

LAST PLANNER SYSTEM E JUST-IN-TIME NA CONSTRUÇÃO

LUÍS FILIPE SANTOS GRENHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Fachanha Moreira da Costa

JULHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

*Há um punhado de homens que conseguem enriquecer simplesmente porque prestam
atenção aos pormenores que a maioria despreza.*

Henry Ford

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria de Fátima e António Grenho, por tudo o que representam na minha vida, pelo apoio, confiança e incentivo incondicional transmitidos ao longo do meu percurso académico e por estarem sempre dispostos a ajudar-me na realização de todos os meus sonhos.

À Lara, pelo amor, compreensão e verdadeira amizade em todos os momentos e circunstâncias.

À minha irmã Liliana e ao meu primo Miguel por todo o auxílio e apoio.

Aos meus amigos, em especial, ao Eng. Luís Gonzaga por todos os bons momentos que passamos, pela força e incentivo constantes.

Gostaria de manifestar o meu profundo agradecimento ao meu orientador Professor Jorge Moreira da Costa, pela sua compreensão, incentivo e disponibilidade constante ao longo desta dissertação.

A todos que de alguma forma contribuíram para este momento.

RESUMO

Actualmente, e devido à manifesta concorrência que provém de todos os quadrantes, é usual ouvir dizer-se que as empresas de construção têm que produzir mais com menos recursos. Ou seja, estas empresas encontram-se perante o objectivo de reduzir os desperdícios, daí que procurem introduzir modificações nas suas estratégias de gestão, incluindo obviamente mudanças nas áreas de produção, no seguimento do que ocorreu nas indústrias japonesas desde o final da Segunda Grande Guerra. Os projectos de construção estão a ficar cada vez mais dinâmicos, através da maior complexidade e produção mais rápida. A revolução da doutrina *lean*, que nasceu no *Toyota Production System*, espalhou-se por diversas indústrias além das de manufactura através da *Lean Production*. Os seus excelentes resultados também se tornaram atractivos para os pensadores e investigadores da construção. A *Lean Construction* está a emergir como o novo paradigma de gestão de projectos de construção. Um número crescente de empresas está a implementar as práticas da *Lean Construction* de forma a melhorar o desempenho dos projectos de construção. As ferramentas mais populares e com maiores sucessos são o *Last Planner System* e o *Just-in-Time*.

Esta dissertação de mestrado visa a apresentação e explicação dos princípios, conceitos, fundamentos e ferramentas da *Lean Construction* com o intuito de dar a conhecer à indústria da construção esta nova filosofia.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Construction, Last Planner System, Just-in-Time, controlo da produção, planeamento.

ABSTRACT

Currently, and due to the obvious competition that arises from all the quadrants, it is usual to listen that the construction companies have to produce more with fewer resources. In other words, these companies are facing the goal of reducing the waste, that's why they are trying to introduce modifications in their management strategies, including obvious changes in the production areas, following the Japanese example in the Second Great War. Construction projects are more and more dynamic, due to biggest complexity and the necessity of a swift production. The lean doctrine revolution, which was born in the *Toyota Production System*, spread out by several industries, besides the manufacture ones, through the *Lean Production*. These excellent results also became attractive to the thinkers and construction investigators. The *Lean Construction* is surfacing like a new paradigm of construction management projects. A growing number of companies are implementing the guidelines of the *Lean Construction* in way to improve the performance of construction projects. The most popular and successful tools are *Last Planner System* and *Just-in-Time*. The aim of this master's degree dissertation is the presentation and explanation of the guideline, concept, base and tools of the *Lean Construction* with the purpose of giving construction industry knowledge about this new philosophy.

KEYWORDS: *Lean Construction, Last Planner System, Just-in-Time*, production control, planning.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. METODOLOGIA E INVESTIGAÇÃO	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO	2
2. SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA	3
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	3
2.2. ORIGENS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA	3
2.3. OS PILARES DE SUSTENTAÇÃO DO TPS: JUST-IN-TIME E AUTOMAÇÃO	5
2.3.1. JUST-IN-TIME (JIT)	6
2.3.2. AUTOMAÇÃO	6
2.4. CONCLUSÃO	7
3. LEAN PRODUCTION	9
3.1. INTRODUÇÃO	9
3.2. LEAN THINKING	10
3.3. PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION	12
3.3.1. VALOR	12
3.3.2. CORRENTE DE VALOR	12
3.3.3. FLUXO DE VALOR	13
3.3.4. PRODUÇÃO PUXADA	14
3.3.5. PERFEIÇÃO	14
3.4. DESPÉRDICIOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS	16
4. LEAN CONSTRUCTION	21
4.1. INTRODUÇÃO	21

4.2. NATUREZA PARTICULAR DA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
4.3. TIPO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	27
4.4. CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS COM A <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	29
4.5. PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	31
4.5.1. REDUÇÃO DA PARCELA DE ACTIVIDADES QUE NÃO AGREGA VALOR	33
4.5.2. AUMENTAR O VALOR DO PRODUTO ATRAVÉS DE UMA CONSIDERAÇÃO SISTEMÁTICA DOS REQUISITOS DO CLIENTE.....	34
4.5.3. REDUÇÃO DA VARIABILIDADE.....	35
4.5.4. REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO	35
4.5.5. SIMPLIFICAÇÃO PELA MINIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE PASSOS OU PARTES	37
4.5.6. AUMENTO DA FLEXIBILIDADE NA EXECUÇÃO DO PRODUTO	37
4.5.7. AUMENTO DE TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO	38
4.5.8. FOCAR O CONTROLO NO PROCESSO GLOBAL	38
4.5.9. INTRODUIZIR A MELHORIA CONTÍNUA NO PROCESSO	39
4.5.10. BALANCEAMENTO DA MELHORIA DOS FLUXOS COM A MELHORIA DAS CONVERSÕES	39
4.5.11. BENCHMARKING	40
4.6. TEORIA <i>LEAN</i> DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO	40
4.6.1. TRANSFORMAÇÃO, FLUXO E VALOR	41
4.6.2. SUBFLUXOS DE CONSTRANGIMENTO DAS ACTIVIDADES.....	42
4.6.3. CONSTRUÇÃO ENQUANTO SISTEMA COMPLEXO	43
4.6.4. NOVA TEORIA DE GESTÃO DE PROJECTO.....	43
4.6.5. POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO FUTURO	44
4.7. <i>LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM CONSTRUCTION</i>	45
4.8. CONSTRUÇÃO TRADICIONAL VERSUS CONSTRUÇÃO <i>LEAN</i>	46
4.8.1. MUDANÇAS CONCEITUAIS RUMO À CONSTRUÇÃO <i>LEAN</i>	48
4.9. PLANEAMENTO E CONTROLO	50
4.10. PLANEAMENTO E CONTROLO DA PRODUÇÃO COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	51
4.10.1. PLANEAMENTO DE LONGO PRAZO.....	52
4.10.2. PLANEAMENTO DE MÉDIO PRAZO.....	53
4.10.3. PLANEAMENTO DE CURTO PRAZO	53
4.11. CONCEITO DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	54
4.12. OS 7 DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO	55
4.13. FERRAMENTAS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	56

4.13.1. MFV – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	57
4.13.2. TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	58
4.13.3. <i>KANBAN</i>	58
4.13.4. <i>JIDOKA</i> – QUALIDADE NA ORIGEM.....	60
4.13.5. <i>POKA-YOKE</i> – QUALIDADE NA FONTE.....	61
4.13.6. <i>KAISEN</i> – MELHORIA CONTÍNUA.....	62
4.13.7. <i>TAKT-TIME</i>	62
4.13.8. <i>HEIJUNKA</i> – NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO	63
4.13.9. 5S – CINCO S.....	63
4.13.10. <i>ANDON</i> – GESTÃO VISUAL.....	64
4.13.11. TRABALHO PADRONIZADO	65
4.13.12. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	65
4.13.13. CINCO VEZES PORQUÊ	65
4.13.14. 5W2H.....	66
4.13.15. SISTEMA <i>NAGARA</i>	66
4.13.16. CÉLULAS DE PRODUÇÃO.....	66
4.13.17. ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	67
4.14. LEAN APLICADA AO PROCESSO ORGANIZACIONAL E DE GESTÃO.....	68
4.14.1. ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO DE OBRAS.....	68
4.14.2. <i>LEAN</i> NOS FORNECEDORES	69
4.14.3. <i>LEAN</i> NOS ORÇAMENTOS	70
4.14.4. <i>LEAN</i> NA GESTÃO DE PROJECTOS	71
4.14.5. <i>LEAN</i> NAS EQUIPAS EM OBRA, NAS EQUIPAS EM PROJECTO E NOS RESPONSÁVEIS DA EMPRESA.....	71
5. LAST PLANNER SYSTEM.....	73
5.1. INTRODUÇÃO	73
5.2. ESTRUTURA HIERÁRQUICA	73
5.3. PROCESSO DE PLANEAMENTO DAS TAREFAS.....	74
5.4. OBSTÁCULOS E OPORTUNIDADES PARA A MUDANÇA.....	75
5.5. NÍVEIS DE PLANEAMENTO	76
5.6. ARRANQUE DE ACTIVIDADES COM QUALIDADE	77
5.7. CONTROLO	80
5.8. FIABILIDADE DE PLANEAMENTO, CONVERSAÇÃO E COMPROMISSO	81

5.9. GESTÃO DE PROJECTO COM INTEGRAÇÃO DO LAST PLANNER	83
6. JUST-IN-TIME	85
6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	85
6.2. INTRODUÇÃO	86
6.3. OBJECTIVOS DO JIT	87
6.4. CARACTERÍSTICAS DO JIT	88
6.5. AS 12 REGRAS DO JUST-IN-TIME.....	88
6.6. OS ACTUAIS SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E ABORDAGEM JIT	89
6.7. RECONHECER O DESPERDÍCIO	90
6.8. REQUISITOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO JIT	90
6.9. EXIGÊNCIAS PARA APLICAÇÃO DO JIT	92
6.10. VANTAGENS DO JIT	93
6.11. LIMITAÇÕES DO JIT	94
6.12. POLÍTICA DO JIT	94
6.13. NÍVEL DE CONSCIENCIALIZAÇÃO	95
7. CONCLUSÃO	97
BIBLIOGRAFIA.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estrutura do Sistema Toyota de Produção	5
Figura 3.1 – Linha de tempo da produção	11
Figura 4.1 – Relações entre as particularidades do projecto/produção.....	25
Figura 4.2 – Modelo tradicional de processo	28
Figura 4.3 – Modelo de processo da <i>Lean Construction</i>	30
Figura 4.4 – Gestão tripartida da construção	42
Figura 4.5 – A "locomotiva" da <i>Lean Construction</i>	44
Figura 4.6 – <i>Lean Project Delivery System</i>	45
Figura 5.1 – Processo de Planeamento <i>Last Planner</i>	74
Figura 5.2 – Modelo de Definição de Actividade.....	78
Figura 5.3 – Processo Tradicional de Planeamento	79
Figura 5.4 – Processo <i>Last Planner</i>	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Sugestões de aplicação dos princípios <i>lean</i>	32
Tabela 4.2 – A teoria da produção TFV	41
Tabela 4.3 – Comparação <i>Lean Construction</i> com a Gestão Convencional da Construção	48
Tabela 5.1 – Métodos e técnicas actuais de Gestão de Projecto.....	83

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CPM – Método do Caminho Crítico

ES – Engenharia Simultânea

IGLC - International Group for Lean Construction

IMVP – International Motor Vehicle Program

INE – Instituto Nacional de Estatística

JIT – Just-in-Time

LC – Lean Construction

LCI – Lean Construction Institute

LOB – Linha de Balanço

LPDS – Lean Project Delivery System

LPS – Last Planner System

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MMFV – Macro Mapeamento do Fluxo de Valor

PCP – Planeamento e Controlo da Produção

PPC – Percentage Plan Complete (Percentagem de Plano Concluído)

TFV – Transformation, Flow and Value (Transformação, Fluxo e Valor)

TPM – Total Productivity Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TPS – Toyota Production System

TQM – Total Quality Management

WWP – Weekly Work

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um facto indiscutível é o de que a construção tem um papel muito importante na economia mundial. Por outro lado, esta indústria é uma das actividades mais sensíveis às variações do mercado interno e da procura do consumidor. Apesar da sua importância, esta não tem efectuado desenvolvimentos tecnológicos de relevo, sobretudo no que concerne à produção.

As disputas num ambiente cada vez mais globalizado, são uma inegável imposição dos novos tempos. A crescente competitividade onde a mudança se tornou uma premissa é a sequele mais visível destes dias. Com a redução das margens de lucro, o aumento da competitividade do sector e a, cada vez maior, atenção por parte do consumidor em relação ao valor do produto final, tornou necessário inovar o sistema de produção. Esta inovação deve acontecer com a integração de três vertentes: a gestão de custos, a gestão de prazos e a gestão da qualidade. Gerir empresas para a constante mudança, adaptando-as a novas situações tornou-se uma necessidade para se ser competitivo. Em contrapartida, estes novos tempos, tornaram o conhecimento mais acessível e menos dogmatizado.

Durante muitos anos a indústria da construção tem desenvolvido as suas actividades com base no modelo de gestão da produção, com ênfase nas actividades de conversão, as quais representam actividades de processamento ou modificação da forma ou substância de um material. Esse modelo negligencia as demais actividades envolvidas na realização de um serviço, tais como inspecção, transporte e espera. Esforços estão a ser empregues no sentido da modernização do sector e com a introdução de um modelo de produção que considere as actividades de conversão e fluxo, denominada filosofia de *Lean Construction*.

O conceito de *Lean Construction* foi formulado no início da década de 90, baseado no Sistema de Produção Toyota e afirmou-se como o novo paradigma de produtividade na manufactura, permitindo aplicações em vários sectores industriais. O sector da construção civil tem demonstrado grande interesse neste conceito, tendo diversas empresas e investigadores discutido esta nova abordagem. Trata-se de um conceito relativamente novo para o sector da construção civil seja ele na área dos edifícios ou infra-estruturas. Ainda hoje apenas uma pequena parcela do seu potencial de aplicação está explorado.

O objectivo da presente dissertação de mestrado é dar a conhecer as metodologias e ferramentas para a implementação dos princípios de *Lean Construction* na gestão de obras de construção civil, de forma a melhorar fluxos de produção e reduzir desperdícios.

1.2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A revisão bibliográfica foi efectuada sobretudo no tema *Lean Construction* e nas suas ferramentas de aplicação de controlo de produção com especial destaque para o *Just-in-Time* e o *Last Planner System*.

A informação foi recolhida de um conjunto vasto de artigos, publicações e relatórios sobre *Lean Construction*, em especial os publicados nas conferências anuais do *International Group for Lean Construction* (IGLC) e os produzidos pelo *Lean Construction Institute* (LCI).

Inicialmente efectuou-se uma análise do desenvolvimento histórico de introdução ao tema. Tal investigação permitiu criar uma base sólida de contextualização e definição do problema para o autor seguindo-se a análise de metodologias e ferramentas aplicadas.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

A dissertação foi estruturada em sete capítulos, para além do presente, que pretende encadear de forma lógica a investigação efectuada.

No capítulo 2 procede-se a uma análise histórica da origem do *Toyota Production System* (TPS) e os seus conceitos básicos.

No capítulo 3 efectua-se uma abordagem caracterizadora da evolução do TPS para a manufactura através da filosofia de *Lean Production*.

No capítulo 4 descreve-se os pontos mais importantes sobre a filosofia *lean*, os conceitos, princípios e ferramentas de *Lean Construction*, que foram levantados na fase de revisão bibliográfica de publicações e artigos científicos.

O capítulo 5 é dedicado à aplicação da ferramenta *Last Planner System* ao sector da construção.

O *Just-in-Time* é a ferramenta apresentada no sexto capítulo descrevendo e explicando os conceitos e métodos de aplicação.

Finalmente, no sétimo e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões sobre as disposições apresentadas nos capítulos anteriores e aspectos de desenvolvimento futuro no espaço da *Lean Construction*.

2

SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

“O Sistema de Produção Toyota desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de produtos sob condições de baixa procura; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra.”

Taiichi Ohno, 1997

O Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System – TPS*) é uma filosofia de produção que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo. Ao mesmo tempo, este sistema aumenta a segurança e a moral dos seus colaboradores, visando envolver e integrar não só a manufactura, mas todas as partes da organização.

A importância que a indústria japonesa tem obtido no mercado mundial está directamente relacionada com os seus princípios de produção, nos quais se pretende maximizar ganhos através da total eliminação de perdas. Pode-se dizer que o TPS é o modelo operacional do Japão, que colocou a Toyota como o terceiro maior fabricante de veículos do mundo.

Neste novo contexto, o TPS assumiu-se como um exemplo de grande sucesso na adaptação às novas normas de concorrência inter-capitalista, promovendo, também, uma produção flexível e com baixos custos. Estes foram os motivos pelos quais se coloca o TPS como modelo de ambiente moderno de manufactura.

2.2. ORIGENS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA

O TPS foi originalmente desenvolvido para a manufactura. Portanto, para a perfeita compreensão do TPS, deve-se, antes de mais, compreender as suas origens na manufactura, mais especificamente na indústria automóvel.

O entusiasmo da família Toyoda pela indústria automóvel começou ainda no início do século XX, após a primeira viagem de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos em 1910. No entanto, o nascimento da *Toyota Motor Company* deve-se, de facto, a Kiichiro Toyoda, filho do fundador Sakichi, que em 1929 também esteve em visita técnica às fábricas da Ford nos Estados Unidos. Na decorrência deste entusiasmo e da crença de que a indústria automóvel em breve se tornaria o principal factor de

desenvolvimento da indústria mundial, Kiichiro Toyoda criou o departamento automóvel na *Toyoda Automatic Loom Works*, a grande fabricante de equipamentos e máquinas têxteis pertencente à família Toyoda, para, em 1937, fundar a *Toyota Motor Company*.

A Toyota entrou na indústria automóvel, especializando-se em camiões para as forças armadas, mas com o firme propósito de entrar na produção, em larga escala, de carros de passeio e camiões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da Toyota.

Com o final da II Grande Guerra, em 1945, a Toyota retomou os seus planos de se tornar uma grande construtora de veículos. No entanto, qualquer análise menos pretensiosa indicava que a distância que a separava dos grandes competidores Americanos e Europeus era, simplesmente, monstruosa. Costumava dizer-se, nessa época, que a produtividade dos trabalhadores americanos era aproximadamente nove vezes superior à mão-de-obra japonesa, uma razão de 1 para 9. O facto da produtividade americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: existência de perdas/desperdícios no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se observou foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas. Esta constatação serviu para “acordar” e motivar os japoneses a alcançar a indústria americana, o que de facto aconteceu anos mais tarde.

O sucesso do sistema de produção em massa criado por Henry Ford, inspirou diversas iniciativas em todo o mundo. Com a guerra da Coreia, em 1950, a indústria japonesa começa a recuperar o seu vigor. Na Primavera de 1950, o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita de três meses às instalações da Ford, em Detroit. A *Toyota Motor Company* tentou por vários anos, sem sucesso, reproduzir a organização e os resultados obtidos nas linhas de produção praticadas pela Ford, até que em 1956, o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, percebeu, na sua primeira visita às fábricas da Ford, que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias de forma a ser aplicada num mercado discreto e de variada procura de produtos, como era o caso do mercado japonês. Ohno constatou que os trabalhadores eram subutilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregar valor, existia uma forte divisão do trabalho (projecto e execução), a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes stocks ao longo de todo o processo.

Toyoda e o seu especialista em produção, Taiichi Ohno, reflectiram sobre o que haviam observado na Ford e concluíram que a produção em massa não funcionaria bem no Japão. Desta reflexão nasceu o que ficou conhecido por Sistema de Produção Toyota. Por décadas, na sequência da II Guerra Mundial, os ocidentais cortaram custos na produção em massa de pouca variedade de carros. Isto era um estilo americano de trabalho, não japonês. O problema do Japão era como cortar custos, produzindo um pequeno número de muitos modelos diferentes de carros.

Na procura pela eliminação contínua de desperdícios, os fundadores do sistema, Toyoda Sakichi e seu filho Toyoda Kiichiro unidos ao engenheiro Taiichi Ohno, e para combater a baixa produtividade da época, iniciaram o desenvolvimento de um novo modelo de sistema de produção. Tendo como base o objectivo da eliminação de desperdícios, Ohno estudou os sistemas de produção norte-americanos, adaptando esses conceitos à realidade japonesa da época, que se caracterizava pela escassez de recursos (materiais, financeiros, humanos e de espaço físico), e aplicou novas abordagens para a produção industrial, o que acabou consolidando na prática o TPS ou “produção com *stock zero*” (Coriat, 1994). A implementação do Sistema de Produção Toyota surgiu de uma necessidade explicada pelas restrições do mercado japonês.

A crise do petróleo de 1973, seguida de uma recessão afectou governos, empresas e toda a sociedade a nível global, configurou um novo cenário mundial, caracterizado por uma inversão na relação oferta/procura, ou seja, as capacidades instaladas passaram a ser maiores que a procura, necessitando-

se assim de novos princípios de produção. Toda a economia japonesa foi abalada por esta crise, excepto a *Toyota Motor Company*, onde se registou uma redução nos lucros, nos anos de 1975, 1976 e 1977, mas os ganhos foram maiores do que os noutras empresas.

Com o aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo afectou profundamente toda a economia mundial, que a Toyota começou a receber o reconhecimento mundial. Enquanto milhares de empresas sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, a *Toyota Motor Company* emergia como uma das pouquíssimas empresas a escaparem praticamente ilesas aos efeitos da crise. Este facto despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro: “Qual o segredo da Toyota?”.

2.3. OS PILARES DE SUSTENTAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA: JUST-IN-TIME E AUTOMAÇÃO

As novas condições competitivas que se abateram sobre o mercado mundial, sobretudo, após as crises do petróleo da década de 70, impuseram severas restrições aos ganhos decorrentes da produção em larga escala. Contudo, deve ser dito que esta foi uma das causas fundamentais para que a *Toyota Motor Company* emergisse como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gestão da produção, perfeitamente adaptado às novas regras. A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Esta passou a ser a base sobre a qual está estruturada todo o sistema de produção da *Toyota Motor Company*.

Os dois pilares necessários à sustentação deste sistema são: o *Just-in-time* (JIT) e a Automação (*Jidoka*).

Existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema de Produção Toyota. A Figura 2.1 apresenta o TPS com os seus dois pilares – JIT e *Jidoka* – e outros componentes essenciais do sistema. Segundo este modelo, o objectivo da Toyota é responder da melhor maneira às necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead time* (tempo de produção) possível. Tudo isto se faz acompanhar de um ambiente de trabalho onde a segurança e a moral dos trabalhadores constituem preocupações fundamentais dos órgãos de gestão das empresas.

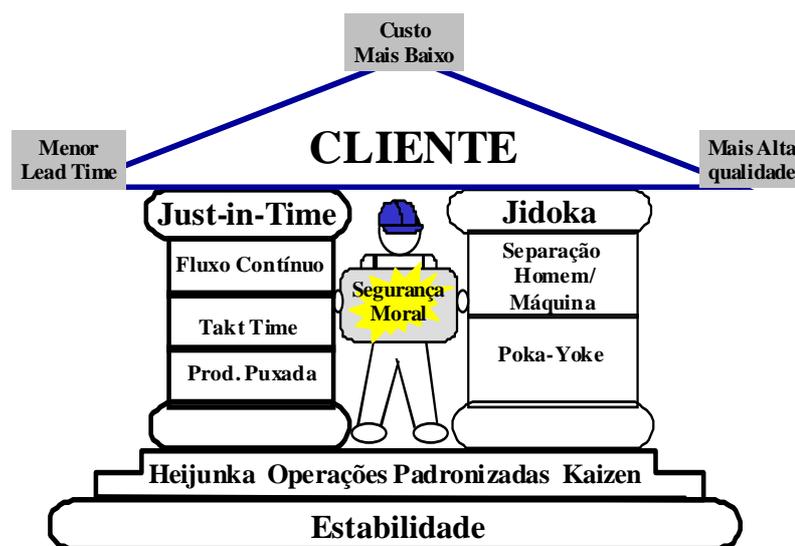


Figura 2.1 - Estrutura do Sistema de Produção Toyota (Ghinato,1996)

2.3.1. JUST-IN-TIME (JIT)

Kiichiro Toyoda instigado pela necessidade de fazer mais com menos, inventou e otimizou a filosofia *just-in-time*. Kiichiro afirmou que o melhor meio de trabalhar seria ter todas as partes necessárias para a montagem, ao lado da linha de produção, exactamente na hora certa (*just-in-time*) do seu uso.

O JIT é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem que uma empresa produza e entregue produtos em pequenas quantidades, para atender às necessidades específicas do cliente.

Segundo Ohno (1997) *just-in-time* significa que num processo de fluxo as partes correctas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time*. Uma empresa que consegue estabelecer este fluxo pode deparar-se com uma situação de stock zero. Do ponto de vista da gestão de produção, esse é um estado ideal. Outra ferramenta importante é o *kanban*, que é o meio para se obter o *just-in-time*. Monden (1984) ressalta que o *kanban* é um sistema de informação para controlar de forma proporcionada as quantidades de produção em todos os processos.

Trata-se então de uma estratégia que procura a redução da quantidade de produtos em processo, de matérias-primas e de produtos acabados o que promove uma maior circulação de capital.

Dito de uma forma simples, o JIT entrega os itens correctos na hora certa na quantidade exacta, encontrando-se o poder desta ferramenta na possibilidade de ajustamento da produção às mudanças diárias de procura.

2.3.2. AUTOMAÇÃO

Em 1926, quando a família Toyoda ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyoda inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Desta forma, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil, dando origem ao outro pilar do TPS designado de automação.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabrico: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Num mercado discreto como o japonês da época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí, Ohno procurou organizar o *layout* em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação desta nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão: "Porque razão uma pessoa na *Toyota Motor Company* é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyoda uma operadora supervisiona 40 a 50 teares automáticos?" A resposta era que as máquinas na Toyota não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento estivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse.

A invenção de Sakichi Toyoda, aplicada às máquinas da *Toyota Motor Company*, deu origem ao conceito de *jidoka* ou automação, como também é conhecido. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja frequentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, *jidoka* é alargado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente.

Jidoka consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anomalia. Como resultado da automação o operador não é necessário enquanto a máquina trabalha normalmente. Apenas quando a máquina pára, devido a uma situação irregular, é que é requerida a atenção humana. Desta forma, um operador pode operar várias máquinas (operador multifuncional), flexibilizando a mão-de-obra nas células de trabalho (*Shojinka*), tornando possível reduzir o quadro (*Shoninka*), melhorar a qualidade (menor produção de defeitos), aumentando assim a eficiência e a produção. Essa intervenção, segundo Monden (1984), valoriza a actuação do operário e estimula a aplicação de melhorias.

A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer irregularidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, o problema torna-se imediatamente visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa e eliminá-la, evitando a reincidência do problema, reduzindo assim as paragens da linha.

Quando Ohno iniciou suas experiências com o *jidoka*, as linhas de produção paravam constantemente, mas à medida que os problemas iam sendo identificados o número de erros começou a diminuir drasticamente. Hoje, nas fábricas da Toyota, o rendimento das linhas aproxima-se dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

A chave da automação é conferir à máquina a inteligência humana e, ao mesmo tempo, adaptar o movimento humano às máquinas autónomas.

2.4. CONCLUSÃO

Embora o JIT e a automação sejam considerados os pilares do TPS, ambos só foram possíveis porque foram sustentados pela ideia de melhoria contínua (procurar sempre o melhor modo de fazer as coisas, mesmo na tarefa mais simples) e de trabalho padronizado (focado não só nos padrões exigidos pelas normas governamentais, mas também no local de trabalho, sendo o mais organizado e limpo possível, agilizando as actividades).

A relação estável com os fornecedores é algo igualmente indispensável no TPS, já que o atendimento do JIT depende deles. Foi justamente a acção conjunta da “base” com os “pilares” que permitiu ao sistema produtivo desenvolvido pela Toyota produzir mais (qualidade, variedade, velocidade) com menos (custos), ou seja, chegar ao “topo”.

O TPS foi o responsável pelo sucesso mundial da Toyota na década de 70, justamente quando a grande maioria das empresas passava por sérias dificuldades.

A percepção de que o TPS se encaixava às necessidades do ambiente competitivo ocidental, que começava a se configurar entre as décadas de 70 e 80, foi o que originou o novo paradigma de produção, intitulado de *Lean Production* (Womack, 1992).

3

Lean Production

3.1. INTRODUÇÃO

“Nenhuma nova ideia surge do vácuo. Pelo contrário, novas ideias emergem de um conjunto em que as velhas ideias parecem não mais funcionarem.”

James Womack, 1992

A génese desta nova filosofia de produção, assente na abordagem por processos, teve diversas origens, mas o caso mais proeminente foi o do modelo que surgiu nas linhas de montagem de uma empresa japonesa do ramo automóvel: o *Toyota Production System* (TPS). *Lean Production* é a denominação de uma nova concepção dos sistemas de produção que começou a ser desenvolvido desde os anos 50. Contudo, foi a partir de 1977 que, liderado pelos engenheiros Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, se incorporou em pleno e se melhorou continuamente esta filosofia na *Toyota Motor Company*. Só mais tarde, já na última década do século XX, começou a chamar a atenção das empresas ocidentais. Os seus princípios foram teorizados em diversas publicações que os popularizaram nas indústrias fora do Japão (Schonberger 1982, 1986; Ohno 1988; Womack 1990).

Embora um certo número de expressões tenha sido relacionado ao novo paradigma, como por exemplo, *just-in-time*, Gestão de Qualidade Total (TQM), entre outros, as abordagens a que elas se referem normalmente sobrepõem-se. Uma das denominações que ficou bastante conhecida no meio académico e profissional desta ocidentalização do conceito do *Toyota Production System*, foi a *Lean Production* e está intrinsecamente ligada à publicação do livro *The Machine that Changed the World*, (“A máquina que mudou o Mundo”) (Womack 1990).

Esta publicação popularizou a definição *Lean*, cuja definição pode contribuir para o entendimento do conjunto de conceitos e princípios relacionados com o novo paradigma. Womack definiu a *Lean Production* como:

A produção é lean 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 planeamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também menos de metade dos stocks actuais no local de fabricação, além de resultar em menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos. (Womack, 1992)

Womack analisou várias mudanças e propôs englobar os novos paradigmas de gestão da produção com a denominação de *Lean Production*, sendo o principal foco desta filosofia de produção a eliminação das actividades que não agregam valor.

A *Lean Production* tem como base os conceitos, princípios e técnicas do TPS, estando associadas.

A partir de meados dos anos 90 esta nova filosofia de gestão popularizou-se nas empresas de manufactura ocidentais, pois da sua aplicação verificavam-se melhorias da produção, assegurando-se níveis elevados de eficiência, competitividade, flexibilidade e tempo de resposta. Tendo sido apelidada com vários nomes, tais como *new production system* e *world class manufacturing*, foi o termo *Lean Production* que se tornou mais consensual. A expressão *Lean Production* foi cunhada, no final dos anos 80, pelo pesquisador John Krafcik do *International Motor Vehicle Program* (IMVP), num programa de pesquisas ligado ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) onde uma série de investigadores examinavam os problemas com os quais a indústria automóvel se defrontava, com o objectivo de definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança.

Lean Production traduzido para português significa produção magra, por outro lado os brasileiros designam-na de produção enxuta. Esta expressão reflecte um dos principais objectivos, a redução de desperdício e a maximização de valor, e também o contraste desta filosofia para com a da produção manual e a da produção em massa (Howell, 1999). Procura reflectir o facto de se utilizar metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de manufactura, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo em engenharia, projecto e desenvolvimento de um novo produto.

Provavelmente *Lean Production* terá surgido com o objectivo de combinar as vantagens do trabalho manual com as da produção em massa, pois preocupa-se que o custo que advém do trabalho manual seja atenuado, depois de contornados alguns dos rigores do sistema industrial de manufactura. Assim, a produção *Lean* procura equipas de trabalhadores multi-especializados a todos os níveis da organização, ao mesmo tempo que recorre a maquinaria flexível e de cada vez maior grau de automatização, para produzir grandes volumes de produtos e de grande variedade.

Na gestão do processo de produção, a abordagem convencional foca a conversão, a transformação de *inputs* em *outputs*, enquanto a *Lean Production* enfatiza a obtenção de valor de produto de forma eficiente. Procura maximizar a eficácia de um processo de produção e ao mesmo tempo obter a melhor eficiência possível na execução do mesmo (Faniran 1997). Entenda-se eficiência como a boa utilização dos recursos na perseguição de um objectivo, e eficácia como a habilidade de gestão para estabelecer as metas correctas e as estratégias apropriadas para as alcançar. O sistema de engenharia distingue estes dois conceitos como “fazer as coisas bem” e “fazer as coisas certas” respectivamente. Assim, a gestão *lean* pretende possibilitar que um produto esteja adaptado à procura actual, utilizando uma quantidade mínima de recursos e consequentemente menor custo e que tenha grande rapidez de resposta. No entanto, também procura que este tenha a qualidade apropriada. Para tal, é necessário operar com o mínimo possível de actividades, eliminando aquelas que não acrescentam valor, ou seja, as que são consideradas como geradoras de desperdício. Para além disso, é necessário que o sistema apresente flexibilidade, isto é, que esteja em sintonia em todo o momento com o tipo e volume de produção requisitado pela procura, de forma a corresponder com um produto ou serviço que é mais rápido, mais apropriado e menos dispendioso (Womack 1990).

3.2. LEAN THINKING

O conceito de pensamento *Lean*, ou *Lean Thinking*, foi formulado no início da década de 1990 baseado no sistema de produção Toyota, e afirmou-se como o novo paradigma de produção na manufactura, em contraposição ao paradigma tradicional de produção em massa, existindo aplicações desta filosofia em vários sectores industriais.

Foi Womack e Jones (1996), que criaram o termo *Lean Thinking* (Mentalidade *Lean*), analisando e aumentando a possibilidade de implementar para qualquer empresa a aplicação dos conceitos do sistema de produção Toyota. Estes investigadores definem o pensamento *lean* da seguinte maneira: *A mentalidade lean é uma forma de especificar valor, alinhar a criação de valor na melhor sequência das acções, realizar essas actividades sem interrupção sempre que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.*

Em suma, a produção é lean porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, e ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exactamente o que eles desejam.

Esta inovadora forma de gerir a produção é analisada por Womack (1990) da seguinte maneira:

- Um sistema produtivo integrado, com realce no fluxo de produção. Produção em pequenas quantidades baseando-se na filosofia *just-in-time* e stocks reduzidos;
- Proporciona acções preventivas em relação aos defeitos em vez de medidas correctivas, depois dos mesmos acontecerem;
- Funciona com produção puxada em vez da produção empurrada baseada em previsões de procura;
- É flexível, sendo organizada por meio de equipas de trabalho formadas por mão-de-obra polivalente;
- Envolvimento efectivo na solução das causas de problemas objectivando a maximização do valor agregado ao produto final;
- Relacionamento de uma parceria intensiva desde o primeiro fornecedor até ao cliente final.

O ponto fulcral desta nova mentalidade tem como base, a eliminação de desperdícios. Na definição de Taiichi Ohno (1997), consiste em *reduzir a linha do tempo, do momento que o cliente faz o pedido até o ponto de receber o dinheiro, removendo os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha.* A Figura 3.1 representa esquematicamente essa definição.

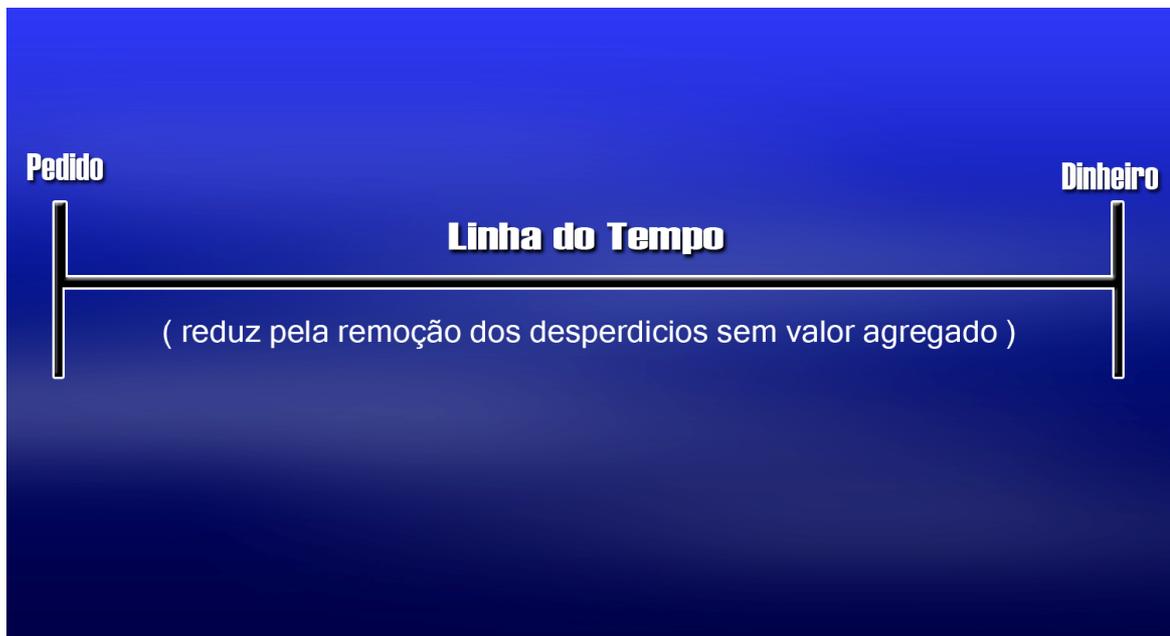


Figura 3.1 – Linha de tempo da produção (Ohno, 1997)

3.3. PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION

Womack e Jones (1998) propunham a possibilidade de generalizar a utilização do *Lean Thinking* para qualquer tipo de empresa através de 5 princípios chaves para o entendimento e implantação da mesma. São eles:

1. Especificar o **Valor** para cada produto;
2. Identificar a **Corrente de Valor** para cada produto;
3. Fazer o **Fluxo de Valor** acontecer **sem interrupções**;
4. Deixar o **Cliente Puxar** o valor do produto;
5. Perseguir a **Perfeição** (produto à medida, tempo de entrega nulo e ausência de stocks).

3.3.1. VALOR

O conceito de valor constitui o ponto de partida essencial para a *Lean Production*. É importante perceber, e dar grande ênfase a este princípio, pois o valor só pode ser definido e identificado pelo cliente final. O valor 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 num momento específico.

Womack e Jones (1998) afirmam que *É preciso que a empresa saiba exactamente o que o cliente deseja definindo precisamente o valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos através de diálogo com clientes específicos. Para fazer isso, é preciso ignorar os activos e tecnologias existentes na empresa e repensar as empresas com base numa linha de produtos com equipas de produção fortes e dedicadas.* Embora pareça óbvio, são inúmeros os exemplos de empresas que projectam os seus produtos e determinam a forma como os serviços serão prestados negligenciando aspectos fundamentais para os clientes, levando as empresas ao fracasso por não terem a percepção da realidade do mercado.

Segundo Silva Filho (1998), existe uma inversão em relação à forma tradicional de produção em massa, onde os produtos e serviços e seus respectivos custos/preços são em função dos activos utilizados e da sua capacidade de produção, em outras palavras, o fornecedor determina o que o cliente deve comprar e a que preço. No pensamento *lean*, o fornecedor pesquisa aquilo a que o cliente atribui valor e organiza a sua produção para corresponder.

Especificar o valor com precisão é o primeiro passo essencial na mentalidade *lean*. Womack e Jones (1998) salientam *Não oferecer o bem ou serviço da forma certa é desperdício.*

3.3.2. CORRENTE DE VALOR

Uma vez compreendida a definição de valor, torna-se necessário a identificação da corrente ou cadeia de valor. A produção *lean* precisa ir além da empresa, unidade padrão de acompanhamento dos negócios no mundo inteiro. A corrente de valor consiste na identificação de todo o conjunto de actividades envolvidas na criação de um produto específico com o objectivo de identificar e remover os desperdícios na realização do mesmo, desde a matéria-prima até à sua entrega ao consumidor final. Esta é a ideia chave deste princípio.

Ao longo desta corrente de valor observam-se inúmeras actividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente, como transporte, stocks, corrigir produtos defeituosos... Em geral, diversas

empresas participam nessa cadeia de valor, com visão restrita às suas actividades, não concebendo os enormes desperdícios que ocorrem se se considerar a cadeia como um todo.

O mapeamento da cadeia de valor permite analisar e sistematizar a definição de valor na perspectiva do cliente, devendo-se analisar os três tipos de acções que ocorrem ao longo da sua extensão: acções que criam valor; acções que não criam valor mas que, no momento, são inevitáveis e acções que não criam valor e que devem ser evitadas imediatamente (desperdícios). Esta análise deve ser feita envolvendo todos os processos desde a criação do produto até à venda final (Womack e Jones, 1998).

Para estes autores *O mecanismo organizacional necessário para identificar a cadeia de valor é chamado de empreendimento lean, ou seja, uma reunião lógica e sequencial de todas as partes (empresas) envolvidas no processo produtivo a fim de criar um canal para a cadeia de valor como um todo.*

3.3.3. FLUXO DE VALOR

Uma vez que o valor tenha sido detalhado com precisão, que a corrente de valor de determinado produto tenha sido totalmente mapeada pela empresa, o próximo passo no caminho para a produção *lean* consiste em fazer com que as etapas definidas, que criam valor, fluam. A produção ideal, do ponto de vista da produção *lean*, é o fluxo contínuo, peça a peça, sem stocks intermediários nem paragens durante o processamento. Isso traz inúmeros benefícios, dentre os quais: menor *lead time*, obrigatoriedade de qualidade 100% e eliminação de vários tipos de desperdícios, tais como movimentos e transportes desnecessários.

A construção de um fluxo contínuo é uma tarefa muito difícil dentro do processo, mas também muito estimulante, pois é possível perceber o efeito imediato da criação de fluxos contínuos através da redução dos tempos de produção, de processamento de pedidos e ausência de armazenagem.

Para Spear e Browen (1999), o caminho para todo o produto e serviço deve ser simples e directo e o trabalho deve ser altamente especificado quanto a conteúdo, sequência, ritmo e saídas.

Womack e Jones (1998) criticam *o mundo mental de 'funções' e 'departamentos', uma convicção comum de que as actividades devem ser agrupadas pelo tipo, para que possam ser realizadas de forma mais eficiente e geridas com facilidade, ou seja, o senso comum diz que as tarefas semelhantes devem ser realizadas em lotes (preferencialmente em lotes grandes) para maximizar a utilização dos recursos dispendidos com estas tarefas.*

Segundo Womack e Jones (1998) *Quanto maior o lote, segundo a visão lean, maior será a espera do processo para este continuar a fluir. Na produção lean o importante é que o produto final seja entregue no momento exacto e não que os recursos sejam alocados o máximo possível. Esta diferença subtil, mas de enorme repercussão prática é o cerne para o estabelecimento de fluxo nas empresas*". Esta abordagem, referente ao fluxo, vem de encontro a uma necessidade muito presente na Construção Civil, onde a lógica da gestão do processo produtivo é encaminhada para o máximo aproveitamento da força de trabalho, em detrimento do fluxo contínuo e ininterrupto dos lotes de produção. Este tipo de abordagem repercute-se, muitas vezes, em perdas para o processo produtivo como um todo, pois disponibiliza-se mão-de-obra para a primeira tarefa a surgir, a qual não é, necessariamente, a tarefa mais prioritária.

Sob este aspecto, Womack retoma ao pensamento, originalmente, defendido por Ohno (1997) que defendia a capacidade e flexibilidade do sistema produtivo às necessidades dos clientes.

Ou seja, nos sistemas produtivos deve-se dar certa importância à optimização na distribuição de recursos desde que atenda as necessidades do cliente em relação ao custo, prazo e qualidade. O grande problema nas empresas é transformar a economia, proporcionada pela optimização dos recursos, num fim em si mesmo, dando-lhe mais importância do que ao objectivo final que deveria ser a satisfação do cliente.

Spear e Brown (1999) ressaltam a importância das conexões, onde todas as comunicações devem ser directas e sem ambiguidades.

3.3.4. PRODUÇÃO PUXADA

O fluxo estratégico preocupa-se em alcançar uma via holística, através de meios e técnicas pelos quais o produto é desenvolvido, deixar o cliente puxar faz com que se reconheça, ao nível estratégico, a necessidade de se ser capaz de fornecer o produto logo que este seja necessário (Garnet 1998). Tudo isto deve acontecer visando a redução de desperdício de qualquer tipo de produção, sem comprometer a qualidade e a entrega na hora, ao mesmo tempo que o custo se mantém baixo, de forma a aperfeiçoar continuamente o sistema.

Nas teorias de gestão de manufactura distingue-se *push* e *pull* (empurre e puxe, respectivamente) como duas técnicas primárias para a gestão do fluxo de trabalho (Hope e Spearman, 1996). Um sistema baseado em *push* liberta trabalho para o processo de produção com base em datas pré-estabelecidas. Um sistema *pull* permite que o trabalho no processo de produção seja baseado no estado do processo. Por exemplo, o Método do Caminho Crítico (CPM) é um sistema *push*. O que poderá ser criticável neste sistema é o facto de se assumir a capacidade infinita, tendo em conta somente o “*deve acontecer*” negligenciando o “*pode acontecer*”.

Para a *Lean Production*, produzir mais que o necessário, criando stocks (superprodução), é a forma de desperdício mais combatida, inclusive por ser esta uma cultura largamente difundida pela produção em massa (produção “empurrada”), que produz, mesmo sem ser requisitado pelo cliente, criando stocks.

A capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente o produto permite o atendimento ao cliente quase que instantaneamente, invertendo assim o fluxo produtivo. O consumidor passa a puxar a produção, eliminando os stocks e valorizando o produto.

Segundo Womack e Jones (1998), após o estabelecimento do princípio de valor, cadeia de valor e fluxo nas empresas ocorrerá, quase automaticamente, uma redução dos stocks. Com a implementação destes princípios observa-se uma redução no tempo de transformação do produto, gerando na empresa um fluxo de facturação extra.

Isto ocorre graças à capacidade adquirida pela empresa de projectar, programar e fabricar exactamente o que o cliente quer e quando quer. Para Womack e Jones (1998) isto *significa que ignorar a projecção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhe dizem que precisam. Ou seja, pode-se deixar que o cliente puxe o produto, em vez de empurrar os produtos muitas vezes indesejados pelo cliente.*

3.3.5. PERFEIÇÃO

À medida que os conceitos anteriores começam a ser difundidos e implementados nas organizações, algo de estranho começará a acontecer. Ocorre que os envolvidos no processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros verificam um ciclo infinito de melhorias, ao mesmo tempo que oferecem

um produto que se aproxima ainda mais do que o cliente quer. De repente, a perfeição. O quinto e último conceito da *Lean Production*, parece tornar-se uma meta cada vez mais plausível. Atingir a perfeição prende-se com a melhoria contínua, com a participação dos diferentes níveis operacionais, e a identificação das causas dos problemas faz parte do pensamento lean e conta com métodos específicos, baseados em ferramentas de qualidade. A perfeição deve ser vista como o objectivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor.

Apesar de serem os princípios associados a *Lean Production* mais explorados e frequentemente usados, estes cinco propostos por Womack e Jones não são os únicos. De facto, vários autores tentaram adaptar as bases conceituais e fundamentais de Ohno de modo a ser possível a sua aplicação em outras empresas. Particularmente na construção, sector com características muito distintas do ambiente da manufactura onde foi desenvolvido o TPS, torna-se difícil a simples aplicação directa de ferramentas, sem antes compreender os conceitos gerais que as geraram no seu ambiente original. Tendo como objectivo final o desenvolvimento de ferramentas específicas e a adaptação das existentes às particularidades da construção.

Segundo Liker (2003) um dos pontos mais importantes da filosofia *lean*, é o de toda a organização estar a ser examinada e testada de forma a melhorar. Este autor, apresenta 14 princípios a que chama *The Toyota Way*, com o objectivo de englobar os aspectos técnicos de *Lean Production* mas também os aspectos estratégicos do pensamento em larga escala:

1. Fundamentar as decisões de gestão numa filosofia a longo prazo, mesmo que à custa de objectivos financeiros de curto prazo.
2. Criar um fluxo de processo contínuo de forma a trazer os problemas à superfície.
3. Utilizar sistemas *pull* de forma a evitar a superprodução.
4. Nivelar a carga de trabalho e eliminar desequilíbrios na calendarização da produção.
5. Criar uma cultura de paragem para resolução dos problemas, de forma a conseguir a qualidade correcta à primeira vez.
6. As tarefas padrão são a base para uma melhoria contínua e para a tomada de decisões por parte dos funcionários.
7. Utilizar controlo visual para que os problemas não sejam escondidos.
8. Utilizar somente tecnologia fiável, intensamente testada, que sirva as pessoas e os processos.
9. Desenvolver líderes que compreendam inteiramente o trabalho, vivam a filosofia e que a ensinem aos outros.
10. Desenvolver pessoas excepcionais e equipas que sigam a filosofia da companhia.
11. Respeitar a extensa rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorarem.
12. Ver o estado do processo, pessoalmente, de forma a compreendê-lo.
13. Tomar decisões de forma progressiva através de consenso, considerando integralmente todas as opções e depois implementando rapidamente essas escolhas.
14. Tornar a aprendizagem intrínseca à organização através de reflexão persistente e melhoria contínua.

É necessário sublinhar que *lean* é desenvolver e moldar princípios, que são correctos para uma organização específica, e praticá-los de forma empenhada para alcançar uma performance maior, que

continue a acrescentar valor aos clientes e à sociedade em geral. Isto significa, obviamente, ser competitivo e rentável (Liker, 2003).

De facto, estes princípios reflectem uma noção de aplicabilidade das ideias de *Lean Production*, não sendo só fundamentos teóricos mas partilhando com a teoria uma componente toda ela muito prática. Muitas das ferramentas associadas aos cinco princípios fundamentais podem apoiar-se nestes conceitos que Liker criou. Mas se por um lado existem conceitos que parecem ser facilmente praticáveis no seio de qualquer empresa, incluindo as da indústria da construção, como nivelar a carga de trabalho ou utilizar tecnologia fiável; outros como desenvolver líderes que vivam a filosofia e tomada de decisões de forma progressiva podem ser de mais difícil contextualização no âmbito da construção, sabendo-se que é um sector onde as hierarquias ainda são bastante vincadas e onde muitas vezes se foge ao delineado.

Para Fujimoto (1999), a capacidade de aprendizagem dá-se através de rotinas e é com a identificação e solução dos problemas que se progride e melhora o sistema.

A partir desses conceitos, os investigadores e profissionais da construção têm como desafio adaptar tais definições e princípios da Produção *Lean* para a aplicação na Indústria da Construção (Hirota e Formoso, 2000). Baseado nessa ideia, Koskela (1992) iniciou estudos, passando a denominar a nova abordagem como *Lean Construction*, que vem a ser uma teoria sobre a gestão na construção que procura o melhor desempenho no seu processo de produção.

3.4. DESPERDÍCIOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS

A essência da filosofia *Lean Production* é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda. Frequentemente usamos a palavra “eficiência” ao falar sobre produção, gestão e negócio. “Eficiência” na indústria moderna e nas empresas em geral, significa redução de custos. Este princípio conhecido como o “princípio do não custo”, baseia-se na crença de que a equação tradicional $\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço}$ deve ser substituída por $\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$.

Segundo a lógica tradicional, o preço era imposto ao mercado como resultado de um dado custo de fabrico somado a uma margem de lucro pretendida. Desta forma, era permitido ao fornecedor transferir ao cliente os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência dos seus processos de produção.

Com o aumento da concorrência e o surgimento de um consumidor mais exigente, o preço passa a ser determinado pelo mercado. Sendo assim, a única forma de aumentar ou manter o lucro é através da redução dos custos.

A redução de custos deve ser o objectivo dos fabricantes de bens de consumo que lutam pela sobrevivência no mercado actual. Durante um período de grande crescimento económico, qualquer fabricante pode conseguir custos mais baixos com uma produção maior, contudo, no actual período de recessão, é difícil conseguir qualquer forma de redução de custos.

Na produção *lean*, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, da sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ao produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando-se na identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

Segundo a perspectiva *lean*, os produtos são desenvolvidos de forma a fornecer o máximo valor aos seus compradores ou utilizadores. De uma forma ou de outra, os clientes, quer externos quer internos,

estão apenas interessados no valor que lhes é feito chegar, e não na quantidade de esforço que a organização empregou em todos os produtos, ou mesmo no valor que é entregue a outros clientes. Assim, os sistemas de produção são delineados para alcançar os objectivos tanto dos clientes como de “quem” fornece o sistema, ou seja, dos produtores. E os produtores, enquanto detentores dos sistemas de produção, têm que ter objectivos consonantes com a pretensão de maximizar o valor e minimizar os desperdícios (Ballard *et al.* 2001).

As perdas são consideradas como um dos pontos basilares dentro da conceitualização *Lean*. A sua redução é uma das pretensões primárias da cultura *Lean*. Esta filosofia defende que o desperdício da produção advém das actividades que não fornecem valor ao produto final. Ohno (1997), sugere que estes desperdícios são responsáveis até 95% do total de custos de ambientes *não lean*.

Womack e Jones (1998) explicam a diferença entre *muda* e *mottainai* (perda e desperdício respectivamente, em japonês) e sua importância para a melhoria dos sistemas produtivos. *Muda* é interpretada como a utilização ineficaz de um determinado recurso, devido à execução de uma operação mal planeada, enquanto *mottainai* é o extravio/rejeição, não intencional, de um determinado recurso, por simples negligência. Os autores, no seu livro, esclarecem a necessidade de tornar prioritário o ataque às perdas em relação ao ataque aos desperdícios. *Certamente os programas de eliminação de desperdícios precisam de ser fomentados e os mesmos constantemente combatidos. No entanto, a melhoria do sistema de produção resulta da análise dos processos e operações segundo a óptica das perdas. Sendo assim, o conceito, a classificação e a utilização sistemática de mecanismos de identificação da origem das perdas são fundamentais para a melhoria dos sistemas produtivos.*

A procura contínua e sistemática da eliminação das perdas, tem como objectivo aumentar a densidade de trabalho real dos trabalhadores (trabalho que gera custo e adiciona valor ao produto final). Desta forma, pode-se dizer que “*a verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício e elevamos a percentagem de trabalho real a 100%*” (Ohno, 1997). Ohno observa que é necessário dividir o movimento dos trabalhadores em duas diferentes dimensões: trabalho e perdas. O trabalho pode ainda ser subdividido em dois grupos: trabalho efectivo, que adiciona valor (*value added work*) e trabalho adicional, que não adiciona valor (*non value added work*). O trabalho efectivo significa algum tipo de processamento, como definido anteriormente. Trabalho adicional é necessário para suportar o trabalho que adiciona valor. São actividades que devem ser feitas conforme as condições de trabalho. Perda define-se, conceptualmente, como o trabalho desnecessário ou acções que geram custos, porém, não adicionam valor ao produto/serviço.

Como grande co-arquitecto do TPS, Taiichi Ohno, propôs que as perdas presentes no sistema produtivo fossem classificadas em sete grandes grupos.

Perda por superprodução (quantidade e antecipada) – refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessitadas. De todas as sete perdas, esta é a mais danosa, pois tem a propriedade de esconder as outras perdas, sendo a mais difícil de ser eliminada.

Existem dois tipos de perdas por superprodução:

Superprodução por quantidade (perda por se produzir demais) e consiste em produzir mais que o volume programado ou exigido pelo mercado.

Superprodução antecipada (perda por se produzir antecipadamente) é decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, levando a um enorme desperdício nas matérias-primas que são utilizadas antes de serem precisas, necessidade de mais espaço para armazenar o excesso de inventário que geram custos administrativos e de transportes adicionais e desnecessários.

Na óptica da produção *lean* é importante reduzir custos, portanto as máquinas não precisam produzir o tempo todo se não houver procura. Os trabalhadores devem ser multi-qualificados capazes de operar mais que uma máquina. A produção deve ser programada de forma a atender à procura, sendo balanceada para tal, com produção precisa, de acordo com o número de produtos que serão imediatamente encomendados, evitando produzir em excesso, seja para clientes internos ou externos.

Perda por espera – relacionada com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as actividades dos trabalhadores. Podem envolver perdas por espera de material, de informação, de equipamento, de ferramentas, etc. *Lean* exige que todos os recursos sejam fornecidos numa base *just-in-time* – nem muito cedo, nem muito tarde.

O desperdício com o tempo de espera resulta de um intervalo de tempo no qual nenhuma actividade é executada quer seja de processamento, transporte ou inspecção. O produto ou lote, fica parado à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.

Pode-se destacar basicamente três tipos de perda por espera: perda por espera no processo, perda por espera do lote ou produto e perda por espera do operador.

Perda por espera no processo: o lote inteiro aguarda o término da operação que está a ser executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspecção ou transporte);

Perda por espera do lote: é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças tenham sido processadas para seguir para o próximo passo ou operação.

Perda por espera do operador: perda gerada quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, de forma a acompanhar/monitorar o processamento do início ao fim, ou devido ao rebalanceamento de operações.

Perda por transporte e movimentos excessivos – o material deve ser entregue no ponto de utilização. Em vez das matérias-primas serem enviadas pelo fornecedor para um local de recolha, posteriormente processadas, levados para o armazém e, finalmente, transportadas para a linha de montagem, a filosofia *lean* defende que o material deve ser enviado directamente para o local onde será utilizado para montagem. Movimentações desnecessárias são fruto de um fluxo de trabalho pobre, de uma má organização na zona de trabalho ou de métodos inconsistentes de trabalho.

O transporte é uma actividade que não agrega valor, e como tal, deve ser encarado como perda que deve ser minimizada. A optimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação. A eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos pois, em geral, o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item.

As melhorias mais significativas em termos de redução das perdas por transporte são aquelas que são obtidas através de alterações de *layout* que dispensem ou eliminem as movimentações de material.

A racionalização dos movimentos nas operações é obtida através da mecanização de operações, transferindo para a máquina actividades manuais realizadas pelo operador. Contudo, vale alertar que a introdução de melhorias nas operações via mecanização é recomendada somente após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação do operário e eventuais mudanças nas rotinas das operações. É o caso da aplicação de tapetes rolantes, transportadores aéreos, braços mecânicos, talhas, pontes rolantes, etc.

Perda no processamento que não acrescenta valor – como exemplo mais comum temos o trabalho que tem que ser refeito (o produto ou o serviço não foi executado correctamente à primeira). Outros exemplos são a necessidade de reparar ou retocar elementos do produto (os elementos do produto

devem ser produzidos sem imperfeições com o design adequado e com ferramentas de manutenção) e a inspeção (as peças devem ser produzidas através de técnicas de controlo estatístico para minimizar ou mesmo eliminar a necessidade de fiscalização).

As perdas que surgem no próprio processamento são as parcelas que poderiam ser eliminadas sem afectar as características e funções básicas do produto/serviço. Podem ainda ser classificadas como perdas no próprio processamento as situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal.

Para detectar os passos do processo de produção que não acrescentam valor é recomendável o recurso à técnica de Mapeamento da Corrente de Valor.

Perda por excesso de inventário/stock – está relacionado com a superprodução, e significa que ter inventário para além do necessário para satisfazer as exigências dos clientes tem um impacto negativo no fluxo de caixa e utiliza espaço valioso.

Pode ser visto como a perda sob a forma de stock da matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Uma grande barreira no combate às perdas por stock é a “vantagem” que estes stocks proporcionam em aliviar os problemas de sincronia entre os processos.

No ocidente, os stocks são encarados como um “mal necessário”. O Sistema de Produção Toyota utiliza a estratégia de diminuição gradual dos stocks intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás destes.

Perda por fabricação de produtos defeituosos – é resultado da produção de produtos que apresentem alguma das suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam os requisitos de uso. Estes defeitos provocam desperdício de quatro formas: os materiais são consumidos, a mão-de-obra utilizada não é recuperável, é novamente requisitada para repetir/corrigir o trabalho e é necessário utilizar recursos sobretudo humanos, para responder a qualquer queixa futura por parte do cliente final.

Perda devido ao potencial humano desvalorizado – inclui a subutilização mental, criativa e física de faculdades e habilitações. Num ambiente não *lean* apenas se reconhece a subutilização de atributos físicos. Algumas das causas mais comuns para este tipo de desperdício são: fraco fluxo de trabalho, cultura organizacional, práticas de contratação inadequadas, formação fraca ou inexistente, e fraca rentabilização dos funcionários.

Santos (2002) ao analisar, de forma crítica, o histórico evolutivo da aplicação de conceitos e princípios de engenharia de produção em empresas como a Toyota e a Motorola, sugere que o alcance da excelência em vários critérios competitivos é possível e, mais importante, segue um caminho evolutivo lógico e natural. Esse caminho geralmente inicia-se pela ênfase na procura da melhoria na qualidade do processo, o que implica esforços para reduzir a variabilidade da produção. A partir da obtenção da estabilidade do processo, redução de custo e, finalmente, flexibilidade da produção.

Santos (2002), argumenta que a qualidade está a transformar-se gradualmente num critério de entrada ou permanência em mercados competitivos, nos quais a obtenção de qualidade no sistema de produção é condição básica para alcançar vantagem noutros critérios competitivos. Esta dinâmica mundial conduz a que as empresas procurem atingir um elevado grau de competitividade, o que lhes tem exigido uma revisão das suas estratégias e a perfeita visão do ambiente empresarial em que actuam. Além disso, a procura da melhoria do desempenho, por meio da alta produtividade e da qualidade, torna-se imperativo para a sua sobrevivência.

A partir da década de 1970, as transformações dos sistemas de produção que se verificavam no Japão e a própria globalização da economia provocaram o aumento na competição mundial, de modo a que a produção começou a ser vista como uma área estratégica, em que mudanças fundamentais deveriam ser realizadas para a competitividade das empresas (Maruoka, 2003).

Segundo Porter (1991), cada empresa que compete num sector de mercado deve possuir um estratégia competitiva, seja explícita ou implícita. Ansoff (1991) destaca que em ambientes instáveis é necessário ter respostas rápidas e estratégicas.

Considerando o contexto, surge a preocupação em relação à capacidade da indústria da construção civil sobreviver e evoluir no ambiente contemporâneo, uma vez que tem a característica de ser atrasada tecnologicamente, de adoptar mão-de-obra não qualificada e de apresentar elevado desperdício quer no material, mão-de-obra e outros recursos (Maruoka, 2003).

4

LEAN CONSTRUCTION

4.1. INTRODUÇÃO

“A construção é uma indústria milenar. A sua cultura e os seus métodos estão enraizados em períodos anteriores à análise científica. Contudo, sobretudo após a Segunda Guerra Mundial, têm surgido várias iniciativas no sentido de entender a construção e os seus problemas, para se conseguir desenvolver soluções e melhoria de métodos. Pode-se reconhecer iniciativas estratégicas tais como a industrialização, a computação integrada na construção e a gestão total da qualidade, bem como iniciativas táticas e operacionais como é caso das ferramentas de planeamento e controlo, dos métodos organizacionais, factores de sucesso do projecto e os métodos de melhoria da produtividade”.

Koskela, 1992

Para entender a origem da *Lean Construction* (LC) é necessário analisar e compreender algumas mudanças ocorridas na produção industrial do século XX.

Desde o final da década de 1970 muitos sectores industriais experimentaram profundas modificações na organização das suas actividades produtivas, estabelecendo um novo paradigma de gestão de produção. Muitas dessas modificações, propostas no novo paradigma, surgiram inicialmente na indústria automóvel japonesa, sendo a sua mais importante aplicação o Sistema de Produção Toyota (Formoso, 2000).

O aparecimento da *Lean Production* surge como um ponto de viragem, uma mudança de abordagem do sistema de produção em contraponto com as linhas de produção em massa e aceita os critérios de concepção do sistema de produção de Ohno como um padrão de perfeição.

Não existe consenso na literatura de que a produção *lean* descreve amplamente o novo paradigma de gestão de produção. Segundo Bartezzaghi (1999), isso pode ser explicado porque o novo paradigma tem em consideração diferentes modelos e práticas de produção de diversos sectores, países e empresas. Esses modelos e práticas têm contribuído inclusive, para o desenvolvimento de trabalhos destinados à consolidação de uma teoria de gestão da produção que descreva o novo paradigma. Assim, a produção *lean* pode ser considerada um desses modelos, não devendo ser confundida, portanto, como o próprio paradigma de gestão da produção.

Várias pesquisas e trabalhos têm sido realizados, investigando a aplicabilidade do novo paradigma de gestão da produção em diferentes sectores.

Desse modo, a *Lean Construction* teve início pela percepção da reprodutibilidade dos conceitos desenvolvidos pela indústria automóvel para o ambiente da Construção Civil.

A Indústria da Construção Civil tem rejeitado muitas ideias da manufatura porque acredita que a construção é muito diferente. Na manufatura produzem-se produtos/ peças que constituem o projecto enquanto na construção civil os projectos são únicos e complexos, que se realizam em ambientes maiores, de características incertas e com prazos mais difíceis de definir. O que torna a gestão da produção mais complicada. Segundo Featherston (1999) para se reproduzir os conceitos do pensamento *lean*, na indústria da construção civil, foi necessário, inicialmente, entender os conceitos já existentes para então poderem ser implementados no novo ambiente. Esta maturação teórica sobre o tema foi descrito inicialmente por Koskela (1992) que percebeu as alterações ocorridas em outras indústrias e avaliou a sua aplicação na construção civil. No estudo o autor propunha uma “nova visão” sobre o que deveria ser o processo produtivo à luz de novas premissas, definindo princípios e conceitos básicos de tal abordagem, estabelecendo metas e restrições ao alcance de tal objectivo. Assim nasceu a *Lean Construction*, filosofia de gestão da produção direccionada para a construção civil.

A construção *lean* é originária dos esforços e trabalhos de um grupo internacional, denominado *International Group for Lean Construction* (IGLC), de investigadores cujo objectivo é aplicar os conceitos deste novo paradigma de gestão de produção na construção. O IGLC promove conferências anuais sobre o assunto. As definições de *Lean Construction* e suas ferramentas têm sofrido constantes reformulações depois destes encontros anuais se terem iniciado, havendo um esforço conjunto para a definição de uma teoria da construção *lean*.

Para Howell (1999) a *Lean Construction* é “um novo caminho para a gestão na indústria da Construção Civil, com implicações nas relações comerciais e na concepção de projectos. Planear e controlar técnicas que reduzam os desperdícios, melhorando a fiabilidade dos fluxos produtivos”.

Foram, no capítulo referente à *Lean Production*, mencionados os cinco princípios fundamentais do pensamento *lean* que Womack e Jones (1996) apontaram bem como os que Liker (2003) definiu como visão estratégica com vista à implementação, todos com base no *Toyota Production System*. Apesar de, na indústria da construção, já ser prática corrente a definição do valor do produto, segundo os requisitos do cliente final, parece ser difícil, na forma convencional de actuar deste sector, promover outros princípios e acções produtivas de base *lean*, tais como: identificação sistemática da corrente de valor e da preocupação de manter o seu fluxo ininterrupto, na criação de pensamentos do tipo “parar a linha”, e executar somente quando o “cliente puxa” sem “qualquer aprovisionamento”. De facto, na construção estamos perante uma produção diferente da verificada na fabricação industrial de manufatura, como é o caso da indústria automóvel, que está na génese do pensamento *lean*.

Certamente que entregar um projecto sem tempo de espera e que reflecte os requisitos específicos de cada cliente é o que se pretende em qualquer projecto. O desperdício na manufatura e na construção advém do seguinte tipo de pensamento: manter uma grande pressão na produção e em cada actividade para reduzir o custo e a duração de cada etapa é a chave para a melhoria. A gestão da construção baseada nos princípios *Lean* é, então, muito diferente da típica gestão contemporânea porque:

1. Tem um claro conjunto de objectivos para o processo de entrega;
2. Visa maximizar o desempenho para cada cliente;
3. Desenha, concomitantemente, processo e produto;
4. E aplica o controlo da produção durante toda a vida do projecto.

A produção é gerida ao longo de um projecto começando por o desdobrar em várias partes como por exemplo: design e construção, para depois colocar as várias partes numa sequencia lógica, estimando o tempo e os recursos necessários para completar cada actividade, obtendo assim o projecto completo. Cada parte ou actividade é ainda decomposta até lhe ser atribuída uma tarefa líder, maior ou

esquadrão padrão. O controlo é concebido para monitorizar cada actividade ou contrato em contraste com o tempo e o orçamento projectado. Se, durante o processo, alguma etapa ou actividade falhar são efectuados todos os esforços para minimizar os custos e a duração da reparação ou, em recurso, alteram a sequência de trabalho. Se, mesmo assim, estes passos não resolverem o problema é necessário alterar o horário, trabalhando fora da melhor sequência, anteriormente prevista, para que se consiga fazer progressos.

Na construção *Lean* o controlo e planeamento são duas faces da mesma moeda que se mantém a girar ao longo de um projecto:

- Planeamento: definir critérios para o sucesso e produzir estratégias para atingir objectivos;
- Controlo: causar manifestações de conformidade para planear e desencadear aprendizagem e realinhamento no plano.

Sempre que se avalia as práticas actuais e as tentativas de controlo individual vemos o sistema de planeamento como a chave para o fluxo de trabalho fiável.

Segundo Koskela (1999) a obtenção dos melhores resultados na Construção Civil através da *Lean Construction* começa pelo ataque à variabilidade que ocorram nas actividades desenvolvidas no sector, atribuindo a existência desta variabilidade a quatro características essenciais do sector, que são:

- A. A realização de actividades é fortemente dependente dos fluxos cujo progresso, por sua vez, é dependente da realização dessas mesmas actividades;
- B. A construção pode ser descrita como a produção de um protótipo que, normalmente, apresenta na sua formulação uma série de erros de projecto, planeamento e controlo;
- C. Na produção fabril, uma parte do produto só pode estar, fisicamente, numa etapa de trabalho em cada momento. Contudo, na construção, uma peça pode ser trabalhada por várias frentes de trabalho ao mesmo tempo, o que geralmente diminui a produtividade destas frentes;
- D. O trabalho pode ser realizado sob condições ambientais instáveis, que leva a uma redução da produtividade. Por exemplo, as actividades podem ser realizadas sob a acção de intempéries, como por exemplo, erguer paredes de alvenaria sob tempo instável ou sob forte calor.

Segundo o autor este tipo de perdas é típico da construção civil e não se encontra presente na clássica lista de sete perdas originária da manufactura.

Deste modo a variabilidade das actividades no sector, segundo Koskela (1999), deve ser atacada das seguintes formas: redução das actividades desempenhadas em obra; maior controlo nas actividades desenvolvidas na obra com adopção de técnicas como o *Last Planner*; que leva a um aumento da produtividade dos sistemas produtivos do sector.

Para Howell (1999), os meios sugeridos para a *Lean Construction* de forma a reduzir as perdas são planear e controlar técnicas que reduzam o desperdício.

A definição da LC, bem como as suas ferramentas tem vindo a sofrer constantes reformulações ao longo do tempo. Vale a pena destacar que a dinâmica registada no LC constitui uma das principais virtudes dos seus investigadores. A velocidade e a intensidade com que o tema está a ser aprimorado podem ser comprovadas pela leitura cronológica dos artigos escritos sobre o tema nas últimas duas décadas. Esta constante evolução da pesquisa, até pela própria inovação do tema, repercute na necessidade de uma contínua actualização sobre os conceitos utilizados e os trabalhos desenvolvidos. Embora as inovações propostas pela *lean construction* sejam pouco conhecidas na indústria da

construção, algumas empresas desse sector já começaram a aplicar os seus princípios, atingindo, com isso, melhorias significativas nos seus índices de desempenho (Alarcón, 1997; Tommelein, 1998). Esses resultados positivos tornam possível pressupor que o desenvolvimento de trabalhos que contribuam para consolidação dos conceitos e princípios da LC podem auxiliar na melhoria do sector da construção civil como um todo.

Uma particularidade da *Lean Construction* é relativa à fase de maturação que esta linha de pesquisa se encontra (Koskela, 1999). Na grande maioria dos artigos sobre o tema é relatada a importância desta nova linha de pesquisa, sua implementação e sua análise evolutiva. Devido a este estudo permanente sobre o tema, tem-se vindo a incorporar na LC novas vertentes, tais como a complexidade, a gestão por conversação, e a aprendizagem contínua ao longo da vida (Macomber e Howell, 2003; Bertelsen e Koskela, 2004). Nesse sentido, o desenvolvimento de trabalhos que contemplem a maneira pela qual se possa desenvolver e implementar sistemas de planeamento e controlo da produção em microempresas e em pequenas e médias empresas de construção, utilizando conceitos e princípios da *lean construction*, é essencial para a redução do desperdício existente.

4.2. NATUREZA PARTICULAR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

É consensual o facto de que a construção não possui uma propriedade única que a caracterize, no entanto a sua natureza é única face a outras indústrias e pode ser estabelecida através uma combinação de propriedades. Lauri Koskela (1992) chama a atenção para três particularidades da natureza da construção:

- Natureza específica de cada projecto – produto singular;
- Produção afecta a determinado local e em torno do produto;
- Multi-organização de diversas especialidades e de carácter temporário.

A singularidade do produto deriva do facto de na maioria dos casos a produção ser baseada num projecto de desenho e dimensionamento original e criado especificamente para determinado cliente. A produção afecta a um local significa que esta ocorre em torno do produto de grande escala fixo num lugar estando sujeita a condições inerentes à própria localização. A organização temporária com diversos intervenientes introduz uma cadeia de fornecimento do produto caracterizada por ser fragmentada e com uma pluralidade de especialidades. Estas não são características exclusivas da construção. Projectos de outras indústrias também as partilham. A singularidade de produtos encontra-se cada vez mais presente na manufactura, com a crescente necessidade de fazer produtos personalizados e únicos. A produção dependente do local, também acontece na agricultura e indústria de extracção, onde nasceram as correntes inspiradoras da manufactura. As organizações com vários agentes, de diferentes âmbitos por tempo determinado, são uma tendência da execução de projectos, independentemente do sector da economia em que ocorrem. Apesar de tais particularidades serem comuns noutras indústrias, é justamente na construção que se verifica a singular junção de todas elas. Para além disso, o relacionamento com o cliente também é diferenciado. O tipo de cliente depende da zona onde o produto é estabelecido e este tem a possibilidade de ver o produto e interferir na produção deste, enquanto a mesma está a decorrer.

Tendo em conta que a construção é um tipo de produção fundamentalmente diferente, extremamente dinâmica, e que na sua essência consiste no dimensionamento e instalação de objectos num local fixo, torna-se implícito a ideia de realização do projecto de uma determinada obra no respectivo local. A ideia de produção num local específico, e por isso único, é predominante. Essa associação do produto a um determinado sítio é a que fornece a maior parte da incerteza e diferenciação. Os requisitos do

produto e dos processos de produção irão depender de inúmeros factores variáveis de lugar para lugar: o tipo de solo; a acção sísmica; os ventos e as acções agressivas dos agentes naturais; as restrições físicas das proximidades; a aplicação de códigos e de legislação específica, os períodos de requisição e de aprovação, entre outros. O conceito de produção no estaleiro tem subjacente uma série de características intrínsecas: o local é um recurso necessário à produção, é preciso planear, contratar e montar uma infra-estrutura no estaleiro e o espaço necessário à produção tem que ser coordenado pois a produção ocorre em torno do produto (Koskela, 2000).

As particularidades de produção na construção, que anteriormente, foram explicadas separadamente também estão ligadas entre si. Vrijhoef e Koskela (2005) estabeleceram e explicaram essas ligações, conforme o esquema gráfico da Figura 4.1.

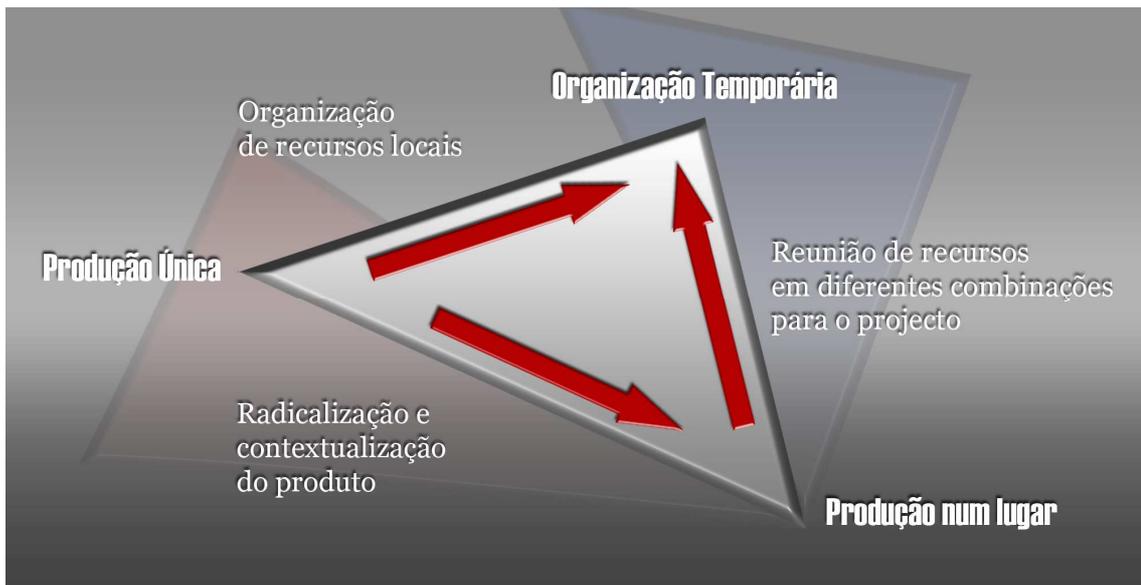


Figura 4.1 – Relações entre as particularidades do projecto/produção (adaptado, Vrijhoef e Koskela, 2005)

No entender de Vrijhoef e Koskela (2005), as particularidades devem ser resolvidas ou minimizadas de uma forma integrada, no sentido de conseguir uma resolução para a disseminação do desperdício provocado pelas próprias particularidades. Koskela (2000) já havia concluído que devia ser aceite a hipótese de que as particularidades da construção contribuem para o desperdício e perda de valor do produto. Devido à complexidade da produção e do ambiente da construção, dificilmente se conseguirá estabelecer em pleno, a disseminação de valor. Contudo, um primeiro passo mesmo que parcial pode significar um ponto de partida para um longo caminho de evolução e melhorias na indústria. Segundo a análise feita por Vrijhoef e Koskela (2005) a diversos projectos de características diferentes – com diferentes graus de pré-fabricação e de repetição – verificou-se que com a perspectiva de resolução das particularidades resulta um menor número de problemas, ou pelo menos, um menor esforço na gestão das particularidades ao longo do tempo. A resolução das particularidades ao longo do processo de reengenharia do negócio ou das mudanças do sistema de produção, frequentemente, exige investimentos, e um esforço suplementar para implementar novos métodos e técnicas de produção. Portanto, a questão de combater as particularidades depende sempre do balanço final entre benefícios e investimento. Para além das particularidades da produção da construção estarem ligadas através de relações causais entre si, também estão ligadas ao nível do produto e ao nível da indústria. Analogamente, têm sido apresentadas várias características singulares, para os produtos da construção, tais como imobilidade, complexidade, ciclo de vida longo, grande intensidade de capital, singularidade

de objectos que são desenvolvidos num contexto institucional e económico-social específico. A própria indústria também se diferencia por ter grande fragmentação, grande variedade de firmas, de diversos tamanhos e especialização, e um trabalho demasiado entregue à casualidade (Vrijhoef e Koskela, 2005).

Messeguer (1991) afirma que a indústria da construção civil possui características estruturais que a diferenciam de outros sectores. É um sector conhecido como sendo atrasado em relação aos processos produtivos e técnicas de gestão que usa, e por ser grande gerador de desperdícios, precisou de se adaptar para assimilar e difundir as premissas da *lean production*, mesmo considerando as características particulares que possui. Este autor destaca as seguintes características do sector:

- A construção é uma indústria de carácter nómada, com produtos únicos e não em série. A estrutura de produção é centralizada (os operários são móveis em torno de um produto fixo), ao contrário da produção em cadeia (produtos móveis e os operários fixos), noutros sectores de actividade;
- É uma indústria muito tradicional, muito resistente a mudanças, conservando métodos e processos antigos;
- O produto é único, ou quase único, na vida do cliente final;
- A mão-de-obra utilizada no sector é intensiva e pouco qualificada, tendo o emprego dessas pessoas carácter eventual, sendo as possibilidades de promoção escassas, o que gera baixa motivação para produzir com qualidade e grande produtividade;
- Os trabalhos na construção, de maneira geral, realizam-se a céu aberto;
- São empregadas especificações complexas e muitas vezes confusas;
- As responsabilidades são dispersas e muitas vezes pouco definidas dentro da empresa (ex. nas obras os gerentes são, na maioria das vezes, os engenheiros que devem estar preparados tanto tecnicamente como em relação às formas de gestão mais adequadas para lidar com os diversos intervenientes da cadeia produtiva do sector);
- O grau de precisão com que se trabalha na construção é, em geral, menor do que noutras indústrias, como por exemplo, os parâmetros relativos ao orçamento, prazo e conformidade.

A construção civil, apesar de ser um sector que absorve um grande número de mão-de-obra, conta com um grande número de pequenas e médias empresas, muitas dessas de frágil organização.

A administração da produção é um campo da ciência que trata da maneira pela qual as organizações produzem tudo o que consumimos e recorda a figura dos gerentes de produção como sendo aqueles que organizam a produção.

Porter (1991) apresenta uma análise do sector, destacando cinco características importantes presentes na construção de edifícios no Brasil que podem ser aplicadas no meio empresarial Português:

- As barreiras de entrada no sector são pouco exigentes, pois a construção civil apresenta baixos investimentos em equipamentos, além do uso de tecnologia basicamente artesanal.
- Ausência de economia de escala ou curva de experiências, uma vez que muitas empresas trabalham com um pequeno número de obras, que são tratadas isoladamente, dificultam a redução de custos através de mecanismos;
- Ausência de vantagem de volume em transacções com fornecedores em razão do poder de negociação que boa parte dos fornecedores exerce sobre a maioria das empresas construtoras;

- Necessidade variada de mercado, pois a construção civil trabalha com produtos duráveis e caros e, em geral, o cliente exige que o produto seja de boa qualidade e diferenciado de outros empreendimentos já concluídos;
- Altas flutuações nas vendas em virtude da estreita dependência do sector em relação ao nível de crescimento económico, o que acaba por não estimular as empresas a investirem em tecnologias que proporcionem o aumento do volume de obras, as quais poderiam gerar aumento na fatia de mercado e redução de custos.

Além dessas características, é importante ressaltar que a cadeia produtiva na qual se insere o sector da construção civil é bastante complexa e heterogénea. Possui uma grande diversidade de intervenientes e de produtos, com diferentes graus de industrialização.

Perante o exposto, pode-se observar que as características do sector da construção, das empresas que o compõem e do seu produto, devem ser consideradas quando da análise de processos de formulação das estratégias nestas empresas.

4.3. TIPO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Alarcón (1997), a indústria da construção é diferente da manufactura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido por informações e fluxos de recursos. Isto deve-se à grande variedade de área de trabalho e ao intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários. Segundo o autor, a organização, o planeamento, a alocação e o controlo desses recursos é o que realmente determinam a produtividade que pode ser alcançada. O modelo conceitual utilizado para analisar a construção, que é de conversão de entradas em saídas do sistema, ignora importantes aspectos do fluxo de informação e recursos. Por muitos anos, a utilização desse modelo tem ajudado a realçar a diferença entre construção e manufactura com instalações fixas e tem limitado a difusão de novas tecnologias de produção e filosofias surgidas em outras áreas. Um sistema de produção e filosofias surgidas em outras áreas. Um sistema de produção focalizado nas informações de fluxos de recursos pode aumentar a produtividade e ser aplicado na construção mesmo com as suas peculiaridades (Alarcón, 1997).

A construção é a produção de peças de arte únicas em grande escala. Mas nem sempre foi vista em termos de sistema de produção tendo, provavelmente, sido Koskela (2000) o primeiro a sugerir tal. Este também salientou a necessidade da construção encontrar a sua própria teoria, que permita melhorar o processo e resolver os problemas e as instabilidades inerentes. Genericamente, têm sido apontadas duas vias para a redução da instabilidade relativa, que se verifica na produção da construção. A primeira é a minimização das particularidades para fazer proveito da tecnologia, das técnicas e dos métodos utilizados na manufactura. A ideia é conduzir a uma maior pré-fabricação e normalização dos processos de construção. Tal mudança foi mesmo apontada no Reino Unido pelo relatório Egan (1998) como medida para tornar a construção *lean*. A segunda via passa pelo desenvolvimento de técnicas dentro da construção que possibilitem lidar com a sua dinâmica (Ballard e Howell, 1998a). Ou seja, antes de “industrializar “ a construção, é necessário ter o controlo do processo, o que é um objectivo *lean*.

Para Ballard e Howell (1998a) também a construção é fundamentalmente diferente da manufactura que deu origem ao *Lean Thinking*. Querer transformar os processos construtivos nos do tipo da manufactura, com iniciativas de normalização e repetição de processos, poderá ser fácil em projectos pequenos, simples de longa duração. Mas torna-se extremamente complicado efectuar o mesmo para projectos mais dinâmicos, isto é, os que são rápidos, complexos e imprevisíveis. A maior parte dos

projectos encontram-se na segunda categoria. Howard e Ballard (1998a) consideram que mais do que tentar tornar a construção numa produção do tipo da manufactura deve-se desenvolver uma cultura *lean* adaptada a uma construção dinâmica. Para além disso, sugerem que percebendo o modo como fazer a construção *lean* se poderá entender melhor como se pode transformar a manufactura no futuro. São de opinião que esta está cada vez mais semelhante à produção da construção, pois na manufactura cada vez mais se procura a entrega instantânea de produtos personalizados. É importante definir o tipo de produção que é a construção para se poder entender como se lhe poderá aplicar os princípios *lean*.

Tradicionalmente, a produção na construção civil é considerada segundo o **Modelo de Conversão**. Existem três tipos de conceitos necessários para a produção, sendo o primeiro conceito a visão de transformação de matérias-primas (*inputs*) em produtos (*outputs*), no qual a gestão de produção equilibra a decomposição total da transformação em transformações elementares por tarefas, procurando o custo mínimo e eficiência máxima (Koskela, 1992).

O segundo conceito é referente ao fluxo na espera, inspecção e movimentação para o próximo estágio, no qual a variabilidade é um factor determinante para o comportamento do fluxo. A gestão da produção procura reduzir esta variabilidade no fluxo de produção.

O terceiro conceito fundamental refere-se ao preenchimento das necessidades do cliente, no qual a gestão da produção procura traduzir as necessidades dos clientes em forma de produtos ou serviços.

O modelo tradicional da construção civil costuma definir produção como um conjunto de actividades de conversão que transforma os materiais, equipamentos, informação e mão-de-obra em produtos intermediários, por exemplo, a execução de uma parede de alvenaria e a execução de uma estrutura em betão armado. Quando todas as conversões são posteriormente unidas transforma-se num produto final que é o edifício.

De acordo com esse modelo, o processo de conversão pode ser dividido em sub-processos, que são considerados também actividades de conversão (Figura 4.2). Por sua vez, a menor unidade de divisão hierárquica de um processo, no paradigma tradicional, é denominada operação (Shingo, 1996).



Figura 4.2 – Modelo tradicional de processo (adaptado, Koskela, 1992)

Uma característica do modelo de conversão é que os custos do processo global podem ser minimizados através da redução dos custos dos sub-processos a ele associados (Koskela, 1992). Este autor salienta, ainda, que o valor de um sub-processo está associado ao custo (ou valor) da sua matéria-prima.

O modelo de conversão é adoptado, normalmente, nos processos de elaboração de orçamentos convencionais e nos planos de obra, na medida em que são representadas, nesses documentos, apenas as actividades de conversão, sendo assim, explicitadas unicamente as actividades que agregam valor ao produto (Koskela, 1992). Ainda segundo esse autor, as principais deficiências desse tipo de modelo são:

1. Os fluxos físicos, entre as actividades, não são considerados, sendo, no entanto, o que mais contribui para a maior parte dos custos. No trabalho de Koskela (1992) verifica-se que existem três tipos de fluxos: de materiais, de mão-de-obra e de informações. Em processos complexos, como é o caso da construção de edifícios, a maior parte dos custos é originada nestes fluxos físicos.
2. O controlo da produção tende a ser concentrado nos sub-processos individuais em detrimento do processo global, tendo um impacto relativamente limitado na eficiência global. Uma excessiva ênfase em melhorias nas actividades de conversão, principalmente através de inovações tecnológicas, pode deteriorar a eficiência dos fluxos e de outras actividades de conversão, limitando a melhoria da eficiência global.
3. A não consideração dos requisitos dos clientes pode resultar em produtos inadequados ao mercado, visto que através do modelo de conversão admite-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de materiais de melhor qualidade ou mão-de-obra mais qualificada.

É desta forma que se realizam na visão tradicional as conversões, pois somente actividades que agregam valor ao produto são consideradas e analisadas numa sequência lógica de execução.

O denominado modelo tradicional, não está errado. Este é útil e bem estruturado para sistemas de produção relativamente simples, centrados em apenas um processo de conversão. Por exemplo, se numa determinada obra o único processo de conversão existente fosse o de levantar paredes de alvenaria continuamente. Como na realidade os processos numa obra são complexos envolvendo uma infinidade de actividades que necessitam ser coordenadas, planeadas e controladas, na medida em que os sistemas se tornam mais complexos e os mercados mais competitivos, eles passam a não representar adequadamente os sistemas de produção. Além disso, há uma maior exigência do cliente nos processos mais elaborados.

4.4. CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS COM A *LEAN CONSTRUCTION*

A principal diferença entre a forma tradicional de produção e a *lean construction* é conceitual. Uma mudança importante para a quebra do anterior paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos abstraindo o conceito de que os edifícios são apenas o resultado da conversão de materiais e substâncias num produto.

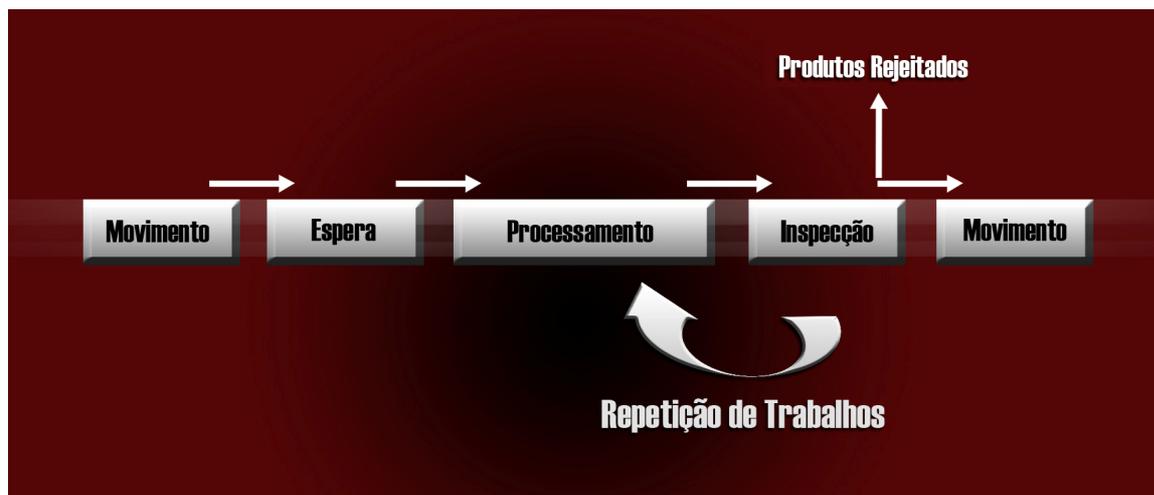
O modelo conceitual utilizado para analisar a construção, que é de conversão de entradas em saídas do sistema, ignora importantes aspectos dos fluxos de informação e recursos. Durante muitos anos, a utilização desse modelo tem ajudado a enfatizar a diferença entre construção e manufactura com instalações fixas e tem limitado a difusão de novas tecnologias de produção e filosofias surgidas em outras áreas. Um sistema de produção focalizado nas informações de fluxos de recursos pode

aumentar a produtividade e ser aplicado na construção mesmo com as suas particularidades (Alarcón, 1997).

Na *lean construction* considera-se que o ambiente produtivo é organizado de maneira diferente, atribuindo a relativa importância dentro do processo produtivo às actividades de conversão e fluxo. Apesar de ser considerado que a conversão agregue valor ao produto, os fluxos são essenciais no processo produtivo, por isso, também devem ser contemplados.

Como os fluxos são actividades que nem sempre agregam valor ao produto isto faz com que se possibilite que os mesmos sejam otimizados, reduzidos e até parcialmente eliminados. Constitui o fluxo de materiais, desde a matéria-prima até ao produto final, que é composto por actividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspecção. As actividades de transporte, espera e inspecção não acrescentam valor ao produto final, sendo por isso denominadas actividades de fluxo. Embora sejam as primeiras que agregam valor ao processo, a gestão de actividades de fluxo constitui uma etapa essencial na busca do aumento dos índices de desempenho dos processos produtivos (Koskela, 1992).

Na Figura 4.3 pode-se observar que a caixa que contém o item “Processamento” é a conversão e, portanto a única dentro destas actividades que realmente agrega valor ao produto. Como se pode observar para realizar este serviço há a necessidade de se realizar actividades que não agregam valor ao produto, mas que são essenciais no processo produtivo. E este fluxo normalmente não é considerado no processo tradicional, mas está presente em todo o contexto e, portanto, necessita de ser incorporado e controlado.



Figuras 4.3 – Modelo de processo da *Lean Construction* (adaptado, Koskela, 1992)

Nem toda a actividade de processamento agrega valor ao Produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de refazer o trabalho, significa que actividades de processamento foram executadas sem agregar valor. É evidente que os itens definidos nos orçamentos convencionais e nos planos de obra implicitamente contêm as referidas actividades de fluxo. Porém, o facto de que as mesmas não são explícitas dificulta a sua percepção e prejudica a gestão da produção.

Por considerar que todas as actividades consomem recursos financeiros e temporais, torna-se complicado a tomada de decisões sobre como elaborar melhorias com a consequente redução de

desvios que atrapalham o processo produtivo sem o entendimento da importância dos fluxos nestes processos (Bernardes, 1999).

A criação de valor é outro aspecto que caracteriza a construção *lean*. O conceito de valor está directamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução do processo, sendo este o ponto crucial de toda a filosofia “*Lean*”, ter o cliente como o centro das atenções e das referências, pois o modelo trabalha com a geração de valor para o mesmo. Assim, um processo só gera valor quando as actividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes requeridos pelos clientes, sejam eles finais ou internos, no produto pretendido.

Para que a construção *lean* tenha resultados e funcione conforme as necessidades produtivas da obra, os fluxos devem ser tratados com especial importância. Avaliar as actividades de fluxo é muito importante para a melhoria do processo de planeamento e controlo da produção. Isso pode ser explicado porque esse processo tem sido desenvolvido nas empresas de construção tendo por base o modelo de conversão anteriormente apresentado. Sem a compreensão dos efeitos das actividades de fluxo na produção, torna-se difícil tomar decisões que venham a minimizar ou a eliminar causas de desvios nos planos (Ballard e Howell, 1996a).

4.5. PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES DA *LEAN CONSTRUCTION*

Conforme já salientado, a *lean construction* apresenta uma base conceitual que tem o potencial de trazer benefícios, em termos de melhoria de eficiência e eficácia de sistemas de produção, através da aplicação dos seus princípios base.

Como analisado anteriormente, o processo da construção é em si mesmo um tipo específico de produção. A *Lean Construction* é um sistema produção de realização e gestão de projecto que enfatiza a entrega de valor de forma fiável e rápida, e que desafia, tal como a *Lean Production*, a crença nas relações de permuta entre tempo, custo e qualidade (Daeyoung, 2002).

Chitla (2002) enumera que, de uma forma ou de outra, a *Lean Construction* tem as seguintes características:

- Conjunto claro e definido de objectivos para o processo de fornecimento, com bom entendimento das necessidades e requisitos do cliente.
- Equipas de desenho de produto e de processo a funcionar de forma cruzada e concorrencial para fornecer mais valor – potencia a interacção positiva.
- Alterar o trabalho ao longo da cadeia de fornecimento de forma a reduzir a variação e ir de encontro à quantidade e conteúdo do trabalho.
- Estruturar o trabalho para todo o processo de forma a aumentar o valor e reduzir o desperdício ao nível da execução do projecto. Desenvolver esforços para melhorar a performance ao nível do planeamento para, conseqüentemente, aumentar a performance ao nível da execução do projecto.

Para além disso, *Lean Construction* enfatiza a eficiência medida através do tempo de ciclo, da taxa de defeitos e do trabalho planeado e concluído a cada semana. O objectivo é eliminar o desperdício, sobretudo o criado pelas actividades que não acrescentam valor. A sua concretização depende de como se organiza a interdependência, melhora a fiabilidade, reduz a incerteza e integra a gestão da produção. Descentralizar significa fornecer aos participantes do projecto informação sobre o estado dos sistemas de produção e fornecer a estes poder de decisão para agirem sem necessitarem de ordens oriundas da gestão hierarquicamente superior (Daeyoung, 2002).

Santos (1999), constata que a aplicação de algumas ferramentas *lean* em obras de engenharia civil apresenta-se de maneira isolada e fragmentada, mas argumenta que, tais iniciativas, são passos importantes na disseminação do uso de técnicas de construção *lean*. Todavia, a implementação desses conceitos de maneira integrada aumenta o escopo de acção, certamente trazendo resultados mais relevantes.

Para Picchi (2004), as aplicações observadas, até ao momento, da mentalidade *lean* no fluxo de obra também focam, principalmente, na aplicação isolada de ferramentas. Estas aplicações demonstram que as ferramentas *lean* podem ser usadas em obra apesar das características específicas da construção. Esta forma de aplicação leva a resultados limitados e ocorre, também, em sectores da manufactura mais próximos do ambiente onde o conceito *lean* foi desenvolvido.

O grande desafio, tanto para pesquisas futuras como para empresas e profissionais que procurem a aplicação prática do pensamento *lean*, no sector da construção, é a procura de metodologias que traduzam formas de implementação dos princípios, para o ambiente da construção, sendo a aplicação específica de ferramentas uma decorrência.

A aplicação do pensamento *lean*, num ambiente produtivo, deve iniciar-se por uma análise do fluxo de valor, o que inclui todo o fluxo de informação e materiais, da matéria-prima ao produto acabado, dentro dos limites da área estudada, o que no caso da construção equivale a uma obra. Isso possibilita que todas as melhorias e aplicação de ferramentas fiquem subordinadas a uma visão sistémica, cujo objectivo é melhorar o fluxo como um todo, não realizando apenas melhorias pontuais.

Os níveis superiores de desempenho obtidos pelo TPS (*Toyota Production System*) são decorrentes, na realidade, da aplicação dos princípios *lean* não só na produção, mas também em toda a empresa, constituindo-se num sistema de negócio que abrange desenvolvimento de produtos e processos, relações com clientes e fornecedores, gestão de pessoas, finanças, entre outros. (Liker, 2003).

Na Tabela 4.1 apresentam-se as sugestões de Picchi (2004) para aplicação dos princípios de *lean thinking* ao fluxo de obra de maneira mais ampla e integrada. Tais sugestões tomam como base as recomendações e experiências de implementação acumuladas em diversos sectores industriais.

Tabela 4.1 – Sugestões de aplicação dos princípios *lean* (Picchi, 2004)

Princípios	Exemplos de ferramentas já aplicadas na construção	Sugestões para aplicações mais amplas e integradas
Valor	<ul style="list-style-type: none"> Iniciativas de racionalização construtiva, em geral, visando a redução de custos, a partir da identificação sistemática do que é valor, para o cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificação do que é valor para o cliente. Revisão sistemática de processos construtivos visando aumentar o valor oferecido ao cliente, reduzindo os desperdícios, e oferecendo novas características desejadas.
Fluxo	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação de mapeamento de processos. 	<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento do fluxo de valor, considerando informações e materiais. Projecção de um estado futuro do fluxo de valor identificando as melhorias necessárias e ferramentas decorrentes.
Fluxo de Valor	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação de ferramentas específicas, tais como controlo visual e <i>poka-yoke</i>, em aspectos de 	<ul style="list-style-type: none"> Criação de fluxo entre actividades, revendo a estrutura e divisão de trabalhos entre as equipas e

	<p>segurança.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso do <i>last planner</i> para melhorar a estabilização de fluxos de trabalho. ▪ Uso de <i>work structuring</i> para identificação e minimização de desperdícios em processos. 	<p>operadores, de forma a minimizar interrupções e espera entre actividades.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adopção de trabalho padronizado, definindo sequência, ritmo e <i>stocks</i>.
Puxar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicação de <i>just-in-time</i> entre serviços ou fornecimento de materiais específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilização extensiva de formas de comunicação directa, para puxar, no momento em que sejam necessários, serviços, componentes e materiais.
Perfeição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de sistemas da qualidade com foco prioritário em padronização de aspectos do processo que afectam o produto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adopção de processos que possibilitem a rápida exposição de problemas. ▪ Estabelecimento na base da hierarquia funcional de procedimentos sistémicos de melhoria e aprendizagem contínua, accionados sempre que ocorra qualquer variação no trabalho padronizado.

Koskela (1992) resumiu o *Lean Thinking* em 11 princípios básicos aplicáveis à *Lean Construction*, à semelhança dos que foram descritos anteriormente para a *Lean Production*. Através da aplicação dos seus princípios básicos, atinge-se benefícios proporcionados no sistema de produção resultado de modificações tecnológicas simples. Será então importante referir como é que esses princípios podem ser implementados através do processo de planeamento e controle da produção.

4.5.1. REDUÇÃO DA PARCELA DE ACTIVIDADES QUE NÃO AGREGA VALOR

Actividades que agregam valor são aquelas que convertem material e/ou informação direccionada a atender os requisitos dos clientes e são denominadas actividades de conversão ou processamento. Já aquelas que não agregam valor consomem tempo, recursos ou espaço, não contribuindo para atender aos requisitos dos clientes. A procura de redução das actividades que não agregam valor apoia-se no princípio mais geral e fundamental da nova filosofia de produção. Estudos anteriores mostraram que as actividades que não agregam valor têm dominado a maioria dos processos produtivos, e que apenas 3 a 20% dos estágios envolvidos nos processos agregam valor (Koskela, 1992).

Existem três formas apresentadas por Koskela de redução de actividades que não agregam valor.

A primeira refere-se à redução e/ou eliminação de perdas na inspecção, movimentação e espera que são as actividades que não agregam valor e consideradas as mais críticas no sector da construção civil.

A segunda refere-se à falta de informação sobre a medição de desempenho das actividades realizadas no estaleiro de obras, principalmente quando o director de obra não detém estas informações, pois não é possível melhorar a produtividade se o gestor não conhece o seu desempenho actual.

A terceira forma refere-se àquelas actividades que não agregam valor para os clientes internos como o planeamento, segurança do trabalho e organização, porém outras actividades não geram valor para ninguém como, por exemplo, acidentes e desperdícios de material.

O processo de planeamento e controlo da produção facilita a implementação desse princípio na medida em que se procura reduzir actividades de movimentação, inspecção e espera, bem como aquelas que consomem tempo mas não agregam valor ao cliente final. Desta forma, o estudo e a elaboração de um arranjo físico do estaleiro, que minimize distâncias entre os locais de descarga de materiais, e o seu respectivo local de aplicação podem reduzir a parcela das actividades de movimentação (Santos, 1999). A escolha de um equipamento apropriado que reduza essas actividades surge como uma possível alternativa. Porém, dependendo do equipamento, a decisão de alocá-lo na obra pode ser proveniente, da etapa de projecto.

Durante a fase de produção propriamente dita, a realização de uma simulação no plano da movimentação de mão-de-obra e de materiais, bem como uma consideração conjunta dos ritmos de produção das equipas, facilitam a identificação de zonas de interferência nos fluxos. Desta forma, uma distribuição adequada de tarefas no *lookahead* permite que o director da obra evite esses tipos de interferências. Embora esse princípio seja mais facilmente implementado por meio de decisões tomadas na etapa do projecto, o processo de planeamento e controlo da produção pode ser implementado através da análise da forma pela qual o processo é executado. O desenvolvimento de reuniões para a avaliação do processo de planeamento deve abranger, também, a identificação de formas para simplificar a operação propriamente dita.

Uma outra forma de se garantir a implementação deste princípio, através do processo de planeamento, é o desenvolvimento da produção em zonas de trabalho similares. Esta decisão pode garantir uma certa receptividade ao processo, facilitando a identificação de possíveis áreas para simplificação.

Cabe salientar que este princípio não pode ser levado ao extremo pois existem diversas actividades que não acrescentam valor ao cliente final de forma directa mas são indispensáveis para a eficiência global dos processos, como por exemplo a formação de mão-de-obra e a instalação de dispositivos de segurança.

4.5.2. AUMENTAR O VALOR DO PRODUTO ATRAVÉS DE UMA CONSIDERAÇÃO SISTEMÁTICA DOS REQUISITOS DO CLIENTE

Este é outro princípio básico da *Lean Construction*, uma vez que está relacionado ao conceito de processo como gerador de valor. O valor não é uma qualidade inerente ao processo de produção, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. Todas as actividades que agregam valor possuem pelo menos dois tipos de clientes, o interno que será o responsável pela próxima actividade da cadeia produtiva e o cliente final. A identificação desses clientes, internos e externos, e dos seus requisitos constitui-se então, num dos passos principais para melhorar a eficácia da produção.

Segundo Koskela (1992), o cliente seja ele interno ou externo, deve ter as suas considerações questionadas, analisadas e implantadas sempre que possível, pois somente desta forma pode-se garantir a sua satisfação pelo serviço realizado ou pelo produto executado.

Embora este princípio não esteja vinculado directamente ao processo de planeamento, verifica-se que a sua implementação pode ocorrer na etapa de recolha de informações. Nesse caso, a consideração dos requisitos dos clientes antes da execução de algumas operações reduz a necessidade de refazer os trabalhos e a consequente interferência nas actividades de fluxo. A procura desses requisitos num momento que possibilite a sua consideração no planeamento da produção, evitando o trabalho, pode dar, inclusive, a noção ao cliente de que a empresa é organizada e que se preocupa com o prazo de entrega da obra.

4.5.3. REDUÇÃO DA VARIABILIDADE

Existem várias razões para se reduzir a variabilidade no processo produtivo. Inicialmente, do ponto de vista do cliente um produto uniforme, em geral, traz mais satisfação pois a qualidade do produto corresponde efectivamente às especificações previamente estabelecidas. No que se refere aos prazos da produção, a variabilidade tende a aumentar o tempo de ciclo, bem como a parcela de actividades que não acrescentam valor. Uma possível forma de se reduzir a variabilidade é o estabelecimento de padrões de processos.

Segundo Shingo (1996), a padronização de procedimentos é, geralmente, o melhor caminho para se conseguir reduzir a variabilidade, tanto na conversão como no fluxo do processo de produção.

Isatto (2000) expôs diversos tipos de variabilidade relacionados ao processo de produção. Exemplos típicos de variabilidade referem-se à variação dimensional nos materiais entregues; à variabilidade existente na própria execução de um determinado processo; e à variabilidade na procura, que está relacionada com os desejos e necessidades dos clientes de um processo.

A natureza da variabilidade também é inconstante por estar relacionada com a qualidade do produto, a duração das actividades ou os recursos consumidos.

Há pelo menos duas razões, segundo Formoso (2000), do ponto de vista do processo, pelas quais é necessário se conseguir a redução dessas variabilidades. A primeira, é o facto de que um produto uniforme, geralmente, proporciona uma maior satisfação, pois a qualidade corresponderá às especificações estabelecidas. A segunda razão deve-se ao facto de que a variabilidade aumenta a parcela de actividades de fluxo que não agregam valor e o tempo necessário para a execução do produto.

O processo de planeamento e controle da produção facilita a implementação desse princípio na medida em que se procura a protecção da produção através da consideração sistemática de tarefas passíveis de serem executadas. Essa protecção é garantida através da aplicação da sistemática da produção protegida, ou *shielding production*, proposta por Ballard e Howell (1997). A identificação das reais causas dos problemas preconizados nesses processos permite uma tomada de decisão mais condizente com a realidade da obra, que desta forma, fornece um panorama da actual situação antes que os problemas interfiram no prazo de entrega da obra (Santos, 1999).

No contexto da construção civil, a variabilidade e a incerteza tendem a ser elevadas em função do carácter único do produto e das condições locais que caracterizam uma obra, da natureza dos seus processos de produção, cujo ritmo é controlado pelo homem, e da própria falta de domínio das empresas sobre os seus processos produtivos. Apenas parte desta variabilidade pode realmente ser eliminada, principalmente através de processos padrão. Existe uma parcela desta variabilidade que não pode ser removida, cabendo aos responsáveis pela gestão de produção minimizar os efeitos nocivos da mesma.

4.5.4. REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO

O tempo é a unidade básica para medição de fluxos de processos, e o fluxo de produção pode ser caracterizado por um ciclo de tempo que pode ser representado como a soma de todos os tempos inerentes ao processo produtivo (Koskela, 1992).

A redução do *lead time* ou tempo de ciclo é um princípio que tem origem na filosofia *Just-in-Time*. O tempo de ciclo necessário para a produção de um determinado producto pode ser definido como o somatório dos prazos necessários para o processamento, inspecção, espera e movimentação. A redução

do tempo de ciclo pode ser alcançada através da redução da parcela de actividades que não acrescentam valor. Do ponto de vista do controlo, a sua aplicação resulta em ciclos de detecção e correcção de desvios menores. Do ponto de vista da melhoria do processo, verifica-se que tempos de ciclo menores facilitam a implementação mais rápida de inovações. A análise deste princípio também é importante, pois qualquer acréscimo no tempo de ciclo é um sinal de alerta, pois algo não está conforme o planeado. A redução do tempo de ciclo melhora a produtividade, pois elimina o desperdício inerente de todo o processo produtivo.

Este princípio pode ser implementado pelo processo de planeamento e controlo da produção na medida em que se consegue reduzir a parcela de actividades que não acrescentam valor ao processo produtivo, através das decisões nos diferentes níveis de planeamento. Uma das formas de minorar as actividades que não acrescentam valor é através da sincronização dos fluxos de material e da mão-de-obra, bem como do desenvolvimento de programações mais repetitivas e padronizadas. Isto, contudo, dependerá dos esforços despendidos no desenvolvimento dos processos de projecto e planeamento (Santos, 1999).

Essa sincronia pode ser alcançada à medida que decisões são tomadas para reduzir o tamanho dos lotes de material ou subprodutos de determinados processos produtivos. Segundo Santos (1999), quando o tamanho do lote de um determinado processo é reduzido, material e informação podem fluir de uma forma mais rápida entre os vários estágios de um processo, fazendo com que o produto seja entregue ao seu consumidor final em menos tempo.

O planeamento *lookahead*, aliado aos ritmos das equipas de produção, é um instrumento potencial para que o fluxo seja analisado na procura da sincronização. A curto prazo, as acções destinadas à protecção da produção possibilitam a continuidade das operações em obra, diminuindo a variabilidade e o seu conseqüente tempo de ciclo.

Uma outra abordagem desse princípio que pode ser implementada com o auxílio do planeamento refere-se ao ganho obtido através da divisão dos trabalhos em tarefas ou pacotes de trabalho. Nesse sentido, pode-se procurar estabelecer o pagamento das tarefas por elemento concluído e não por unidade de medição, como por exemplo em m². Através desta vinculação procura-se minimizar o refazer do trabalho ou os arremates.

Isatto (2000) apresenta algumas vantagens na redução do tempo de ciclo:

1. **Entrega mais rápida ao cliente:** ao invés de se espalharem por toda a obra, as equipas devem-se focar na conclusão de um pequeno conjunto de unidades, caracterizando lotes de produção menores. Se possível, as unidades deverão ser entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disto, em alguns segmentos de mercado, a velocidade de entrega é um aspecto competitivo importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de *shopping* e fábricas).
2. **A gestão dos processos torna-se mais fácil:** o volume de produtos inacabados em *stock* é menor (denominado de trabalho em progresso), o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controlo da produção e o uso do espaço físico disponível.
3. **O efeito de aprendizagem tende a aumentar:** como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros aparecem mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas.

4. **A estimativa de futuras obras é mais precisa:** como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da obra em construção. Isto torna o sistema de produção mais estável.
5. **O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças de pedidos:** pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da procura, sem elevar substancialmente os custos, pois algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.

4.5.5. SIMPLIFICAÇÃO PELA MINIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE PASSOS OU PARTES

A simplificação pode ter duas origens para a construção *lean*. A primeira é relativa à redução da quantidade de componentes presentes num determinado produto, a segunda refere-se à quantidade do número de passos ou partes existentes num fluxo de material ou informação. Através da simplificação do número de passos ou partes, pode-se eliminar actividades que não acrescentam valor ao processo de produção (Koskela, 1992). Assim, na medida em que se reduzem o número de passos ou partes atreladas ao processo ou produto, actividades como inspecção ou movimentação iram por sua vez diminuir também. Aliado a estes factores existe um aumento de custos no sistema de produção associado a actividades que não acrescentam valor. A utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipas polivalentes e o planeamento eficaz do processo de produção podem ser considerados alternativas para se atingir a simplificação (Koskela, 1992).

Embora este princípio seja mais facilmente implementado por meio de decisões tomadas na etapa de projecto, o processo de planeamento e controlo da produção pode implementa-lo através da análise da maneira pela qual o processo é executado. O desenvolvimento de reuniões para a avaliação do processo de planeamento deve abranger, também, a identificação de formas para simplificar a operação propriamente dita.

Uma outra forma de se garantir a implementação desse princípio através do processo de planeamento e controlo da produção é alcançada na medida em que se consegue estabelecer, durante a etapa de preparação do processo de planeamento, o desenvolvimento da produção em zonas de trabalho similares. Essa decisão pode garantir uma certa repetição no processo, facilitando a identificação de possíveis áreas para simplificação.

4.5.6. AUMENTO DA FLEXIBILIDADE NA EXECUÇÃO DO PRODUTO

Slack (1997) salienta que a flexibilidade "significa ser capaz de mudar a operação de alguma forma. Pode ser alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz. Mudança é a ideia chave." Ainda segundo Slack "a maioria das operações precisa de estar em condições de mudar para satisfazer às exigências dos seus consumidores". Neste contexto, a produção deve ser suficientemente flexível para minorar os efeitos dessa incerteza. Segundo Koskela (1992), para se aumentar a flexibilidade, deve-se procurar minimizar a quantidade de produtos fabricados, aproximando-os da sua procura; reduzir o tempo de preparação e troca de ferramentas e equipamentos; desenvolver o processo de forma a possibilitar a adequação do produto aos requisitos do cliente o mais tarde possível; e utilizar equipas de produção polivalentes.

Embora, à primeira vista, o aumento da flexibilidade pareça ser contraditório com a simplificação, muitas empresas têm sido bem sucedidas na aplicação dos dois princípios em simultâneo. O projecto de produtos ou componentes modulares pode ser combinado com a redução do tempo dos ciclos e maior transparência (Koskela, 1992).

O processo de planeamento da produção pode facilitar a implementação desse princípio na medida em que se consegue uma redução no tamanho dos lotes, uma flexibilidade na produção aumenta o que, certamente, irá exigir o desenvolvimento do processo de suprimentos e de produção com um maior nível de qualidade (Santos, 1999).

A recolha de informações sobre possíveis alterações de projecto por parte dos clientes pode garantir uma certa flexibilidade à produção, uma vez que a mudança acaba por ocorrer de maneira planeada. Nesse caso, o trabalho de equipas polivalentes surge como um factor importante para se evitar os efeitos dessas incertezas.

4.5.7. AUMENTO DE TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO

De acordo com esse princípio, pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção conferindo-se maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre porque, à medida que o princípio é utilizado pode-se identificar problemas, os pontos fracos, mais facilmente no ambiente produtivo, durante a execução dos serviços. A identificação desses problemas é facilitada, normalmente, pela disposição de meios físicos, dispositivos e indicadores, que podem contribuir para uma melhor disponibilização da informação nos locais de trabalho. Pouca transparência no processo incrementa a propensão ao erro e diminui a motivação para melhorias (Koskela, 1992).

A falta de transparência na disponibilização de informações nos locais de trabalho é considerada um dos factores que contribui para a existência de actividades que não acrescentam valor ao produto, como por exemplo, a movimentação e a espera (Gallsworth, 1997). Este princípio pode ser implementado através do processo de planeamento e controle da produção na medida em que se disponibilizam informações de acordo com a necessidade dos seus utilizadores no ambiente produtivo. Uma forma de se aumentar a transparência do processo de planeamento e controle da produção é com a utilização de plantas ou esboços durante a discussão dos objectivos, de maneira a facilitar a compreensão por parte das equipas de produção. Neste caso, a discussão pode ser interpretada, inclusive, como um meio potencial para a troca de ideias sobre possíveis melhorias relacionadas aos processos que estão a ser executados ou os que ainda serão executados. Através do diálogo, os funcionários envolvidos podem identificar meios alternativos para o desenvolvimento de um determinado processo, ou ainda, alertar os demais participantes sobre dificuldades encontradas na execução de suas actividades. Na medida em que os funcionários tenham acesso às informações necessárias ao desenvolvimento das suas tarefas, as suas actividades serão executadas de maneira mais eficiente (Greife, 1991).

Isatto (2000) propõe algumas formas de aumentar a transparência no processo: a remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; a utilização de dispositivos visuais, tais como cartazes, sinalização e demarcação de áreas; o emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo, e a aplicação de programas de melhorias da organização e limpeza da obra como o programa dos 5S.

4.5.8. FOCAR O CONTROLO NO PROCESSO GLOBAL

O processo global deve ser controlado e mensurado para que se consiga encontrar a melhoria contínua da organização. O controlo convencional da produção focalizado em etapas ou partes do processo contribui para o surgimento de perdas, já que cada nível de gestão tende a melhorar a sua parcela de trabalho, não levando em consideração o processo como um todo, podendo prejudicar o processo principal (Koskela, 1992).

Como melhorias no processo devem ser introduzidas primeiramente, de forma a melhorar o desempenho global da produção (Shingo 1996), o controlo de todo o processo possibilita a identificação e a correcção de possíveis desvios que venham a interferir de sobremaneira no prazo de entrega da obra. De acordo com Isatto (2000), este princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura por parte dos envolvidos da produção no que se refere à percepção sistémica dos problemas. Um grande risco dos esforços de melhorar um sub-processo é suboptimizar essa actividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) de desempenho global. Esta situação é muito comum em processos de produção fragmentados, como é a execução de uma obra, nos quais existem muitos projectistas, subempreiteiros e fornecedores independentes. Desta forma, a integração entre os diferentes níveis de planeamento pode facilitar a implementação desse princípio. Isto pode ser explicado porque a análise da repercussão no plano de longo prazo dos problemas assimilados no curto prazo auxilia a tomada de decisões para a melhoria de desempenho dos processos produtivos.

4.5.9. INTRODUIR A MELHORIA CONTÍNUA NO PROCESSO

A melhoria contínua pode ser aplicada conjuntamente com outros princípios, pois desta forma a organização estabelece prioridades nas vantagens competitivas sobre a concorrência. Segundo Koskela (1992), os esforços em prol da redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa.

Para Isatto (2000), o trabalho em equipa e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo.

Verifica-se que o aumento de transparência pode indicar possíveis áreas de melhoria. Neste contexto, a utilização de sugestões provenientes das próprias equipas de produção pode ser uma interessante fonte de ideias, iniciativas de apoio e dignificação da mão-de-obra são importantes. Koskela (1992) sugere o estabelecimento de recompensas para as equipas que demonstrarem a incorporação desse item, bem como a monitorização constante e a definição de acções correctivas para a eliminação dos problemas.

Esse princípio pode ser aplicado através do processo de planeamento e controlo da produção à medida que são analisadas as decisões tomadas para a correcção de desvios oriundos da recolha de dados do plano de curto prazo. Nesse sentido, deve-se procurar compreender se as decisões tomadas surtiram efeito na produção. Segundo Santos (1999), a identificação das causas dos problemas de produção é muito importante para a garantia do uso eficiente dos recursos disponíveis e a consequente melhoria contínua.

4.5.10. BALANCEAMENTO DA MELHORIA DOS FLUXOS COM A MELHORIA DAS CONVERSÕES

Segundo Koskela (1992), em qualquer processo de produção, existem diferentes potenciais de melhoria em conversões e fluxos. Assim, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior o impacto da melhoria no fluxo, e quanto maiores as perdas associadas ao processo produtivo, mais lucrativa se torna a melhoria dos fluxos em detrimento das conversões. Entretanto, as melhorias das conversões e dos fluxos estão intimamente ligados, visto que melhores fluxos necessitam de menor capacidade de conversão e requerem menor investimento em equipamentos. Por outro lado, fluxos mais controláveis tornam mais fácil a implementação de novas tecnologias, as quais podem trazer uma redução da variabilidade.

Isatto (2000), baseando-se no trabalho de Koskela (1992), salientam que "as melhorias de fluxo têm maior impacto em processos complexos. Em geral, requerem menores investimentos sendo fortemente recomendadas no início de programas de melhoria. As melhorias no processamento (conversão), por sua vez, são mais vantajosas quando existem perdas inerentes à tecnologia utilizada, e seus efeitos são mais imediatos". Este princípio deve ser observado durante a etapa de projecto do empreendimento, bem como ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra, como forma de facilitar a sua implementação.

4.5.11. BENCHMARKING

Segundo Isatto (2000), "benchmarking consiste num processo de aprendizagem a partir das boas práticas adoptadas noutras organizações, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção". Desta forma, segundo este princípio, deve-se procurar analisar e desenvolver os processos levando em conta as melhores práticas existentes no mercado. Em linhas gerais para a aplicação deste princípio deve-se conhecer os processos próprios da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares; entender e estudar os princípios existentes por detrás dessas boas práticas, por último adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa. A aplicação deste princípio contrapõe-se à melhoria contínua ao processo, sendo frequentemente relacionada à inserção de inovações tecnológicas (Koskela, 1992).

Uma análise de planeamento estratégico é recomendável a todos os níveis. Esta análise passa por identificar os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças à organização (análise *SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), conhecendo os líderes da indústria e as suas práticas, incorporando as boas práticas na organização e criando um nicho que combine os pontos fortes existentes com as práticas existentes.

Embora o processo de planeamento possa ser beneficiado com este princípio, verifica-se que ele pode ser implementado à medida que se procuram novos padrões ou formas alternativas de se executar determinadas operações durante a etapa de preparação do processo.

De novo se salienta que tendo em conta estes princípios, a implementação da *Lean Production* na construção não requer que se transforme esta numa produção do tipo da manufactura. Ou seja, não se exige que se padronize os produtos ou se utilize explicitamente as ferramentas *lean* desenhadas para a manufactura. Para além destes princípios iniciais está o desenvolvimento de novos princípios que permitam perseguir a meta *lean* segundo as características específicas da indústria da construção. A implementação *lean* implica a adopção da perspectiva da construção como "sistema de produção enquanto projecto" (Ballard e Howell, 1998).

4.6. TEORIA *LEAN* DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

O ponto anterior foi baseado nos onze princípios da nova filosofia da produção proposta por Koskela em 1992. A partir de 2000, verificou-se que esse mesmo autor fez algumas alterações nesses princípios (Koskela, 2000), propondo uma teoria da produção denominada TFV (*transformation, flow and value*). De acordo com essa teoria, a produção pode ser explicada por três pontos de vista principais. Esses pontos de vista são referentes aos conceitos de Transformação, Fluxo e Valor.

4.6.1. TRANSFORMAÇÃO, FLUXO E VALOR

Koskela (2000) lança as bases para uma teoria de produção e demonstra o seu uso na construção. A construção deve ser entendida não só como processo transformação, como acontece na caracterização de conversão convencional, mas também em termos de fluxo de trabalho e criação de valor. Esta teoria foi apelidada como teoria de produção TFV – *Transformation, Flow and Value*. (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – A teoria da produção TFV (Koskela, 2000)

Visão da:	Transformação	Fluxo	Criação de Valor
Conceptualização da produção	- Como uma transformação de <i>inputs</i> em <i>outputs</i>	- Como um fluxo de material, que inclui transformação, inspeção, movimentação e espera	- Como um processo onde o valor para o cliente é criado através do cumprimento dos requisitos
Princípio fundamental	- Conseguir que a produção seja realizada eficientemente	- Eliminação do desperdício (actividades que não acrescentam valor)	- Eliminação da perda de valor (alcançar valor em relação ao melhor possível)
Princípios associados	- Decomposição das tarefas de produção - Minimização dos custos das tarefas decompostas	- Comprimir o tempo de produção - Reduzir a variabilidade - Simplificação - Aumento da transparência - Aumento da flexibilidade	- Assegurar que todos os requisitos são entendidos - Assegurar o cumprimento dos requisitos do cliente - Ter em consideração os requisitos em todas as concretizações - Assegurar a capacidade do sistema de produção - Medir o valor
Métodos e Práticas (exemplos)	- Work breakdown structure, - Mapa de aprovisionamentos, - Mapa de Responsabilidade Organizacional	- Fluxo contínuo, produção <i>pull</i> , melhoria contínua	- Métodos para recolha de requisitos - <i>Quality Function Deployment</i>
Contribuição prática	- Ter em conta o que tem de ser feito	- Fazer com que o que é desnecessário seja feito o menos possível	- Fazer com que os requisitos do cliente sejam alcançados da melhor forma possível
Nome sugerido para aplicação prática da visão	Gestão de Actividades	Gestão de Fluxo	Gestão de Valor

A perspectiva oferecida por esta teoria é a de ter três tipos de visão (T, F e V), na modelação, no dimensionamento, no controlo e na melhoria da produção. Deve ser feita a sua gestão de acordo com os respectivos conceitos e princípios. Estas visões são distintas mas não competem entre si, antes pelo contrário, complementam-se.

Esta teoria comporta três aspectos fundamentais:

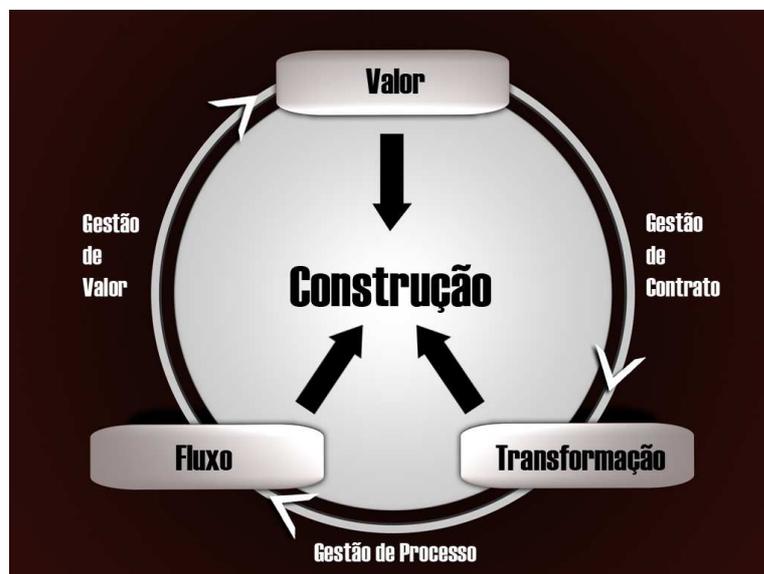
O primeiro diz respeito ao processo de transformação de *inputs* para *outputs*, ou seja, o processo de conversão no qual o sistema produtivo não deve procurar melhorar apenas pequenos passos, mas deve

sempre visar a melhoria do sistema global, evitar sempre que o sistema produtivo seja subdividido em diversas etapas tratadas individualmente (Koskela, 2000). A gestão da transformação envolve a gestão de contratos, estabelecimento de parâmetros e processos de qualidade e segurança, e frequentemente conduz àquilo que pode parecer ser um aumento na produtividade, mas que na verdade é apenas uma suboptimização. É essencial que esta gestão exista para fazer face ao imenso volume de contratos que a construção envolve. No entanto, é insuficiente para abranger toda a complexidade e dinamismo do projecto.

O segundo aspecto diz respeito à eliminação do desperdício nos fluxos de valores. A gestão do fluxo introduz novas actividades de gestão, sendo a mais importante no aumento de cooperação ao longo da cadeia de fornecimento. Isto compreende não só a cooperação entre o empreiteiro geral e os subcontratados mas também, com os produtores e com os fornecedores dos materiais de construção. A logística dos materiais e da informação é igualmente uma actividade que deve ser estabelecida.

O terceiro e último aspecto refere-se à gestão do valor, ou da criação de valor, é a mais difícil de caracterizar. Logo a começar pelo facto, de ser mais complicado conceptualizar o que é efectivamente o valor. Esta provavelmente deverá ser mais proeminente nas primeiras fases do projecto de definição, desenho e dimensionamento (Bertelsen e Koskela, 2002). Koskela (2000) apresentou cinco conceitos que procuram maximizar a criação de valor na perspectiva do cliente. i. Capturar os requerimentos do cliente; ii. Identificar o fluxo dos fornecedores; iii. Compreender estes requerimentos; iv. Estabelecer a capacidade de produção dos subsistemas; v. Mensurar o valor.

Estes três aspectos integrados são a base para o desenvolvimento da teoria da produção TFV e que contemplam directamente os onze princípios desenvolvidos por Koskela (1992) que por sua vez possuem ferramentas como o *Last Planner System*, produção *Just-in-Time* e *Total Quality Control* que possibilitam a aplicação da construção *lean*. Assim, de forma a consolidar estas três visões é necessário conseguir uma gestão equilibrada de entendimento das especificidades de cada uma e também de como se interligam (Figura 4.4).



Figuras 4.4 – Gestão tripartida da construção (adaptado, Bertelsen e Koskela, 2002)

4.6.2. SUBFLUXOS DE CONSTRANGIMENTO DAS ACTIVIDADES

Koskela (2000) também introduz, aquela que será provavelmente, uma das mais importantes contribuições da *Lean Construction* para a compreensão do processo de construção. Identifica sete

vertentes de fluxo, a que chama de subfluxos, que considera necessários para garantir a boa execução de uma determinada quantidade de trabalhos. Os subfluxos relativos a uma determinada actividade são: trabalhos precedentes, espaço, equipa (mão-de-obra), equipamento, informação (elementos de desenho e dimensionamento), materiais e condições externas.

Se um destes subfluxos mostrar problemas muito provavelmente a realização do processo sairá afectada. Assim, do ponto de vista da gestão poder-se-ão considerar como pré-condições cuja satisfação garante o arranque das actividades e conseqüentemente um fluxo constante do processo de produção. Cada um tem a sua natureza específica, logo factores de incerteza característicos. Assim cada um deles deve ser gerido tendo em conta as suas especificações.

Na gestão de fluxo, ao nível da produção, uma das ferramentas mais populares do *Lean Construction* é o *Last Planner* (Ballard, 2000a), que actua ao nível da cooperação e da logística durante a fase de execução. O planeamento e o controlo são os processos que desenvolvem com o propósito de conseguir garantir um fluxo constante do processo de produção. Este processamento demonstrou um entendimento eficaz em relação aos princípios *lean* levando-o à sua implementação em alguns projectos-piloto. O sucesso de resultados de melhoria de produtividade popularizou-a na indústria, contando actualmente com vários estudos nos quatro cantos do mundo. Da mesma forma também acontece o *Last Planner* ser confundido como sinónimo de *Lean Construction*, o que obviamente não é correcto.

4.6.3. CONSTRUÇÃO ENQUANTO SISTEMA COMPLEXO

Desde a altura que Koskela apresentou a sua proposta de teoria TFV de produção, tem vindo a surgir opiniões que incidem na complexidade inerente ao processo de construção no sentido de esta ser entendida numa perspectiva completamente nova. Mais recentemente, Bertelsen (2003), inspirado por estas sugestões, reiterou a ideia de que a construção deve ser entendida como um sistema dinâmico e também complexo. Devido ao facto do cliente representar um sistema complexo e dinâmico; do sistema de produção ser complexo devido a haver partilha dos recursos, e competição pelos mesmos e com outros projectos; de o próprio processo ser único e singular para cada projecto, o que encerra em si mesmo complexidade e dinamismo próprios.

4.6.4. NOVA TEORIA DE GESTÃO DE PROJECTO

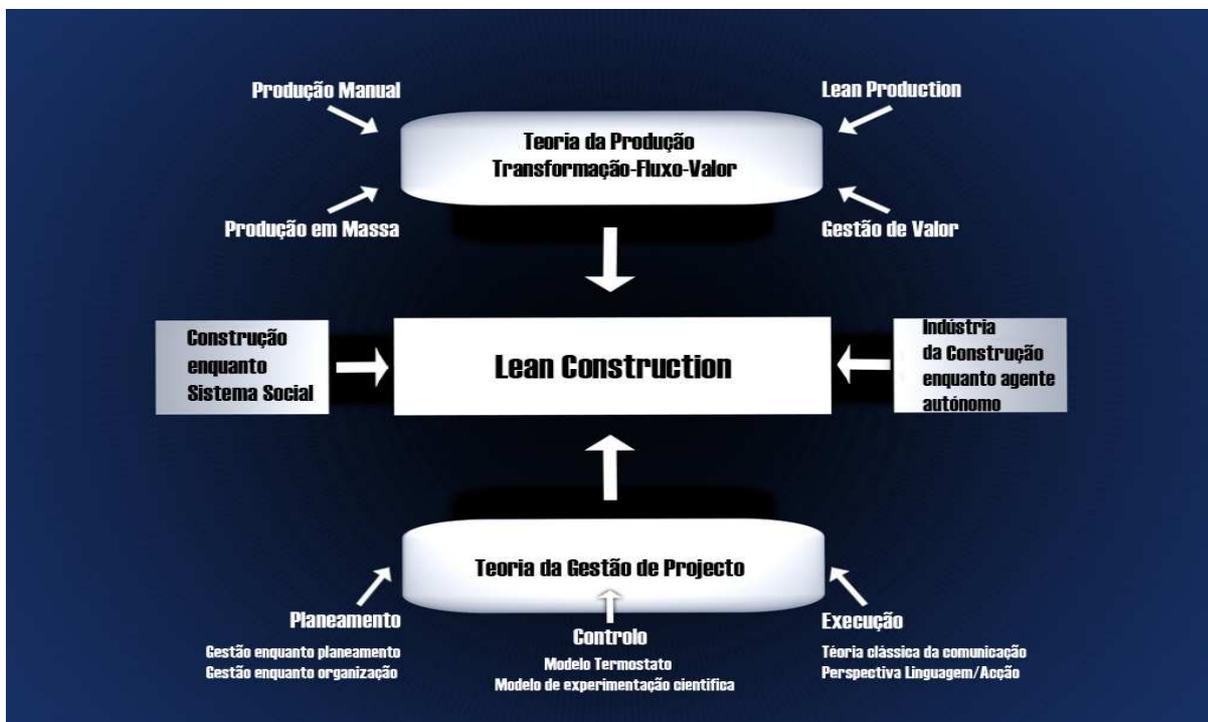
Desde a sua génese a abordagem *lean* para a gestão de projectos de construção difere do método tradicional. *Lean Construction* tem as seguintes características essenciais (Ballard, 1999):

- Visão clara dos objectivos a estabelecer no processo de entrega do produto e bom entendimento das necessidades e requisitos do cliente.
- Equipa de carácter plurifuncional que desenvolve e desenha o produto e o processo de forma concorrencial, este trabalho em paralelo fomenta a interacção positiva dentro do processo.
- Alteração do alinhamento dos trabalhos ao longo da cadeia de fornecimento de forma a reduzir a variação e otimizar a quantidade e conteúdo de trabalho em execução.
- Estruturação do trabalho em termos de processo global para aumentar o valor e reduzir o desperdício. Uma melhor performance ao nível do planeamento faz aumentar o desempenho do projecto.

Para além disso, Koskela e Howell (2002a) repensam os princípios que estão na base da Gestão de Projecto em geral e da Gestão da Construção em particular. Focaram sobretudo o paradigma do planeamento, controlo e execução. Estes autores afirmam que o planeamento enquanto organização, a perspectiva da acção através da linguagem e o modelo de experimentação científica são todos elementos críticos para conseguir uma teoria de Gestão de Projecto renovada e mais robusta. Uma das perspectivas de ver a gestão da construção deverá ser como uma experiência científica. Desta forma, está-se a considerar a natureza imprevisível do projecto de construção, o que também é uma característica inerente a um sistema complexo. A área da criação de valor, embora não sendo novidade na discussão académica, tem sido um alvo de debate crescente nos anos mais recentes, sobretudo após a contribuição de Stephen Emmitt (Emmitt, 2005).

4.6.5. POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Abdelhamid (2004) sugere, com base em Boyd (1976), que o paradigma subjacente ao processo da construção tem estado e continuará a sofrer mudanças de direcção. Partindo da visão puramente baseada na transformação tem-se movido através da teoria de visão TFV (Koskela, 2000) e da nova teoria de Gestão de Projecto (Koskela e Howell, 2002a) para uma compreensão da construção como um sistema complexo e dinâmico (Bertelsen, 2003), que é guiado pelas metáforas da cooperação e da aprendizagem. Esquemáticamente apresenta-se na Figura 4.5 a “locomotiva” da *Lean Construction*, com os âmbitos que estão a influenciar o seu desenvolvimento enquanto teoria. Todas estas novas questões têm implicações mais profundas para o desenvolvimento futuro dos princípios da *Lean Construction* uma vez que se desafia a teoria actualmente subjacente, inspirada sobretudo no mundo previsível e ordenado da manufactura. Sem dúvida, que actualmente a *Lean Construction* assenta numa estrutura que está para além do *Lean Production*.



Figuras 4.5 – A “locomotiva” da *Lean Construction* – ao centro – com a possibilidade de evolução para o contexto de sistema complexo e dinâmico – esquerda e direita respectivamente (adaptado, Abdelhamid, 2004)

4.7. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM CONSTRUCTION

A *Lean Construction* tem por missão desenvolver formas de melhorar o desenho e dimensionamento e a construção de infra-estruturas. O *Lean Project Delivery System* (LPDS) é um esqueleto estrutural desenvolvido por Ballard (2000b e 2003) para guiar a implementação integral da *Lean Construction* em sistemas de produção baseado em projecto da indústria da construção. Este está construído como um modelo de cinco fases, em que cada fase tem três módulos. Existe partilha de módulos entre fases subsequentes (Figura 4.6).

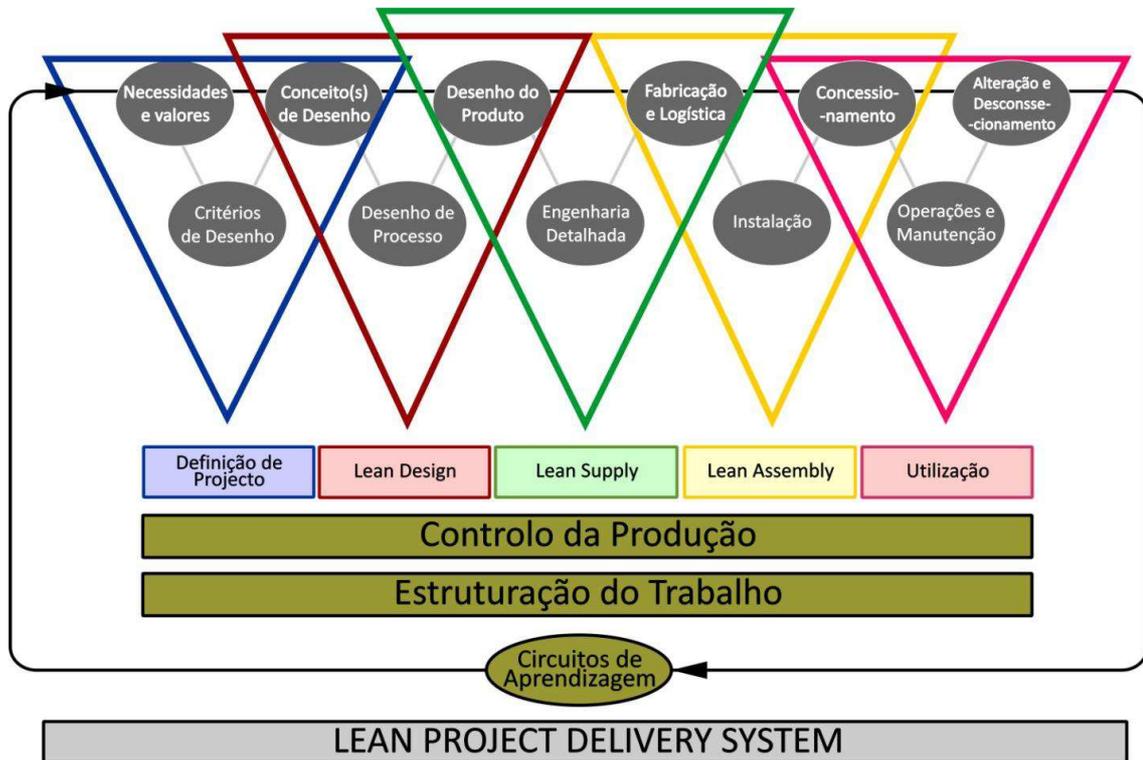


Figura 4.6 – *Lean Project Delivery System* (adaptado, Ballard, 2003)

O controlo da produção e a estruturação *lean* do trabalho são aplicados ao longo das 5 fases. Introduce-se a aprendizagem através da avaliação, que serve para documentar as lições aprendidas e que podem ser transferidas para o projecto seguinte. De forma simplificada, o LPDS inclui (Ballard, 2000b):

- Estruturação e gestão do projecto enquanto um processo de criação de valor.
- Os interessados no projecto são envolvidos no planeamento e desenho final através de equipas cujas funções cruzam várias fases.
- Controlo do projecto com o objectivo de levar à execução em vez de se limitar à detecção da variação após as ocorrências.
- Esforços de optimização focados na criação de um fluxo de trabalho fiável, e não na melhoria da produtividade.
- Técnicas *pull* utilizadas para orientar o fluxo de materiais e informação na rede de cooperação de especialistas.
- Inventários somente utilizados para amortecer a variabilidade (como *buffers*).
- Ciclos de *feedback* em cada uma das fases de forma a permitir ajustamentos rápidos no sistema e aprendizagem.

Os conceitos, as metodologias e as ferramentas com base na filosofia *lean* têm sido desenvolvidos tanto no âmbito do desenho e dimensionamento do produto, como nos sistemas de fornecimentos ao projecto e na execução do produto. Nesta última fase do LPDS surge o *Last Planner System*, que recorre a um mecanismo de protecção da produção (*shielding production*), que tem sido cada vez mais utilizado em diversos pontos do globo, alcançando na larga maioria das situações sucesso nos seus objectivos. De acordo com Ballard e Howell (1997) reitera-se que tem o potencial de aumentar a produtividade e reduzir a variabilidade dos projectos de construção. Este modelo será analisado em maior detalhe no próximo capítulo.

4.8. CONSTRUÇÃO TRADICIONAL VERSUS CONSTRUÇÃO LEAN

Os projectos estão a aumentar de tamanho e cada vez se demonstram mais incertos e complexos. Os modelos e técnicas de gestão convencionais começam a não funcionar nos projectos de grande escala e extremamente dinâmicos. Esta gestão passa sobretudo pelo planeamento, controlo e execução, segundo o paradigma da Gestão de Projecto.

Segundo Ballard e Howell (1996) existe a necessidade de controlar a gestão dos processos dos projectos, e não somente os seus resultados. Tradicionalmente os resultados são medidos em termos de custo e prazos, e estes indicadores só poderão ser verdadeiramente utilizados para decisões em projectos dinâmicos se o respectivo sistema de gestão estiver sob controlo. O primeiro indicador da boa ou má execução do controlo é a fiabilidade do planeamento de produção que se tem. O próprio trabalho de controlo altera-se consoante os projectos.

Segundo o modelo clássico de controlo, os objectivos do projecto são assumidos como fixos e os meios para atingi-los são somente alteráveis quando é necessário recuperar de uma falha de performance face ao plano inicialmente estabelecido. Ou seja, o sistema de controlo de projecto tradicional verifica sobretudo qual é o afastamento que existe em relação aos objectivos inicialmente estipulados em termos de custo, prazo e qualidade. As acções tomadas são em função dessas leituras. Assim, a função de controlo num sistema tradicional é feita para dizer se o plano está a ser cumprido e para promover uma reacção em função dos dados obtidos. No entanto este nada informa acerca das causas para o não cumprimento de determinadas datas ou objectivos planeados (Ballard e Howell, 1996). Para Howell e Koskela (2000) a gestão de projecto corrente revela-se insuficiente por diversas razões:

- Desconsidera-se a incerteza presente na abrangência e nos métodos do projecto.
- Considera-se a relação entre actividades simples e sequencial quando na realidade é mais complexa.
- As fronteiras das actividades são tidas como rígidas mas na verdade raramente o começo de uma actividade está em função da de cima.
- Preocupa-se com o resultado obtido em cada actividade fazendo com que haja uma perspectiva egoísta de melhoria para cada uma sem se preocupar com o impacto que possa ter nas restantes ou no processo global.
- A gestão da produção está excluída da gestão de projecto.

De forma diferente, pela abordagem *lean*, na gestão de projecto desenha-se um sistema de controlo que tenta garantir que o plano é concretizado. O próprio sistema estabelece-se como uma moeda de duas faces que vai girando entre planeamento e controlo da produção. Um conceito chave do *Lean Construction* na fase de execução é o de que uma tarefa só deve ser iniciada – ou colocada no planeamento semanal /execução – caso tudo o que é necessário para a concluir com sucesso esteja

resolvido antecipadamente. No caso de uma tarefa não ser realizada o sistema recebe rapidamente *feedback*. Logo, a causa pode ser identificada e ser seguido o rasto desta até à raiz do problema. Com esta informação a gestão pode tomar medidas preventivas e correctivas e pode utilizar a informação reportada para melhorar o processo de planeamento (Ballard e Howell, 1998a). Em vez de se ter uma gestão reactiva, processa-se uma gestão pró-activa.

Tradicionalmente na construção parte-se o projecto no início, de forma discreta, em tarefas que tentam ser geridas e optimizadas de forma individual. Mas esta perspectiva de planeamento, embora possa parecer fazer sentido, torna-se insuficiente e raramente se consegue traduzir uma situação real visto que se assume de forma simples prazos e custos e desconsidera-se a maioria das relações complexas entre tarefas. São essas relações que fornecem grande variabilidade. A coordenação entre as organizações ou equipas é basicamente controlada pelo plano geral que estabelece a sequência das actividades e determina quando cada uma começa e quanto tempo dura. Custos, erros e aprendizagem são reconhecidos egoisticamente para cada actividade. Quando são necessárias melhorias de produção, nomeadamente dos índices de controlo, a solução frequentemente adoptada passa por acelerar as actividades através do aumento de recursos (Ballard e Howell, 1998b). Com o planeamento *lean* tenta-se lidar com as imprevisibilidades de forma a reduzir a variabilidade na construção. Esta questão ocorre em grande parte pela gestão da interacção entre actividades. Esta acção advém de um princípio simples: a necessidade de criação de um fluxo de trabalho fiável em termos globais de projecto que é o nosso sistema de produção. O trabalho não é exclusivamente ditado pelo que está no plano geral, mas também é estabelecido com quem o vai efectuar tendo em conta os constrangimentos que se verificam, de forma a ser o mais realista possível. Este planeamento detalhado a curto prazo permite estabelecer considerações sobre materiais, equipamentos, mão-de-obra, informação, condições atmosféricas, se a equipa e actividade precedente é fiável e se estará concluída a tempo, ou seja, sobre os subfluxos ou pré-requisitos para arranque da actividade. Tais considerações seriam impossíveis na fase de concretização planeamento geral, que é feita a grande distanciamento do momento de execução. Assim o redesenhar do sistema de planeamento ao nível da execução é a chave para assegurar um fluxo de trabalho fiável (Ballard e Howell, 1998b). O controlo na *Lean Construction* passa por fazer acontecer acções específicas, tendo em conta critérios que permitem definir se a tarefa pode ser concluída como planeado. Caso não seja concluída são identificadas as razões e tomadas medidas. Logo, o planeamento *lean* é uma redução progressiva da incerteza de forma a assegurar que as tarefas a executar estão livres de constrangimentos, sendo feita a sua análise segundo as categorias de subfluxos já referidas. Daí resulta que cada vez será menor a variação do fluxo de trabalho. Também aumenta a percepção de que esta redução permite que quer os custos quer os prazos sejam reduzidos. A duração é reduzida pois o trabalho é melhor sincronizado com a mão-de-obra e recursos. Os custos são reduzidos porque um fluxo de trabalho previsível permite entregas *just-in-time* das encomendas, a satisfação das condições de início de actividade e a diminuição de desperdício. Por último, o valor é garantido entre as várias partes através de um diálogo interactivo em que se define fins e meios (Howell e Koskela, 2000).

A forma correcta de aplicar a *Lean Construction* passa primeiro por considerar-se os princípios e depois perceber como estes podem ser implementados recorrendo a técnicas e processos especialmente desenvolvidos. A seguinte Tabela 4.3, desenvolvida por Abdelhamid e Salem (2005), ilustra a que níveis podem acontecer a mudança da gestão convencional da construção para a *Lean Construction*.

Tabela 4.3 – Comparação *Lean Construction* com a Gestão Convencional da Construção
(adaptada, Abdelhamid e Salem, 2005)

Gestão Convencional da Construção	<i>Lean Construction</i>
Sabe-se como TRANSFORMAR materiais em estruturas fixas.	Sabe-se (também) como TRANSFORMAR materiais em estruturas fixas.
É expectável acontecerem mudanças de definições e erros de desenho durante a construção, que serão resolvidos e novamente preparados pela equipa de construção.	Projecta-se o produto e processo de construção em conjunto para evitar erros/omissões de desenho e dimensionamento que levantam questões de possibilidade de execução.
O gestor é o ÚNICO responsável pelo planeamento.	Os gestores são os PRIMEIROS responsáveis pelo planeamento, o dos processos e das fases, e os encarregados e trabalhadores são os ÚLTIMOS responsáveis pelo planeamento, o das operações.
Assume-se que reduzindo o custo de uma peça irá se reduzir o custo de todo o projecto – o todo é a soma das partes.	Trata-se todo o projecto como um sistema e faz-se uso do <i>Target Costing</i> para alcançar as reduções do custo de projecto – o todo é mais que a soma das suas partes.
Empurra-se a produção ao nível local pensando erradamente que será a forma de alcançar eficiência global.	Empurra-se a produção para maior processamento do sistema considerando ser a única forma de alcançar eficiência global.
Gere-se o processo utilizando os elementos que referem a evolução de custos – os quais estão na base dos pagamentos.	Utiliza-se os elementos de evolução de custos como um <i>INPUT</i> para o planeamento e controlo das operações no estaleiro.
É-se guiado pelo paradigma de retornos em termos de prazo/custo/qualidade.	Desafia-se o paradigma de retorno em termos de tempo/custo/qualidade ao remover as fontes de desperdício nos processos de desenho/produção de forma a promover um melhor e mais fiável FLUXO DE TRABALHO.
Não se planeia ou controla as operações de produção em estaleiro a não ser que se verifique desvios de custo e de prazo – espera-se até que os problemas aconteçam para se reagir no sentido de voltar a ter o projecto no rumo definido.	Planeia-se e controla-se as operações de produção em estaleiro de forma a prevenir que os indicadores de evolução do projecto não desviem dos prazos e custos definidos.
Considera-se fornecer VALOR ao cliente quando se maximiza a performance em relação ao custo – perspectiva <i>Value Engineering</i> (VE).	Considera-se fornecer VALOR ao cliente quando o valor do produto é aumentado (a infra-estrutura efectivamente corresponde às necessidades do cliente) através da gestão do processo de valor da construção – perspectiva <i>Value-based Management</i> (VBM).

4.8.1. MUDANÇAS CONCEITUAIS RUMO À CONSTRUÇÃO *LEAN*

Na Construção *Lean* a ideia central é perceber que os custos totais de qualquer produto levam consigo uma parte que é o custo que não agrega valor algum na percepção do cliente. O desafio da construção *lean* é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo assim os custos e gerando maior lucro.

Encontramos na construção civil muitas actividades consideradas como não geradoras de valor. Tais perdas estão escondidas em movimentos e transportes desnecessários, refazer os trabalhos, entre

outros. Sua origem ocorre desde os projectos mal concebidos, desenvolvimento do planeamento executivo coordenado através de princípios obsoletos, predominância da individualidade de acções em obra, sendo esta manifestada por grupos ou pessoas, não havendo a ideia de conjunto.

A noção dos responsáveis pela gestão é que obtendo ganhos individuais, estão somando um ganho maior do todo. De acordo com Koskela a construção deve considerar fundamentalmente os requisitos esperados pelos consumidores dos produtos. Dessa forma a produção deve evitar a variabilidade, a inconstância nos seus processos, de forma e evitar perdas. Os processos deverão ser simples e, esta simplificação deve ser alcançada através da menor quantidade de componentes dos produtos e pela redução de etapas dos fluxos de materiais e informações. Sabendo que tudo deve ser feito sem prejudicar a produção.

Como as mudanças geram desconforto para a maioria das pessoas, em relação aos conceitos de produção não é diferente. Passar do sistema tradicional para uma nova versão conceitual sobre como fazer, controlar e mudar a crença sobre o que é realmente importante, mudar paradigmas, é realmente um desafio.

De maneira geral, pode-se dizer que os problemas enfrentados, tanto na manufatura quanto na construção, são os mesmos. A falta da visão sistémica e os altos índices de desperdícios resultam nos altos custos, na baixa qualidade e nos atrasos na entrega dos produtos. Confrontando, assim, com o novo ambiente competitivo, mais exigente em termos de preço, prazo e qualidade em ambos os sectores.

Desde 1993, vem sendo feitos esforços de adequação, quando, a partir do trabalho pioneiro de Koskela (1992), formou-se o *International Group for Lean Construction* (IGLC), compreendendo assim, muitos investigadores e profissionais ligados à Construção *Lean*.

No campo teórico, a Construção *Lean* tem evoluído significativamente ao longo dos anos, com estudos que contemplam diferentes especialidades, que vão desde aspectos técnicos, que incluem o desenvolvimento de métodos de controlo da produção ao longo de todos os empreendimentos (Ballard e Howell, 1997), até aspectos político-sociais, como a identificação de barreiras para a introdução da Construção *Lean* (Hirota e Formoso, 2000) e a identificação de aspectos promotores da Construção *Lean*.

Já no campo prático, a difusão da construção *lean* ainda é limitado. Como são poucas as empresas de construção envolvidas no processo de implementação, os esforços estão voltados, em grande parte, para o desenvolvimento de ferramentas de controlo de produção. Pode-se citar o *Last Planner* como a ferramenta principal, que tem como objectivo principal planejar detalhadamente cada etapa da obra e verificar se o planeado foi realmente cumprido, a fim de reduzir a complexidade da construção (Ballard 2000a).

Apesar da aplicação dessas ferramentas demonstrarem bons resultados, a forma isolada e pontual como elas têm sido implementadas, além de limitar as possibilidades de melhorias ao longo do fluxo de valor, não se está necessariamente “atacando” os principais problemas e desperdícios da construção. Como resultado, a implementação da *Lean Construction* tem sido restrita, na medida em que se tem investido mais nos “pilares” que a “sustentam” do que na “base”, comprometendo a chegada ao “topo”.

Uma forma de propiciar a implementação mais sistémica da Construção *Lean*, para Picchi (2003), seria por meio da aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). O MFV é considerado a “abertura” para a implementação da Produção *Lean*, pois possibilita visualizar o processo produtivo como um todo e identificar os desperdícios existentes, mostrando onde realmente devem ser

encontradas melhorias. Assim, a implementação começa de “baixo para cima” e vai evoluindo ao longo do fluxo de valor.

4.9. PLANEAMENTO E CONTROLO

A indústria da construção tem sofrido nos últimos anos mudanças substanciais, provocadas, principalmente, pelo crescente grau de competição existente entre as empresas do sector. A globalização dos mercados, o crescente nível de exigência por parte dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos têm estimulado as empresas a elevar os níveis de desempenho, através de investimentos em gestão e tecnologia da produção. Assim, a função produção vem assumindo um papel cada vez mais estratégico na determinação do grau de competitividade das empresas de construção, assim como o sector como um todo.

Neste panorama, o processo de planeamento e controlo da produção passa a cumprir um papel fundamental nas empresas, à medida que o mesmo tem um forte impacto no desempenho da função produção. Inúmeros estudos realizados comprovam este facto, indicando que deficiências no planeamento e controlo estão entre as principais causas da baixa produtividade do sector, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos. Sendo o custo relativamente baixo do processo de planeamento e controlo da produção e o facto de que muitos profissionais têm consciência da sua importância, poucas são as empresas nas quais este processo é bem estruturado. Existem várias causas da falta de planeamento na indústria da construção. Os principais problemas enfrentados pelas empresas, são os apresentados:

I. Falta de visão de processo

O planeamento e controlo da produção normalmente não são considerados como uns processos de gestão, sendo confundidos como o trabalho isolado de um sector da empresa ou com a simples aplicação de técnicas para a concepção de planos. Os planos gerados sob estes processos carecem tanto de uma base de informações consistentes, quanto de procedimentos que garantam a disseminação das informações geradas aos seus usuários, num formato adequado e no tempo certo.

Várias são as actividades envolvidas no processo de planeamento e controlo da produção, incluindo a colecta e o processamento de dados, o envio de informações, a realização de reuniões, a elaboração de planos e a tomada de decisão. Sendo um processo de gestão, o planeamento deve ser adequadamente modelado, planeado e controlado.

II. Negligência da Incerteza

A incerteza é frequentemente negligenciada, sendo que muitas pessoas têm a falsa expectativa de eliminá-la através de um estudo detalhado das actividades e operações, já nas etapas iniciais do empreendimento. A incerteza é inerente ao processo de construção em função da variabilidade do produto e das condições locais, da natureza dos seus processos de produção, cujo ritmo é controlado pelo homem, e da própria falta de domínio das empresas sobre seus processos.

É comum a elaboração antecipada de planos de obra excessivamente detalhados, cuja actualização requer grande esforço. Em geral, quanto maior o prazo entre a elaboração de um plano e a sua execução, maior tende a ser o nível de incerteza existente. Logo, os planos que apresentam a combinação horizonte de longo prazo com alto grau de detalhe tendem a ser pouco eficazes. Por outro lado, o esforço despendido para a elaboração de tal tipo de plano, por vezes, é realizado em detrimento do esforço que poderia estar empregue na colecta e difusão de informações pertinentes aos horizontes

de médio e curto prazo, para os quais o nível de incerteza tende a ser menor. Isto não significa que se deve negligenciar o planeamento da produção nas fases iniciais do empreendimento. Ao contrário, nestas fases são tomadas decisões que proporcionam um impacto global no empreendimento, tais como definições de tecnologias a serem empregues, ritmo dos serviços previstos e plano de ataque à obra.

III. Informalidade do Planeamento

A execução da obra é guiada por um planeamento informal, realizado, de forma improvisada pelo mestre-de-obras ou pelo engenheiro responsável, que tem pouca relação com o planeamento formal realizado a nível tático.

Quando muito detalhados os planos táticos, tendem a se tornar rapidamente desactualizados, sendo por esta razão, ignorados pela equipa de gestão operacional.

A falta de um planeamento operacional formal e da vinculação deste aos demais níveis de planeamento resulta na falta de planos de alocação de materiais, equipamentos e mão-de-obra de médio e longo prazo, acarretando a utilização ineficiente desses recursos. De uma forma geral, a excessiva informalidade dificulta o estabelecimento de consistência entre diferentes níveis de planeamento, dificultando a comunicação entre os vários sectores da empresa.

Este facto reflecte a ênfase excessiva que é dada ao planeamento do empreendimento, em detrimento do planeamento e controlo da produção. Os planos táticos, geralmente, estabelecem algumas metas e limitam os momentos de execução das actividades, muitas vezes sem levar em conta alguns aspectos essenciais para a conquista dos objectivos, tais como a definição dos meios, o comprometimento das equipas, o cumprimento dos pré-requisitos e a gestão dos fluxos de trabalho e de materiais.

IV. Necessidade de Mudanças Comportamentais

A melhoria do processo de planeamento e controlo da produção envolve não só aspectos técnicos, mas também mudanças de carácter comportamental. Tais mudanças são necessárias para que haja um efectivo envolvimento dos agentes do processo de produção no processo de planeamento.

Podem ser destacadas duas principais barreiras para este envolvimento. A primeira delas refere-se à falta de percepção por parte dos directores de produção quanto aos benefícios do planeamento. É comum encontrar nestes profissionais uma cultura de “desenrasque”, ou seja, uma postura de tomar decisões rapidamente, apenas com base na sua experiência e intuição, sem o devido planeamento, uma vez que esta tarefa é considerada perda de tempo. Pela falta de planeamento, forma-se então, um círculo vicioso, já que passa a existir a necessidade de um profissional com o perfil “desenrascado”. A outra barreira refere-se à necessidade de trabalho em equipa. Em geral, a execução do planeamento necessita da participação de várias pessoas, incluindo um profissional com tempo disponível para processar os dados recolhidos e gerar planos de obra, o director de produção, que é o principal responsável por tomar decisões, mestre-de-obras, sub-empregueiros, equipa de suprimentos, entre outros. Se este trabalho em equipa não for devidamente gerido, dificilmente o processo de planeamento e controlo alcançará um estágio de consolidação.

4.10. PLANEAMENTO E CONTROLO DA PRODUÇÃO COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION

Os princípios da construção *lean* podem ser introduzidos nas empresas construtoras através de técnicas e ferramentas, e o planeamento e controlo da produção é uma delas.

Nos últimos anos, alguns importantes avanços no planeamento e controlo da produção (PCP) em empresas de construção têm sido apresentados pela literatura da área, principalmente através da aplicação do método *last planner* de controlo da produção. Segundo Ballard (2000), com esse método consegue-se criar uma janela de fiabilidade para o sistema de produção, que facilita a aprendizagem e contribui para estabilizar o sistema de produção. Este método foi proposto, inicialmente, por Ballard e Howell (1996) nos Estados Unidos tendo sido ampliado e refinado em inúmeros estudos de caso. Apesar do seu sucesso, existe a necessidade de mais estudos, que permitam o seu desenvolvimento de forma integrada a outros sistemas de controlo da empresa. Assim, pode melhorar-se a compreensão dos requisitos necessários para a sua implementação bem sucedida e consequentemente, para o aperfeiçoamento do método (Bulhões, 2003).

Bernardes (2001) apresenta uma proposta de planeamento e controlo da produção também baseada no método *last planner*. Este é dividido em três níveis de planeamento, com diferentes horizontes de tempo: o planeamento de curto prazo, tratado como operacional; planeamento de médio prazo, tratado como tático e o planeamento de longo prazo, tratado como estratégico.

Com essa divisão de níveis, o planeamento traz uma melhor definição das actividades, proporcionando melhor visão ao gerente e envolvidos, já que a capacidade humana de conservar informações é reduzida (Bernardes, 2001). O modelo proposto tem como principais finalidades:

- Fazer do PCP um processo de gestão e apresentar transparência no mesmo;
- Reduzir incertezas no processo de produção;
- Formalizar o planeamento para consultas e introduzir melhorias de produção ou na tomada de decisões;
- Melhorar a gestão;
- Facilitar o controlo.

Os fundamentos teóricos do planeamento e controlo da produção, ao contrário de muitos programas de melhoria, têm a sua base justamente alicerçada na aprendizagem. A tomada de decisão, o controlo e o planeamento são sempre realizados utilizando dados e indicadores colectados durante o processo anterior e visam, sempre, a melhoria. Baseados na aprendizagem, tentam entender os reais motivos de problemas ocorridos, para que não voltem a acontecer, mantendo assim, uma postura proactiva frente aos problemas (Bernardes, 2001).

A hierarquização do planeamento refere-se à maneira como as metas fixadas nos diferentes níveis de planos deve ser maior, à medida que se aproxima a data de execução da actividade (Bernardes, 2003), podendo ser colocado como uma forma de se reduzir o impacto da incerteza existente no ambiente produtivo.

4.10.1. PLANEAMENTO DE LONGO PRAZO

No planeamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período de construção e tem como objectivo a definição dos ritmos das actividades que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento, como a fase de execução da estrutura, a alvenaria e as instalações (Mendes Jr. e Heineck, 1998). Em função do fluxo de recursos financeiros, desenvolvido no estudo de viabilidade e da estimativa de custo, são dadas instruções para a coordenação dessas actividades (Tommelein e Ballard, 1997).

Outra importante decisão relacionada a esse nível de planeamento trata da definição da estratégia de ataque à obra. Com esse estudo, é estabelecido a sequência das actividades, eliminando-se as possíveis interferências entre equipas e propiciando a melhoria dos fluxos de materiais e mão-de-obra na obra. A

elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como PERT – CPM, a linha de balanço e os diafragmas de Gantt, nos quais estão especificadas informações a respeito do início e do fim das actividades, bem como a duração máxima necessária para a execução do empreendimento (Tommelein e Ballard, 1997; Mendes Jr. e Heineck, 1998).

4.10.2. PLANEAMENTO DE MÉDIO PRAZO

O planeamento de médio prazo, também denominado *lookahead planning*, tem como principal função o ajuste dos planos produzidos no planeamento de longo prazo. Esses ajustes devem contemplar a compatibilização entre os recursos disponíveis, a capacidade de produção das equipas e o cumprimento de prazos e custos (Ballard, 1997). Esse plano é considerado como um segundo nível de planeamento, o tático, que procura vincular as metas fixadas no plano mestre com aquelas designadas no curto prazo (Formoso et al., 1999).

Segundo Ballard (1997), o plano de médio prazo pode servir a outros propósitos:

- Modelar o fluxo de trabalho na melhor sequência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objectivos do empreendimento;
- Facilitar a identificação da carga de trabalho e dos recursos necessários, que atendam ao fluxo de trabalho estabelecido;
- Ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho definido;
- Possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados de forma que o método de trabalho seja planeado de maneira conjunta;
- Auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas de maneira conjunta entre as diferentes equipas de produção;
- Identificar o *stock* de pacotes de trabalho designados às equipas de produção.

O plano de médio prazo típico possui um horizonte de quatro semanas, contadas a partir da segunda semana, pois a primeira corresponde ao horizonte compreendido pelo plano de curto prazo (Bernardes, 2003).

4.10.3. PLANEAMENTO DE CURTO PRAZO

O planeamento de curto prazo é o nível no qual são tomadas as últimas decisões a respeito do fluxo de trabalho, tal como pequenos ajustes na sequência das equipas, em razão do cumprimento de tarefas antecedentes e da disponibilidade de recursos tanto de mão-de-obra quanto de materiais e equipamentos. Dessa forma, procura-se eliminar ou reduzir a influência de imprevistos que dificultam a execução completa das tarefas (Ballard e Howell, 1997).

Bernardes (2003), ao citar alguns desses autores, ressalta que aplicação conjunta do plano de curto prazo com o *lookahead* faz parte de um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação do sistema de controlo da produção *last planner*. O autor define esse sistema como uma filosofia que procura melhorar o desempenho do processo de planeamento e controlo da produção (PCP) por meio de medidas que protejam a produção contra os efeitos da incerteza.

Procura-se chegar a um consenso sobre a emissão de ordens de produção de qualidade, assim consideradas aquelas que obedecerem aos seguintes aspectos exigíveis par a operação:

- Boa definição de uma operação, de forma que se possam estabelecer parâmetros de medição e de controlo da qualidade;

- Sequência adequada no processo construtivo;
- Tamanho compatível com o período de planeamento, com a política de pagamento e com a questão motivacional (se a tarefa é muito grande, o operário desmotiva-se por não conseguir alcançar o seu término, nem associar o seu empenho com a quantidade de trabalho e a remuneração combinada);
- Possibilidade efectiva de ser executada, em função da disponibilidade de todos os recursos necessários à sua execução (Ballard, 2000).

A utilização dessa prática possibilita a minimização de refazer o trabalho no processo de preparação dos planos, visto que, para horizontes muito grandes, planos excessivamente detalhados estão mais sujeitos a erros e actualizações do que planos menos detalhados (Bernardes, 2003). O próprio estabelecimento de planos hierarquizados auxilia no controlo, visto que, pela hierarquização, para cada nível de gestão pode se concentrar no desenvolvimento de tarefas que possibilitem o cumprimento das metas fixadas.

A logística em obra aborda os fluxos físicos e os fluxos de informações, associados à execução de actividades. Um estaleiro bem planeado também auxilia a introdução dos princípios da *Lean Construction*.

4.11. CONCEITO DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Perda no sentido lato significa bens ou serviços consumidos de forma anormal e involuntária.

No caso da construção civil, perdas, segundo Formoso (2000), é definida como sendo sinónimo de entulho, tais como restos de madeira, argamassa, blocos e outros materiais, que não apresentam a possibilidade de serem reaproveitados. Entulho é sinónimo que um material foi consumido de forma anormal. Mas deve-se ampliar este conceito, pois tal como apresentado pode levar a conclusões precipitadas como, por exemplo, generalizar o conhecimento no sentido de se considerar uma obra sem entulho uma obra eficiente.

Ainda relativamente à questão dos níveis de perdas de uma empresa, na medida em que a mesma se torna mais competitiva, ela possui uma visão que procura a redução desses níveis. Ao passo que qualquer perda que a empresa venha a sofrer, ainda que em patamares baixos é considerado como inadequado para a mesma.

Os custos com perdas nesse caso, sendo estas visíveis ou mensuráveis, podem ser calculados sem grandes dificuldades, através da multiplicação da quantidade perdida (entulho) de cada material pelo seu valor unitário. Consequentemente, a determinação do custo das perdas de uma obra pode ser obtido a partir da soma dos custos das perdas de cada um dos materiais empregados na mesma.

A ampliação do conceito de perdas vem estruturada no modelo da *Lean Construction*, no qual tal conceito está fortemente associado à noção de agregar valor e não somente limitado ao consumo excessivo de materiais, ou seja, perda não significa somente o consumo excessivo de materiais, mas uma resposta à capacidade que um processo possui de não gerar valor. Assim, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender aos requisitos dos clientes internos e externos. No entanto, existe uma parcela de actividades que não agregam valor ao processo produtivo, mas que não podem ser eliminadas a não ser por uma mudança no método de trabalho, no patamar de desenvolvimento tecnológico e de gestão da empresa.

Nesse contexto Formoso (2000) classifica as perdas da seguinte forma:

- Perdas inevitáveis (naturais): correspondem a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para a sua redução é maior que a economia gerada.
- Perdas evitáveis: acontecem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção.

4.12. OS 7 DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO

Anteriormente neste trabalho, foram apresentados os desperdícios que o engenheiro da Toyota, Taichhi Ohno atribui ao processo produtivo, e que deveriam ser evitados ao máximo na óptica da *Lean Production*.

Depois de caracterizados os conceitos e princípios da *Lean Construction*, adaptação da filosofia *Lean* à indústria da construção civil, serão apresentados exemplos dos 7 desperdícios nesta mesma indústria.

O primeiro dos desperdícios apontados por Ohno, o excesso de produção ou superprodução, é a mais danosa, pois ela esconde outras perdas e é a mais difícil de eliminar.

No âmbito da construção esta perda pode ser encarado de formas diferentes mas que constituem igualmente desperdícios. Esta perda pode ser analisada segundo dois pontos de vista: perda por se produzir demais (superprodução por quantidade) ou por se produzir antecipadamente (superprodução por antecipação). Em seguida apresento um exemplo do ponto de vista dos materiais: se os fornecedores produzirem mais do que o requisitado pelas empresas de construção, isso constitui um desperdício, de tempo, de espaço, de matérias-primas e de transporte. Num nível mais global, tudo o que é construído ou requisitado sem ser necessário, ou sem certezas que está de acordo com aquilo que o mercado quer, terá pouca perspectiva de venda, constituindo um desperdício.

Em Portugal, existem diversas habitações desocupadas, resultado de excessiva construção nova face às necessidades do mercado português, o que representa sem dúvida um excesso de produção, que leva à especulação e por sua vez à desactualização dos edifícios construídos, uma vez que a construção se tornou bastante dinâmica no surgimento de novos materiais, design dos imóveis entre outros factores.

O segundo desperdício, excesso de inventário, é uma consequência do primeiro, e aplica-se principalmente ao caso de excesso de materiais. Facilmente se percebe que quando os fornecedores excedem a produção necessária para a obra em questão, esta tem que ser armazenada, desperdiçando espaço útil e valioso.

Quanto aos defeitos, estes podem ocorrer a vários níveis. Praticamente todos os materiais são passíveis de terem defeitos, pelo que é necessário proceder-se a uma verificação quando são entregues; os equipamentos usados também podem comprometer a produção se for necessária a sua paragem devido a defeito ou mesmo a uma má execução da tarefa se o problema não for identificado com tempo.

No que diz respeito aos elementos de uma obra de construção, como vigas, pilares, lajes etc. qualquer um pode ter defeitos, que tanto podem ser consequência de problemas dos materiais usados como da forma como foram executados, ou seja de erros no processo construtivo. Por exemplo, uma viga que apresenta elevada fendilhação devido à qualidade do betão, ou devido a uma incorrecta betonagem.

Infelizmente, se os defeitos apenas forem detectados já no final da obra, com a construção edificada ela será entregue como esses mesmos defeitos, o que além de provocar um desperdício, será muito mais difícil e dispendiosa a sua reparação, correndo-se o risco do cliente reclamar.

Os movimentos desnecessários constituem também uma perda que na construção que podem ocorrer, por exemplo, no caso de uma má distribuição dos meios no estaleiro. Por isso este arranjo físico no estaleiro deve ser pensado e estudado, da forma como se monta o estaleiro para um trabalho eficiente, evitando que os trabalhadores se desloquem mais do que o necessário desperdiçando tempo útil e recursos.

O quinto desperdício apontado refere-se aos processos que não acrescentam valor, como inspecções ou a repetição dos trabalhos. Na construção é necessário inspecionar equipamentos, materiais e a própria execução das tarefas, isto pode ser amenizado com o uso de, *check-lists*. A repetição dos trabalhos ocorre quando, por exemplo, uma betonagem foi mal executada e os operários tem de a repetir e também demolir o elemento mal betonado.

A espera é também uma forma de desperdício bastante patente na construção, engenheiros esperam por informação de colegas, trabalhadores esperam por fim de tarefas a que possam dar continuidade, manobreadores esperam por máquinas que estão a ser utilizadas, muitas vezes espera-se por material. Ou seja, a espera é um factor presente em várias actividades de uma obra, mas que em vez de ser encarada como normal, deverá ser reduzida ao máximo, através de um bom planeamento, de uso do *just-in-time* e de planos de recurso para imprevistos.

Por fim, existe um desperdício de transporte que é facilmente identificado na construção. Qualquer camião que transporte menos do que a sua capacidade, ou faça o trajecto por outro caminho que não o mais curto é desperdício. As cargas de material ou terras devem ser de acordo com os meios disponíveis para a sua movimentação.

Para além disso, Koskela (2004) sugere um novo desperdício para além dos sete tradicionais do *lean thinking*. Trata-se de uma originalidade que têm muito a ver com o desenvolvimento que a *Lean Construction* tem tido. Este desperdício está relacionado com as situações em que uma tarefa é iniciada sem todos os *inputs* necessários ou mesmo se a sua execução prossegue na ausência de uma dessas contribuições chave. A este desperdício o investigador chamou-lhe de *making-do*, e considera que este é provavelmente um dos mais frequentes da indústria da construção pois a visão tradicional claramente negligencia-o.

4.13. FERRAMENTAS DA LEAN CONSTRUCTION

Não há qualquer novidade em afirmar que as “novas” condições concorrenciais que se abateram sobre o mercado mundial, sobretudo na fase em que vivemos numa crise económica profunda, impuseram severas restrições aos ganhos decorrentes da produção. Contudo, deve ser dito que as dificuldades que o sector tem passado foram uma das causas fundamentais para que emergisse esta nova filosofia na construção, como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gestão e planeamento da produção.

A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Esta passou a ser a base sobre a qual está estruturado todo o sistema da *Lean Construction*.

Surgiram naturalmente as ferramentas que orientam esta nova filosofia com base na *Lean Thinking*, que foram por sua vez adaptadas ao sector da construção civil.

As principais ferramentas da *Lean Construction* são basicamente técnicas simples, mas extremamente eficientes para proporcionar os resultados esperados. A análise seguinte prende-se com a exposição e explicação destas ferramentas no âmbito do sector da construção, com o intuito de agregar valor ao produto consistindo, basicamente, na melhor alocação dos recursos de produção disponíveis,

qualificação da mão-de-obra, redução dos *stocks* e racionalização do tempo, que contribuem para a redução dos custos.

4.13.1. MFV – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Esta ferramenta está associada ao fluxo de valor de um produto, ou seja, ao conjunto de procedimentos que levam à produção de algo, e pretende-se que com ela, este fluxo consiga ser isento de desperdícios e ininterrupto. É uma metodologia que permite identificar e desenhar os fluxos de informação, dos processos e dos materiais ao longo de toda a cadeia de abastecimento, desde os fornecedores de matérias-primas até à entrega do produto ao cliente.

Existem dois tipos de fluxo dentro de uma organização: fluxo de projecto que vai desde a idealização do produto até à comercialização do mesmo e o fluxo de produção que engloba o fluxo de material e informações desde os fornecedores até ao cliente final. É neste segundo tipo de fluxo que se usa o mapeamento, esta ferramenta fornece uma visão global de todas as etapas pelas quais o produto passa dentro da empresa até ao consumidor, em termos de fluxos físicos e de informação, o que permite identificar as etapas que podem originar desperdícios e interrupções.

O mapeamento pretende ser uma ferramenta que permite visualizar os fluxos de materiais e da informação, facilitar a identificação e a eliminação de desperdícios e das suas fontes, identificar as acções de melhoria ao nível dos centros de produção e do fluxo de valor e criar uma linguagem comum de avaliação dos processos.

Esta ferramenta apresenta os seguintes benefícios: clarificar a dependência dos processos; identificar as oportunidades para aplicar as adequadas ferramentas *lean*; melhorar a compreensão de sistemas complexos; e dar primazia às acções de melhoria.

Existem três tipos de MFV: o de produção das matérias-primas ao cliente; o de concepção que vai desde o conceito ao lançamento do produto; e o administrativo desde a recepção da encomenda à expedição.

O plano de realização do MFV divide-se, basicamente, em 4 etapas:

- **Seleccionar o tipo de mapa e o “alvo”** (família de produtos), uma vez que seria difícil “mapear” todos os produtos produzidos pela empresa. A escolha de produtos deve ter em conta a importância e valor do produto para o consumidor, assim como a semelhança de processos produtivos, deste modo uma família de produtos deve ser constituída por produtos que usem tecnologias e processos de produção semelhantes.
- **Construir o mapa do estado actual**, isto é, como a empresa se encontra no momento. A primeira representação deve ser o cliente, seguindo-se a adição dos processos. O seguinte passo será a representação dos fornecedores através de uma ou duas matérias-primas principais, a que se segue o tratamento do fluxo de informação. O último passo será acrescentar os *lead times* de cada etapa.
- **Conceber o mapa do estado futuro**, ou seja o que se pretende que a empresa seja no futuro, através da eliminação dos desperdícios encontrados no estado actual (*base line*). Neste mapa analisa-se e escolhe-se as ferramentas *lean* que posteriormente serão implementadas.
- **Definir o plano de trabalhos**, dividido em etapas, as quais devem ter objectivos, metas e datas necessárias para se atingir no máximo possível o estado pretendido no ponto anterior.

O MFV é, basicamente, uma ferramenta de planeamento que serve para identificar desperdícios, conceber soluções para os eliminar e comunicar os conceitos *lean*.

4.13.2. TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A TPM, em inglês *Total Productivity Maintenance*, é o conjunto de estratégias destinadas a criar no pessoal da produção o sentimento de posse dos seus equipamentos e à realização da manutenção autónoma. Isto é, eliminar todos os desperdícios que as máquinas, usadas na produção de algum produto podem provocar.

Muitos dos conceitos subjacentes às metodologias *Lean*, como a produção puxada e o trabalho padronizado partem do princípio que os equipamentos estão em perfeitas condições e disponíveis para serem utilizados. Assim, o TPM combina a manutenção preventiva com conceitos da gestão da qualidade envolvendo todos os empregados, cria uma cultura onde os operadores desenvolvem o sentimento de posse dos seus equipamentos em parceria com as funções de manutenção e assegura que os sistemas produtivos operam sempre adequada e eficazmente.

Esta ferramenta associada à produção em fluxo parece ser essencial para a aplicação da *Lean Construction*, uma vez que é sabido que na indústria da construção são diversos os equipamentos utilizados nas várias fases da obra. Pode-se enumerar seis grandes perdas para os equipamentos: falha/avaria do equipamento leva a paragens que por sua vez reduz o tempo disponível para produzir assim como as perdas de tempo para mudanças e ajustes (setup) provocando falhas de disponibilidade; espera ou pequenas paragens devidas a outras etapas do processo, a montante ou a jusante; redução de velocidade/cadência relativamente ao originalmente planeado originando uma redução da eficiência do equipamento; defeitos no processo (qualidade do produto) e redução de eficiência no arranque e mudança de produto causando défices na qualidade do executado.

Para que ocorra uma implementação com sucesso deste sistema deve-se ter em conta os cinco princípios chave do TPM.

- Maximizar a eficácia global do equipamento;
- Estabelecer um completo sistema de manutenção preventiva dos equipamentos durante todo o seu ciclo de vida;
- Implementação conjuntamente pela direcção, produção, manutenção e engenharia (o TPM é transversal à estrutura funcional da empresa);
- Implementação baseada em actividades de pequenos grupos.

Com a aplicação destes princípios pode-se obter benefícios na maior duração dos equipamentos, tornando-se mais rápido o retorno do investimento efectuado para a aquisição dos equipamentos, aproximando-se desta forma ao objectivo primordial para as empresas, que consiste, na eliminação dos defeitos/avarias/acidentes, consequentemente, a eliminação de todos os desperdícios inerentes a estes factores.

Assim facilmente se constata a necessidade de manutenção dos equipamentos, o registo de avarias ou falhas de modo a serem futuramente evitadas, e o planeamento de recursos no caso de falha deve ser primordial. A eficácia global do equipamento é maximizada pelos esforços em reduzir ou eliminar as seis grandes perdas relacionadas com o equipamento.

4.13.3. KANBAN

O sistema *Kanban* em japonês significa cartão (ou registo visível), e na prática é um sistema de identificação de peças e equipamentos necessários para executar uma tarefa, esta é uma ferramenta que permite programar e controlar a produção e os *stocks*. O *kanban* é usado para regular o fluxo de

materiais na fábrica; informações ou fluxos de actividades de projectos; o fluxo de materiais entre fornecedores e clientes.

Para Monden (1984), *kanban* é um sistema informativo que controla de forma harmoniosa as quantidades de produção em todos os processos. Ele é dividido em dois tipos:

- **Kanban de Requisição:** este modelo de *kanban* detalha a quantidade que o processo subsequente deve retirar;
- **Kanban de Ordem:** este modelo de *kanban* detalha a quantidade que o processo deve produzir.

O principal objectivo do *kanban* é fornecer as informações necessárias de retirada de materiais permitidas para se produzir as quantidades previstas a fim de eliminar desperdícios e atingir a produção *just-in-time*.

Esta ferramenta é um dos meios que recorre à produção puxada, ou seja, o ritmo de produção é determinado pela circulação de *kanban's*, o qual por sua vez é determinado pelo consumo de produtos.

É importante saber que a abordagem a este sistema nem sempre é de aplicação garantida. Existem por vezes contra-indicações ao seu uso (centros de trabalho dedicados a uma única operação, operações não balanceadas, processos de produção com grandes lotes). Para se tomar uma decisão correcta deve ter-se em consideração o tipo e dimensão da empresa, os recursos, estrutura e condições de mercado, variedade de produtos, e o grau de desenvolvimento *Lean* na empresa.

Os principais objectivos desta ferramenta são:

- Regular internamente as flutuações da procura e o volume de produção dos postos de trabalho a fim de evitar a transmissão e ampliação dessas flutuações;
- Minimizar as flutuações do *stock* de fabricação com o objectivo de melhorar a gestão (a sua meta é o *stock zero*);
- Descentralizar a gestão da fábrica de forma a melhorar o nível de gestão, criando condições para que as chefias directas desempenhem um papel de gestão efectiva da produção e dos *stocks* em curso de produção;
- Regular as flutuações do *stock* de fabricação entre os postos de trabalho devido a diferenças de capacidade entre estes;
- Produzir a quantidade solicitada no momento em que é solicitado.

Para que o método *kanban* atinja o seu grau de eficiência máximo é preciso obedecer a regras básicas de funcionamento:

- Movimentar um *kanban* apenas quando o lote de material que ele representa é consumido.
- Não é permitida a retirada de materiais sem *kanban*.
- A quantidade de peças abastecidas ao processo seguinte será exactamente a especificada no *kanban*.
- O *kanban* deverá estar sempre ligado fisicamente ao produto.
- O processo precedente deverá produzir sempre o produto na quantidade retirada pelo processo seguinte.
- As peças defeituosas nunca deverão ser encaminhadas para o processo seguinte.
- Processar os *kanban's* em todos os centros de trabalho, segundo a ordem de chegada.

Na construção civil, o uso do Sistema de Produção Toyota é percebido com frequência pelo uso do *kanban*. Nos estaleiros de obra o *kanban* não é executado de forma totalmente coerente com a sua definição. O *kanban* que existe é um modelo similar que busca atingir as mesmas metas. O grande

diferencial é que este *kanban* gera um *stock* mínimo nas frentes de trabalho, o que contraria a filosofia do *just-in-time*.

O *kanban* pode ser utilizado tanto dentro de um estaleiro de obra, como entre os fornecedores de materiais e a obra. Dentro do estaleiro, poder-se-á ter um quadro *kanban*, onde estão definidos os materiais em questão e onde os trabalhadores colocam os cartões segundo o procedimento acima descrito, assim, por exemplo, quando uma equipa souber que o *stock* de pregos, cimento ou qualquer outro material está a acabar, ele sinalizará essa necessidade e o responsável pelas encomendas de material procederá ao pedido. Claro que será necessário algum tempo de experiência do processo, mesmo porque seria preciso saber o tempo de entrega dos materiais para saber quando os requisitar.

Os cartões *kanban* podem ter várias informações e forma de apresentação, dependendo das empresas, mas é fundamental que todos possuam a referência da peça fabricada e da operação, a capacidade do contentor, a indicação do posto de trabalho a montante e jusante e o número de *kanbans* em circulação com a mesma referência.

Reunidas as condições, a aplicação de *kanban* apresenta algumas vantagens tais como: possibilita uma rápida e eficiente circulação de informação referente aos problemas da fábrica (avarias, produtos defeituosos, etc.) entre os postos de trabalho pois cria-se um fluxo de trabalho bem definido e de grande interdependência; melhora a adaptação da produção à procura, visto que o tempo de reacção a uma modificação eventual dos requisitos é muito curto porque apenas se produz para corresponder à procura; melhora significativamente o serviço aos clientes, o que normalmente se traduz por uma diminuição dos prazos de entrega; possibilita uma diminuição dos *stocks* (é um dos seus principais objectivos) e, conseqüentemente, gera uma libertação de espaços na fábrica, uma melhor arrumação das áreas de trabalho, maior facilidade na gestão de *stocks* e uma reacção mais rápida a alterações; é uma ferramenta prática pois elimina o uso de papéis e melhora a produtividade dos trabalhadores.

Esta ferramenta exige pré-requisitos para a sua implementação. A produção deve ser repetitiva e em pequenos lotes, e o *kanban* deve ser aplicado em sistemas de produção balanceada. Para que este método seja eficaz também é necessário que os trabalhadores estejam familiarizados com o procedimento, que exista boa comunicação entre fornecedores e clientes e um bom arranjo do local de trabalho.

4.13.4. *JIDOKA* – QUALIDADE NA ORIGEM

O conceito de *jidoka* prende-se com a ideia de controlar a qualidade na fonte. Esta é uma filosofia da qualidade que coloca a responsabilidade de alcançar as especificações do cliente e as normas em cada ponto de produção.

Segundo Taichi Ohno, *jidoka* pode ser entendido como “*facultar ao operador ou à máquina a autonomia de paralisar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade*”. Ainda que o *jidoka* esteja frequentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, *jidoka* é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anomalia for detectada.

A ideia central é corrigir os erros o mais cedo possível (o mais a montante possível), incluindo na fase de concepção e projecto, pois os defeitos são desperdício que aumentam de magnitude à medida que o produto se move ao longo do fluxo de valor. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua chefia. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paragens da linha.

Os princípios subjacentes a esta ferramenta aplicados na produção são:

- Definir os critérios de aceitar/rejeitar o produto em cada etapa.
- Os subordinados devem ser treinados na aplicação desses critérios, bem como partilhá-los com os seus colegas de trabalho.
- Os subordinados devem ser treinados em métodos de refazer o trabalho. É muito importante que, os funcionários sejam os responsáveis por corrigir os produtos por si produzidos.
- Os empregados devem ser instruídos nos conceitos, inculcando-lhes a ideia que isso representa uma mudança fundamental no seu papel no processo produtivo.
- A correcção dos trabalhos defeituosos deve ser gerida internamente pela equipa de trabalho, sem papéis e sem apoio externo.

A abordagem para a aplicação desta ferramenta deve proporcionar que os operários auto-inspecionem o seu trabalho, bem como inspecionem os produtos resultantes dos processos anteriores. A instalação de dispositivos *Poka-Yoke* (à prova de erro) é muito importante nos processos produtivos e nos próprios produtos.

Os conceitos de qualidade na origem são baseados num cenário ideal teórico. Contudo, aplicando estes conceitos e princípios podem obter-se grandes melhorias da qualidade.

4.13.5. POKA-YOKE – QUALIDADE NA FONTE

O segundo componente do pilar *jidoka* é o dispositivo *poka-yoke*. O *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de erros que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma actividade. O *poka-yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação, colocando a responsabilidade de prevenir os defeitos na própria concepção do produto e/ou no seu processo de produção.

Os dispositivos *poka-yoke* são a maneira pela qual o conceito do *jidoka* é colocado em prática. A aplicação dos dispositivos *poka-yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do *jidoka*.

Originalmente foi chamado de *baka-yoke* (à prova de tolos), mas em 1963, uma trabalhadora da Arakawa Body Company, recusou-se a usar o mecanismo na sua área de trabalho devido ao termo ter uma conotação ofensiva. Assim o termo foi alterado para o actual *poka-yoke* (à prova de erros). Este dispositivo em si, não é um sistema de inspecção, segundo Shingo (1996), mas um método de detectar defeitos ou erros que pode ser utilizado para satisfazer uma determinada função de inspecção. O *poka-yoke* pode ser usado de duas maneiras para evitar os erros:

- **Método de Controlo:** quando o *poka-yoke* é activado, a máquina ou linha de processamento pára, de forma que o problema pode ser corrigido. O método de controlo pode ser dividido em três subtipos: método de contacto, método de conjunto e método de etapas. Enquanto o método de contacto identifica os defeitos em função da existência ou não de contacto entre o dispositivo e alguma característica ligada a forma ou dimensão do produto, o método de conjunto determina se um dado número de actividades previstas são executadas. O método das etapas determina se todos os processos operacionais estabelecidos por um procedimento são seguidos. Conforme Shingo (1996), o *poka-yoke* de controlo é o mais eficiente na maioria dos casos.

- **Método de Advertência:** quando o *poka-yoke* é activado, um alarme soa, ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador. Este método é normalmente recomendado quando a frequência do defeito é baixa e quando ele pode ser corrigido.

A escolha do método de *poka-yoke* deve ser feita com base no custo/benefício.

Na concepção de um produto tem-se uma abordagem de que todos os componentes são estudados de forma a não requererem inspecção de qualidade e são criados dispositivos e métodos que impeçam a ocorrência de erros no processo produtivo.

É notório que esta ferramenta é de maior utilidade em indústrias da manufactura como a automóvel, onde foi criada, devido ao recurso a muitos processos padronizados e linhas de montagem.

4.13.6. KAISEN – MELHORIA CONTÍNUA

Kaizen é uma palavra japonesa que tem como origem as palavras *Kai* (Mudar) e *Zen* (Melhor), ou seja, *Melhoria Contínua*. Este conceito baseia-se no facto de que nada está bom, apenas ficou melhor.

O terceiro componente da base sobre a qual estão assentes os pilares do TPS é o *kaizen*. *Kaizen* é a melhoria incremental e contínua de uma actividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), de forma a agregar mais valor ao produto/serviço com um mínimo de investimento.

No Sistema de Produção Toyota, qualquer proposta de melhoramento em qualquer hora é bem vinda e estudada, procurando implementá-la da maneira mais rápida possível. O conceito de *kaizen* é tão forte, que existe uma história que é uma analogia ao *kaizen*. O Tesouro de Bresa é a história de um alfaiate pobre na procura por um tesouro descrito em um livro. Para conseguir desvendar os segredos do livro, o alfaiate teve que passar por um processo de melhoria contínua, aprendendo cada vez mais coisas que não sabia, para alcançar o sonho Tesouro de Bresa. No final da história o alfaiate que já não é mais alfaiate, e sim um assessor do rei, descobre que o tesouro não existe como imaginava. O Tesouro de Bresa é o conhecimento que ele adquiriu na sua procura. Na teoria a principal estratégia do *kaizen* é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito em algum lugar da empresa. Um dos principais motivos do sucesso do TPS é a aplicação do princípio do *kaizen*.

4.13.7. TAKT-TIME

O *takt-time*, é uma palavra alemã que significa ritmo/compasso, é o tempo disponível para a produção dividido pela procura do mercado. Esta ferramenta organiza o modo como a matéria-prima avança pelos processos, e seu objectivo é alinhar a produção à procura com precisão, ordenando o ritmo do sistema. Numericamente é o resultado da razão entre o tempo disponível para produção e o número de unidades a serem produzidas.

O *takt-time* para a construção pode ser entendido como o ritmo exacto a que a produção necessita ser realizada para a execução de actividades, segundo o planeamento das acções futuras a serem realizadas no processo de produção.

Durante os processos de produção, na ocorrência de problemas de qualidade, as rotinas de operação padrão são montadas de maneira que o avanço da produção seja de acordo com o *takt-time*, ou seja, no planeamento do *takt-time* considera-se que mesmo com a imediata correcção do defeito, não se irá influenciar no fluxo da produção. O *takt-time* funciona de forma conjunta com o conceito de automação, que propõe a paragem da linha de produção, por qualquer operário, na detecção de algum problema. Neste caso o problema será avaliado por um supervisor e ele fará a avaliação se o problema

poderá ser corrigido dentro do *takt-time*. Assim como o *kanban*, o *takt-time* está directamente relacionado à gestão do sistema de produção tendo como foco a função do processo.

4.13.8. HEIJUNKA – NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO

O nivelamento da produção, também conhecido como *heijunka*, consiste em fazer a programação da produção através da organização em sequência de pedidos em um padrão repetitivo de curta duração, mas que está relacionado à procura no longo prazo. A programação nivelada permite a produção constante de itens diferentes, de forma a garantir um fluxo contínuo, nivelando também a procura dos recursos de produção. Segundo Ohno (1997) numa linha de produção, as flutuações no fluxo do produto fazem aumentar o desperdício. Isto dá-se porque equipamento, operários, inventários, e outros elementos exigidos para a produção estejam sempre preparados para um extremo.

As vantagens do nivelamento de produção são:

- Diminuição de *stocks*;
- Menor ocupação dos armazéns;
- Permite fabricar ao mesmo tempo grandes quantidades de produtos diferentes.

4.13.9. 5S – CINCO S

O método 5S foi base na implantação do Sistema de Qualidade Total nas empresas do Japão com rigorosas técnicas de produção. Surgiu nas décadas de 50 e 60, após a Segunda Guerra Mundial, quando o país vivia a chamada crise de competitividade. Foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, visando melhorar a organização dos ambientes de trabalho, graças à mudança de atitude das pessoas ao seguirem os cinco passos recomendados pelo programa.

Esta ferramenta de apoio à melhoria dos processos e métodos de trabalho promove um espírito de rigor, disciplina e organização no posto de trabalho.

O nome 5S deriva de 5 palavras do idioma japonês, iniciadas com a letra S e que designam cada um dos princípios a serem adoptados. O seu principal objectivo é a organização do local do trabalho e a padronização dos processos de trabalho, de maneira a torná-los efectivos. Os 5 Sensos são:

- 1ºS – Seiri (Senso de Utilização) – consiste em separar o útil do inútil eliminando o desnecessário.
- 2ºS – Seiton (Senso de Organização) – consiste em identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente. Este senso prende-se com a minimização do tempo de procura dos objectos necessários para a execução do trabalho por isso deve-se: organizar os locais de trabalho; ter um lugar específico para cada objecto e cada objecto no seu lugar; todos os materiais, ferramentas e utensílios e as respectivas localizações devem ser claramente identificadas; a acessibilidade deve ser escolhida em função da frequência da utilização; deve-se evitar a partilha de ferramentas de trabalho.
- 3ºS – Seiso (Senso de Limpeza) – consiste em limpar os locais de trabalho, ferramentas e equipamentos, eliminando as causas da sujidade e aprendendo a não sujar. É essencial pois permite uma verificação mais efectiva do estado dos equipamentos e esta preocupação de limpeza é uma forma para que os trabalhadores tenham orgulho na sua empresa.
- 4ºS – Seiketsu (Senso de Normalização) – estabelecer normas e instruções escritas aos trabalhadores para manter a ordem e a limpeza.

- 5ºS – Shitsuke (Senso de Autodisciplina) – consiste em fazer dessas atitudes, ou seja, um hábito, transformando os 5S num modo de vida. Estas normas devem ser atingidas através do treino, empenho e disciplina do indivíduo.

As principais ideias do Método 5S:

- Se um indivíduo sabe e não faz, é como se ele não soubesse.
- Os três primeiros 5S, ou seja, as 3 primeiras fases são a base para o sucesso da implantação do programa.
- Ordenar é identificar.
- O ambiente mais limpo não é o que mais se limpa, e sim o que menos se suja.
- Organização do pessoal reflecte organização do ambiente.
- Todo o trabalho tem de ser feito em equipa.
- A tolerância também é uma ferramenta de trabalho, desde que usada na medida certa.

Os benefícios da utilização desta ferramenta são vários: cria um sentimento de posse do local de trabalho pelos operários; a criação de um ambiente de trabalho mais limpo, agradável e seguro contribuindo para que todos se sintam melhor nos seus postos de trabalho elevando por sua vez a moral; a possibilidade de eliminar diversos desperdícios como materiais a mais, tempo de procura de materiais ou excesso de espaço ocupado; aumenta a segurança e as condições de higiene e saúde; facilita e melhora a manutenção e produtividade; permite que a empresa esteja sempre pronta para as visitas dos clientes promovendo o negócio.

4.13.10. *ANDON* – GESTÃO VISUAL

É popular o ditado que diz que “uma imagem vale mais do que mil palavras”. *Andon* é um quadro que indica controlos de produção, como acompanhamento e metas, e indicadores de desempenho de funcionários e terceiros. A melhor definição é que *andon* é um sistema de controlo visual de acompanhamento de fluxo de trabalho.

Com esta ferramenta pretende-se facultar a informação sobre os processos de produção, instruções de manutenção ou actividades básicas diárias num formato visual, afixada nos locais onde é necessária.

Deste modo, os desenhos de projecto, procedimentos de trabalho, calendarização de actividades devem estar visíveis aos trabalhadores para que estes possam ter a noção do ponto em que se encontram, se estão a cumprir o planeado, se há necessidade de maior celeridade nos processos.

A informação contida nestes painéis informativos deve ser clara e de fácil interpretação. As vantagens apresentadas por este sistema são: facilitar a comunicação entre equipas de trabalho; permite respostas rápidas às anomalias; reduzir erros; maior autonomia dos operadores e pessoal da manutenção e mudar a cultura de trabalho criando um ambiente dinâmico e de melhoria contínua.

A abordagem para uma gestão visual eficiente deve ser implantada através da afixação dos dados de desempenho e os objectivos em locais de grande visibilidade, contudo, os objectivos deverão ser discutidos bem como dadas razões pelas quais esses objectivos são alcançáveis.

Em suma, a gestão visual é uma potente ferramenta de longo prazo de apoio ao *Lean*, porém, deverá utilizar-se quer para melhorar quer para manter o desempenho, mas nunca como meio de “exibição”.

4.13.11. TRABALHO PADRONIZADO

Os pilares do TPS, *JIT* e *Jidoka*, estão assentes sobre uma base formada pelo *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua). O primeiro desses elementos – a operação padronizada – pode ser definido como um método efectivo e organizado de produzir sem perdas.

Tendo em conta as características singulares da construção onde se verifica uma grande variabilidade das actividades que estão envolvidas neste sector e a diversidade de empreendimentos sempre distintos entre si, parece descabida a ideia de padronização associada à construção civil. No entanto existem várias formas de encarar o conceito de padronização, não querendo este supor uma repetição de projectos em vários empreendimentos, nem uma constância de procedimentos entre as diversas obras. Não existem por isso obras padrão também no âmbito da *Lean Construction*.

A padronização pode então ser usada, na indústria da construção civil, como elemento redutor de improvisações, regulador das relações de interdependência entre serviços e otimizador das actividades desenvolvidas, tendo especial impacto na redução de desperdícios.

É através da padronização que os projectistas podem definir em fase de projecto um aproveitamento maximizado, através da modelação do ambiente em função das dimensões dos materiais a serem empregues. Os fabricantes, por sua vez, podem ordenar os seus processos de produção definindo um padrão para o seu produto que siga as disposições das normas técnicas, assegurando ao construtor que os produtos especificados no projecto podem ser efectivamente encontrados no mercado. Os responsáveis pela execução de serviços na obra necessitam da padronização das actividades alinhadas com as diversas etapas construtivas e com o projecto.

A padronização resulta, numa obra, num maior nível de precisão e menor nível de desperdícios. É altamente recomendável a utilização de ajudas visuais nos trabalhos padronizados.

4.13.12. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

Troca rápida de ferramentas é um método de otimizar a produção, utilizado para analisar e reduzir significativamente o tempo de trocas e ajustes entre produções diferentes. Conforme Ohno (1997), anteriormente na Toyota as trocas de ferramentas como fresas e brocas duravam horas e eram realizadas sempre durante o intervalo de almoço ou à noite. Como as fresas eram trocadas a cada 50 itens, com o aumento da produção elas deveriam ser trocadas mais vezes durante o dia, no horário de trabalho. Perdia-se horas de trabalho simplesmente trocando as ferramentas, então Taiichi Ohno resolveu implementar a ideia de Shigeo Shingo, a troca rápida de ferramentas em menos de dez minutos. Com o objectivo de reduzir o tempo de preparação de equipamentos, esta troca de ferramentas é uma metodologia que possibilita a produção económica em pequenos lotes, minimizando os períodos não produtivos. São técnicas que visam o trabalho em equipa e a proposição de métodos criativos na melhoria dos processos. Poucos anos depois da implementação desta ferramenta, a Toyota fazia estas trocas em segundos, o que aumentou muito a produtividade efectiva da empresa.

4.13.13. CINCO VEZES PORQUÊ

Na ocorrência de um problema repetindo porquê cinco vezes pode-se identificar a raiz do problema. O exemplo que Ohno (1997) usa é o seguinte:

Suponhamos que uma máquina parou de funcionar.

1. Porque a máquina parou?

Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.

2. Porque houve uma sobrecarga?

Porque o equipamento não estava suficientemente lubrificado.

3. Porque não estava suficientemente lubrificado?

Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando o suficiente.

4. Porque não estava bombeando o suficiente?

Porque o eixo da bomba estava gasto e solto.

5. Por que o eixo estava gasto?

Porque não havia um o-ring acoplado e entrava limalha.

Se não utilizasse esta ferramenta neste caso, provavelmente só trocariam o fusível, e brevemente o problema ocorreria novamente. Um dos principais motivos da evolução do TPS foi à utilização desta ferramenta. Cada problema que surgia no desenvolvimento do sistema, fazia-se os cinco porquês, e logo encontravam a verdadeira causa do problema. Cinco Vezes Porquê é uma metáfora, pois as raízes dos problemas de forma geral podem ser encontradas em duas ou vinte perguntas, onde o importante é encontrar uma explicação para o evento de modo que ele não se repita.

4.13.14. 5W2H

Shingo (1996) destaca a importância do tratamento pelas causas reais dos problemas e perdas. Aliado a ferramenta das repetições dos cinco porquês, o 5W2H, originalmente 5W1H, é uma espécie de check-list utilizado para garantir que a operação de procura dos problemas seja eficaz. Os 5 W correspondem às seguintes palavras do inglês: *What* (o quê), *Who* (quem), *When* (quando), *Where* (onde) e finalmente *Why* (porquê). Os 2 H correspondem a *How* (como) e *How Much* (quanto custa).

4.13.15. SISTEMA NAGARA

O nome *nagara* vem de uma expressão japonesa que indica a simultaneidade de duas acções. Esta ferramenta consiste no aumento da produtividade a partir da execução de duas ou mais actividades com um único movimento, isto é, através do nivelamento da produção, um operário pode executar duas ou mais tarefas praticamente ao mesmo tempo. A ideia básica é que se aproveite ao máximo o tempo de produção, de maneira que não existam momentos em que o operário fica ocioso, onde na ocorrência destes momentos de paragem o operário execute outra tarefa vinculada ao processo de produção para antecipar ou preparar outras etapas. Segundo Shingo (1996), a questão não é a velocidade da produção e sim a sincronização.

4.13.16. CÉLULAS DE PRODUÇÃO

Segundo Rother e Harris (2002) “Uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo”.

Ou seja, no âmbito do pensamento *Lean*, existem tarefas ou sequências de tarefas que devem ser executadas por um grupo de operários que trabalha em conjunto e estão conectados em termos de tempo, espaço e informação. Deste modo, uma mesma equipa executaria uma tarefa do início ao fim, sendo a mesma responsável pela sua correcta execução, assim não existiriam problemas de transmissão de informação a outro grupo de trabalho que poderia concluir a tarefa.

4.13.17. ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Muitos dos princípios subjacentes à Engenharia Simultânea (ES) nasceram no Japão, tal como o *Lean Thinking*.

Os primeiros estudos sobre Engenharia Simultânea começaram na década de 80 e estão ligados ao novo pensamento *Lean*. A denominação “Concurrent Engineering” ou Engenharia Simultânea foi proposta e caracterizada primeiramente pelo Institute for Defense Analysis (IDA) do governo americano.

Engenharia Simultânea é uma abordagem sistémica para integrar, simultaneamente o projecto do produto com os seus processos, incluindo manufactura e suporte. Essa abordagem é procurada para mobilizar os projectistas, no início, para considerar todos os elementos do ciclo de vida da concepção até a disposição, incluindo controlo da qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes.

Dando ênfase à integração entre produto e processo, Stoll (1988) defende que o desenvolvimento de produtos seja realizado de forma coordenada com as soluções e especificações do produto, com as metas de processo (como prazos, custos, etc.) e considerando-se as características do sistema de produção da empresa (tecnologia de produção, máquinas e ferramentas disponíveis e a capacitação dos recursos humanos).

Assim sendo, o conceito de Engenharia Simultânea tem associado alguns pressupostos e conceitos que a seguir se descrevem:

- **Valorização do projecto** – O primeiro ponto da ES a ser destacado é a valorização do projecto e das primeiras fases de concepção do produto como fundamental para a qualidade do produto e para eficiência do processo produtivo. Dessa forma, para a Engenharia Simultânea, quanto mais a montante no processo de concepção, maior é a liberdade para propor soluções. A concepção deve ser desenvolvida de forma integrada e multidisciplinar de forma a desenvolver soluções mais robustas que acarretem menos modificações ao longo do processo de projecto.
- **Sequência das actividades de projecto** – um dos objectivos é a realização em paralelo de várias “etapas” do processo de desenvolvimento de produto, de forma a reduzir o tempo de projecto e ampliar a integração entre as interfaces de projectos. Assim, uma atenção especial é dada para o desenvolvimento do processo de produção (por meio da selecção da tecnologia de produção, realização de projectos para produção e o planeamento da produção), simultaneamente à concepção e projecto do produto pretendendo integrar, de forma mais efectiva, as características e especificações do produto com o planeamento de sua produção e o sistema de produção da empresa.
- **Equipas multidisciplinares de projecto** – Outro ponto central nas definições de Engenharia Simultânea, e que em certa medida viabiliza o ponto anterior, são a integração no projecto de visões de diferentes agentes do processo de produção, como distribuição, comercialização e marketing, assistência técnica, etc., harmonizando equipas de projecto multidisciplinares e de diferentes departamentos, capazes de considerar, precocemente, as

necessidades dos clientes internos do processo de produção e o desempenho do produto ao longo de seu ciclo de vida. Para tal é importante romper com rígidas barreiras hierárquicas.

- **Estrutura organizacional e interactividade nas equipas de projecto** – a prática da ES requer uma estável e larga interacção entre os diversos departamentos e especialidades de modo a integrar os trabalhadores em equipas multidisciplinares. Assim, a formação destes grupos de trabalho tem como objectivo levar para os projectos a experiência de diferentes especialidades e diferentes funções que irão contribuir para o desenvolvimento do processo produtivo.
- **Tecnologia da informação** – a utilização de telecomunicações e informática facilitam a integração comunicação entre os vários elementos das equipas, facilitando a tomada de decisões e a comunicação entre elementos do projecto que se encontrem distantes.
- **Coordenação de projectos** – um coordenador de projecto que fomente o intercâmbio entre os elementos da equipa e seja um mediador dos possíveis conflitos é essencial na ES, este coordenador deverá ser o mesmo do início ao fim do projecto e tem a responsabilidade do processo de desenvolvimento do produto em questão.
- **Satisfação do cliente** – assim como todo o pensamento *lean*, a Engenharia Simultânea tem como objectivo a satisfação dos clientes. Para tal, é necessário identificar as necessidades e desejos dos clientes e satisfazê-las o mais rapidamente possível, por meio de um processo de projecto que garanta agilidade na concepção e concretização de novos conceitos de produtos.

Dos princípios anteriores pode-se concluir que as empresas que se interessam pela aplicação da Engenharia Simultânea, fazem-no com o objectivo principal de reduzir o tempo de desenvolvimento de novos projectos, sendo o objectivo da aplicação da ES é a redução de *lead times*. Desse modo, aumentam a produtividade da empresa, tornando-a mais competitiva na medida em que consegue responder rapidamente a novos requisitos do mercado.

Associada a esta redução do tempo está a procura e desenvolvimento de novas tecnologias que agreguem valor ao produto e permitam a total satisfação dos clientes.

Com a introdução da ES no panorama da empresa consegue-se também uma maior ligação entre os vários departamentos da empresa e entre a empresa e seus fornecedores e clientes, tornando os processos de produção mais robustos que contribuem para uma maior qualidade do produto ao longo do seu ciclo de produção e de utilização.

4.14. LEAN APLICADA AO PROCESSO ORGANIZACIONAL E DE GESTÃO

4.14.1. ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO DE OBRAS

A concepção de um estaleiro é definido por Saurin (1997) como o “planeamento do *layout* e da logística das suas instalações provisórias, instalações de movimentação e armazenamento de materiais e instalações de segurança”.

A optimização de um estaleiro de obras a criação de sectores e organizar, espacialmente, a maneira de dispor os materiais, os funcionários, equipamentos e instalações necessários ao processo de produção, objectivando a realização de tarefas diárias segundo um cronograma de execução e no menor tempo possível, com racionalização dos recursos disponíveis, ou seja, recursos materiais (matérias-primas, equipamentos e ferramentas), recursos humanos (mão-de-obra) e recursos financeiros (Saurin, 1997).

Esta abordagem tem como objectivo de proporcionar transparência aos processos físicos, podendo identificar-se e compreender o fluxo de materiais e o motivo das falhas relacionadas à ocorrência das perdas. O *layout* pode ser entendido, segundo Saurin (1997), como disposição física de homens, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de armazenamento e, de modo geral, a disposição racional dos diversos serviços dentro de um local de trabalho.

Segundo Heineck (1996), modificações no *layout* de estaleiros ajudam também a aumentar a segurança e higiene na obra, criando um ambiente agradável para os trabalhadores; influenciam na diminuição dos problemas ergonômicos; proporcionam maior facilidade de controlo dos stocks de materiais e conseqüentemente, contribuem para a redução de perdas, além de minimizar o efeito do duplo manuseio.

A mentalidade *lean* (*lean thinking*) em estaleiros de obra possibilita criar um ambiente ideal para recebimento, transporte e armazenagem das matérias-primas numa obra de edifícios, bem como no processamento inicial de corte e montagem das matérias-primas, além de auxiliar na concepção do *layout* dos estaleiros de forma a minimizar a adopção de critérios subjectivos para a disposição física dos sectores, tornando o processo mais sistémico e criterioso.

A importância da definição de um *layout* adequado para a indústria da construção pode ser verificada através da influência que exerce sobre as actividades de fluxo, como o armazenamento, a movimentação de materiais, equipamentos e aproveitamento de mão-de-obra.

4.14.2. LEAN NOS FORNECEDORES

Já foi acima referido que os fornecedores fazem parte de um dos fluxos da construção. Esse fluxo, que envolve todas as relações na cadeia de fornecedores na construção civil, é bastante complexo e disperso envolvendo um grande número de intervenientes e expressiva variedade de materiais.

Para que o *Lean thinking* resulte nas empresas, é necessário estendê-lo às diversas etapas e aos diversos intervenientes num empreendimento, sendo que os fornecedores têm real importância uma vez que correspondem aos responsáveis pela obtenção das matérias-primas para a execução da obra.

Seguidamente são apresentadas algumas diferenças que autores como Womack, Jones e Roos (1992), e Cooper e Sladmulder (1999), identificaram entre relações tradicionais de comprador-fornecedor e relações no âmbito do pensamento *Lean*:

- **Parcerias:** no sistema *Lean* são pretendidas relações estáveis e de longo prazo com os fornecedores; um grande investimento é feito na procura de ganhos mútuos, transparência e construção de confiança entre as partes.
- **Redução da base de fornecedores:** como consequência da procura por parcerias, são escolhidos 1 ou 2 fornecedores para cada família de produtos comprados.
- **Aprendizagem recíproca:** os fornecedores são envolvidos no desenvolvimento de produtos, desde estágios iniciais, e é procurada a compreensão mútua dos processos e troca de tecnologia, visando incorporar mais valor aos produtos.
- **Esforço conjunto na redução de desperdícios:** esforços conjuntos são desenvolvidos na identificação e eliminação de desperdícios, através de trocas de informações no desenvolvimento de produtos e no aperfeiçoamento de processos de produção e logística; em geral o comprador apoia o fornecedor para que o mesmo utilize princípios *Lean* na sua produção.
- **Entregas e produção *just-in-time*:** em vez de pedidos baseados em programações, entregas pouco frequentes e em grandes lotes, o pedido entre comprador e fornecedor

lean dá-se *just-in-time*, utilizando o sistema *kanban*, que solicita a entrega frequente (ex. diária) de lotes pequenos, conforme o efectivamente necessário; mais do que isso, o fornecedor é também encorajado a implementar a produção *just-in-time*.

- **Qualidade garantida:** num sistema *just-in-time*, a qualidade é mandatária; caso um lote seja rejeitado, a produção será interrompida, pela quase inexistência de *stocks*; torna-se necessário que o fornecedor tenha processos que garantam a qualidade na produção, de forma a eliminar a necessidade de inspecção de recepção.

Uma das propostas para alcançar uma estratégia *Lean* nos fornecedores da construção civil, é a proposta por Womack e Jones (2002), que ampliam a aplicação do MFV, já acima enunciado, à cadeia de fornecedores ou seja numa escala inter-empresas, a que chamam macro mapeamento do fluxo de valor (MMFV).

Todas as cadeias de fornecedores têm o cliente final a jusante e os diversos níveis de fornecedores a montante, até à extracção de matérias-primas. Em diversos sectores industriais, o fabricante mais próximo do cliente final detém grande domínio comercial e tecnológico sobre toda a cadeia.

Na construção civil, não existe uma liderança forte que organize a cadeia como um todo; próximo do cliente final as construtoras dividem com empreiteiros e projectistas a concepção e produção do produto (construção). Existem milhares de empresas, na sua maioria pequenas e médias, actuando na construção, que exercem pouca influência nas empresas que fabricam materiais, algumas das quais de maior poder comercial e tecnológico. Esta característica faz com que a coordenação da cadeia de fornecedores seja mais complexa no macro conjunto da construção, do que noutros sectores.

Com o MMFV, pretende-se aproximar o elemento da cadeia mais próximo do cliente final, ou seja a construtora, dos demais fornecedores e não só apenas do imediatamente anterior. Com esta técnica consegue-se também “puxar” a produção dos materiais, fazendo os pedidos quando eles são efectivamente necessários por oposição a pedidos regulares, como mensais por exemplo, que podem levar à acumulação de *stocks* ou à falta de materiais se o ritmo de produção aumentar. Deste modo, o MMFV contribui para a eliminação de desperdícios, ao diminuir os *stocks*, o espaço ocupado pelos materiais, o transporte desnecessário e o tempo de espera.

4.14.3. LEAN NOS ORÇAMENTOS

Quando bem elaborado, o orçamento de um empreendimento é um óptimo meio para controlar o desenvolvimento da obra em termos de custos, prazos e recursos utilizados, devendo este ser actualizado ao longo da mesma.

Em Portugal, as formas mais usuais de orçamentar uma obra são por preço global e por série de preços. Na primeira hipótese, tal como a designação indica, o preço da obra é dado no seu total logo no princípio da mesma, estimando os custos associados a todos os recursos que se pressupõem que irão ser necessários. Ora, quando se faz este orçamento, o empreendimento não passa ainda de um projecto. É por isso perfeitamente possível que se ultrapasse o orçamento inicial, este é aliás, um dos principais defeitos apontados à indústria da construção Nacional. Na segunda hipótese, sendo por série de preços, as actividades vão sendo orçamentadas de acordo com o seu decurso e assim torna-se mais fácil controlar aquilo que é efectivamente gasto. Apesar desta alternativa parecer mais correcta, em ambas as formas apenas se apresentam os valores das actividades de processamento, ou seja, segundo a óptima da *Lean Construction*, as que levam efectivamente à construção do empreendimento, sendo negligenciadas todas as outras actividades de fluxo como transportes, esperas e inspecções.

O que a *Lean Construction* propõe para uma maior eficácia na elaboração dos orçamentos e melhor aproveitamento dos recursos, evitando desperdícios e despesas desnecessárias, seria construir o orçamento baseado nas actividades que compõem a obra. Ou seja sabendo a sequência e tempo de ciclo das actividades, baseando-se também em obras anteriores e adquirindo opiniões de responsáveis e funcionários, seria possível determinar o tamanho das equipas, optimizando a mão-de-obra utilizada assim como os materiais necessários. O orçamento surgiria apenas após e sustentado nesta análise, o que levaria certamente a uma maior exactidão e mesmo diminuição de custos.

4.14.4. LEAN NA GESTÃO DE PROJECTOS

Cada vez mais se tem a noção de que a gestão de projectos é essencial em qualquer empreendimento. A fase de planeamento deverá ser alvo de destaque e especial atenção, pois ao identificar problemas e erros nesta fase eles serão facilmente corrigidos, o que não acontece em fases posteriores.

A gestão de projectos envolve a coordenação eficaz e eficiente de recursos de diversos tipos, como recursos humanos, materiais, equipamentos, financeiros, políticos e reúne esforços como o propósito de se obter o produto final desejado, que no caso da construção civil será a obra construída, atendendo a parâmetros preestabelecidos como prazo, custo, qualidade e risco.

Na gestão de projectos que habitualmente se aplica, existe alguém responsável pelo projecto, um líder da equipa, e vários projectos de cada especialidade, que devem ter contacto com o gestor de projecto.

Na visão da *Lean Construction* a comunicação deve ser privilegiada, ou seja, as diversas equipas do projecto devem interagir de modo a que o empreendimento seja visto por todos como uma obra comum e não colocar interesse apenas na sua especialidade. Neste caso o líder deverá não só ser meio de ligação entre as equipas como também deve promover a relação e comunicação entre elas, dando-lhes autonomia.

O objectivo primordial desta abordagem *Lean* da gestão de projectos é que os seus diversos intervenientes tenham interesse na globalidade do projecto e não apenas na sua parte. Estando as etapas melhor conectadas, será mais fácil evitar erros, o projecto deverá ser então mais que a soma das várias partes, deverá ser uma interacção entre elas.

4.14.5. LEAN NAS EQUIPAS EM OBRA, NAS EQUIPAS EM PROJECTO E NOS RESPONSÁVEIS DA EMPRESA

Como já foi diversas vezes explicitado ao longo deste trabalho, a *Lean Construction* baseia-se em diversos princípios que confluem para um objectivo comum, a diminuição das actividades que não agregam valor ao produto, e como consequência o aumento dos lucros da empresa.

Para que isto realmente funcione é necessária uma consciencialização de todos os envolvidos nos trabalhos, desde gestores até aos trabalhadores no local. Deveria por isso começar-se por dar a conhecer os conceitos associados ao pensamento *Lean*, pois apenas estando familiarizado com estes será possível a sua correcta aplicação.

Existem no entanto diferenças quanto a forma como se deve divulgar informação entre os engenheiros e os operários, em princípio os responsáveis pelo projecto e controlo das actividades são indivíduos com maior formação do que os operários em obra. Logo a abordagem terá que ser diferente, sendo necessário maior empenho no que diz respeito aos trabalhadores que fazem o processamento da obra propriamente dito.

Além disso também a incidência dos conceitos a usar em obra e em projecto será distinta. Em obra serão mais utilizados os conceitos associados à execução das actividades, ou seja redução de tempos de ciclo, através da redução das actividades que não agregam valor como transporte, espera e inspecção, reduzir a variabilidade, simplificar através da redução do número de passos e aumentar a organização e limpeza do estaleiro. Atitudes que parece ser sensato considerar que dependem da disposição, empenho e organização dos funcionários directamente ligados à execução das tarefas.

Já no que diz respeito aos responsáveis pelo projecto, será certamente mais ao nível de planeamento das actividades que poderão aplicar os princípios *Lean*, assim deverão focar a sua atenção nas necessidades dos clientes do modo a conseguirem que o seu projecto esteja de acordo com os desejos do mercado a que se destina; devem ambicionar aumentar a flexibilidade de saída, ou seja projectar de forma a ser possível proceder a alterações de acordo com os pedidos dos compradores.

No que diz respeito aos responsáveis pelas decisões e gestão da empresa, estes tem também um papel primordial no âmbito da aplicação dos conceitos da *Lean Construction*, para além de serem aqueles que decidem a integração da empresa no contexto *Lean*, são responsáveis por todos os restantes intervenientes no processo.

Assim, os gestores devem focar o controlo no processo global e não em alguns processos; podem aumentar a transparência do processo, ou seja organizar e partilhar informações, permitir a participação dos trabalhadores, incentivar a autonomia e descentralizar os processos de decisão. As decisões devem ser tomadas com o objectivo de acrescentar valor ao produto, para o que é essencial ter em conta as necessidades dos clientes, e diminuir as actividades que não acrescentam valor. É também no âmbito da estratégia da empresa em que se deve aplicar o princípio de fazer benchmarking e introduzir melhorias contínuas no processo.

Em suma compete às equipas em obra assegurar a aplicação dos princípios *Lean* associados às actividades, aos projectistas os associados ao planeamento, e à gestão da empresa aqueles que podem ajudar no desenvolvimento geral da empresa e dizem respeito a operações estratégicas da mesma.

5

LAST PLANNER SYSTEM

5.1. INTRODUÇÃO

Last Planner foi desenvolvido nos Estados Unidos da América. Desde 1992 este sistema tem vindo a ser implantado em vários países. A primeira menção publicada sobre este sistema foi feita durante um trabalho apresentado na conferência de inauguração do *International Group for Lean Construction* (IGLC) (Ballard, 1993). A primeira publicação dedicada exclusivamente ao *Last Planner* foi lançada em 1994 (Ballard, 1994). Mas foi somente depois da publicação do artigo “Shielding Production”, em 1997, por Ballard e Howell, que o ritmo de utilização do sistema cresceu rapidamente. É uma ferramenta desenvolvida para controlo da produção em estaleiros de construção. Tornou-se a mais popular das ferramentas que tem por base os princípios da *Lean Construction*. Isto deve-se sobretudo ao facto de na indústria da construção, onde tem sido implementada, ter demonstrado resultados de sucesso. Este método emergiu induzido pela prática levada a cabo numa série de experiências industriais conduzidas por Ballard e Howell (1998c).

A construção desenvolve-se através da realização de tarefas e estas sofrem um número elevado de afectações que prejudica o fluxo de trabalho. Daí que as tarefas e os seus fluxos tenham que ser consideradas em paralelo na gestão da produção: a realização das tarefas depende dos fluxos e o progresso dos fluxos é em retorno dependente da realização das tarefas (Koskela, 2000).

Quando os ambientes são dinâmicos e o sistema de produção é incerto e variável, como é o caso da construção, não é possível executar um planeamento detalhado, confiável, com muita antecedência. Consequentemente, decidir qual e quanto trabalho deverá ser feito por uma equipa é uma questão de seguir o cronograma mestre estabelecido no início do projecto. Como tais decisões são tomadas e como podem ser aprimoradas? Foram as perguntas impulsionadoras da pesquisa inicial na área do planeamento e controlo ao nível da unidade de produção, sob o título “Sistema *Last Planner*” (Ballard, 2000).

5.2. ESTRUTURA HIERÁRQUICA

Segundo Ballard (2000) uma construção exige planeamento e controlo. Tirando os trabalhos mais pequenos e simples, o dimensionamento e a construção requerem planeamento e controlo feito por diferentes pessoas, em diferentes locais dentro da organização e em diferentes alturas ao longo da vida do projecto. Gere-se todo o projecto a um nível elevado da organização com base em objectivos globais e restrições que regem o empreendimento. A um nível abaixo são planeados os processos

necessários para atingir os fins estabelecidos. Finalmente, mas também muito importante, cabe a alguém a decisão física diária, que mostra a visão discriminada da obra, definindo as tarefas que serão executadas no dia seguinte ao levantamento, ou seja, é feita uma adjudicação que conduz directamente a um trabalho que determinada pessoa é responsável por fazer. As pessoas ou grupo de pessoas que produzem este planeamento diário designam-se de último planeador – *Last Planner* (Ballard, 2000).

O *Last Planner* aborda as operações de planeamento e controlo a curto prazo. O objectivo é assegurar, através de diversos procedimentos e ferramentas, que todos os pré-requisitos condicionantes de uma actividade estão resolvidos quando a mesma se inicia, de forma a permitir que esta seja executada sem perturbações e completada de acordo com o planeado.

Com esta ferramenta é proposta a realização de um planeamento do trabalho físico no futuro próximo, mais concretamente, com uma periodicidade semanal dando-se o nome de atribuição de tarefas (*assignment*). Este termo enfatiza a comunicação das exigências entre o último planeador (*Last Planner*) e a equipa de produção. No final da semana é calculada a percentagem de actividades concluídas. Este índice chama-se Percentagem de Planeado Concluído (PPC) (Ballard e Howell, 1998c). Também são investigadas as razões que levaram à não execução do planeado, com base nas quais se efectua uma análise e conseqüentemente um incremento no grau de realização do plano semanal. O controlo surge assim como um ponto de partida para a prevenção e correcção e em última instância, para a melhoria contínua. Desta forma, os produtos do planeamento ao nível da unidade de produção são também compromissos assumidos com toda a organização.

5.3. PROCESSO DE PLANEAMENTO DAS TAREFAS

A preocupação do planeamento semanal não é somente a de que as actividades sejam executadas de acordo com o plano geral do projecto. Na base da estruturação do planeamento semanal surge a conversação, onde a pessoa responsável pela execução da tarefa se compromete a terminá-la como planeado perante os gestores da obra.

O último planeador preocupa-se em assegurar que as actividades podem ser iniciadas tendo em conta os seus pré-requisitos e respectiva resolução em tempo útil, definindo o que **será** feito. Dessa maneira, o resultado de um processo deve procurar adequar o que **será** feito com o que **deve ser** feito, verificando as restrições do que **pode ser** feito. A Figura 5.1 apresenta simplificada a estrutura do *Last Planner* (Ballard e Howell, 1997).



Figura 5.1 – Processo de Planeamento *Last Planner* (Ballard e Howell, 1997)

Infelizmente, o desempenho do sistema *Last Planner* muitas vezes é avaliado como se não fosse possível haver diferença entre o que **deve ser** feito e o que **pode ser** feito. Surgindo perguntas tais como: “O que iremos executar na semana seguinte?”, com respostas variadas: “O que estiver no cronograma” ou “Aquilo que estiver a causar maior pressão”. Os supervisores consideram de sua responsabilidade manter a pressão sobre os seus subordinados para que produzam, ignorando os obstáculos. É aceitável superar os obstáculos, mas não é desculpa criá-los e nem deixá-los onde estão. Quando começam a existir obstáculos na execução do serviço, como a entrega irregular de recursos, ou serviços pré-requisitados que não ficam prontos, a consequência é a invalidação entre o que deve ser feito e o que será feito. Como resultado, acontece o abandono do planeamento (Ballard, 2000).

Apesar do trabalho planeado pelo *Last Planner* ser ao nível mais baixo do projecto, isto é, ao nível da execução, não significa que se perca a visão geral na calendarização produzida por esta ferramenta. Os calendários *lean* abordam as ineficiências da construção focando a produtividade de todo o processo, e não somente das actividades individualmente.

Daí que um outro elemento de suporte do método *Last Planner* seja o planeamento de antevisão. Este é baseado no plano geral do projecto, revendo e analisando os pré-requisitos das actividades para as 3 a 12 semanas seguintes. O objectivo de resolver os pré-requisitos com antecedência é o de se garantir que não existem constrangimentos ao início das actividades. Assim cria-se uma reserva de tarefas prontas a serem iniciadas e protege-se a produção da variabilidade (*shielding production*). Em caso de problemas e instabilidade estas actividades, funcionarão como um amortecimento que protege o fluxo, garantindo que este se mantém constante. Esta ferramenta permite fazer a ponte entre o planeamento geral, de coordenação do projecto, e os compromissos de curto prazo estabelecidos com as equipas que vão executar a produção. O planeamento geral, apesar de ser extremamente útil na coordenação estratégica de longo prazo ou na especificação de condições de pagamento, não consegue detalhar o projecto com um grande intervalo de tempo, devido à falta de informação imprevisível, como por exemplo, a verdadeira duração das actividades ou o cumprimento dos fornecimentos (Ballard, 1997).

5.4. OBSTÁCULOS E OPORTUNIDADES PARA A MUDANÇA

Ballard (1994) afirma que para conseguir alcançar melhor planeamento e melhores resultados há que ultrapassar vários obstáculos que são comuns na indústria actual da construção, que podem ser vistos como oportunidades para a mudança *lean*:

1. A gestão foca-se no controlo, o que previne que ocorram modificações negativas, mas negligencia os avanços, que causam boas mudanças;
2. O planeamento não é concebido enquanto sistema, mas antes como um conjunto de qualificações e talento dos indivíduos que estão encarregues de planear;
3. Planeamento é considerado uma calendarização, desvalorizando por completo a equipa que o faz;
4. Não é medida a performance do sistema de planeamento;
5. As falhas não são analisadas de forma a identificá-las e corrigi-las.

Assim, o *Last Planner* pode servir como um contrapeso no sentido de impulsionar a decisão de mudança face às atitudes tradicionais e estereótipos estabelecidos. Para controlo da produção têm de ser introduzidos novos princípios de planeamento (Daeyoung, 2002; Koskela, 2000), tais como:

- Sondagem dos pré-requisitos das actividades adjudicadas;
- Medição e monitorização das actividades adjudicadas;

- Identificação e remoção das causas da não conclusão de actividades planeadas;
- Manutenção de uma quantidade de actividades por cada equipa de trabalho cujos pré-requisitos foram satisfeitos, de forma a criar-se um *buffer* para a produção;
- Satisfazer de forma activa os pré-requisitos das actividades adjudicadas que se aproximam através do planeamento de antevisão (3 a 12 semanas).

5.5. NÍVEIS DE PLANEAMENTO

O planeamento de produção do *Last Planner* tem como preocupação o arranque das tarefas, não só de acordo com o indicado pelo planeamento de nível superior, mas também tem em conta as suas pré-condicionantes. Assim, o processo de planeamento é estabelecido através de uma hierarquia com medidas e preocupações específicas consoante o nível de análise. Existem três níveis gerais: longo prazo, médio prazo e curto prazo. Os dois últimos níveis são do âmbito de abordagem da *Lean Construction*, em particular, do *Last Planner*.

O **plano geral pull** (*master pulling schedule*) é uma calendarização total do projecto. É desenvolvido a partir de critérios fornecidos na fase de desenho que vão de encontro aos objectivos do cliente. Este é determinado pela partição discreta do projecto e estabelecimento de relações sequenciais, entre as várias peças, que representam actividades. O nível de detalhe não é muito grande. A maior preocupação é para com as diversas metas chave – *milestones* – que se encontram ao longo do projecto. São executadas calendarizações mais pormenorizadas, por fases, à medida que estas se aproximam. As datas das *milestones* são determinadas através da utilização do processo *pull*, a partir das *milestones* precedentes, começando pela data de conclusão do projecto e regredindo, progressivamente, até ao início do projecto. O plano geral estabelece a estrutura de trabalho e melhora a sua eficiência e eficácia. Pretende demonstrar a sua praticabilidade no tempo determinado, desenvolver e expor as estratégias de execução, determinar quantos itens de fornecimento a longo prazo vão ser necessários e identificar as *milestones* importantes para o cliente e partes interessadas. O plano geral não desenha a forma como o trabalho vai ser executado até à sua conclusão. Identifica actividades mas não enquadra o fluxo de pré-requisitos das e entre as tarefas ou actividades para além das simples relações sequenciais.

Os **planos de fase** (*phase schedules*) são preparados por uma equipa que gere esse trabalho. O plano geral pode ser entendido como uma espécie de desenho de assemblagem que demonstra como as peças maiores se encaixam ao longo do tempo, cabendo ao plano de fase a preparação de um calendário de maior detalhe. Este deve ter uma visão de pelo menos seis semanas de antecedência em relação à primeira actividade.

Este também demonstra a forma como o trabalho pode ser executado para que seja concluída cada parte ou coordenados os detalhes da montagem. O objectivo do plano de fase é a elaboração do melhor plano possível envolvendo todos aqueles que têm experiência relevante. De certa forma, o planeamento, perto da acção, assegura que todos aqueles que participam numa fase compreendem e apoiam o plano, já que o desenvolveram enquanto equipa. Assegura-se também a selecção das tarefas que acrescentam valor, bem como o trabalho que estas libertam. Ao desenvolver-se o plano do final para o início, através da técnica *pull*, determina-se a quantidade de tempo disponível e a melhor forma de o grupo o gastar.

Finalmente, o **plano de antevisão** (*Lookahead Plan*) sequencia o fluxo de trabalho da melhor forma possível, classifica e faz corresponder a mão-de-obra e restantes recursos. Fornece um conjunto de actividades adjudicadas e livres de constrangimentos a cada encarregado e respectiva equipa de uma

frente de trabalho. As operações são planeadas em conjunto, agrupando as situações em que se verificam interdependências e relações de troca. Assim o método de trabalho é planeado com uma operação global. Os quatro principais objectivos do plano de antevisão são:

1. Moldar a sequência do fluxo de trabalho da melhor forma possível e estimar os objectivos de projecto a alcançar;
2. Acertar a mão-de-obra e recursos relacionados ao fluxo de trabalho;
3. Produzir e manter uma reserva de adjudicações com os pré-requisitos sondados e resolvidos. Este é o objectivo mais importante a desenvolver para conseguir alcançar um projecto bem sucedido;
4. Identificar as operações a serem planeadas em conjunto com os múltiplos intervenientes. No plano de trabalho semanal (WWP – *Weekly Work Plan*) identifica-se e informa-se todos os intervenientes das acções que estão prontas a entrar em produção, cuja exequibilidade foi avaliada e cuja dimensão de equipa foi otimizada e estabelece-se, individualmente, a carga horária.

Assim, controla-se e tenta-se garantir de semana para semana que o trabalho prossegue para que cada tarefa seja concluída na data planeada. Na fase de execução da produção pelo *Last Planner* há um procedimento de expedição semanal das actividades a realizar segundo o que o empreiteiro decidiu com os subcontratados (Ballard, 1997 e 2000; Chitla, 2003; Daeyoung, 2002; Koskela, 2000).

5.6. ARRANQUE DE ACTIVIDADES COM QUALIDADE

Ballard e Howell (1994) propuseram um conceito de planeamento “com escudo” – *shielding production* - de forma a proteger os trabalhadores e o fluxo de trabalho da incerteza. Com este modelo o planeamento é feito até ao último momento de decisão que precede imediatamente a execução, constituindo-se assim como a ferramenta que se encontra ao nível mais baixo da cadeia de decisão. Contudo, o que se pretende obter com este modelo não é uma extensão das directivas do processo de planeamento superior até um nível inferior, mas antes resultados efectivos de melhoria da produção.

A *Lean Construction* aponta para o aspecto dos amortecimentos no decorrer dos trabalhos e sublinha a necessidade de fiabilidade do fluxo de trabalho. Os amortecimentos são, por norma, utilizados como uma medida de defesa contra a incerteza do fluxo de trabalho. Na construção os amortecimentos, normalmente são criados pelo aprovisionamento de materiais que são guardados no estaleiro, pelo aumento dos prazos de execução no calendário de planeamento e com o aumento da carga de pessoal.

Com o *Last Planner* é feita uma sondagem aos pré-requisitos não devendo a actividade ser iniciada enquanto os pontos necessários à sua concretização não estiverem satisfeitos. Assim, ao invés de se planear com base no trabalho que deve ser feito, planeia-se sabendo se o trabalho pode realmente ser executado. As actividades que são apontadas para execução são expostas a uma avaliação qualitativa que valida a possibilidade de poderem arrancar (Figura 5.2).

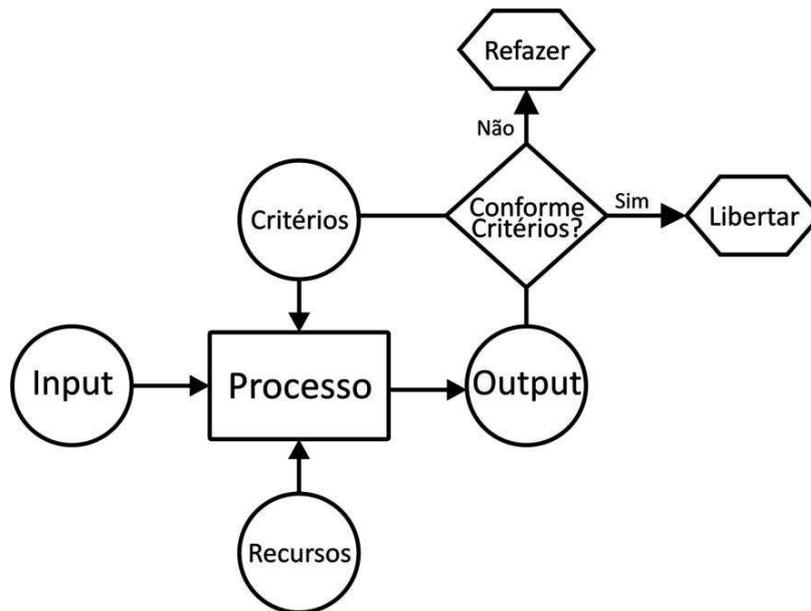


Figura 5.2 – Modelo de Definição de Actividade (Ballard, 1999)

Ballard e Howell (1998) definem que o *Last Planner* é o planeamento das tarefas adjudicadas com qualidade. Estas adjudicações de qualidade vão proteger a produção e respectivo fluxo de trabalho no sentido de garantirem mais fiabilidade e esse factor permita uma melhoria da produtividade. Actividades adjudicadas com qualidade só podem ser alcançadas quando preenchem determinados requisitos:

- **Definição** – A tarefa tem de ser suficientemente específica para que possa ser apontado o tipo e quantidade de materiais, para que o trabalho possa ser coordenado entre os agentes envolvidos, e para que se possa dizer, no final da semana, se foi ou não concluído.
- **Fiabilidade** – A tarefa agendada é passível de ser executada? Por exemplo, todos os materiais estão disponíveis? O trabalho de preparação de arranque da actividade está completo? Os pré-requisitos estão satisfeitos?
- **Sequência** – As várias tarefas foram seleccionadas a partir daquelas que são executáveis, segundo a ordem de construção necessária, quer à unidade de produção quer ao processo do cliente? Há outras tarefas, de menor prioridade, identificadas como reserva de trabalho, isto é, podem ser classificadas como tarefas de qualidade adicionais disponíveis no caso de as tarefas principais agendadas abortarem ou de a produtividade exceder as expectativas?
- **Tamanho** – Estão as tarefas adjudicadas pensadas em termos de tamanho conforme a capacidade de produção de cada equipa e em termos de possibilidade de execução de prazo? A tarefa está a produzir em tamanho e formato suficiente para as necessidades da próxima actividade?
- **Aprendizagem** – As tarefas que não são concluídas na semana planeada são analisadas e identificam-se as causas do atraso?



Figura 5.3 – Processo Tradicional de Planeamento (Ballard e Howell, 1994)

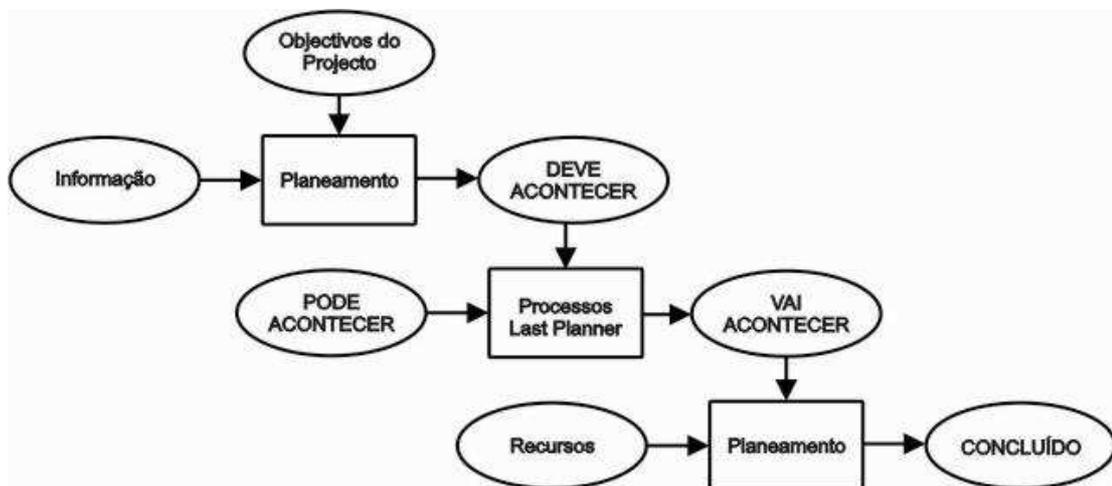


Figura 5.4 – Processo *Last Planner* (Ballard e Howell, 1994)

Segundo Koskela e Howell (2002b), ao nível do planeamento, o *Last Planner* classifica as actividades planeadas enquanto “deve acontecer”, “pode acontecer” e “irá acontecer”. As actividades libertadas dos planeamentos de nível superior pertencem à categoria “deve acontecer”.

Com um planeamento de antevisão de cerca de um mês, mês e meio que abrange 3 a 12 semanas, trabalha-se de forma a verificar se os pré-requisitos das actividades que estão prestes a iniciar-se são resolvidos. Por outras palavras, se as actividades foram transferidas para a categoria “pode acontecer”. Na prática trata-se de um sistema *pull* que funciona como um instrumento que garante a verificação dos pré-requisitos das actividades que irão acontecer. Teoricamente, o plano de antevisão pretende alinhar o plano estabelecido e a situação real.

“Deve acontecer” representa a actividade em plano, “pode acontecer” é a actividade que efectivamente pode ser iniciada. Somente as actividades em situação “pode acontecer” são transferidas para “irá acontecer”. Analisando teoricamente, esta fase é semelhante ao modelo de acção, através da linguagem, em que a comunicação é um processo com dois sentidos. O compromisso é criado para a realização das tarefas, conforme o planeamento “conversado”, os planos preparados por uma equipa

são entendidos como promessas para os outros, e obrigam a reportar a conclusão das tarefas. Esta técnica está esquematicamente representada na Figura 5.4 (Koskela e Howell, 2002b).

Assim, há um contraponto com o sistema convencional em que o plano empurra uma tarefa a ser iniciada após outra ter sido concluída (sistema *push*). Só a categoria “deve acontecer” é reconhecida (Figura 5.3). Esta visão da produção pode levar a que se executem trabalhos antes de estes serem necessários, o que pode criar problemas, como a utilização de recursos em actividades quando seriam melhor empregues noutras, excesso de pessoal num mesmo espaço, ou trabalho feito devido a mudanças subsequentes. Os planos *lean* do *Last Planner* aplica o conceito “puxe”, que basicamente define que uma actividade não é realizada até que seja necessário facilitar a que a sucede. Como é demonstrado na Figura 5.4 o *Last Planner* utiliza uma perspectiva “pode acontecer”, que liberta apenas trabalho que pode ser executado em contraste com a perspectiva “devia acontecer” (Howell e Ballard, 1994).

5.7. CONTROLO

O *Last Planner* tem uma função holística de gestão que se foca no processo de produção em detrimento da preocupação individual da globalidade das actividades. Deve ser realizada uma avaliação constante ao próprio sistema de adjudicação de tarefas, pois medindo os resultados consegue-se perceber a que fase em que se está e que medidas devem ser tomadas.

A medição da performance proposta por este sistema é um elemento de auxílio ao controlo do planeamento e procura, sobretudo, ser um indicador qualitativo para quem está a planear as actividades que podem receber ordem de execução. Permite, não só medir os planos, como apontar causas de instabilidade e descobrir fontes de desperdício, para que sejam desenvolvidas de forma programática, acções preventivas e correctivas no sentido de se obter uma melhoria contínua do processo de produção.

Um dos índices mais comuns de medição da realização efectiva do plano semanal é a Percentagem de Plano Concluído (PPC). O PPC apresenta em valores percentuais o número de actividades concluídas sobre o total das que foram fixadas no plano semanal. Este indicador é inovador pois dá uma informação diferente dos índices de custos e prazos, que estão mais relacionados com a produtividade e eficiência do seu planeamento. O PPC tornou-se assim na medição padrão através da qual o *Last Planner* tem efectuado o controlo ao nível das equipas de execução (Ballard, 1994; Ballard, 1999).

O objectivo é sempre o valor ideal de 100%, já que valores inferiores são sinónimo de falhas no processo de planeamento da produção, no entanto, é importante verificar que o PPC não reflecte a eficiência com que as tarefas foram executadas. Assim, deve ser complementado com uma crítica qualitativa e quantitativa quanto à performance e eficiência do trabalho, bem como, da organização de recursos (Chitla, 2002).

Com o cálculo do PPC, as tarefas a executar são reprogramadas, sendo indicadas aquelas cuja conclusão não ocorreu e as que, embora planeadas não foram executadas. Automaticamente consegue-se perceber o estado do projecto e os efeitos da nova calendarização de tarefas. Paralelamente, são estabelecidas e avaliadas as causas para essas falhas no planeamento. A reprogramação, que pode acontecer com mudanças ao nível de recursos, de relações de precedência e de organização dos pacotes de trabalho, permite que a logística interna seja simplificada e resolvidos os constrangimentos que afectam as tarefas, o que resulta numa melhoria da produtividade da produção (Koskela e Howell, 2002b).

Assim, controlo com o *Last Planner* também passa pela investigação das causas. Este é o primeiro passo para a resolução e eliminação das fontes de interrupção do fluxo. Na gestão convencional de projectos, o controlo passa principalmente pela comparação do progresso com a *baseline* do planeamento geral, em termos de custo e de prazos. O *Last Planner* permite fazer mais que isso, pois leva ao entendimento dos problemas e permite chegar às fontes de desperdício do processo de produção. Segundo a perspectiva teórica, usa o modelo de controlo de experimentação científica. (Koskela e Howell, 2002b).

5.8. FIABILIDADE DE PLANEAMENTO, CONVERSAÇÃO E COMPROMISSO

Percebe-se o esforço do *Lean Project Delivery* e em particular, do *Last Planner*, no sentido de melhorar a performance da força laboral e a utilização de recursos dos projectos, atacando a variabilidade. Como referido anteriormente, este sistema de planeamento melhora através da fiabilidade do planeamento o desempenho do processo produtivo e visa principalmente, o nível da execução.

Os materiais chegam tarde, as definições alteram-se, o plano muda. Este é um exemplo de variações que ocorrem de forma significativa nas diversas fases do processo de construção. Num planeamento pouco fiável quando os estrangulamentos ocorrem o trabalho é empurrado para jusante.

No entanto, se o ambiente de trabalho for estabilizado o ambiente de trabalho através da modificação do sistema de planeamento, torna-se possível reduzir a variação de fluxo. Assim, está-se como que a trabalhar por detrás de um escudo protector que em situações problemáticas permite garantir um fluxo constante. Este escudo, que funciona como amortecedor de problemas que afectam o fluxo de produção, cria-se um, cada vez melhor, planeamento das actividades que se seguem para execução. No final, todo o processo de produção sai beneficiado (Ballard e Howell, 2004).

Koskela (2000) salienta que apesar da melhoria no planeamento é necessário localizar as fontes da variabilidade e, se possível, lançar acções correctivas e monitorizar o sucesso das mesmas. Na verdade, o *Last Planner* é instrumental pois desenvolve uma mecânica com o objectivo de combinar, eficientemente, controlo e melhoria de forma a combater a variabilidade e o desperdício que esta provoca. Assim, o plano terá de ser fiável para se reduzir a variabilidade.

Macomber e Howell (2003) chamam à atenção para o facto de os projectos não passarem só por uma força laboral que, simplesmente, transforma energia em matéria. Os projectos são, sobretudo, um complexo esforço humano que, no caso da construção, passa tanto pelo desenho e dimensionamento, numa primeira fase, como pela execução, posteriormente. E não raras vezes ocorrem em simultâneo.

Todos os projectos envolvem indivíduos com interesses próprios a trabalhar em conjunto com outros para alcançar um fim comum. Em geral a gestão de projectos procura responder às várias situações criando um ambiente e estabelecendo as regras e o tom para cada um executar o seu trabalho específico. O trabalho num cenário de projecto sempre foi estabelecido através da negociação e conversação, com o intuito de obter compromissos que levam a concretizações.

Assim, muitas vezes é mais importante ter em atenção a conversação da gestão do projecto do que dos seus mecanismos específicos. Vários sistemas de gestão que estão implementados na construção moldam a conversação com base nas intenções e perspectivas de quem detém a autoridade. Segundo Macomber e Howell (2003) esta prática assenta numa concepção errada do trabalho em causa, isto porque a entidade gestora actua como se estivesse perante uma série de máquinas que têm de cumprir determinadas tarefas. Claro que existe sempre essa força laboral, contudo, os projectos desenvolvem-

se e acontecem quando uma entidade faz uma promessa fiável a outra. Os projectos são promessas – grandes e arriscadas – que têm de ser concretizadas.

Segundo Macomber e Howell (2003), o *Last Planner* permite precisamente articular e activar uma rotina de conversação que leva a compromissos que impulsionam a força laboral a comprometerem-se com a sua parte do projecto e a coordenarem os recursos que dispõem para a sua realização e conclusão. Basicamente o trabalho do *Last Planner* gira em torno da criação de uma rede de compromissos que são estabelecidos segundo ciclos rotineiros de planeamento. Isso permite disseminar a confiança e distribuir capacidade de avaliação, fazendo com que se possa tomar decisões descentralizadas em determinadas situações. Isto agiliza a resolução de problemas e logo o processo de produção sai beneficiado. Promessas confiáveis criam um fluxo confiável.

O mecanismo do *Last Planner* melhora a credibilidade do plano: primeiro aumenta a confiança de cada equipa de trabalho, o que tem como segundo efeito o melhoramento da credibilidade de fornecimento dos recursos correctos e, consequentemente, o aumento da credibilidade do plano. Assim, o *Last Planner* é entendido como um sistema de planeamento e controlo da produção que permite aumentar a credibilidade do fluxo de trabalho (Macomber e Howell, 2003).

Partindo de uma situação de igualdade entre partes, planeia-se compromissos estabelecendo grande importância no facto de se fazerem e se manterem promessas credíveis. Como princípios fundamentais deste sistema encontra-se a delegação de responsabilidade, a cooperação e a aprendizagem contínua. O objectivo global do projecto tem de ser assumido por todos os intervenientes e tem de dissipar a atitude de participação egoísta, que se preocupa apenas em otimizar o trabalho individual sem haver qualquer cuidado com as actividades a montante e a jusante.

Para gerir as promessas será importante incorporar nas ferramentas do *Last Planner*, diversos elementos chave: estabelecimento das condições de satisfação que demonstrem, inequivocamente, que o trabalho está completo e terminado; mecanização do uso das ferramentas no sentido de obter, dos executantes das tarefas credibilidade nas suas promessas; avaliação do progresso da tarefa requisitando informação sobre a probabilidade de conclusão a tempo e contribuindo para a resolução de dificuldades; avaliação das promessas e abrir espaço, se necessário, à reformulação das mesmas, que pode ser aceite, rejeitada ou comparada com outra contra-promessa de terceiros; declaração do trabalho completo, de forma a facilitar a preparação e início dos trabalhos procedentes; aceitar o trabalho terminado em tempo útil; partilha das medições PPC como forma de avaliar a credibilidade das promessas; reporte das excepções enquanto decorre o trabalho de forma a agir-se em conformidade e, em tempo útil (Macomber, 2005).

De forma esquemática poderemos compreender a construção do modelo *Last Planner* como um templo que se constrói de baixo para cima. Na sua base começa por se edificar o sistema, apostando no controlo da produção, através da medição e estabilização do fluxo e, se possível, na uniformização de processos e metodologias. A gestão de compromissos será essencial para garantir que o projecto avança conforme o determinado, sendo a actividade certa efectuada na altura correcta, isto é, *just-in-time*. Ao mesmo tempo, a realização do produto deve acontecer segundo prazos e custos determinados mas também segundo os pré-requisitos definidos pelo cliente, o que significa que só deverão ser efectuadas as actividades que acrescentam valor ao produto, ou seja, que garantem a qualidade final.

Assim, com a gestão de compromissos trabalha-se para a edificação dos pilares do tempo: o JIT e a Qualidade. Estes pilares suportam o tecto do sistema que é o objectivo de perfeição, ou seja, de melhoria contínua do mesmo. Desta forma, pretende-se alcançar objectivos *lean*, como a eliminação do desperdício e a focagem da produção na perspectiva do cliente.

5.9. GESTÃO DE PROJECTO COM INTEGRAÇÃO DO LAST PLANNER

O planeamento e controlo da produção têm sido as maiores áreas de pesquisa no âmbito da *Lean Construction*, disseminadas, sobretudo, pelo modelo do *Last Planner*, uma vez que, a nível industrial, também existe uma grande insatisfação com os resultados dos sistemas de controlo e planeamento em uso. Alguns exemplos de estudos são a dificuldade de adequação do Método do Caminho Crítico (CPM) à actividade da construção (Birrell 1980), a falta da abordagem em termos de processo e o excesso de ênfase na criação de planos (Laufer e Tucker 1987), a visão cibernética do controlo de produção (Koskela e Howell, 2001).

De facto, tendo em conta os sete fluxos pré-condicionantes de Koskela, onde se analisa os vários métodos de gestão da produção, nota-se que nenhum consegue gerir a totalidade, de forma satisfatória. O que tem sido feito pelos gestores da construção, que procuram implementar o *Lean Construction*, é tentar atribuir o método mais apropriado à situação de acordo com a fase do projecto, como se vê na Tabela 5.1 (Bertelsen, 2006).

O CPM é bastante útil na fase inicial do projecto, onde é necessário estabelecer uma sequência lógica de actividades, prever os custos, objectivos intermédios e duração total. Este tem sido utilizado na construção mais como uma ferramenta estratégica, sobretudo de apoio às decisões e como ferramenta de suporte do contrato do projecto. A sua aplicação num nível intermédio é questionável, porque não demonstra de que forma se devem executar e controlar as actividades, para além de ser extremamente difícil mantê-lo actualizado.

Tabela 5.1 – Métodos e técnicas actuais de Gestão de Projecto – visão genérica (Bertelsen, 2006)

Nível de Decisão	Estratégico	Táctico	Controlo
Horizonte no Tempo	Longo Prazo (Ano)	Médio Prazo (Mês)	Curto Prazo (Semana)
Planeamento	Geral	Antevisão	Semanal
Método de Interface	CPM LOB Critical Chain Last Planner System		
Técnica de Interface	PUSH		PULL

No nível intermédio existem duas ferramentas menos difundidas: a metodologia da Linha-de-Balanço (LOB), que se propõe gerir o fluxo do espaço fornecendo uma gestão visual e fácil; o método da Corrente Crítica (*Critical Chain*), que contrasta com o CPM ao considerar que o projecto não é isolado, nem dispõe de recursos ilimitados, considerando que estes (humanos, de informação e de equipamento) podem frequentemente ser partilhados com outros projectos.

6

Just-in-Time

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A procura de formas de organização mais eficientes na construção cresce paulatinamente. A aproximação com a Engenharia de Produção proporciona à Engenharia Civil avanços significativos. A própria terminologia *produção civil* é relativamente nova para determinados membros do sector. O acesso aos conceitos de Engenharia de Produção provoca mudanças de atitude no sentido de aplicar estes ensinamentos na construção.

Nas últimas três a quatro décadas a concorrência tem aumentado fortemente. Os mercados estão cada vez mais abertos e, por isso, diferentes níveis de vantagens competitivas encontram-se a concorrer no mesmo espaço de mercado. Empresas de países com baixo custo de mão-de-obra e baixa tecnologia competem no mesmo mercado com empresas de países com alto custo de mão-de-obra e alta tecnologia. Os mercados evoluíram para níveis de exigência enormes. Os mais importantes aspectos da concorrência são o preço, a qualidade e os prazos de entrega. Estes aspectos estão, no entanto, interligados. Um bom sistema de garantia da qualidade aliado a um bom sistema de planeamento e controlo da produção, que garanta baixos prazos de entrega tem muitas vezes como resultado um baixo preço.

À medida que uma empresa se expande, contrai ou faz qualquer outro ajuste para atender novas necessidades ou exigências, os antigos requisitos são alterados e novos procedimentos e funções são incluídos. Raramente as modificações são planeadas tendo em conta o sistema global da empresa; em vez disso, o processo de "evolução" segue em frente, e o que normalmente se desenvolve é uma manta de retalhos, de procedimentos operacionais, que são departamentais por natureza. Tipicamente, resultam lacunas e sobreposições nas responsabilidades entre departamentos, tanto no relacionamento com o outro como na relação com fornecedores e clientes.

Como resultado dessa evolução tipo manta de retalhos, muitas empresas têm a oportunidade de melhorar significativamente o seu desempenho como um todo, adoptando sob um ponto de vista sistémico global a integração e optimização de processos e procedimentos com o propósito de evitar desperdício e ineficiência. O resultado positivo desse esforço será uma redução no custo total de fabricação e melhoria dos lucros da empresa através da redução ou eliminação de tipos específicos de despesas gerais.

Reduzir os custos é o que está na base da filosofia *Just-in-Time* (JIT). Desenvolvida inicialmente pelas empresas Japonesas, em especial pela Toyota, a partir dos anos 50. Os anos 80 foram os anos da sua expansão no mundo ocidental.

Jean de La Fontaine afirmava que *não é possível vender a pele do urso antes de este ser morto*. A filosofia JIT baseia-se precisamente no contrário: *não matar o urso antes de lhe ter vendido a pele* (Courtois, 1997). Há sempre o risco de termos de armazenar a pele durante algum tempo, o que implica um custo de armazenamento e o custo de a manter em bom estado. JIT é uma filosofia global de produção suportada por algumas técnicas e métodos particulares. JIT é simultaneamente uma filosofia, um conjunto de técnicas e um método de gestão.

JIT é uma filosofia de produção que consiste em produzir apenas o que é necessário e quando é necessário. Também pode ser entendida como um sistema integrado de gestão com a função de eliminar todo o desperdício.

6.2. INTRODUÇÃO

O *Just-in-Time* (JIT) surgiu no Japão, nos meados da década de 70, sendo a sua ideia básica e o seu desenvolvimento atribuídos à *Toyota Motor Company*. Esta empresa procurava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a procura específica de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo atraso. Actualmente, já são poucos os gestores que não ouviram falar deste método de gerir as existências. Mas o que poucos responsáveis conhecem verdadeiramente são as condições de implementação deste sistema na empresa. *Just-in-Time* é muito mais do que uma técnica de controlo ou um sistema para gerir e reduzir ao mínimo os stocks. Alguns autores consideram mesmo o *Just-in-Time* como uma filosofia industrial global. Em termos muito simples, trata-se de um método que visa eliminar todas as fontes de desperdício, eliminar tudo o que não acrescenta valor à empresa.

Segundo a Associação de Administração Japonesa (1986) o sistema JIT consiste em puxar a produção a partir da procura, fornecendo, a cada processo, o que é necessário quando é necessário e na quantidade necessária, com o objectivo de retirar de circulação o excedente de material, evitar o desperdício, as irregularidades e os excessos na produção, bem como aumentar a produtividade.

O sistema de “puxar” a produção a partir da procura, produzindo em cada etapa os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no ocidente como sistema *Kanban*. Este nome é dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens, ao longo do processo produtivo. Contudo, o JIT é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa filosofia, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projecto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos. Uma vez que o desenvolvimento de processos e produtos de alta qualidade é uma responsabilidade de toda a empresa, e não somente de uma única área, a implementação dos conceitos *Lean* inclui todas as funções da empresa (engenharia, produção, vendas, finanças, controle de qualidade, etc.) e não somente produção.

Para se obter o máximo de benefício de um sistema *Just-in-Time*, é necessário criar uma nova mentalidade de gestão empresarial. Embora haja quem diga que o sucesso do sistema de administração JIT esteja trilhado nas características culturais do povo japonês, cada vez mais gestores e académicos têm-se convencido de que esta filosofia é composta de práticas de gestão que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo.

Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-in-Time*:

- Produção sem stocks;
- Eliminação de desperdícios;
- Produção de fluxo contínuo;
- Esforço contínuo na resolução dos problemas;
- Melhoria contínua dos processos.

6.3. OBJECTIVOS DO JIT

O sistema JIT tem como objectivo fundamental a melhoria contínua do processo produtivo, eliminando qualquer actividade desnecessária no processo de fabrico que traga custos indirectos (que não trazem nenhum benefício à organização). Pode-se então dizer que o objectivo simples do JIT é suprimir todo o desperdício: movimentações evitáveis, faltas de qualidade, avarias, esperas desnecessárias, etc. A perseguição destes objectivos dá-se, através de um mecanismo de redução dos stocks, os quais tendem a camuflar problemas.

Os stocks têm sido utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo, diante de problemas de produção que podem ser classificados principalmente em três grandes grupos:

- **Problemas de qualidade:** quando algumas etapas do processo de produção apresentam problemas de qualidade, gerando refugo de forma incerta, o stock colocado entre fases posteriores permite que os últimos possam trabalhar continuamente, sem sofrer com as interrupções que ocorrem em etapas anteriores. Dessa forma, o stock gera independência entre as etapas do processo produtivo.
- **Problemas com avarias do equipamento:** quando uma máquina pára por problemas de manutenção, as etapas posteriores do processo que são "alimentadas" pela mesma, teriam também de parar, caso não houvesse stock suficiente para que o fluxo de produção continuasse. Nesta situação o stock também gera independência entre as etapas do processo produtivo.
- **Problemas de preparação do equipamento:** quando uma máquina processa operações em mais de um produto, é necessário preparar a máquina a cada mudança de trabalho a ser processado. Esta preparação representa custos referentes ao período inoperante do equipamento, à mão-de-obra requerida para a operação, entre outros. Quanto maior for este custo, maior será o volume de trabalho executado para que estes custos sejam absorvidos reduzindo, por consequência, o custo do produto. Lotes grandes de produção geram stocks, pois a produção é executada antecipadamente à procura, sendo consumida por esta em períodos subsequentes.

Como se pode constatar, os stocks funcionam como um investimento necessário quando problemas como os citados estão presentes no processo produtivo. Um objectivo da filosofia JIT é, então, reduzir os stocks de modo a que os problemas se tornem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados. À medida que estes problemas vão sendo eliminados, reduzem-se cada vez mais os stocks, localizando e atacando novos problemas "escondidos".

Com esta prática, o JIT visa fazer com que o sistema produtivo alcance melhores índices de qualidade, maior segurança nos seus equipamentos e fornecedores e maior flexibilidade de resposta, principalmente através da redução dos tempos de preparação de máquinas, permitindo a produção de quantidades menores e mais adequadas à procura do mercado.

6.4. CARACTERÍSTICAS DO JIT

O sistema de produção que adopta a filosofia JIT deve ter determinadas características, as quais formam um corpo coerente com os princípios do JIT. Entre as várias características estão:

1. O sistema JIT não se adapta completamente à produção de muitos produtos diferentes, pois, em geral, isto requer extrema flexibilidade no sistema produtivo em dimensões que não são abrangidas com a filosofia JIT. Consequentemente, deve ser dada ênfase ao projecto adequado de produção e montagem, de modo a permitir que os sectores produtivos tenham um foco definido, sem, entretanto restringir demais a variedade de produtos oferecidos ao mercado.
2. O *layout* do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias com determinada ordem de produção e formas similares; dessa forma, podem-se montar pequenas linhas de produção (células), de modo a tornar o processo mais eficiente, reduzir a movimentação e o tempo gasto na execução dos produtos.
3. A gestão da linha de produção realça a autonomia dos encarregados no balanceamento da linha, na não-aceitação de erros, paralisando-se a linha até que os erros sejam eliminados.
4. A responsabilidade pela qualidade é transferida à produção e é dada ênfase ao controle da qualidade na fonte, adoptando os princípios do controle de qualidade total. A redução de stock e a resolução dos problemas de qualidade forma um ciclo positivo de aprimoramento contínuo.
5. É dado realce à redução dos tempos do processo, como forma de conseguir flexibilidade. Os tempos gastos com actividades que não agregam valor ao produto, devem ser eliminados, enquanto os tempos gastos com actividades que agregam valor devem ser utilizados de forma a maximizar a qualidade dos produtos produzidos.
6. O fornecimento de materiais no sistema JIT deve ser uma extensão dos princípios aplicados dentro do centro de produção tendo como principais objectivos os lotes de fornecimento reduzidos, recepções frequentes e confiáveis, *lead times* de fornecimento reduzidos e altos níveis de qualidade.
7. O elemento humano tem participação fundamental no sistema *just-in-time*, sendo o envolvimento da mão-de-obra e o trabalho em equipa pré-requisitos para a implementação do JIT.

O planeamento da produção do sistema JIT deve garantir uma carga de trabalho diária estável, que possibilite o estabelecimento de um fluxo contínuo de material. O sistema de programação e controlo de produção está baseado no uso de cartões para a transmissão de informações entre os centros produtivos. Este sistema é denominado de sistema *Kanban*, e segue a lógica de "puxar" a produção, produzindo somente a quantidade necessária, no momento necessário, de modo a atender à demanda dos centros consumidores.

6.5. AS 12 REGRAS DO JUST-IN-TIME

Para conseguir implementar com sucesso esta técnica de gestão na empresa, é importante respeitar algumas regras básicas mas por vezes esquecidas:

- Produzir o que é pedido pelo cliente, somente quando ele o pretende e, portanto, não constituir *stocks*, sejam de produtos acabados ou intermédios em qualquer altura;
- Ter prazos de fabricação curtos;

- Dispor de uma grande flexibilidade, de forma a poder responder rapidamente a alterações no mercado;
- Fabricar pequenas quantidades de cada tipo de peças, subconjuntos ou produtos finais;
- Conseguir efectuar uma rápida mudança de ferramentas e uma disposição das máquinas eficaz;
- Comprar as quantidades necessárias de matéria-prima, para a produção que já foi pedida ou encomendada;
- Dispor as máquinas e organizar a produção de modo a que se minimizem as esperas ou perdas;
- Armazenar as matérias-primas e os produtos semi-acabados junto dos locais onde são necessários, para evitar perdas de tempo e de eficiência no transporte;
- Dispor de máquinas e ferramentas altamente fiáveis, de modo a que não se avariem no momento exacto em que são necessárias;
- Controlar com muito rigor a qualidade dos produtos a serem fabricadas;
- Comprar as matérias-primas e os componentes que assegurem uma qualidade superior;
- Empregar recursos humanos polivalentes e capazes de se adaptar a uma produção descontinuada.

6.6. OS ACTUAIS SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E ABORDAGEM JIT

Os executivos vêem-se à frente de uma gama variada de assuntos desde responsabilidade social até ética em relação à produtividade e aos lucros de uma empresa. Entretanto, na realidade, o desempenho de um executivo ou gerente é baseado em resultados de curto prazo. A eficiência com que um executivo manuseia os factores sociais e de produtividade determina o seu nível de sucesso nos negócios. Pode-se, eventualmente, colocar as seguintes questões: Os responsáveis pela gestão irão manter os compromissos do mês? A empresa irá obter lucros no trimestre? Em alguns casos, a realidade é a seguinte: se não houver lucros este ano, poderá não haver no ano seguinte. Dessa forma, os gerentes são encorajados a suspender assuntos que irão ter um impacto directo e assegurar lucros de curto prazo.

Lucros de curto prazo são frequentemente o resultado de decisões que resolvem ou escondem os problemas actuais, mas não levam em conta o processo como um todo. Decisões baseadas na gestão de curto prazo geralmente não levam a soluções permanentes, de modo que soluções para contornar os mesmos problemas precisam de ser utilizadas com frequência a fim de manter o controlo.

A implementação de medidas que focam a melhoria do desempenho, descobrindo e eliminando as deficiências e ineficiências do sistema, é a abordagem que irá ter os maiores efeitos a longo prazo. Melhorar a eficiência da produção implica usar menos materiais, menos mão-de-obra e reduzir as tarefas indirectas para obter o mesmo resultado. Adicionalmente, melhorias na eficiência ou qualidade tendem a reduzir os custos em mais que uma área ao mesmo tempo. Por exemplo, mudar o projecto de um edifício para torná-lo menos complexo não somente irá melhorar o custo de produção do mesmo como também irá reduzir a inspecção e o tempo de construção. Da mesma forma que a hipótese de ocorrerem falhas em componentes e no produto como um todo é reduzida, a reparação e o tempo de teste também serão reduzidos.

O sistema JIT é mais do que um conjunto de técnicas, sendo considerado uma filosofia de trabalho. Os seus objectivos fundamentais são a qualidade e a flexibilidade do processo. Esta filosofia diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção nos seguintes aspectos:

- Os stocks são considerados nocivos por ocuparem espaço e representarem altos investimentos de capital mas também, e principalmente, por esconderem ineficiências do processo produtivo, com problemas de qualidade, altos tempos de preparação de máquinas para troca de produtos e falta de fiabilidade dos equipamentos;
- Realça a redução dos lotes de fabricação através da diminuição dos tempos de preparação de equipamentos;
- Assume a meta de eliminação de erros; não os considerando como inevitáveis;
- Realça a importância no fluxo de materiais e não na maximização da utilização da capacidade;
- Transfere a responsabilidade de funções como balanceamento das linhas, o controlo da qualidade e a manutenção preventiva à mão-de-obra directa, deixando à mão-de-obra indirecta as funções de apoio e auditoria;
- Destaca a necessidade de ordem e limpeza da fábrica como pré-requisitos fundamentais para se atingirem os objectivos pretendidos.

6.7. RECONHECER O DESPÉRDÍCIO

A filosofia de JIT passa por uma postura em que se deve identificar todas as fontes geradores de custos que não produzem nenhum acréscimo no valor do produto final. Desperdício não custa dinheiro apenas aumenta o tempo de produção e impede a empresa de fazer coisas mais produtivas com esses recursos. Uma vez identificadas essas fontes de desperdício, resta estudar formas de as minorar ou, se possível, simplesmente eliminá-las.

O objectivo deste sistema é otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios. Os desperdícios detectados podem ser de várias formas: desperdício de transporte; desperdício de superprodução; desperdício de material em espera no processo; desperdício de processamento; desperdício de movimento nas operações; desperdício na produção de produtos defeituosos e desperdício de stocks. As metas colocadas pelo JIT em relação aos vários problemas de produção são: zero defeitos; tempo zero de preparação (*setup*); stock zero; movimentação zero; quebras zero; *lead time* zero e produção unitária (uma peça).

6.8. REQUISITOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO JIT

A filosofia do JIT, parece simples e lógica quando transmitida a alguém que não conhece o meio industrial, fazendo parecer que as empresas não podem funcionar de forma diferente senão esta. Para quem trabalha na indústria ou está directamente ligado a ela, o conceito de JIT está directamente relacionado a uma técnica de controlo de stocks. Este é realmente um dos princípios do JIT, contudo é um erro encará-lo apenas como uma mera redução dos stocks. O JIT é uma filosofia que engloba um conjunto de características, sendo a redução dos stocks apenas uma consequência. A abordagem JIT permite que uma empresa produza uma variedade de produtos em pequenas quantidades, rapidamente e de acordo com as especificações dos clientes.

A implementação do sistema JIT requer um enfoque sistémico, no qual uma série de aspectos da empresa tem de ser modificada. Não é apenas uma questão da aplicação de uma técnica específica, mas antes de mais nada, mudanças em vários campos, alguns dos quais são pré-requisitos para implantação da filosofia JIT. Estes aspectos abrangem.

- **Comprometimento da administração:** o sucesso da implantação do JIT não pode ser obtido sem nenhuma implantação clara da crença na alta administração no sistema JIT. Mudanças de

atitude em toda a empresa são necessárias para integração das diversas áreas e para o desenvolvimento de uma mentalidade global voltada para a resolução de problemas. Programas de treino neste sentido devem ser suportados pela administração. Os procedimentos para autorização de investimentos de capital para aprimoramento dos processos devem ser claramente estabelecidos e simplificados.

- **Medidas de avaliação de desempenho:** a forma de avaliar o desempenho dos diversos sectores deve ser modificada para ser clara, objectiva e dirigida para incentivar o comportamento de todos os funcionários de acordo com os critérios competitivos da empresa e com os princípios da filosofia JIT. Em particular devem ser aplicadas medidas de desempenho, exclusivamente, relacionadas com taxas de utilização de equipamentos e com o volume de produção é contra-recomendado.
- **Estrutura organizacional:** a estrutura organizacional deve ser modificada para reduzir a quantidade de departamentos, os quais costumam ser responsáveis por aspectos que, segundo a filosofia JIT, passam a ser da responsabilidade da própria produção. Entre eles, a qualidade, a manutenção (pelo menos parte da manutenção preventiva) e o aprimoramento dos processos. Os especialistas devem actuar no sentido de capacitar os funcionários da produção para que possam assumir tais responsabilidades, executando auditorias periódicas.
- **Organização do trabalho:** a organização do trabalho deve favorecer e enfatizar a flexibilidade dos trabalhadores, a comunicação fácil entre os sectores produtivos e o trabalho em equipa.
- **Conhecimento dos processos:** a compilação de fluxogramas de materiais e de informação para todas as actividades, seja na área da produção, seja de projecto, seja de escritório, e a eliminação metódica das actividades que geram desperdícios ou apenas não agregam valor, é um pré-requisito importante. Em particular, a aplicação desses procedimentos nos processos de preparação de equipamentos é um pré-requisito fundamental.
- **Realçar os fluxos:** tanto na administração de escritórios como de produção devem ser criadas estruturas celulares, baseadas nos fluxos naturais de materiais e/ou informações. Estas estruturas devem facilitar os seguintes aspectos:
 - a) Estabelecimento de sistemas simples de controlo da produção, baseados no relacionamento cliente/fornecedor entre as células; alocação da responsabilidade pela célula é uma equipa.
 - b) Implementação passo a passo do sistema *Kanban*, célula a célula, com stocks de segurança temporários, eliminando-os gradativamente, assim como o sistema tradicional de controlo;
 - c) Definição clara da responsabilidade pela qualidade de cada célula, fornecendo técnicas de medida e avaliação da qualidade;
 - d) Criação de uma estrutura organizacional leve, com a passagem de funções da mão-de-obra indirecta para a mão-de-obra directa;
 - e) Adequação dos controlos financeiros e fiscais à nova realidade;
 - f) Estabelecimento de medidas de avaliação de desempenho das células de acordo com a filosofia JIT como: taxas diárias de rotação de stocks, *lead time* representativo da célula, percentagem diária de objectivos atingidos no programa de produção, análise do cumprimento das metas diárias de qualidade, entre outras.

Há duas áreas de operação do sistema JIT, que devem ser desenvolvidas sequencialmente ou em paralelo: dentro da empresa, onde os materiais e a informação devem fluir entre sectores e, entre a empresa e o seu ambiente externo, seja no relacionamento com os fornecedores ou com os clientes. O facto de determinada empresa considerar a aplicação da filosofia JIT junto dos seus fornecedores, um

processo difícil e de longo prazo, não pode servir como desculpa para a não implementação do JIT internamente, onde os benefícios são justamente os maiores.

6.9. EXIGÊNCIAS PARA APLICAÇÃO DO JIT

O *Just-in-Time* exige alguns alicerces. A produção deverá basear-se em grupos de fabrico, onde operários multifuncionais iniciam e terminam um ou mais tipos de produtos, que serão utilizadas pelo grupo seguinte. Para que o sistema funcione é indispensável que todos os produtos que fluem de um grupo para o outro sejam perfeitos e desta forma os erros são mais facilmente detectados quando se trabalha com pequenas quantidades. Assim, a responsabilidade pela qualidade está na fonte de produção.

Para que os diversos grupos de fabrico se mantenham conectados é necessário um sistema de informação. Este sistema é denominado *kanban* e corresponde ao nome dado às tarefas necessárias para a produção do movimento de peças ao longo do processo.

Outro requisito básico é a produção equilibrada, isto é, a distribuição homogénea das necessidades do dia-a-dia ao longo do mês. Se o processo posterior solicita material de forma incerta, a etapa anterior deverá estar preparada para esta variação de pedidos. Isto só é possível com uma relação de sinergias estreitas entre os clientes industriais e fornecedores. Estes devem localizar-se perto dos seus principais clientes e desenvolver meios de transporte fiáveis que garantam entregas atempadas. Para minimizar o tempo despendido com novas encomendas, torna-se imperioso recorrer às novas tecnologias para implementar sistemas de compra on-line, que permitem reduzir os custos de transacção, obrigando os fornecedores a praticar preços competitivos.

O *Just-in-Time* possui também alguns requisitos de carácter social relacionados com a valorização do factor humano. Os grandes responsáveis pelo êxito ou pelo fracasso da implementação do JIT são sempre os directores. A eles cabe a missão de reduzir distâncias hierárquicas e criar um clima de participação de todos, assegurando os cumprimentos dos objectivos em causa.

Das exigências anteriormente indicadas, decorre uma série de acções a tomar, numa primeira fase, para começar a preparar a empresa para a implementação desta técnica de gestão. A ter em consideração:

- **Simplificar e otimizar:** Antes de sequer começar a pensar em implementar um tipo de gestão *Just-in-time* na empresa, é necessário repensar toda a produção de modo a responder eficazmente aos pedidos dos clientes. A nova arrumação e *layout* do centro de produção deverá ser flexível, responder a altos padrões de qualidade, evitar tempos de espera e responder rapidamente a alterações na produção.
- **Formar os recursos humanos:** Este ponto é frequentemente esquecido mas é essencial para que a implementação do *Just-in-time* na empresa se faça com eficácia. A ideia é a de ensinar os trabalhadores a funcionar segundo novos moldes, com novos objectivos e segundo novas regras. A motivação só se consegue se for efectuado um trabalho atempado com todos.
- **Colaborar com os fornecedores:** Os fornecedores são sempre uma peça chave no desempenho da empresa. No caso do *Just-in-time*, a sua actuação é crítica. É preciso estabelecer relações privilegiadas com eles para que possam colocar as quantidades necessárias de matérias-primas ou produtos semi-acabados, com elevada qualidade, na altura certa. A relação com os fornecedores passará a assentar mais numa parceria do que numa simples compra e venda. Só com o apoio destes é que se consegue uma passagem para o *Just-in-time* eficaz. É vantajoso para a empresa explicar o seu processo e os seus objectivos aos fornecedores para que estes

possam colaborar com eles. É igualmente mais fácil tratar com um número menos extenso de fornecedores.

- **Colaborar com os clientes:** Também é útil que os clientes possam colaborar com a empresa que funciona no regime de *Just-in-time*. A empresa pode pedir-lhes, por exemplo, ajuda de forma a estabilizar a carga da produção, combinando com eles um programa de entregas. Além disso, é sempre vantajoso para a empresa fazer passar a mensagem aos clientes do aumento de qualidade conseguido.
- **Conceber a produção em novos moldes:** Funcionar em *Just-in-time* representa para a empresa uma alteração profunda nas suas práticas. Toda a organização da empresa deve assim ser modificada para responder mais eficazmente. A disposição funcional das actividades deve ser substituída por linhas de produtos, todo o trabalho de gestão de stocks de produtos finais ou intermédios deixa de fazer sentido, podendo a empresa colocar estes funcionários a fazer outras tarefas, etc. Refiram-se três aspectos essenciais:
 - A planificação deixa de ser feita em função de projecções de vendas, sempre falíveis, e passa a ser efectuada com base em encomendas firmes;
 - Já só é preciso calcular as necessidades a curto prazo, sendo inútil avaliar com precisão as necessidades a longo prazo;
 - Passam a ser desnecessárias várias funções como: controlo de stocks, stocks intermédios, ordens de fabricação, controlo da produção e cálculo dos custos.

6.10. VANTAGENS DO JIT

Como já foi referido, os sistemas *Just-in-Time* desenvolvem reduções de custos em todas as áreas da produção, desde o sector da produção, a vendas e compras.

As vantagens do sistema de administração da produção *Just-in-Time* podem ser mostradas através da análise da sua contribuição aos principais critérios competitivos:

- **Custos:** Dados os preços já pagos pelos equipamentos, materiais e mão-de-obra, o JIT, procura que o custo de cada um destes factores seja reduzido ao essencialmente necessário. As características do sistema JIT, o planeamento e a responsabilidade dos encarregados da produção pelo refinamento do processo produtivo favorecem a redução de desperdícios. Existe também uma grande redução dos tempos de *setup*, interno e externo, além da redução dos tempos de movimentação, e armazenagem de matérias e produtos dentro e fora da empresa.
- **Qualidade:** O projecto do sistema evita que os defeitos fluam ao longo do fluxo de produção; o único nível aceitável de defeitos é zero. Isto motiva a procura das causas dos problemas e das soluções que os eliminem. Os trabalhadores são treinados em todas as tarefas de suas respectivas áreas, incluindo a verificação da qualidade. Sabem, portanto, o que é um produto com qualidade e como produzi-lo. Se um lote inteiro for gerado de produtos defeituosos, o tamanho reduzido dos lotes minimizará o número de produtos afectados. O aprimoramento da qualidade faz parte da responsabilidade dos trabalhadores da produção, estando incluída na descrição de seus cargos.
- **Flexibilidade:** O sistema *Just-in-Time* aumenta a flexibilidade de resposta do sistema pela redução dos tempos envolvidos no processo. Embora o sistema não seja flexível em relação à faixa de produtos oferecidos ao mercado, a flexibilidade dos trabalhadores contribui para que o sistema produtivo o seja em relação às variações de produtos. Através da manutenção de stocks baixos, um modelo de produto pode ser mudado sem que haja muitos componentes obsoletos.

- **Velocidade:** A flexibilidade, o baixo nível de stocks e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja curto e o fluxo veloz. A prática de diferenciar os produtos na montagem final, a partir de componentes padronizados, de acordo com as técnicas de projecto adequado de produção e de montagem, permite entregar os produtos em prazos mais curtos.
- **Fiabilidade:** A fiabilidade das entregas também é aumentada através da manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores, o que torna o processo mais robusto. As regras do *Kanban* e o princípio da visibilidade permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a fiabilidade, permitindo sua imediata resolução.

6.11. LIMITAÇÕES DO JIT

As principais limitações do JIT estão ligadas à flexibilidade de faixa do sistema produtivo, no que se refere à variedade de produtos oferecidos ao mercado e a variação da procura a curto prazo. O sistema JIT requer que a procura seja estável para que se consiga um balanceamento adequado dos recursos, possibilitando um fluxo de materiais suave e contínuo. Caso a procura seja muito instável, há a necessidade de manutenção de stocks de produtos acabados a um nível tal, que permita que a procura efectivamente sentida pelo sistema produtivo tenha certa estabilidade.

Como o sistema *kanban* prevê a manutenção de certo stock de componentes entre os centros de produção, conforme foi descrito, se houver uma variedade muito grande de produtos e componentes, o fluxo de cada um não será contínuo e sim intermitente, gerando altos stocks em processo para cada item, principalmente considerando-se a procura de cada um. Isto contrariaria uma série de princípios da filosofia JIT, comprometendo a sua aplicação. Outro problema resultante da grande variedade de produtos seria a conseqüente complexidade dos percursos de produção. O princípio geral de transformação de processo produtivo numa linha contínua de fabricação e montagem de produtos fica prejudicado se um conjunto de percursos preferenciais não pode ser estabelecido.

Finalmente, a redução do stock do sistema pode aumentar o risco de interrupção da produção em função de problemas de administração da mão-de-obra, como greves, por exemplo, tanto na própria empresa como na de fornecedores. Da mesma forma, o risco de paralisação por avarias de equipamentos também é aumentado.

6.12. POLÍTICA DO JIT

O nível de exposição que a administração das empresas escolhe para dar ao JIT variará de empresa para empresa. Num extremo, não haverá publicidade de forma alguma, no outro, toda tentativa será feita para dar ao programa o mais alto grau de exposição possível.

As linhas guias para uma abordagem correcta incluem algumas considerações. Deve-se, então, elaborar um plano, que se adequa à cultura e à história da empresa. As considerações são:

1. Possível resistência cultural da alta administração, administração intermediária, supervisores, sindicatos e mão-de-obra;
2. Evitar o surgimento de suspeitas;
3. Necessidade de obter colaboração e apoio voluntário, passando a ideia de ser acreditado e envolvido;
4. Comprometimento demonstrado pela administração;
5. Dificuldades no alcance de alguns objectivos, se a sensibilização for insuficiente.

6.13. NÍVEL DE CONSCIENCIALIZAÇÃO

Algumas empresas ficam desapontadas com o nível de entusiasmo gerado nos primeiros anos. Em muitas dessas empresas, não tem havido qualquer espécie de publicidade, seja relacionada ao programa como um todo, seja aos objectivos, quer sejam individuais ou colectivos até aí alcançados. A explicação para essa abordagem de baixa exposição é muitas vezes devido à empresa esperar que o programa seja levado avante pelo entusiasmo dos intervenientes. A experiência sugere que isto não é suficiente, excepto em alguns casos.

7

CONCLUSÃO

A presente dissertação adveio do desafio de investigar, os princípios e metodologias inovadores que derivam dos conceitos da teoria *Lean*.

A filosofia *lean* tem sido adaptada ao contexto específico do sector da construção ao longo dos últimos 15 anos. Nasceu do desenvolvimento da cultura organizacional da *Toyota Production System* ao ocidente. Desenvolve-se segundo cinco princípios: valor, corrente de valor, fluxo, *pull* (puxar) e perfeição. O valor, princípio central desta filosofia, é definido pelos clientes finais e é responsabilidade da empresa garantir que o mesmo chegue livre de custos dos desperdícios e segundo os requisitos dos clientes.

O pensamento *Lean* destaca a identificação e eliminação de desperdício e, simultaneamente, a maximização de valor, ao longo de todo o processo de produção. "Mais com menos" é o lema com que uma empresa deve nortear a sua gestão produtiva para tornar *lean* os seus processos. Passa necessariamente, por repensar a sua estrutura organizacional e por incrementar o fluxo de tarefas que resolvam problemas, que informem e que produzam. A perfeição *lean* significa que nada é perfeito e tudo pode ser melhorado.

Na indústria da Construção Civil o *Lean Thinking* tornou-se sinónimo de boas práticas, contudo, a *Lean Construction* tem-se desenvolvido nos seus próprios termos. Com esta adaptação de conceitos de produção mudou-se a velha forma de ver, adaptando-se ao novo modelo da construção *lean*. O modelo de conversão tradicional não é errado, mas é ineficaz face à complexidade dos sistemas produtivos e dos novos conceitos actualmente considerados. A *Lean Construction*, ao sugerir soluções alternativas para a melhoria dos processos construtivos, não se baseia, exclusivamente, na implementação de novas tecnologias, mas direcciona os esforços para a racionalização dos processos. Esta é feita através da optimização dos fluxos existentes entre as diversas actividades necessárias à execução da obra.

Os profissionais da área, concentrados em eliminar perdas em relação aos materiais, não descortinaram vários desperdícios presentes nos processos produtivos. Essas perdas não são óbvias, estão ocultas junto dos conceitos presentes na *Lean Construction*. Através da citação "o óbvio só é óbvio para o olho preparado", percebe-se que na indústria da construção civil, ao longo dos anos, houve uma grande quantidade de desperdícios e, mesmo com todos os profissionais do meio envolvidos, ninguém os detectava com facilidade nos processos de construção. Assim sendo, estes desperdícios não podem ser tolerados, uma vez que são considerados como existentes e passíveis de eliminação.

Na construção, a produção é desenvolvida segundo projectos e estes têm vindo, cada vez mais, a mudar, tornando-se mais complexos e dinâmicos. Implementar a *Lean Construction* significa adoptar a perspectiva do projecto enquanto sistema de produção. Os conceitos, as metodologias e as ferramentas

com base na filosofia *lean*, têm sido desenvolvidos tanto nas fases de desenho e dimensionamento do produto, como nos sistemas de fornecimentos ao projecto e na fase de execução da obra.

Um dos pontos fortes do Modelo é o facto de este ser bastante moldável em termos de detalhes operacionais, permitindo o ajuste que melhor se adequa à metodologia vigente na empresa. Observou-se ainda que um dos aspectos fundamentais da implementação é a aceitação dos conceitos e da mudança *lean*. Esta, se não for levada a sério compromete todo o processo tornando mais difícil a transformação e afectando de forma crítica o sucesso dos resultados. É crucial liderar a implementação através do exemplo. Também se ressalva o facto de as melhorias serem de baixo custo e sem necessidade de aplicação de alternativas tecnológicas significativas. Contudo, convém alertar que não existem receitas mágicas que permitam soluções óbvias, sendo necessário empenho e perseverança na organização, uma vez que o conhecimento *lean* é conseguido através de tentativas e aprendizagem com os erros.

A confiança nas ideias da *Lean Construction* é de tal forma elevada que já se tornou uma componente estabelecida das melhores práticas na construção. Apesar de se argumentar que a construção é diferente em diversos aspectos de outras indústrias de manufactura, novos processos de produção podem ser desenvolvidos e as características físicas únicas dos produtos da construção não devem ser motivo para evitar a criação e aplicação de novas técnicas.

Uma das ferramentas apresentadas nesta dissertação baseia-se nos conceitos *lean* e, mais especificamente, nas metodologias do sistema *Last Planner System*, desenvolvido pelo *Lean Construction Institute*. Trata-se de um sistema de planeamento e controlo da produção em estaleiro que a encara em termos de fluxo de trabalho. Esta ferramenta tem uma forte base de senso comum no que toca às suas metodologias. Contudo, estabelece um contexto inovador para aplicação conjunta de boas práticas, em que as várias partes são envolvidas, desde os responsáveis até aos operários. O planeamento e o controlo são estabelecidos como um processo a vários níveis conforme se aproxima a execução do projecto. Inerente a este processo está uma matriz programática, de medição e análise, que procura a melhoria contínua do próprio sistema.

O *Last Planner*, que recorre a um mecanismo de protecção da produção (*shielding production*), tem sido bem sucedido na larga maioria das situações onde foi aplicado. Este tem o potencial comprovado de aumentar a produtividade e reduzir a variabilidade dos projectos de construção. Este sistema de controlo da produção é considerado simultaneamente como filosofia, como conjunto de regras e procedimentos, e como um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação dos procedimentos. Esta ferramenta demonstra resultados claros de sucesso, sobretudo de melhoria do fluxo de trabalho na construção. O *Last Planner* tem em conta todos os pré-requisitos do trabalho – exceptuando o insondável panorama das condições externas. Contudo, alguns são considerados indirectamente e a sua maioria não é tratada em pormenor. Este sistema também não consegue ser suficientemente abrangente para conseguir operar em níveis mais gerais do projecto.

Em suma, a *Lean Construction* e o modelo *Last Planner* constituem um caminho inovador que auxilia a realização de projectos dinâmicos, isto é, complexos, e rápidos, que são os que emergem com maior frequência nos nossos dias. A filosofia *lean* e o modelo *Last Planner* fortalecem a habilidade de desenvolver novas soluções, de cumprir prazos e de criar dentro das organizações maior flexibilidade e adaptabilidade.

A segunda ferramenta, abordada com especial destaque nesta dissertação, foi o *Just-in-Time* (JIT) que é uma filosofia de administração da produção. Esta ferramenta requer diversos procedimentos para ser implantada, por isso, não se pode esperar resultados imediatos. Deve ser vista como um processo com resultados a longo prazo. É fundamental para o sucesso da sua implementação o compromisso de

mudança por parte dos gerentes das empresas, que a estrutura organizacional se adapte, pois apenas com o comprometimento profundo por parte da administração da empresa se poderá alcançar o sucesso.

A implementação desta ferramenta não pode ser feita de forma isolada. Para se alcançar a máxima eficiência desta nova filosofia, o JIT só funcionará, de uma forma integrada com todas as ferramentas, analisadas no capítulo da *Lean Construction*.

Os conceitos, por si só, não promovem mudanças se não tiverem métodos e técnicas que os tornem exequíveis, transformando em acções aquilo que as definições teóricas prevêem. Sendo assim a fixação das bases teóricas que deve orientar a produção deve estar muito bem definida e organizada.

O sucesso de uma implementação *lean* terá de ser com pequenos passos iniciais mas com impacto, aumentando progressivamente e tendo em conta os diversos aspectos inerentes à produção – pessoas, tecnologias, cultura, informação – para que, com pequenos resultados rápidos haja reacção e uma progressiva adaptação à nova filosofia. São factores fundamentais para uma implementação bem sucedida o envolvimento activo em todo o processo de construção, o entusiasmo, o comprometimento, a motivação pela implementação e uma mente aberta para que a mudança ocorra.

A *Lean Construction* desenvolve o seu estudo num largo leque de âmbitos da construção, nomeadamente a teoria subjacente, à implementação e medição de performance, o planeamento e controlo da produção, o estudo do sistema produtivo, a gestão de cadeias de fornecimento, o desenvolvimento de produto e gestão do projecto, a segurança, a qualidade e ambiente. No desenvolvimento do projecto deve existir uma colaboração próxima entre projectistas, empreiteiros e subcontratados de especialidades, de forma a elaborar e projectar também o processo logo no início. No aprovisionamento deve-se criar sinergias duradouras que fomentem parcerias de transparência e confiança, e que melhorem a cadeia de fornecimento no sentido das entregas *Just-in-Time*. A produção deve actuar de forma estratégica programando e identificando com clareza os pontos críticos a melhorar dentro do sistema, apostando no *benchmarking*.

De facto, o *Lean Construction* é uma excelente forma de difundir boas práticas e aumentar assim o desempenho de toda a indústria num mundo cada vez mais conduzido pela criação de valor. Esta é uma direcção inovadora que poderá levar a melhorias significativas nas diversas áreas do ramo da construção.

Tendo em conta a grande quantidade de estudos, de publicações e artigos científicos que se realizaram nas últimas duas décadas e que continuam a crescer exponencialmente, pode-se afirmar, com toda a certeza, que a nova teoria da construção e respectivos princípios e metodologias continuarão a desenvolver-se, no sentido de melhoria contínua, tal como o próprio pensamento *lean* defende.

A única forma de sobrevivência da indústria ocidental é enfrentar esse desafio com mudanças drásticas nas empresas. Nenhum dos conceitos e técnicas explorados neste trabalho, é simples, tão-pouco nenhum se mantém por si só. A sua verdadeira força está na interpretação integrada. Se todas as empresas aplicarem estes conceitos, a probabilidade é de que a sociedade, em geral, se modifique e toda a ética de trabalho altere.

BIBLIOGRAFIA

- Abdelhamid, T., S. (2004). *The Self-Destruction and Renewal of Lean Construction Theory: A Prediction from Boyd's Theory*. Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingor, Dinamarca.
- Abdelhamid, T, e Salem, O. (2005). *Lean Construction: A New Paradigm for Managing Construction Projects*. The International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure, Cairo, Egípto.
- Alarcón, L. (1997). *Un sistema de medición y evaluación de desempeño para empresas constructoras chilenas*. Informe de investigación, Santiago de Chile.
- Alarcón, L. (1997). *The Importance of Research to Develop Lean Construction*. Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2, 20-21 Out., São Paulo.
- Ansoff, H. I. (1991). *Critique of Henry Mintzberg the design school: reconsidering the Basic premises of strategic management*. Strategic Management Journal, v. 12.
- Ballard, G. (1993). *Lean Construction and EPC Performance Improvement*. Proceedings of 1st Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, Espoo, Finland.
- Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Spring Conference of the Northern California Construction Institute, Monterey, CA, April 22-24.
- Ballard, G.; Howell, G. (1996a). *A case Study*. Annual Conference on the International Group for Lean Construction, 4, Birmingham, UK, 26-27 August.
- Ballard, G. & Howell, G. (1996b) *Shielding Production from uncertainty: first step in an improvement strategy*. Encontro Nacional de Profissionais de Project Management. Santiago.
- Ballard, G. & Howell, G. (1997). *Shielding Production: An Essencial Step in Production Control*. Technical Report N° 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, CA.
- Ballard, G. e Howell, G. (1998a). *What Kind of Production is Construction?* Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr., IGLC-6, Guarujá, Brasil, 13-15 August.
- Ballard, G. e Howell, G. (1998b). *Implementing Lean Construction: Understanding and Action*. Proc. 6th Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr., IGLC-6, Guarujá, Brasil.
- Ballard, G. (1999). *Improving Workflow Reliability*. Proceedings of the 7th International Group of Lean Construction, Berkeley, EUA.
- Ballard, G. (2000a). *The Last Planner System of Production Control*. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2000b). *Lean Project Delivery System™*. Lean Construction Institute White Paper-8 (Revision 1). Lean Construction Institute, Ketchum, ID, Sept 23.
- Ballard, G. Koskela, L. Howell, G. e Zabelle, T. (2001). *Production Design in Construction*. Proceedings of the 9th International Group of Lean Construction, National University of Singapore.
- Bartezzaghi, E. (1999). *The Evolution of Production Models: Is a New Paradigm Emerging?* International Journal of Operations & Production Management, v. 19.

- Bernardes, M. M. S. (1999). *Desenvolvimento de Um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção*. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.
- Bernardes, M. M. S. (2003). *Planejamento e Controle da Produção para Empresas da Construção Civil*. Rio de Janeiro: LTC.
- Bertelsen, S. (2003). *Complexity – Construction in a new Perspective*. Proceedings of the 11th International Group for Lean Construction Annual Conference (IGLC11), Blacksburg, EUA.
- Bertelsen, S. e Koskela, L. (2004). *Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management*. Proceedings of the 12th International Group of Lean Construction Annual Conference (IGLC12), Copenhaga, Dinamarca.
- Bertelsen, S., Koskela, L., Henrich, G. e Rooke, J. (2006). *Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory*. Proceedings IGLC-14, July 2006, Santiago, Chile.
- Birrel, G. S. (1980). *Construction planning – beyond the construction path*. Journal of the Construction Division, New York, ASCE.
- Boyd, J. (1976). *Destruction and Creation*.
- Bulhões, I. R. (2003). *Informatização do Planejamento e Controle de Produção*. III Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente Construído – SIBRAGEC. São Carlos – SP.
- Chitla, V. (2002). *Performance Assessment Of Planning Processes During Manufactured Housing Production Operations Using Lean Production Principles*. Master Thesis.
- Coriat, B. (1994). *Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Cooper, R., Sladmulder, R. (1999). *Supply Chain Development for the lean enterprise*. Inter-organizational cost management, Portland: Productivity.
- Corrêa H. L. e Giansi I. G. N. (1993). *Just in Time, MRP II e OPT*. Editora Atlas. São Paulo. Brasil.
- Courtois A., Pillet M. e Martin C. (1997). *Gestão da Produção*. Lidel – Edições Técnicas, Lda.
- Daeyoung, Kim (2002). *Exploratory study of Lean Construction: Assessment of Lean implementation*. Ph.D, The University of Texas, Austin, EUA.
- Dennis P. (2008). *Produção Lean Simplificada*. Porto Alegre. Bookman.
- Emmitt, S., Sander, D., e Christoffersen, A. (2005). *The Value Universe: Defining A Value Based Approach To Lean Construction*. Proceedings IGLC-13, Sydney, Austrália.
- Faniran, O., Oluwoye, J. O., e Lenard, D. (1997). *Application of Lean Production concept to improving construction planning process*. Proc. IGLC'97, IGLC, Gold Coast, Austrália.
- Formoso, C. T. (1999). *Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras*. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/Sinduscon/SP.
- Formoso, C. T. (2000). *The New Operations Management Paradigm*. White Paper. Berkeley; University of California.
- Formoso, C. T. (2000). *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. Porto Alegre, SEBRA/RS.

- Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. New York: Oxford University Press.
- Galsworth, G. (1997). *Visual Systems. Harnessing the Power of a Visual Workplace*. United States: Amacon.
- George M.; Rowlands D. e Kastle B. (2004). *O que é o “Lean Six Sigma”?*. Lisboa. Actual Editora.
- Ghinato, P. (1996). *Sistema Toyota de Produção - Mais do que Simplesmente Just-In-Time*. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
- Greif, M. (1991). *The Visual Factory. Building Participation Through Shared Information*. USA: Productivity Press.
- Heineck, L. F. M. (1996). *Layout de canteiro de obras de construção civil*. Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Piracicaba: Unimep.
- Hirota, E. H. e Formoso, C.T. (2000). *O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção*. Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 7, Salvador. Salvador.
- Hopp, Wallace J. e Spearman, Mark L. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin/McGraw-Hill, Boston, EUA.
- Howell, G. (1999). *What is Lean Construction*. Conference of International Group of Lean Construction.
- Howell, G. A.; Koskela, L. (2000). *Reforming Project Management: The Role of Lean Construction*. Proceeding from 8th Annual Conference on Lean Construction, Brighton, Reino Unido.
- Isatto, L. (2000). *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5, Porto Alegre.
- Koskela, L. (1992). *Technical Report 72 – Application of the New Production Philosophy to Construction*. Helsinki, Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, L. (1999). *Management of Production in Construction: a theoretical view*. International Group of Lean Construction, 7.
- Koskela, Lauri. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction*. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications.
- Koskela, L. e Howell, G., (2002a). *The Underlying Theory of Project Management is Obsolete*. Proceedings of the PMI Research Conference.
- Koskela, L. (2004). *Making - Do –The Eighth Category of Waste*. Proceedings of the 12th annual conference of ICGL, Dinamarca.
- Kurek J.; Pandolfo A.; Brandi L. L. e Pandolfo L. M. (2006). *Aplicação dos princípios Lean ao sector de edificações – construção enxuta uma prática*. Universidade de Passo Fundo. UPF Editora. Passo Fundo – RS – Brasil.
- Liker, J. K. (2003). *O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre. Bookman
- Liker, J. K. e Meier D. (2007). *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre. Bookman.

- Macomber, Hal e Howell, Gregory A. (2003). *Linguistic Action: Contributing to the Theory of Lean Construction*. Proceedings of the 11th International Group for Lean Construction Annual Conference (IGLC11), Blacksburg, EUA.
- Macomber, H., Howell, G.A., Reed, D. (2005). *Managing Promises With The Last Planner System: Closing In On Uninterrupted Flow*. Proceedings IGLC-13, Sydney, Austrália.
- Maruoka, L. M. A. (2003). *Estratégias de produção adotadas pelas construtoras no ambiente contemporâneo*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Paulo.
- Mendes, Jr. R. e Heineck, L. F. M. (1998). *Preplanning method for multi-story building construction using line of balance*. In: Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, Guarujá, IGLC.
- Messeguer, A. G., (1991). *Controle e garantia da qualidade na construção*. SinduCon-SP/Projeto, São Paulo, Brasil.
- Monden, Y. (1984). *Sistema Toyota de Produção*. Editora do IMAM, São Paulo.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre, Editora Bookman.
- Picchi, F. A.; Granja, A. D. (2004). *Aplicação do lean thinking ao fluxo de obra*. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2004, São Paulo, 18-21 Julho.
- Pichi, F.A. (2003). *Opportunities for the Application of Lean Thinking in Construction*.
- Pinto J. (2009). *Modelo de implementação do pensamento JIT – Uma abordagem prática aos conceitos*. Publindústria, Edições Técnicas. Porto, Portugal
- Porter, M. (1991). *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. São Paulo: Campus.
- Rother, M., Harris, R. (2002). *Criando fluxo contínuo*. São Paulo, Brasil.
- Santos, A. (1999). *Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites*. Salford: University of Salford, Tese de Doutorado.
- Santos, A. (2002). *Por onde iniciar na implantação das modernas práticas de engenharia de produção na construção?* Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído, ENTAC 9, Foz de Iguaçu. Foz do Iguaçu.
- Saurin, T. (1997). *Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiro de obras de edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Schonberger, Richard J. (1982). *Japanese manufacturing techniques*. The Free Press, Nova Iorque, EUA.
- Schonberger, Richard J. (1986). *World class manufacturing*. The Free Press, Nova Iorque, EUA.
- Shingo, S. (1996). *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Silva Filho, Florêncio Absalão (1998). *Além da manutenção em larga escala: uma adaptação do método “enxuto” de gestão para a manutenção programada de trem unidade eléctrica (TUE). O caso*

- Metrorec*. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco para a obtenção do título de mestre em administração, PROPAD-CMA-UFPE. Recife.
- Slack, N.; Chambers, S.; Harland, C.; Harrison, A.; Johnston, R. (1997). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.
- Spear, S.; Bowen, H.K. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota production system*. Harvard Business Review, Boston.
- Stoll, H. W. (1988). *Design for manufacture*. Manufacturing Engineering, v.100, n.1.
- Tommelein, I. D. (1998). *Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique*. Journal of Construction Engineering and Management, v.124, n°4, Jul/Aug.
- Tommelein, I. D. e Ballard, G. (1997). *Lookahead planning: screening and pulling*. In: Seminário Internacional Sobre Lean Construction, 2, São Paulo, Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems.
- Vrijhoef, R. e Koskela, L. (2005a). *Revisiting the Three Peculiarities of Production in Construction*. Proceeding of IGLC'13 Conference, Sydney, Austrália.
- Vrijhoef, R. e Koskela, L. (2005b). *A critical review of construction as a project-based industry: identifying paths towards a project-independent approach to construction*. Kähkönen, K. Proceedings CIB Combining Forces. Helsínquia, Finlândia.
- Womack, JP, Jones, DT e Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Rawson Associates, New York, EUA.
- Womack, James P., Jones, Daniel T. & Roos, Daniel. (1992). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro, Edição Campus.
- Womack, J.P. e Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, Nova Iorque, EUA.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.R. (1998). *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o desperdício e crie riquezas*. Rio de Janeiro: Campus.

