **Proposta de uma metodologia para o planejamento e implantação da manufatura integrada por computador**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1995.

CHAVES, F. J.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T.; SOMMER, L. Implementação de BIM: comparação entre as diretrizes existentes na literatura e um caso real. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE AMBIENTE CONSTRUÍDO; 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ENTAC, 2014. Disponível em: <shorturl.at/guy59>. Acesso em: 13 jul. 2020.

CLAUSING, D. **Total Quality Development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. 1. ed. New York: ASME Press, 1994. 506 p.

CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G. M.; RENTERÍA, J. M.; GUIMARÃES, C. A.; GERS-Rio. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista CBC: revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões** v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007. Disponível em: <shorturl.at/bELTV >. Acesso em: 13 jul. 2020.

FERRO, J. R. A produção enxuta no Brasil. In: **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Apêndice E, p. 297-322.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE; C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. 177 p.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Center for Integrated Facility Engineering Technical Report nº 72**. Stanford University, 1992. 75 p.

LING, A. **Guia de gestão urbana**. 1. ed. São Paulo: BEI, 2017. 115 p.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

OLIVEIRA, E. H. **Lean construction**: o princípio do Takt. Mogi das Cruzes: 2018. 161 p.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Ambiente construído**: revista online da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003. Disponível em: <shorturl.at/sEN19>. Acesso em: 19 jun. 2020.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**: revista eletrônica da Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 20(2), v-vi. 2007. Disponível em: <shorturl.at/gkCE0>. Acesso em: 11 maio 2020.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 99 p.

THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Lean lexicon**: a graphical glossary for lean thinkers. 4. ed. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, Inc., 2014. 125 p.

WOMACK, J. P. The Power of Purpose, Process, and People: a webinar with Jim Womack. **[Entrevista disponibilizada em 1º de maio de 2008, a Internet]**. Disponível em: <shorturl.at/lyHJS>. Entrevista concedida ao Lean Enterprise Institute. Acesso em: 20 abr. 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 408 p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 343 p.