

# **LEAN CONSTRUCTION – FILOSOFIA E METODOLOGIAS**

**PAULA CRISTINA FONSECA GONÇALVES ARANTES**

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

---

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Fachana Moreira da  
Costa

JUNHO DE 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto: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](mailto: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 - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

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  
Aos meus avós  
e às minhas irmãs

*“O tempo perdido é algo que não pode ser reciclado.”*

*Taiichi Ohno*



## **AGRADECIMENTOS**

Concluindo esta dissertação devo manifestar os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a sua execução.

No entanto devo destacar os meus agradecimentos ao Professor Jorge Moreira da Costa, pela orientação dada, disponibilidade para esclarecimentos e úteis conselhos.

Aos meus pais, ao Carlos e a alguns dos meus colegas de curso e amigos pelo apoio, confiança e incentivo transmitidos durante todo o processo de execução desta tese.



## RESUMO

A indústria da construção mobiliza diversos meios, quer a montante quer a jusante do processo de construção em si, pelo que acaba por representar uma importante parcela do Produto Interno Bruto Nacional. Sendo representativa do estado económico do País, a construção deve entender-se como algo essencial ao seu desenvolvimento e, como tal, ser alvo de métodos que levem a uma melhoria contínua da mesma.

Com o intuito de levar a construção a atingir níveis de eficiência e produtividade satisfatórios, surge um novo paradigma de produção, a *Lean Construction*, oriunda da *Lean Production*. A *Lean Production* nasce no Japão, na indústria automobilística, e engloba diversos conceitos e procedimentos que originam uma produção mais eficiente, quase isenta de desperdícios. Verificando-se os resultados positivos deste método surge a intenção de o aplicar na construção; no entanto, sendo uma indústria com características muito distintas da produção em série, foi necessário adaptá-lo nascendo a *Lean Construction*.

Este trabalho visa a apresentação e explicação dos princípios, conceitos, fundamentos e ferramentas desta nova filosofia com intenção de melhor a dar a conhecer à indústria da construção Portuguesa. Para tal foi necessária uma reflexão acerca de conceitos como produtividade e eficiência, uma breve caracterização do estado da indústria da construção, uma introdução à filosofia *Lean*, uma abordagem mais significativa à *Lean Construction*, finalizando com uma proposta de nova designação em português e perspectivas de aplicação na realidade da construção em Portugal.

PALAVRAS-CHAVE: construção, desperdícios, *Lean Production*, *Lean Construction*, eficiência.





## **ABSTRACT**

Construction Industry mobilizes several resources, either preceding or succeeding the process of construction itself, so it represents an important item of the Gross Domestic Product. Construction, which is a good image of the economic situation of a Country, ought to be seen as something essential to its development and therefore it should use methods that lead to a continuous improvement.

With the purpose to guide Construction to reach levels of adequate efficiency and productivity, a new production paradigm appears, Lean Construction, derived from Lean Production. Lean Production arises in Japan, in car industry, and includes several concepts and procedures which generate a more efficient production, almost waste-free. Due to the encouraging results of this method the intention to apply it to Construction began to develop; however as it is an industry with quite different features from line production, it was necessary to adjust it creating, in this way, Lean Construction.

This dissertation aims to present and explain principles, concepts, basis and tools of this new philosophy with the goal to make it better known in the Portuguese Construction Industry. To make this possible a reflection about productivity and efficiency was necessary, a brief analysis of the Construction Industry condition, an introduction to Lean Thinking, and a deeper approach to Lean Construction, yielding a proposal of a new designation in Portuguese and perspectives of application in the Portuguese Construction reality.

**KEYWORDS:** construction, wastes, Lean Production, Lean Construction, efficiency.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. OBJECTIVOS DO TRABALHO .....	1
1.2. PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	1
<b>2. CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE E DE EFICIÊNCIA</b> .....	3
2.1. SIGNIFICADO DE PRODUTIVIDADE .....	3
2.2. EVOLUÇÃO DO CONCEITO PRODUTIVIDADE E DAS INDÚSTRIAS PRODUTIVAS .....	3
2.3. COMPETITIVIDADE.....	5
2.4. BENCHMARKING .....	5
2.4.1. O QUE É O BENCHMARKING .....	5
2.4.2. TIPOS DE BENCHMARKING.....	6
2.4.3. ETAPAS PARA A REALIZAÇÃO DE BENCHMARKING.....	6
2.5. TIPOS DE ACTIVIDADE.....	7
2.6. INDÚSTRIAS TRANSFORMADORAS CLÁSSICAS E DE TRABALHOS POR PROJECTO.....	7
2.7. DESPÉRDÍCIOS DO PROCESSO PRODUTIVO .....	9
2.8. EFICIÊNCIA .....	10
2.9. INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA .....	10
<b>3. A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E AS OUTRAS INDÚSTRIAS</b> .....	13
3.1. A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL.....	13
3.2. A INDÚSTRIA INFORMÁTICA.....	15
3.3. A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO .....	15
3.3.1. HISTÓRIA E CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO .....	15
3.3.2. AS PECULIARIDADES DA CONSTRUÇÃO.....	17
3.3.3. A CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL .....	17
3.3.4. A CONSTRUÇÃO E AS OUTRAS INDÚSTRIAS.....	21

<b>4. LEAN CONSTRUCTION</b> .....	23
<b>4.1. LEAN PRODUCTION</b> .....	23
4.1.1. OS PARADIGMAS DO PROCESSO PRODUTIVO .....	23
4.1.2. TOYOTA PRODUCTION SYSTEM .....	24
4.1.3. JUST IN TIME E AUTOMAÇÃO .....	25
4.1.4. PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION .....	26
4.1.5. DOS PRINCÍPIOS ÀS FERRAMENTAS .....	30
4.1.6. OS DESPERDÍCIOS .....	31
<b>4.2. LEAN CONSTRUCTION</b> .....	33
4.2.1. FLUXOS DA CONSTRUÇÃO .....	33
4.2.2. GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	34
4.2.3. CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	36
4.2.3.1. Modelo de processo da <i>Lean Construction</i> .....	36
4.2.3.2. Teoria de Produção TFV .....	38
4.2.3.3. Princípios da <i>Lean Construction</i> .....	40
4.2.3.4. Teoria <i>Lean</i> da Gestão de Projecto .....	46
4.2.4. CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL VS <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	47
4.2.5. OS 7 DESPERDÍCIOS DA CONSTRUÇÃO .....	49
4.2.6. FERRAMENTAS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	50
4.2.6.1. Engenharia simultânea .....	50
4.2.6.2. Mapeamento do fluxo de valor .....	52
4.2.6.3. Células de produção .....	53
4.2.6.4. TPM – Total Productivity Maintenance .....	54
4.2.6.5. <i>Jidoka</i> (qualidade na fonte) .....	54
4.2.6.6. <i>Poka-Yoke</i> .....	55
4.2.6.7. Operações Padronizadas .....	55
4.2.6.8. Gestão Visual .....	56
4.2.6.9. <i>Takt time</i> .....	56
4.2.6.10. <i>Kanban</i> (cartão) .....	57
4.2.6.11. Cinco S (5S) .....	59
4.2.6.12. <i>Last Planner System</i> .....	60
4.2.7. <i>LEAN</i> APLICADA AO PROCESSO ORGANIZACIONAL E DE GESTÃO .....	61
4.2.7.1. <i>Lean</i> nos fornecedores .....	61

4.2.7.2. <i>Lean</i> nos orçamentos.....	62
4.2.7.3. <i>Lean</i> na gestão de projectos.....	63
4.2.8. <i>LEAN</i> NAS EQUIPAS EM OBRA, NAS EQUIPAS EM PROJECTO E NOS RESPONSÁVEIS DA EMPRESA.....	63
<b>5. CASOS DE ESTUDO .....</b>	<b>65</b>
5.1. APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION NA CONSTRUTORA CASTELO BRANCO.....	65
5.2. MELHORIAS DE PROCESSOS COM A APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN – PROJECTO INOVACON – CE .....	70
5.2.1. MEDIDAS IMPLEMENTADAS AO NÍVEL DAS ACTIVIDADES .....	70
5.2.2. MEDIDAS IMPLEMENTADAS AO NÍVEL DO PLANEAMENTO E CONTROLE DAS OBRAS .....	72
5.2.3. CONCLUSÕES DA APLICAÇÃO DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> NO INOVACON .....	73
5.3. APLICABILIDADE NO MEIO PORTUGUÊS.....	73
<b>6. LEAN CONSTRUCTION EM PORTUGAL.....</b>	<b>75</b>
6.1. PROPOSTA DE NOVA DESIGNAÇÃO .....	75
6.2. ÁREAS E ESTRATÉGIAS <i>LEAN</i> COM MAIOR POTÊNCIAL DE SUCESSO .....	76
6.3. PROPOSTA DE MODELOS OPERACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO .....	77
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>83</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema de Gestão de Projectos. ....	9
FIGURA 2 – Linha montagem da Ford Motors. ....	14
FIGURA 3 – Peso dos vários sectores de actividade no VAB. ....	18
FIGURA 4 – Evolução do Peso do Construção no VAB ..... 19	19
FIGURA 5 – Disparidade entre Prazos previsto e efectivo ..... 19	19
FIGURA 6 – Os Sete Desperdícios ..... 32	32
FIGURA 7 – Modelo de Conversão ..... 35	35
FIGURA 8 – Modelo de processo da Lean Construction ..... 37	37
FIGURA 9 – Gestão tripartida da construção ..... 40	40
FIGURA 10 – Operário a usar vibrador portátil ..... 41	41
FIGURA 11 – Divisórias em gesso cartonado ..... 43	43
FIGURA 12 – Limite de espaço transparente ..... 44	44
FIGURA 13 – Paletização de blocos de alvenaria ..... 45	45
FIGURA 14 – Cartão <i>Kanban</i> ..... 57	57
FIGURA 15 – Procedimento de utilização de cartões Kanban em contentores..... 58	58
FIGURA 16 – Procedimento de uso de cartões Kanban por meio de um quadro ..... 59	59
FIGURA 17 – Organograma da empresa tradicional VS adoptado ..... 66	66
FIGURA 18 – Estaleiro de uma obra da Construtora Castelo Branco..... 66	66
FIGURA 19 – Lajes isentas de vigas e pilares ..... 67	67
FIGURA 20 – Paredes divisórias em blocos de gesso..... 68	68
FIGURA 21 – <i>Kanban</i> de Sinalização ..... 69	69
FIGURA 22 – Elementos de alvenaria estandardizada ..... 70	70
FIGURA 22 – Caminhos de circulação no estaleiro ..... 71	71
FIGURA 24 – Carro prateleira ..... 71	71
FIGURA 25 – Placa informativa..... 72	72
FIGURA 26 – <i>Kanban</i> de Sinalização ..... 72	72
FIGURA 27 – Fluxograma de proposta de modelo operacional para implementação da Lean Construction ..... 79	79





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Edifícios licenciados em 2006.....	8
Tabela 2 – Indicadores de Produtividade e Eficiência .....	11
Tabela 3 – Passado e Presente da Construção .....	16
Tabela 4 – Obstáculos à actividade da Construção. ....	20
Tabela 5 – Três visões para compreender o TPS .....	28
Tabela 6 – Visão esquemática do <i>Lean Thinking</i> .....	30
Tabela 7 – A teoria da produção TFSV.....	38
Tabela 8 – Gestão Convencional VS <i>Lean Construction</i> .....	48



## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

ES – Engenharia Simultânea

IDA - Institute for Defense Analysis

IGLC - International Group for Lean Construction

IMVP – International Motor Vehicle Program

INE – Instituto Nacional de Estatística

JIT – Just in time

LCI – Lean Construction Institute

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LPDS – Lean Project Delivery System

LPS – Last Planner System

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

PIB – Produto Interno Bruto

PPC – Percentage Plan Complete (Percentagem de Plano Concluído)

ProNIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

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

TPS – Toyota Production System

TQM – Total Quality Management

VAB – Valor Acrescentado Bruto







# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 OBJECTIVOS DO TRABALHO

A construção está presente nas nossas vidas de um modo que muitas vezes não percebemos, movendo e interagindo em diversos meios que se influenciam mutuamente, é um indicador do estado económico do País, e um sector do qual nunca se poderá prescindir.

É neste contexto de essencialidade da indústria da construção que surge a necessidade de se otimizar o sector, numa conjectura económica que se vem demonstrando fragilizada.

O objectivo do presente trabalho é dar a conhecer uma filosofia ligada à indústria da construção, que surgiu ainda na década passada mas que tem vindo a evoluir e chamar a atenção de diversos estudiosos – a *Lean Construction*.

Ao longo do trabalho será feita a exposição da origem, conceitos, princípios e fundamentos deste novo paradigma da construção, com o propósito de inspirar interesse num maior conhecimento desta filosofia por parte do sector da Construção Nacional, propondo uma nova designação e uma análise das áreas onde poderá ter mais sucesso.

### 1.2 PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O processo de Investigação foi baseado em pesquisa bibliográfica acerca do tema, tendo como objecto fundamental a bibliografia referente à *Lean Production* e *Lean Construction*.

A informação foi essencialmente retirada de publicações, artigos e relatórios, muitos dos quais apresentados em congressos e conferencias sobre o tema. O *International Group for Lean Construction* (IGLC) e o *Lean Construction Institute* (LCI), tiveram papel de destaque no âmbito da pesquisa efectuada.

Um primeiro contacto com o tema permitiu o desenvolvimento de um *state of art*, que foi ponto de partida para uma contextualização e entendimento fundamental do assunto, que permitiu seguir com a pesquisa e elaboração do trabalho.

O trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos.

Após a presente apresentação segue-se o capítulo 2, referente aos conceitos de Produtividade e Eficiência, que os desenvolve e permite perceber o enquadramento desses mesmos conceitos na Construção.

No capítulo 3 é feita uma abordagem caracterizadora da Indústria da Construção e outras indústrias como a Informática e Automóvel, comparando-as, o que possibilita uma análise aos pontos de distanciamento entre as indústrias e possíveis factores de aprendizagem por parte da Construção.

O capítulo 4 é o principal, e por isso mais longo do trabalho, uma vez que nele se ilustram os conceitos e pontos principais do pensamento *Lean*, fundamentalmente com base na pesquisa bibliográfica.

O capítulo 5 é dedicado a apresentação de alguns casos de estudo, isto é de apresentação de empresas que aplicaram a *Lean Construction*, e análise da aplicabilidade no meio português.

A *Lean Construction* em Portugal é o âmbito do sexto capítulo, onde se propõe uma nova designação para o conceito e se sugerem as áreas e estratégias da filosofia *Lean* com maior potencial de sucesso em Portugal.

Para terminar um capítulo dedicado às conclusões, onde é consumada uma síntese do trabalho produzido, ideias-chave após a elaboração do trabalho e aspectos de desenvolvimento futuro no espaço da *Lean Construction*.



## 2

## CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE E DE EFICIÊNCIA

### 2.1 SIGNIFICADO DE PRODUTIVIDADE

*“No mundo das empresas, a criação de valor é vista como essencial à sobrevivência.”*

João Borges de Assunção *In*: Jornal de Negócios

O termo Produtividade foi usado pela primeira vez num artigo de Quesnay, um economista francês, em 1766. Em 1883, outro economista francês, Littré usou o termo com o sentido de “capacidade de produzir”. No entanto, apenas recentemente o vocábulo assumiu o conceito de relação entre o produzido – “output” – e os recursos empregues para produzir – “input” –.

Mais recentemente, em 1950 a Comunidade Económica Europeia apresentou uma definição formal de produtividade – “o quociente produzido pela divisão do produzido (output) por um dos factores de produção”.

Existem, no entanto, duas formas de interpretar o conceito:

- **Produtividade Total** – relação entre o produzido (output) total e a soma de todos os meios de produção (input).
- **Produtividade parcial** – relação entre o produzido, medido de alguma forma, e o meio de produção utilizado.

É assim possível analisar-se a produtividade a vários níveis, como por exemplo ao nível de matérias-primas e mão-de-obra, e também entre vários instantes de tempo (mês, trimestre, ano).

### 2.2 EVOLUÇÃO DO CONCEITO PRODUTIVIDADE E DAS INDÚSTRIAS PRODUTIVAS

Desde sempre que o homem usa a função produção para transformar um bem noutra com diferente e superior utilidade.

Ao longo dos anos, as técnicas e as ferramentas de produção foram evoluindo de forma a acompanhar também as necessidades dos consumidores que vão sendo cada vez mais exigentes, vastas e complexas.

No princípio do século XX, Henry Ford revolucionou os processos e métodos produtivos ao criar a linha de montagem em série, nascendo assim o conceito de *Produção em Massa*, caracterizada por grandes volumes de produtos. Esta metodologia trouxe consigo princípios de melhoria de produtividade por meio de novas técnicas de gestão das actividades, por exemplo:

- Linha de montagem
- Posto de trabalho

- Stocks intermédios
- Arranjo físico ou Layout
- Balanceamento de linha
- Produtos em curso de fabrico
- Controlo de tempos de fabrico
- Manutenção preventiva.

Neste contexto o conceito de produtividade pode ser explicado como ***a procura incessante por melhores métodos de trabalho e processos de fabrico, com o objectivo de se obter a melhor e maior produção com o menor custo possível.***

A produção em série é responsável pelo grande aumento da produtividade e posteriormente da qualidade com a obtenção de produtos mais uniformes, devido à padronização e aplicação de técnicas de controlo da qualidade.

Até a década de 60 foi predominante o sistema de produção em massa até que surgiram novas técnicas que visavam aumentar a eficiência dos processos de fabrico e a sua flexibilidade, promovendo conceitos como:

- *just-in-time*
- Células de produção
- Robotização
- Qualidade total
- Certificação

*Just-in-time* é um conceito segundo o qual a produção de algo é executada na hora certa, nas quantidades certas e no local certo segundo os requisitos do cliente.

As Células de Produção são equipas de trabalho formadas para executar determinada actividade desde o seu início até ao fim, estando preparadas para realizar todas as tarefas que a compõe, são por isso equipas multifuncionais.

A robotização prende-se com a mecanização dos processos, ou seja o recurso a cada vez mais equipamentos de alta tecnologia, capazes de substituir tarefas que seriam feitas por trabalhadores, principalmente as mais repetitivas.

Quanto à noção de Certificação, isso é algo que as empresas cada vez mais ambicionam pois garante que as metodologias de gestão e processos de produção que as elas definiram na sua estratégia de qualidade, se encontram correctamente implementados e utilizados.

O consumidor tem tido o papel fundamental na evolução das técnicas de produção, sendo que este especifica aquilo que pretende e é cada vez mais exigente em termos da qualidade do produto que recebe. Assim sendo, uma empresa inserida na actual economia global tem de estar voltada para as necessidades do cliente e procurar incessantemente melhorias. A avaliação da produtividade de uma empresa e a sua comparação com outras (benchmarking), concorrentes ou não, é hoje um acto de gestão indispensável para administradores de empresas preocupados com o futuro da empresa e com a sua situação no mercado.

Ao mesmo tempo que as técnicas de produção e as indústrias evoluíam, modificavam também alguns conceitos associados aos produtos. A qualidade sempre foi um objectivo de um consumidor quando adquire algum produto, assim como o preço, que habitualmente se procura que seja o mais baixo. Normalmente, assume-se que estes dois factores são inversamente proporcionais, ou seja uma maior qualidade pressupõe um custo mais elevado, um produto mais caro. O factor tempo é também

importante, e cada vez mais relevante na sociedade actual, muitas vezes está-se disposto a pagar mais se isso permitir alcançar aquilo de que se precisa mais cedo. Com a evolução tecnológica e de metodologias das indústrias, é hoje possível rapidamente obter produtos baratos e de qualidade. As empresas lutam por cumprir as necessidades dos clientes, e tentam por isso que a relação preço-qualidade seja razoável. No entanto isto continua a só ser possível em algumas indústrias, como a têxtil por exemplo. Na construção continuam-se a pagar por mais qualidade, que se traduz em melhores materiais, melhores equipamentos, e em melhores meios em geral. Também o tempo que se demora a obter o produto desejado depende do valor que se está disposto a aplicar, para uma obra ser realizada mais rapidamente será necessário um maior investimento nos vários recursos (mão-de-obra, equipamentos, material). Em suma, pode-se concluir que em algumas indústrias os conceitos de “mais rápido, melhor qualidade e mais barato” se conseguem hoje relacionar de forma mais apaziguada, enquanto que na indústria da construção parece continuar a ser necessário um bom investimento para obter um produto de qualidade e com brevidade.

## 2.3 COMPETITIVIDADE

A competitividade é imprescindível para que uma empresa se consiga manter no mercado e possa concorrer com as outras empresas de forma a aumentar a sua parcela nesse mercado. Existe um conjunto de factores que uma empresa deve dominar para melhoria da sua competitividade:

- **Custos** – A produção de um bem e/ou serviço ao menor custo praticável é uma meta constante de toda e qualquer organização.
- **Prazos** – quanto menor for o prazo de entrega mais satisfeito ficará o cliente. Também, quanto menos tempo o produto tiver de ficar em stock, menor será o espaço necessário para armazenagem e menores os custos relativos a essa armazenagem.
- **Qualidade** – melhorando a qualidade dos produtos consegue-se não só um aumento da satisfação do cliente como também, ao contrário do que se possa pensar, uma redução dos custos de produção.
- **Flexibilidade** – para ser competitiva uma empresa tem de ser capaz de alterar os seus produtos em função das exigências dos clientes. Quanto mais rápida e flexível for, mais probabilidade terá de ser a primeira a apresentar um novo produto no mercado.
- **Inovação** – é a capacidade de uma empresa se antecipar aos desejos dos consumidores.
- **Produtividade** – resulta da combinação dos factores anteriores e deve estar presente em todas as acções da empresa.

A produtividade de uma empresa é assim obtida a partir da sua capacidade de inovar, da sua flexibilidade, da qualidade alcançada e da redução dos seus custos.

## 2.4 BENCHMARKING

### 2.4.1 O QUE É O BENCHMARKING

O Benchmarking pode ser definido como *“um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional (Spendolini, 1992).*

Esta metodologia surgiu na década de 70 tendo a empresa Xerox como pioneira da prática. De facto esta empresa iniciou um procedimento sistemático de pesquisa sobre os processos de gestão e produção utilizados pelas suas concorrentes e por outras organizações de destaque em determinadas

áreas. O conceito foi propagado no decorrer da década seguinte pelo mundo e na década de 90 o seu uso já se estendia fundamentalmente a organizações norte-americanas e europeias.

O propósito imediato do benchmarking é avaliar um processo, logo as medições são a sua parte constituinte e essencial. Assume um compromisso com o princípio da melhoria contínua, pois possibilita utilizar a informação compilada de várias formas de modo a produzir um efeito significativo nos processos das organizações, onde todos os participantes beneficiam da partilha da informação.

As empresas avaliam práticas, metodologias, produtos e serviços de outras representantes de melhores práticas de forma a puderem aperfeiçoar a sua própria gestão. No entanto as organizações que servem de base à “comparação” não são estáticas, e prosseguem num espírito de melhoria contínua de forma a evitar o alcance das suas concorrentes, deste modo o trabalho de benchmarking deverá ser periodicamente actualizado.

Como se verá no capítulo 4, *Lean Construction*, fazer benchmarking é precisamente um dos princípios fundamentais para a implementação dessa nova filosofia na indústria da construção.

#### 2.4.2 TIPOS DE BENCHMARKING

Existem vários tipos de benchmarking dos quais se destacam e descrevem de um modo sumário os principais:

- **Benchmarking Governamental** – exprimido pela comparação da eficiência das várias políticas entre países. Actualmente, na União Europeia existem vários processos em curso.
- **Benchmarking Sectorial** – caracterizado pela comparação da eficiência inter e intra sectores de actividade.
- **Benchmarking Interno** – representado pela comparação da eficiência entre funções semelhantes em várias instalações, departamentos ou divisões, sendo que, no caso das multinacionais é particularmente perceptível.
- **Benchmarking Competitivo** – análises competitivas, envolvendo os concorrentes directos, identificam diferenças no desempenho das organizações, em vertentes como a produtividade, o crescimento, os custos, investimentos e inovação.
- **Benchmarking Funcional** – caracterizado por ser investigada uma função ou processo específico, não sendo necessário comparar-se unicamente com as empresas concorrentes.
- **Benchmarking Estratégico** – aborda grupos de tarefas ou funções em processos mais complexos que atravessam a organização transversalmente e que são encontrados facilmente em outras empresas, mesmo de diferentes ramos de actividade, como por exemplo, o processo desde a entrada de um pedido do cliente até à entrega do produto.

#### 2.4.3 ETAPAS PARA A REALIZAÇÃO DE BENCHMARKING

São a seguir apresentadas de forma concisa as seis etapas que habitualmente dividem a prática de benchmarking:

##### **I Planeamento:**

- i Identificação de áreas, processos ou actividades a serem melhoradas.
- ii Definição de critérios e indicadores para medição das actividades.
- iii Identificação de organizações participantes/parceiras.

- II Recolha de dados**
- III Análises e Comparações**
- IV Elaboração e Implementação do Plano de Mudanças**
- V Avaliar Melhorias**
- VI Repetição do Exercício**

## **2.5 TIPOS DE ACTIVIDADE**

Existem diversos tipos de actividades envolvidas no processo produtivo que influenciam a produtividade de uma indústria/empresa.

- I. Operação
- II. Controlo ou inspecção
- III. Transporte
- IV. Armazenagem temporária ou Espera
- V. Armazenagem permanente

A operação é parte essencial do processo de produção, é a actividade que transforma a matéria-prima no produto desejado; no caso da construção pode ser entendida como operação uma betonagem de lajes ou uma pintura de paredes. Existem dois tipos de operações: as que acrescentam valor ao produto e as que não acrescentam valor ao produto.

Em geral é em relação à última que devem recair as preocupações com a produtividade pois representam tarefas que devem ser executadas com a maior eficiência e rapidez possível.

Como por exemplo podem referir-se as actividades de Controlo, Transporte, Espera e Armazenagem, pois embora necessárias à produção não acrescentam valor ao produto.

Estas são as etapas do processo produtivo que a *Lean Production* pretende reduzir na sua expressão de forma a maximizar a produtividade do processo e acrescentar valor ao produto.

## **2.6 INDÚSTRIAS TRANSFORMADORAS CLÁSSICAS E DE TRABALHOS POR PROJECTO**

As indústrias Transformadoras clássicas estão relacionadas com a produção em massa já acima enunciada quando se faz referência à evolução do conceito de Produtividade. Numa indústria transformadora clássica, como a indústria alimentar e de vestuário por exemplo, a matéria-prima é transformada de modo a se obter o produto desejado. O Produto desta indústria pode ser função das necessidades e exigências de quem a ele se destina, mas o modo de o produzir seguirá sempre uma lógica racional e contínua, que apenas dependerá de inovações que poderão surgir no âmbito do processo produtivo de modo a tornar a sua produção mais eficiente.

Já na indústria de trabalhos por Projecto, como é a da Construção Civil, os factores que podem variar são muitos, os intervenientes são numerosos, cada projecto é diferente, não sendo possível uniformizar a produção, uma vez que o objectivo não é produzir a mesma peça várias vezes.

Nas indústrias transformadoras o trabalho baseia-se em operações que têm a característica de serem contínuas e repetitivas, voltando ao exemplo da industria do vestuário, não é necessário projectar-se sempre que se quer fazer uma peça de roupa, ela é desenhada uma vez e a partir daí produzidas várias cópias.

Numa indústria de trabalhos por projecto, o factor primordial é efectivamente o projecto que pode ser definido como uma actividade temporária desenvolvida com o objectivo de criar um produto ou um serviço único. De facto, facilmente se constata que a indústria da construção é uma indústria de

trabalhos por projecto, uma vez que cada empreendimento de construção tem início e fim definidos daí o carácter temporário, e é único, ou seja, é sempre elaborado um projecto novo para cada edifício, moradia, via de comunicação ou qualquer obra a ser executada, mesmo que existam já projectos similares há sempre aspectos particulares a ressaltar.

Em Portugal, segundo o Instituto Nacional de Estatística (tabela 1), o número de projectos licenciados apenas para edifícios no ano de 2006 foi de **45542**, o que aponta para a variabilidade de projectos executados.

Tabela 1 – Edifícios licenciados em 2006. Fonte: INE

		Edifícios licenciados (N.º) por Localização geográfica, Tipo de obra e Destino da obra (1)			
		Período de referência dos dados			
		2006			
		Localização geográfica			
		Portugal	Continente	Região Autónoma dos Açores	Região Autónoma da Madeira
		N.º	N.º	N.º	N.º
Tipo de obra	Destino da obra				
Total de obras de edificação	Total	45542	42434	1993	1115
	Habitação familiar	37385	34877	1535	973
	Outros	8157	7557	458	142
Construções novas	Total	36306	33900	1519	887
	Habitação familiar	30423	28437	1167	819
	Outros	5883	5463	352	68
Ampliações, Alterações e Reconstruções	Total	9236	8534	474	228
	Habitação familiar	6962	6440	368	154
	Outros	2274	2094	106	74

Um projecto envolve numerosas variáveis, daí surgir a probabilidade de se tornar complexo. É necessário saber como se vai realizar o projecto (integração); o que é preciso fazer (âmbito); como se vai cumprir o prazo (tempo); como se garante que não se excede o orçamento ou se sobreorçamenta (custo); qual o nível de qualidade exigido e como o controlar (qualidade); que tipo de pessoas se precisa e quando (recursos humanos); que informação é relevante e como a gerir (comunicação); e que poderá correr mal e como lidar com possíveis situações (risco) e que necessidades de bens externos se poderá ter, a quem os adquirir e quem serão os responsáveis por isso (contratação). O esquema abaixo permite resumir os parâmetros representativos de um projecto. (Figura 1).

Por tudo isto, é fácil perceber que numa Indústria por Projectos, como é a Construção torna-se muito mais exaustivo e problemático gerir e controlar, assim como analisar a produtividade e eficiência, do que na Indústria Transformadora clássica.

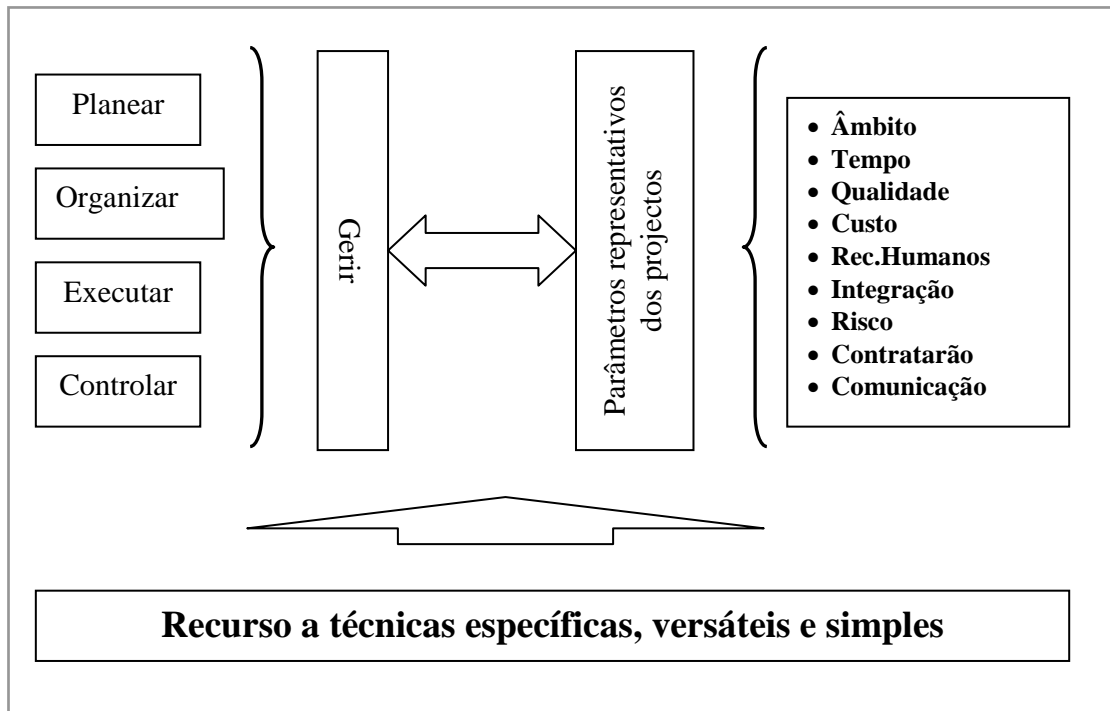


Figura 1 – Esquema de Gestão de Projectos.

Fonte: Disciplina de Gestão de Projectos, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Feup; modificado pela autora.

## 2.7 DESPERDÍCIOS DO PROCESSO PRODUTIVO

Uma actividade produtiva nunca é completamente eficiente, existem factores que não permitem que a actividade a desenvolver seja isenta de perdas.

Podem-se definir vários tipos de perdas que afectam Produtividade e Custo de Produção.

O **desperdício** pode traduzir-se por: *tudo aquilo que é feito em excesso ou mal*. Seguem-se exemplos de situações que, durante um trabalho ou operação, representam desperdício:

- Stock de materiais ou produtos em excesso
- Consumo excessivo e desnecessário de materiais
- Deslocações desnecessárias
- Espaços mal aproveitados
- Energia: máquinas, luz etc. ligados sem necessidade (em vazio)
- Tempo: uma tarefa de duração média de 1 hora é realizada em 2 horas.
- Paragem de produção por deficiente planificação dos recursos
- Excesso de mão-de-obra para realizar a tarefa

Outro exemplo de perda é o conceito de Refugo- *tudo aquilo que é mal feito por máquinas ou homens*.

Por exemplo quando uma peça é feita de modo defeituoso e não pode, por isso, integrar o restante processo produtivo ou ser vendida, essa peça constitui um acréscimo de custo na produção e é um refugo.

Também se pode considerar uma perda quando ocorre um Reprocesso, que consiste em *fazer novamente o que já foi feito* ocasionando, portanto, um agravamento de custos, prazos e um desgaste desnecessário de recursos.

Na actividade da construção os desperdícios podem ser variados e surgirem em qualquer fase do processo produtivo. Uma vez que, qualquer utilização de recursos além do necessário à produção de determinado produto, é qualificado como desperdício, estes podem ocorrer desde a fase de projecto, por exemplo se estão envolvidas mais pessoas do que as necessárias; até à fase de obra, onde ocorrem aqueles que mais facilmente se associam a desperdícios, como excessos de matérias, demasiado tempo na execução das tarefas, mão-de-obra sem tarefas definidas.

## 2.8 EFICIÊNCIA

É comum interpretar-se eficiência como eficácia, no entanto os conceitos são relacionáveis mas distintos.

A eficácia prende-se com a capacidade de se fazer algo para o qual se foi indicado ou que constitui a sua função/trabalho. A eficiência relaciona-se com a forma como se faz, isto é, fazer bem, de forma empenhada em alcançar os melhores resultados possíveis é ser eficiente, apenas fazer é ser eficaz.

A nível empresarial por exemplo, uma gestão eficaz produz resultados externos, ou seja resultados que são visíveis para os consumidores mas não melhoram o funcionamento interno da empresa, e baseia a sua gestão na obtenção desses resultados. Uma empresa eficiente procura alcançar melhorias contínuas, aposta nos resultados internos e externos da empresa, procura liderar o mercado em que se encontra. Do mesmo modo uma empresa eficaz apenas procura atingir os objectivos esperados, ao invés de uma eficiente que procurará excedê-los e antecipar possíveis alterações aos planos concebidos.

Todas as organizações devem portanto procurar atingir o grau de eficiência para que seja possível sobreviverem num mercado tão competitivo como o actual. As empresas de construção e todas as que lhe estão associadas não são, por isso, excepção, mesmo porque a indústria da construção tem vindo a sofrer com a crise económica que afecta Portugal sendo imperioso apostar na excelência das empresas e mobilizar esforços ao nível da gestão.

## 2.9 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

Os indicadores de Produtividade e Eficiência são uma forma de controlar e rever a gestão de Produção de uma Organização. Esses indicadores analisam factores críticos para a obtenção de sucesso na actividade das Empresas, abordando diferentes áreas, desde os aspectos Financeiros ao meio ambiente, passando pela satisfação do cliente, eficiência dos meios internos e avaliação de fornecedores, entre outros.

Uma vez que o âmbito deste trabalho é a Construção Civil, são seguidamente apresentados como exemplo indicadores para a indústria da Construção Portuguesa, retirados da plataforma *icBench*. Esta plataforma é ainda um projecto de investigação e desenvolvimento (I&D).



Tabela 2 – Indicadores de Produtividade e Eficiência  
 Fonte: www.icbench.pt

Indicador	Construção Civil			Destinado a		Periodicidade	
	Empresa	Cons	Mat.Constr	Empresa	Cliente	Anual	P/operação
<b>Indicadores de CLIENTE/SATISFAÇÃO</b>							
Satisfação do cliente-produto	■	■	■		■		■
Satisfação do cliente-serviço	■	■	■		■		■
Satisfação da Empresa-colaboração do cliente	■	■		■			■
Satisfação da Empresa-disponibilização de pagamentos	■	■	■	■			■
Satisfação da Empresa- Trabalho corporativo	■	■		■			■
Repetição de negócio	■	■	■	■		■	
<b>Indicadores ECONÓMICOS/FINANCEIROS</b>							
Produtividade	■	■	■	■		■	
Rentabilidade	■	■	■	■		■	
Crescimento das vendas	■	■	■	■		■	
Facturação Pendente	■	■	■	■		■	
<b>Indicadores de PROCESSOS PRODUTIVOS/SEGURANÇA</b>							
Desvio do Custo	■	■			■		■
Desvio do Prazo	■	■	■		■		■
Impacto dos Defeitos na entrega	■	■	■		■		■
Defeitos	■	■	■		■		■
Frequência de Acidentes	■	■		■		■	
Propostas com sucesso	■	■	■	■		■	
<b>Indicadores de RECURSOS HUMANOS/APRENDIZAGEM</b>							
Subcontratação	■	■		■		■	
Pessoal Permanente	■	■	■	■		■	
Formação	■	■	■	■		■	
Satisfação dos Funcionários	■	■	■	■		■	

Tabela 2 – Indicadores de Produtividade e eficiência  
 Fonte: www.icbench.pt

Indicador	Construção Civil			Destinado a		Periodicidade	
	Empresa	Cons	Mat.Constr	Empresa	Cliente	anual	P/operação
<b>Indicadores de INOVAÇÃO/AMBIENTE</b>							
Gestão de Resíduos Sólidos	■	■	■	■		■	
Consumo de Água	■			■			■
Investimento em Tecnologia	■	■	■	■		■	

# 3

## A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E AS OUTRAS INDÚSTRIAS

### 3.1 A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

O automóvel é o elemento principal de mobilidade de pessoas e bens o que faz do sector da indústria automóvel, a nível global, um dos mais importantes economicamente.

Nos últimos cinquenta anos deu-se uma notável expansão desta indústria, passando-se de uma produção de cerca de 10 milhões de veículos em meados do século XX para 60 milhões na actualidade. As pequenos construtores foram sendo adquiridos pelos de maior dimensão, havendo actualmente cerca de 10 construtores com grande volume de negócios e de abrangência global.

A General Motors lidera o grupo, seguida da Ford Motor Co. Foi, precisamente o fundador da Ford motor Co. o criador e impulsionador do sistema de Produção em Massa.

Henry Ford, apercebendo-se de que o sistema de produção artesanal não era a forma ideal para a produção de automóveis, criou, o sistema de Produção em massa, que permitia diminuir o custo, e aumentar a produtividade e qualidade do produto, através da utilização de linhas de montagem em movimento contínuo.

Os métodos de produção em massa foram instalados na Ford por volta do ano 1912, e passou a ser possível montar um carro a cada 93min.

Mas Henry Ford não foi só inovador na forma de produzir, ele também instaurou um salário mínimo para os seus funcionários e um horário de apenas 8 horas de trabalho diário, algo pouco comum na época. Deste modo, combinando as novas técnicas de produção com a forma de lidar com os recursos humanos, em 1926 empregava 150.000 pessoas e produzia 2.000.000 carros por ano.

A linha de montagem permitia usar mão-de-obra pouco qualificada uma vez que o trabalho era quase todo feito pelas máquinas, e uma padronização das matérias-primas, tarefas e produto final. Como a produção era em série e em grande escala de produtos iguais, permitia que fossem mais baratos para o consumidor, e seriam cada vez mais, à medida que aumentasse a produção.

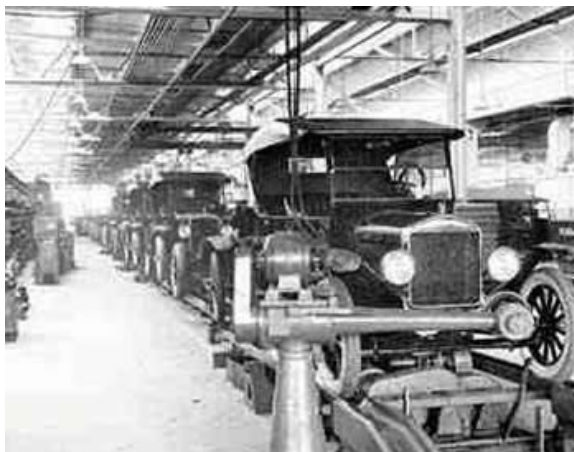


Figura 2-Linha montagem da Ford Motors

Depois da metodologia de produção em massa através da linha de montagem, surge no Japão, por meio da Toyota a *Lean Production*. Depois da II Guerra Mundial, a Toyota ponderou e chegou à conclusão que a produção em grandes quantidades e contínua não se adequava à condição económica do País. Nasce então o Sistema Toyota de Produção, cuja filosofia principal era, segundo um dos seus criadores Taichi Ohno, aumentar a eficiência de produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios. Segundo este paradigma a quantidade produzida devia ser regida pelas necessidades do mercado. As exigências do cliente final passaram a ser ponto fundamental na estratégia de produção, passando a produzir-se o produto, neste caso o automóvel, de acordo com os requerimentos do cliente.

A *Lean Production* serve que base ao tema desta tese (*Lean Construction*) caracterizada mais detalhadamente no capítulo 4 do presente trabalho.

A forma como é executado o trabalho de montagem dos automóveis também evoluiu, a linha de montagem continua a ser usada, mas enquanto que no seu início era usada mão-de-obra pouco qualificada, uma vez que o trabalho era repetitivo e executado na sua grande maioria pelas máquinas, agora os trabalhadores já possuem algum tipo de formação, e muitos não efectuam apenas uma tarefa na linha de montagem. Nas marcas de automóveis mais luxuosas, existem até modelos de automóveis que tem marcado o nome do responsável principal pelo seu fabrico. Ou seja, na indústria automóvel terá passado a haver uma atitude diferente face à forma de produzir, havendo mais planeamento, membros responsáveis pelas diversas áreas de montagem e em alguns casos, responsáveis mesmo por um só veículo.

No que diz respeito à indústria automóvel em Portugal, esta tem vindo a entrar num estado de saturação no espaço europeu, com um mercado que cresce pouco e onde a capacidade produtiva excede claramente a procura. Isto levou os construtores e fornecedores a levarem a cabo planos de reestruturação, consolidando a sua organização interna, o que deverá reduzir a probabilidade de investimento e novas unidades produtivas na Europa Ocidental. Portugal é um exemplo disso com o fecho recente da Opel (Azambuja). Já no que se refere a componentes para automóveis, nesta área o nosso País tem registado um crescimento ao longo das últimas décadas, apoiando o seu volume de produção nas exportações.

A Autoeuropa, empresa da Volkswagen sedeada em Palmela é um exemplo de sucesso que contradiz as tendências de falta de apostas no mercado da Europa ocidental. Criada em 1995, tem sido responsável pela construção de diversos modelos de automóveis, e dada a sua excelência na produção

dos mesmos é actualmente a fábrica da marca à qual compete a responsabilidade de produzir o Volkswagen Scirocco.

### **3.2 A INDÚSTRIA INFORMÁTICA**

A Informática surge já no final do século XX, com o objectivo primordial de tratar a informação de forma automática (informática = informação + automática), o que foi conseguido através da utilização de algoritmos, que permitem o processamento automático da informação por meio de um computador.

Hoje em dia a Informática é um instrumento essencial em praticamente todas as áreas de actividade, sendo uma ferramenta utilizada sensivelmente em todas as outras indústrias, sejam elas têxtil, alimentar ou mesmo a construção.

A indústria informática tem a particularidade de estar a ser constantemente actualizada, de modo a que os equipamentos se mantêm actuais por tempo reduzido.

A constante descoberta de novos componentes que permitem melhorar os já existentes quer em termos de hardware e software, fazem da indústria informática a indústria da inovação por excelência.

Estas permanentes inovações em termos de equipamentos informáticos, levam o consumidor a desejar adquirir sempre algo recente, e a renovar o seu produto regularmente, de modo a não ficar desactualizado.

A novidade da indústria informática tem sempre o objectivo de satisfazer as necessidades dos clientes, que com o tempo vão ficando mais exigentes, e dependem de vários factores sociais. Como exemplo pode-se referir a recente diminuição do tamanho dos computadores portáteis e outros aparelhos electrónicos, graças ao uso da nanotecnologia na leitura dos discos rígidos, face ao aumento da necessidade de ter um computador disponível quase permanentemente, e para tal poder adquirir um com a maior portabilidade possível.

### **3.3 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

#### **3.3.1 HISTÓRIA E CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO**

A Indústria da Construção é, relativamente às indústrias anteriormente caracterizadas a mais antiga e, por isso, tradicional.

A necessidade de construir advém da origem do homem, embora tenha sido apenas durante o Império Romano que, na Europa Ocidental, se começou a pensar na construção de forma organizada.

Durante a Idade Média os então designados mestres construtores (“master builders”) eram responsáveis por todas as fases do processo construtivo. O projecto começava praticamente ao mesmo tempo a que se davam início os trabalhos de construção e ia sendo adaptado ao longo da obra. Os seus conhecimentos baseavam-se na experiência adquirida, erros passados e tradições.

Finalmente no século XV, com o período Renascentista com o aparecimento dos primeiros arquitectos, desencadeia-se a cisão entre a fase de concepção (projecto) e execução (construção).

Hoje sabe-se que o fase de Projecto é vital em todas as obras de construção, pois devem ser nesta fase decididos e clarificados os sistemas e processos construtivos, os equipamentos e materiais a usar.

O sector da construção é, em Portugal, à semelhança de outros países, um sector muito distinto dos restantes sectores de actividade, quer em termos produtivos quer em termos de mercado de trabalho. É

igualmente, um importante indicador económico do país, uma vez que é bastante sensível às variações do ciclo económico.

A cadeia de valor deste sector é muito extensa, gerando efeitos multiplicadores tanto a montante como a jusante. De facto, o impacto da indústria da construção faz-se sentir a montante nas empresas de materiais (cimento, aço), equipamentos (maquinaria diversa) e serviços (transportes, consultoria); e a jusante nas empresas de equipamento (mobiliário, equipamento doméstico) e serviços (seguros, manutenção, abastecimento de gás). Deste modo a actividade da construção tem um forte impacto sobre o emprego.

A construção é uma indústria muito particular em relação a numerosos factores. Tem uma grande variedade de clientes, desde o Estado e Autarquias ao cliente particular; de promotores, desde grandes empresas multinacionais a pequenos empreiteiros tradicionais; uma diversidade de produtos, que cobrem as obras de habitação mais comuns até obras mais complexas como barragens e vias de comunicação; de tecnologias, uma vez que numa empreitada existem várias especialidades e são usadas técnicas novas e antigas; de projectos, cada obra tem um projecto em particular e com diferentes características, não sendo por isso possível estandardizar os processos de fabrico.

A construção também evoluiu ao longo dos anos, e é hoje possível fazer-se uma síntese dos aspectos mais relevantes que se foram alterando por via de novos conhecimentos, hábitos, tecnologias e políticas.

Assim a tabela seguinte resume o “passado” e “presente” da Indústria da Construção:

Tabela 3- Passado e Presente da Construção.  
Fonte: Acetatos da disciplina Gestão de Projectos, Prof. Hipólito de Sousa, Feup.

<b>PASSADO</b>	<b>PRESENTE</b>
Actividade predominantemente artesanal	Industrialização crescente
Mão-de-obra experiente sujeita a um longo processo de aprendizagem e disponível em grande número	Predomínio de mão-de-obra indiferenciada, disponibilidade reduzida, número insuficiente. Recurso a imigrantes. Baixa consideração social trabalhos de construção civil
Reduzido número de exigências de desempenho	Grande número de exigências diferentes de desempenho, não totalmente compatibilizadas
Menor preocupação com os custos “gema o dono mas não gema a obra”	Grande preocupação com os custos, “concepção aos limites”
Predomínio de soluções tradicionais	Inovação, em alguns casos mal assimilada e mal adaptada às condições nacionais
Reduzido número de materiais de construção a incorporar nas construções	Elevadíssimo número de materiais e sistemas com compatibilização nem sempre assegurada
Preocupações com a perenidade das construções e soluções	Soluções e atitudes dos intervenientes privilegiando realizações “voláteis

### 3.3.2 AS PECULIARIDADES DA CONSTRUÇÃO

Já foi acima referido, e mesmo exemplificado, que a Construção é uma indústria com abundantes características particulares. Existem autores, como Ruben Vrijhoef e Lauri Koskela (2005), que separaram essas particularidades em três grupos. Segundo os mesmos, a construção é uma indústria singular no que diz respeito ao Produto, as Empresas (indústrias) e ao Processo de Produção.

Quanto ao produto, que são as empreitadas, este caracteriza-se por ser imóvel, complexo, ter um ciclo de vida longo, um grande investimento de capital e causar impacto. A acrescentar os produtos da construção são na grande maioria das vezes únicos, com características específicas e construídos num contexto sócio económico específico do País ou localidade.

Ao nível das Empresas, a indústria caracteriza-se pela diversidade de construtores, em dimensão e especialidade e diferente grau de formação dos seus trabalhadores.

No que diz respeito ao processo produtivo, Koskela (2000) propôs uma subdivisão em três características fundamentais: local de produção fixo, produção única e organização temporária.

O facto da construção se desenvolver num local fixo, confere uma incerteza quanto a inúmeros factores que variam de local para local, como o tipo de solo, a acção sísmica, o clima do local e especificações legais. A concepção de produção no estaleiro tem subjacente uma série de características intrínsecas, o local é um recurso essencial à produção, é necessário contratar e montar uma infra-estrutura no estaleiro e coordenar todo o espaço.

A singularidade do produto resulta do projecto ser específico e adaptado aos requisitos do cliente, mas também do contexto em que ocorre a sua produção que pode variar em local, ambiente e situação económica.

Ser uma actividade de carácter temporário implica uma organização inerente a esse empreendimento, fundamentada nos vários intervenientes, desde fornecedores a operários, e nas diferentes especialidades, como estruturas e instalações por exemplo.

Como é perceptível estas particularidades do processo construtivo estão ligadas entre si, ou seja, o facto de cada produto ser único leva a necessidade de um local particular e de um projecto temporário.

Vrijhoef e Koskela defendem que a tentativa de conciliação e minimização dos impactos destas peculiaridades é benéfico para a diminuição dos desperdícios associados ao processo produtivo, objectivo primordial da *Lean Construction*.

### 3.3.3 A CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

Tradicionalmente o sector da construção em Portugal, tal como nos restantes países da UE, assenta numa estrutura empresarial em que predomina as pequenas empresas, muitas vezes não especializadas, recorrendo com frequência a subempreitadas. As grandes empresas representam cerca de apenas 1%, detendo, no entanto 40% do mercado e 20% da mão-de-obra.

A mão-de-obra a laborar na indústria tem características específicas que constituem um dos maiores constrangimentos do sector. São sobretudo trabalhadores do sexo masculino, jovens em alguns casos ilegais, clandestinos ou sem contrato; mais de metade não tem qualquer escolaridade nem formação na área; existe uma elevada rotatividade não chegando os empregados a fazerem parte da empresa, as remunerações são inferiores à média nacional e o grau de sinistralidade é elevado motivado por deficientes condições de segurança no trabalho e falta de formação na área.

A actividade construção, é por isso vulgarmente mal conotada, muitas vezes acusada de práticas ilegais e imorais, para o que contribui uma má informação acerca do sector, associado a uma indústria simplista e isenta de tecnologia.

Além de uma mudança de mentalidade é imprescindível apostar na inovação da Construção. Adaptar as tecnologias às necessidades, inovar nos métodos de trabalho, apostar na qualidade dos projectos, standardizar e normalizar os produtos e alguns procedimentos, proceder à industrialização (pré-fabricação, mecanização) são alguns dos procedimentos que poderão ajudar a construção a evoluir.

Alguns indicadores provenientes do Instituto Nacional de Estatística (INE), permitem analisar melhor e mais facilmente a Indústria da Construção em Portugal.

Deste modo, recorrendo às estatísticas de Construção e Habitação, é possível ter a noção do peso do sector da construção no Valor Acrescentado Bruto nacional (VAB), que é cerca de 7%. Figura 3.

O VAB é a diferença entre o valor dos bens produzidos e o custo das matérias-primas e dos serviços utilizados para os produzir.

Quanto a evolução deste indicador ao longo dos últimos anos, esta pode ser observada na Figura 4. Vê-se então, que o peso do sector da construção tem vindo a decrescer desde 2001, o que reflecte a crise de que o sector tem sido alvo, sendo um dos principais visados da crise económica nacional.

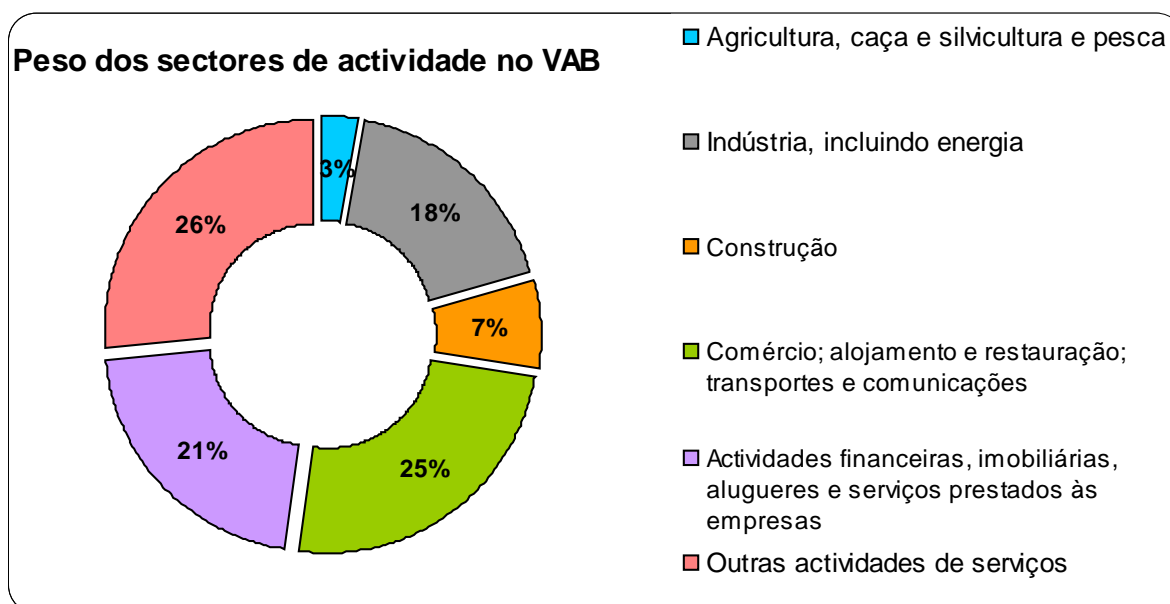


Figura 3 – Peso dos vários sectores de actividade no VAB



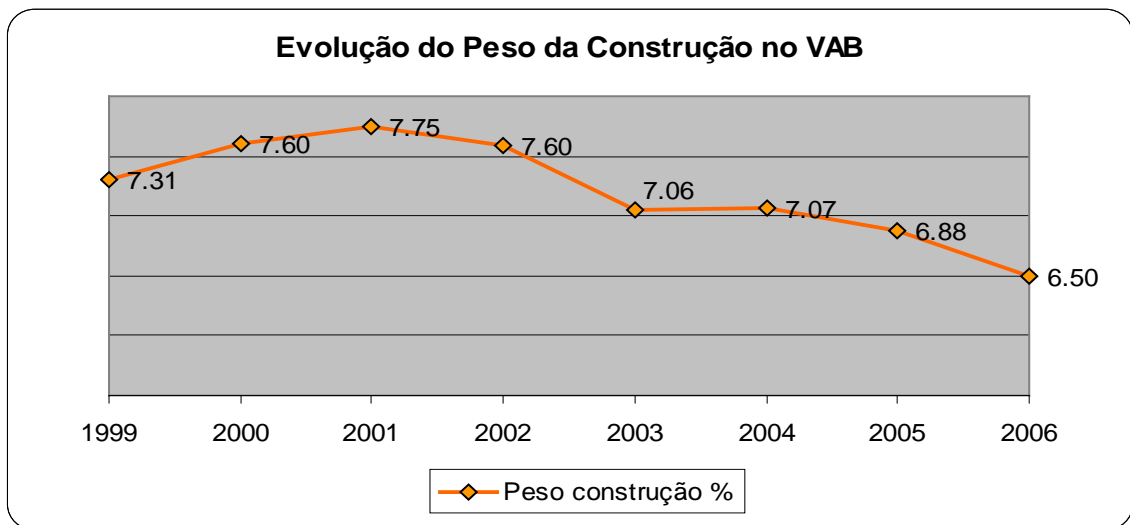


Figura 4 – Evolução do Peso do Construção no VAB

Uma das falhas muitas vezes apontada à construção em Portugal é ao nível das derrapagens dos custos dos empreendimentos, que na maioria das vezes excede as estimativas, criando problemas óbvios aos donos de obra, que no caso das Obras Públicas é o Estado.

Também no que diz respeito a prazos de execução, estes são muitas vezes diferentes do previsto em projecto. Dados relativos aos factores prazo de execução previsto e efectivo, estão disponíveis no INE e foram utilizados para produzir o gráfico seguinte.

Verifica-se então que a Madeira é a região onde existe maior disparidade entre os prazos de execução previstos e efectivos, como se pode ver na Figura 5, com 12 meses de diferença entre o que está projectado e realmente acontece. Seguem-se as regiões de Norte, Centro e Lisboa com 5 meses cada.

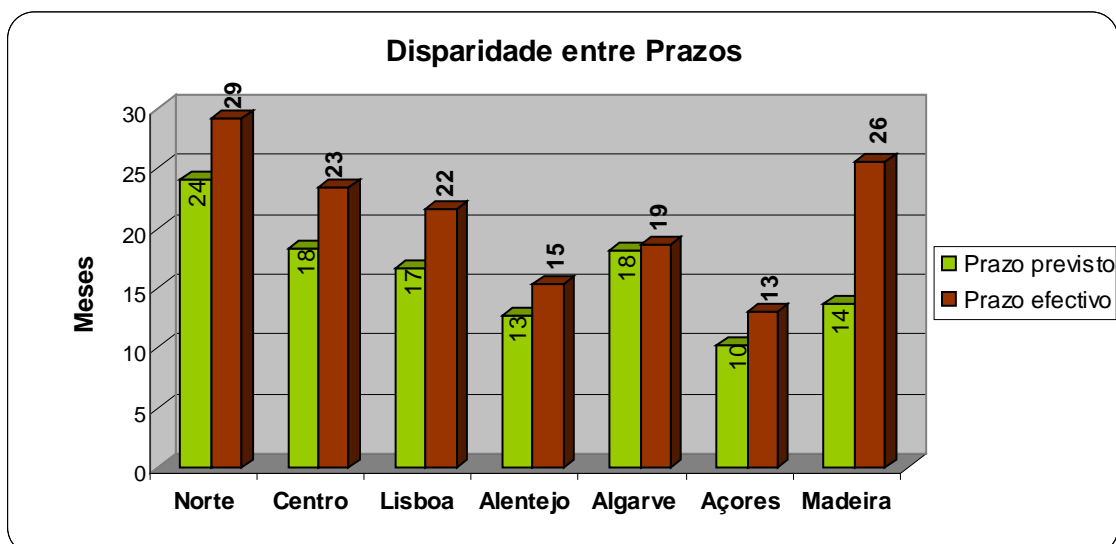


Figura 5 – Disparidade entre Prazos previsto e efectivo

Estas diferenças são normalmente devidas a fracas estimativas de projecto, que derivam de uma imperfeita avaliação de duração de tarefas e muitas vezes tarefas não previstas por falta de

pormenorização dos projectos. É fundamental reunir esforços na fase de projecto e preparação, pois é nesta etapa que é mais fácil corrigir eventuais erros, e os custos associados a essas possíveis correcções são muito menores do que em fases posteriores da obra.

Foram já referidos, sobretudo ao nível do nosso País, vários agentes que podem influenciar negativamente a produtividade e eficiência da Indústria da Construção.

As próprias empresas do sector da actividade, que são as principais interessadas no desenvolvimento da indústria, apontam factores que representam muitas vezes obstáculos à realização das normais actividades da construção. Através de inquéritos a algumas empresas, o INE chegou à informação seguinte. (Tabela 4).

Tabela 4 – Obstáculos à actividade da Construção. Fonte: INE

Obstáculos à actividade (%) da construção Portugal Março 2008		
Tipo de construção	Obstáculos à actividade	%
Construção de edifícios	Insuficiência da procura	86,0
	Condições climatéricas desfavoráveis	1,0
	Dificuldade em recrutar pessoal qualificado	14,0
	Falta de materiais	1,0
	Deterioração das perspectivas de venda	56,0
	Nível da taxa de juro	38,0
	Dificuldade na obtenção de crédito bancário	30,0
	Dificuldade na obtenção de licenças	37,0
	Outras	25,0
	Nenhum obstáculo	26,0
Obras Públicas	Insuficiência da procura	80,0
	Condições climatéricas desfavoráveis	3,0
	Dificuldade em recrutar pessoal qualificado	22,0
	Falta de materiais	4,0
	Deterioração das perspectivas de venda	32,0
	Nível da taxa de juro	21,0
	Dificuldade na obtenção de crédito bancário	11,0
	Dificuldade na obtenção de licenças	14,0
	Outras	47,0
Nenhum obstáculo	23,0	

Analisando as estatísticas deste inquérito percebe-se que o principal obstáculo reside na insuficiência da procura.

No caso das obras de construção de edifícios, a deterioração das perspectivas de venda, a dificuldade na obtenção de licenças e o nível da taxa de juro são os outros obstáculos mais expressivos, o que não acontece nas Obras Públicas.

De facto a obtenção de licenças parece ser muito mais fácil nas Obras Públicas, uma vez que são obras do estado, de autarquias ou de outras instituições públicas, e a deterioração das perspectivas de venda também parecem não afectar tanto este tipo de construção, pois em princípio uma obra pública já terá um fim definido.

Outro obstáculo que difere bastante nos dois tipos de obra é a dificuldade na obtenção de crédito bancário, isto também é facilmente explicável uma vez que o dono de obra, sendo sempre uma instituição pública, terá muito maiores garantias de pagamento desse crédito.

### 3.3.4 A CONSTRUÇÃO E AS OUTRAS INDÚSTRIAS

Já foi acima clarificado que a construção é uma indústria com abundantes particularidades. Estas diversidades não implicam que a construção tenha de ser uma indústria com inércia a mudanças. Na verdade existem características específicas e intrínsecas na indústria automóvel e na indústria informática que podem ser adaptáveis à construção e fazerem parte de uma aprendizagem por parte da indústria.

Enquanto que o sector automóvel é caracterizado por uma produção em série e uma standardização de processos, e a informática por constante inovação, a construção é por oposição caracterizada pela realização de produtos únicos, e carece de renovação.

No seguimento deste capítulo são apresentadas diferenças entre as indústrias que, analisadas e adaptadas ao contexto da construção podem ser benéficas ao seu desenvolvimento.

Em comparação com as indústrias anteriormente referidas, e no que diz respeito aos consumidores, tanto na indústria automóvel como na informática é possível definir um público-alvo e as empresas conseguem ter a percepção do tipo de cliente a que se destina o seu produto, na construção isso só é possível em obras encomendadas, em que o cliente especifica aquilo que pretende. Por exemplo, no caso dos automóveis, um Smart será, em princípio, destinado a ser um carro citadino, para uma só pessoa, enquanto que um Monovolume será um carro familiar. Quando se faz promoção a qualquer um destes veículos, está à partida definido para quem esta se deve dirigir. E quando se fabrica, dar-se-á particular atenção às necessidades do principal comprador. Contudo na construção, quando se constrói um edifício de apartamentos, estes podem ser vendidos a qualquer tipo de família, numerosa ou singular, com crianças ou não, e com um tempo de ocupação do apartamento muito diferente. É por isso mais difícil para quem negoceie na área da edificação, definir, a compartimentação dos apartamentos e a forma de divulgação dos mesmos.

Também no que diz respeito ao ciclo de vida do produto, enquanto uma obra de habitação terá perspectivas de utilização no âmbito dos 30/40 anos, os automóveis terão um período de utilização muito mais estreito, e os produtos informáticos ainda menor. Tornam-se deste modo muito mais exigentes, do ponto de vista da durabilidade, os produtos de construção. Consequentemente um produto da construção representa um investimento radicalmente superior e de maior importância para quem o faz, pelo que se exige que este esteja perfeitamente de acordo com as necessidades e mesmo preferências do seu comprador. Ora se quando se compra um carro, que nunca se irá utilizar pelo mesmo período de uma casa, se escolhe a cor, os estofos, as jantes e muitos outros componentes, porque não escolher também alguns elementos da habitação? Claro está, que para que tal fosse minimamente praticável, o comprador teria de esperar pelas exigências que fez, assim como espera quando escolhe algo diferente dos automóveis disponíveis no stand de vendas.

Outro factor associado ao longo período de utilização dos produtos da construção, e partindo do principio que uma família pode ocupar a mesma habitação por toda a vida, é a alteração das necessidades dessa família. Ainda que seja vulgar trocar de automóvel à medida que o número de elementos da família aumenta, ou varia a actividade profissional da mesma, o mesmo não se pode fazer em relação a uma habitação, pois mudar de casa implica custos francamente superiores aos de trocar de automóvel.

Alguns destes factores tornam-se problemáticos para a indústria da construção, a indefinição do tipo de comprador de cada habitação, a dificuldade em adaptar os apartamentos e vivendas à medida que as necessidades dos que os habitam se alteram.

A construção é um sector bastante enraizado e com uma certa inércia em relação a mudanças, por exemplo, a divisão dos compartimentos de um apartamento é relativamente idêntica hoje e à cinquenta anos atrás. Os materiais evoluíram, o uso de isolamentos térmicos e acústicos aumentou, recentemente surgiu a necessidade de Certificação Energética, mas a compartimentação continua semelhante, enquanto os hábitos, rotinas e a forma como hoje se usa a habitação mudaram.

Sempre que alguém compra um apartamento já construído e acabado e solicita que se procedam a alterações, isso constitui um desperdício, de materiais que já foram usados, de mão-de-obra que tem de voltar a ser contratada para o serviço, de equipamentos que vão voltar a ser precisos.

Seria então, uma hipótese a considerar, deixar o comprador definir alguns acabamentos, como cor das paredes, tipos de portas ou peças de louças sanitárias. Deste modo, poderia proceder-se rapidamente à execução destas tarefas finais, tendo-se já a certeza que seriam de acordo com as exigências do comprador.

Outra forma de evitar que um apartamento não seja aprovado pelo cliente interessado, é construir algumas divisórias em gesso cartonado, de modo a serem facilmente alterados os espaços e a compartimentação da habitação em questão, à medida das necessidades do cliente. Esta solução também seria proveitosa no que diz respeito à evolução das necessidades dos utentes da habitação, que no caso de quererem alargar ou alterar a forma de algum compartimento, o fariam de modo mais rápido e económico.

Em suma, tudo o que puder ser feito de forma a evitar a repetição do trabalho, o uso impróprio de materiais e equipamentos e o recurso desnecessário a mão-de-obra, contribui para uma maior eficiência e aumento de produtividade, que está no interesse de todos aqueles que estão ligados ao sector da construção, e no interesse da economia em termos globais.

# 4

## LEAN CONSTRUCTION

### 4.1 LEAN PRODUCTION

#### 4.1.1 OS PARADIGMAS DO PROCESSO PRODUTIVO

Todas as organizações, desde pequenas e grandes empresas, a empresários em nome individual, geram um produto. Logo qualquer organização depende da função produção para criar algum tipo de valor, quer seja expresso em termos de produtos ou serviços. Autores como Hill (1994) e Slack (2002) observam que a produção desempenha melhor o seu papel quando se organiza em simultaneidade com a estratégia corporativa (e, portanto, com as demais funções organizacionais) e com o mercado no qual a empresa se insere. Somente desse modo o que é produzido na empresa estará de acordo com o que o cliente pretende e com o que a empresa ambiciona.

De acordo com Boyer e Freyssenet (2002), é justamente da interação entre os custos de produção e a procura existente, em concordância com as estratégias, práticas e formas de organização e do ambiente económico e social, que emergem os modelos de produção. Embora os modelos de produção sejam específicos de cada organização, quando passam a ser adoptados por outras empresas de diferentes sectores, transformando a maneira de se produzir e controlar, podem evoluir para paradigmas de produção. Dessa forma, um paradigma de produção consiste num conjunto coerente de princípios e práticas que orientam as diversas actividades da empresa.

No decorrer do século XX, destacaram-se três paradigmas dominantes, nos quais os modelos de produção e gestão das empresas se basearam. O primeiro, conhecido como Produção Artesanal, foi desenvolvido ainda no século XIX e caracterizava-se pela produção de uma vasta multiplicidade de produtos feitos por profissionais autónomos e qualificados, buscando satisfazer a procura que vinha das classes sociais mais altas. O segundo, conhecido como Produção em Massa, caracterizava-se pela produção em larga escala de produtos padronizados que visavam satisfazer a procura de um amplo mercado de consumidores. Este paradigma tornou-se o padrão dominante de produção e gestão em quase todos os países industrializados durante, praticamente, todo o século XX e foi muito eficaz enquanto o mercado consumidor foi constante e abundante e poucas empresas concorriam neste ambiente, sendo que as empresas podiam produzir à vontade, antecipando as vendas e formando stocks de produtos que, mais cedo ou mais tarde, seriam vendidos (Boyer e Freyssenet, 2002).

A partir dos anos 70, entretanto, um novo cenário começou a ser configurado. Ao mesmo tempo que a economia mundial crescia a passos lentos, devido à crise do petróleo de 1973, houve uma ampliação da abertura dessas economias e cada vez mais empresas começaram a disputar os mesmos mercados, que devido à ampla disponibilidade de informações, tornaram-se mais exigentes, desejando produtos variados e de melhor qualidade. Com o aumento da oferta de produtos, o tempo de vida útil dos

mesmos diminuiu e a disputa passou a ser pelo menor preço, pela rapidez com que são entregues ao mercado e pela melhor qualidade.

Diante desta mudança, a Produção em Massa começou a apresentar limitações. Para conseguir a variedade de produtos, as empresas tinham de produzir uma grande quantidade de cada tipo de produto, formando enormes inventários. Com as rápidas mudanças nos desejos dos consumidores, esses inventários tornavam-se obsoletos e, muitas vezes, só eram vendidos por meio de promoções. Como resultado, os custos de produção aumentaram, evidenciando os altos índices de desperdícios (Henderson e Larco, 1999). Foi na tentativa de inverter esse quadro e de tornar as empresas apoiadas na Produção em Massa mais competitivas frente às novas necessidades do mercado que, a partir dos anos 80, surgiu a *Lean Production* como novo paradigma de produção.

As origens da *Lean Production*, os seus princípios fundamentais e a sua implementação são apresentados neste capítulo.

#### 4.1.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

A *Lean Production* surge no Japão na década de 50, a partir do trabalho desenvolvido por dois engenheiros da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo.

Tendo visitado a empresa Ford Motor nos Estados Unidos, que utilizava o sistema de produção em massa, Ohno percebeu que seria impossível aplicar o mesmo sistema nas empresas japonesas uma vez que o Japão recuperava ainda da II Guerra Mundial, sofrendo de uma escassez de recursos (humanos, financeiros, materiais, etc.).

O sistema de Produção em Massa caracterizava-se pela produção em larga escala de produtos padronizados que visavam atender a um amplo mercado consumidor. A indústria japonesa não podia orientar-se pelos princípios da Produção em Massa, baseados na constância e abundância, mas sim adaptar-se às necessidades de um mercado restrito e variado.

Após a constatação que seria impraticável a simples implantação do sistema de produção em massa no Japão e que não seria possível obter todas as vantagens conseguidas pelos Estados Unidos através da utilização desse sistema, os responsáveis pela transformação da indústria japonesa começaram a adaptar o sistema à sua realidade.

Essa realidade japonesa, segundo Womack *et al* (1990), dispunha de uma procura limitada e obrigava a uma grande diversidade de produtos. Os direitos dos trabalhadores nacionais tinham sido fortalecidos face às novas leis trabalhistas e estes estavam, por isso, a reivindicar garantias de empregabilidade e participação activa nos lucros da empresa, e já não aceitavam condições precárias de trabalho em troca de remuneração compensadora.

Para além disso, o estado débil da sua economia, não permitia ao País o investimento em tecnologia de ponta, nem dispunha de recursos para aquisição de máquinas dedicadas a manufactura de apenas um tipo de produto, específicas e pouco versáteis, como as usadas no sistema de produção em série ou em massa. No contexto internacional, o Ocidente estava repleto de construtores de veículos motorizados ávidos por operar no Japão e intencionados a impor barreiras às exportações japonesas.

Baseando-se nesta realidade descrita, Taiichi Ohno (1997), um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento do Toyota Production System (TPS), afirma: “*O Sistema Toyota de Produção 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*”.

Para Womack *et al* (1990), os profissionais japoneses tentaram desenvolver um sistema que unia as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir com exactidão aquilo que o consumidor pedia, às vantagens da produção em massa, com elevado nível de produção e baixo custo. Esse sistema inovador tinha como propósito produzir muitos modelos em pequenas quantidades sem aumentar os custos de produção.

Esta ideia era, até ao momento, desapropriada. Isto porque o sistema de produção em massa, vulgarizado nas empresas europeias e americanas, assentava no princípio de produzir a maior quantidade possível de modo a reduzir o custo final do produto unitário.

Como iriam então as indústrias japonesas inverter esta regra? Ohno responde do seguinte modo:

*“O objectivo mais importante do Sistema Toyota de Produção tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios”.*

É nesta base de eliminação dos desperdícios associados ao processo produtivo que assenta toda a filosofia da *Lean Production*, cujos princípios e práticas serão abordados mais à frente.

O engenheiro de produção da Toyota definiu sete tipos de desperdícios: superprodução, tempo de espera, transportes desnecessários, processamento desnecessário, stocks, movimento e defeitos.

O conceito de desperdício passa a ser entendido como qualquer actividade que absorve recursos mas não acrescenta valor ao produto final, isto é, não é percebida pelo cliente.

Apesar desta nova filosofia ter começado a ser implementada logo após o final da Segunda Guerra Mundial, o Sistema Toyota de Produção apenas começou a ganhar notoriedade com as adversidades decorrentes da crise do petróleo de 1973, com o embargo do petróleo árabe e o conseqüente aumento drástico do preço dos combustíveis, que reduziu as actividades económicas do mundo.

A crise, a que se seguiu uma recessão afectou governos, empresas e sociedades a nível global. A economia japonesa havia caído para um nível de crescimento zero e muitas empresas estavam a atravessar verdadeiras crises. No entanto, a Toyota Motor Company, embora tenha diminuído os lucros, manteve ganhos muito superiores aos das outras empresas nos anos que se seguiram a crise. As crescentes diferenças entre a Toyota e as restantes empresas fizeram com que as pessoas se questionassem acerca do que levaria a construtora automóvel a distinguir-se. Deste modo o novo sistema de produção da Toyota criou reputação com a sua metodologia de eliminação de desperdícios e foco nas necessidades do consumidor.

#### 4.1.3 JUST IN TIME E AUTOMAÇÃO

O TPS, que visa atingir a melhor qualidade do produto com o menor custo e tempo possíveis, assenta em dois conceitos fundamentais: o ***Just in time*** e a **Automação**.

O *Just in Time* (JIT) – “a peça certa, no tempo certo e na qualidade certa” – surgiu da necessidade de se produzir somente o que o cliente solicitasse, quando e na quantidade solicitada, já que os recursos eram escassos e o mercado era limitado e variado. Com o JIT, a ordem do processo produtivo foi invertida e os clientes passaram a “controlar” a produção, fazendo com que cada processo só produzisse o que fosse exigido pelo processo seguinte, possibilitando uma produção em fluxo contínuo, ou seja, sem interrupções (sem stocks ou com stocks controlados). Para a operacionalidade do JIT foi desenvolvido o método *kanban* – “quadro de sinalização” – com o objectivo de indicar o quê, quanto e quando era necessário produzir. Além do *kanban*, o JIT só se tornou possível com o rearranjo físico da fábrica, passando as máquinas a ser dispostas de acordo com o fluxo do produto;

com maior frequência e menor tempo de troca de ferramentas, possibilitando produzir em pequenos lotes produtos variados; e com o nivelamento da produção, buscando a otimização do processo como um todo e não de cada etapa individual.

A ideia da Automação foi desenvolvida a partir da necessidade de se ter “qualidade na fonte” (*jidoka*). Para que as máquinas não produzissem produtos defeituosos, foram-lhes adicionados dispositivos “inteligentes” (*poka yoke*), que quando detectavam problemas paravam a produção, evitando a realização de produtos defeituosos e fazendo com que a qualidade dos produtos fosse assegurada no próprio processo produtivo (na fonte).

A concepção da automação proporcionou um aumento na produtividade dos trabalhadores, fazendo com que um trabalhador, que antes era necessário para operar apenas uma máquina, passasse a operar várias máquinas ao mesmo tempo, tendo que dedicar mais atenção somente aquelas que acusavam algum problema. Outra vantagem da automação é a possibilidade do operário não só evitar a produção defeituosa, e portanto o desperdício, mas também evitar que os problemas se repitam.

A percepção de que o TPS se encaixava nas necessidades do ambiente competitivo ocidental, que começava configurar-se entre as décadas de 70 e 80, foi o que originou o novo paradigma de produção, denominado “*Lean Production*”.

#### 4.1.4 PRINCÍPIOS DA “LEAN PRODUCTION”

A ocidentalização do conceito do Toyota Production System está intrinsecamente ligada à publicação do livro “*The Machine that Changed the World*”, (“A máquina que mudou o Mundo”) – Womack *et al* 1990.

O que começou por ser o modelo de produção de uma empresa, a Toyota Motor Company, transformou-se num paradigma da produção, ou seja, um conjunto de técnicas e ferramentas que podem ser implementadas em qualquer empresa que pretenda melhorar a sua eficiência produtiva de modo a produzir mais (variedade, qualidade e velocidade) com menores custos o que a torna capaz de competir num mercado caracterizado pela variedade e restrição.

Womack *et al* (1990) analisam esta inovadora forma de gerenciar a produção da seguinte forma:

- Sistema produtivo integrado, com realce no fluxo de produção, produção em pequenos lotes baseando-se na *just-in-time* e stocks reduzidos;
- proporciona acções preventivas de defeitos em vez da correctivas;
- actua 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;
- pratica um envolvimento efectivo na solução das causas de problemas objectivando a maximização do valor agregado ao produto final;
- relacionamento de parceria intensivo desde o primeiro fornecedor até o cliente final.

A expressão *Lean Production* foi definida pelo pesquisador John Krafcik do IMVP (*International Motor Vehicle Program* – Programa Internacional de Veículos Automotores). A designação “lean” (magra) advém da filosofia de 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 bem menos de metade dos stocks no local de fabrico, além de resultar bastante menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.



Combina ainda as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os custos elevados da primeira e a rigidez da última. Para essa finalidade, emprega equipas de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade (Womack *et al*, 1990).

Posteriormente Womack e Jones (1998), criam o termo *Lean Thinking* (Mentalidade Lean), aumentando para qualquer empresa a possibilidade de aplicação dos conceitos apresentados anteriormente.

Estes autores estabelecem um conjunto de cinco princípios orientadores da *Lean Thinking*:

- I. Especificar **Valor** para cada produto
- II. Identificar **Cadeia de Valor** para cada produto
- III. Fazer o **Fluxo de Valor** acontecer sem interrupções
- IV. Deixar o **Cliente Puxar** o valor do produto
- V. Perseguir a **Perfeição** (produto à medida, tempo de entrega zero, nada em stock).

De acordo com o primeiro princípio, o **valor** deve ser especificado pelo cliente, ou seja, a empresa deve produzir de acordo com aquilo que são os desejos dos consumidores. Tradicionalmente, são as empresas que especificam o valor, a partir do que estas consideram ser um bom produto, a um bom preço e para determinado mercado. Essa mentalidade tem levado algumas empresas ao fracasso pois não tentam ter a percepção do que é realmente necessário e procurado pelos clientes.

Para que uma empresa produza aquilo que representa valor para os consumidores, é necessário ter em conta todo o processo de produção, desde as matérias-primas até à sua entrega final. É então fundamental identificar a **cadeia de valor** (fluxo de valor) de cada produto. Além de possibilitar a observação do processo produtivo de forma sistémica (envolvendo os clientes, a empresa e os fornecedores), a identificação da cadeia de valor possibilita visualizar 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). (Womack e Jones, 1998).

Depois de especificado o valor e identificada a cadeia de valor de modo a reduzir ou eliminar as actividades que não acrescentam valor, é necessário fazer o produto fluir. A produção ideal, do ponto de vista da *Lean Production*, é um **fluxo** contínuo, peça a peça (“one piece flow”), sem stocks, intermediários e sem interrupções durante o processamento. A vantagem do fluxo consiste na eliminação do tempo de espera entre uma etapa e outra e na maior transparência do processo, sendo mais fácil detectar erros. Também se diminui a necessidade de inspecção dos produtos no fim da linha, pois como cada produto é feito de uma vez, a sua qualidade já é percebida no próprio processamento.

Deste modo, a *Lean Production* pode inclusive deixar o **cliente puxar** o produto, isto é, identificar o momento em que o cliente necessita do produto e proceder à sua entrega nesse momento. Contrariando a ideia da produção em massa (produção “empurrada”), que produz mesmo sem ser requisitado por um cliente, o que leva a uma superprodução e excesso de stocks. Como resultado, tem-se uma sintonia entre o ritmo da produção e o ritmo das vendas (*takt time*) e uma redução do custo e do risco de antecipação das vendas.

Finalmente em relação ao último princípio orientador da Produção *Lean*, este resume toda a filosofia do paradigma, que consiste na tentativa de alcançar a **perfeição**. Para a *Lean Production* há sempre uma forma melhor de fazer qualquer actividade, pois assim como o mercado muda, a empresa deve mudar para se adequar às novas exigências desse mercado. Assim, a busca da perfeição, ou seja, da

melhoria contínua (Kainzen), deve ser algo constante nas empresas que queiram se manter no mercado ao longo do tempo.

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, de forma a puder desenvolver ferramentas específicas ou adaptas as existentes as particularidades da construção.

Entre os esforços recentes de generalização do TPS e entender os seus fundamentos, podem destacar-se os trabalhos de Womack e Jones (1998), já acima referenciados, Spear e Bowen (1999) e Fujimoto (1999).

Spear e Bowen estudaram empresas americanas que aplicaram as ferramentas do TPS, mas não atingiram o mesmo desempenho que a Toyota, procurando entender os aspectos subtis que pudessem influenciar os resultados. Identificaram quatro “regras” não explícitas que estão por trás do TPS, sendo consideradas pelos autores como factores fundamentais de sucesso, e que estão presentes na tabela resumo abaixo.

Fujimoto analisa o TPS do ponto de vista evolutivo, investigando a génese das principais ferramentas do sistema, e identifica três níveis de capacidades da empresa que explicam e mantêm a alta performance e melhoria contínua.

Na tabela que se segue são apresentados resumidamente os princípios, regras e capacidades formulados por estes autores. Embora com centros e terminologias diferentes as três visões visam compreender e generalizar o TPS, ou seja todos levam ao *Lean Thinking* (Pensamento *Lean*).

Tabela 5 – Três visões para compreender o TPS

Womack e Jones (1998)	Spear e Bowen (1999)	Fujimoto (1999)
<b>Valor:</b> entender o que valor para o cliente e oferecer maior valor agregado, sem desperdícios		
<b>Fluxo de Valor:</b> Identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria-prima ao cliente final		
<b>Fluxo:</b> produção em fluxo, estável, sem interrupções	<b>Caminho:</b> para todo produto e serviço deve ser simples e directo. <b>Trabalho:</b> deve ser altamente especificado quanto a conteúdo, sequência, ritmo e saídas.	<b>Capacidade de manufactura rotinada:</b> forma padronizada de realizar actividades em todos os processos da empresa.

Womack e Jones (1998)	Spear e Bowen (1999)	Fujimoto (1999)
<b>Puxar:</b> produzir somente quando pedido pelo cliente ou processo posterior	<b>Conexões:</b> todas as comunicações devem ser directas e sem ambiguidades	
<b>Perfeição:</b> melhoria continua através da rápida detecção e solução de problemas na base	<b>Melhorias:</b> devem ser feitas usando um método científico, nos mais baixos níveis hierárquicos da organização	<b>Capacidade de aprendizagem rotinada:</b> rotinas para identificação e solução de problemas e retenção da solução.
		<b>Capacidade de aprendizagem evolutiva:</b> aprendizagem intencional e oportunística de lidar com mudanças e construir as capacidades rotinadas de manufactura e aprendizagem.

Mais recentemente, Liker (2003) apresenta numa publicação os 14 princípios de gestão daquela a que chama a melhor empresa de fabricação a nível mundial, a Toyota. Este autor pensava em cobrir não só os aspectos técnicos da *Lean Production* mas também os aspectos estratégicos de pensamento em larga escala. Seguem-se então os 14 princípios que denominou *The Toyota Way*:

- I. Fundamentar as decisões de gestão numa filosofia a longo prazo, mesmo sendo à custa de objectivos financeiros de curto prazo.
- II. Criar um fluxo de processo contínuo de forma a trazer os problemas à superfície.
- III. Utilizar sistemas *pull* de forma a evitar a sobreprodução.
- IV. Nivelar a carga de trabalho e eliminar desequilíbrios na calendarização da produção.
- V. Criar uma cultura de paragem para resolução dos problemas, de forma a conseguir a qualidade correcta à primeira vez.
- VI. As tarefas padrão são a base para uma melhoria contínua e para a tomada de decisões por parte dos funcionários.
- VII. Utilizar controlo visual para que os problemas não sejam escondidos.
- VIII. Utilizar somente tecnologia fiável, intensamente testada que sirva as pessoas e os processos.
- IX. Desenvolver líderes que compreendam inteiramente o trabalho, vivam a filosofia e que a transmitam aos outros.
- X. Desenvolver pessoas excepcionais e equipas que sigam a filosofia da organização.
- XI. Respeitar a extensa rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorarem.
- XII. Ir e ver o estado do processo, pessoalmente, de forma a compreendê-lo.
- XIII. Tomar decisões de forma progressiva através de consenso, considerando integralmente todas as opções e depois implementando rapidamente essas opções.
- XIV. Tornar a aprendizagem intrínseca à organização através de reflexão persistente e melhoria contínua.

No entanto, é necessário sublinhar que *Lean* é desenvolver e adequar 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. Isto significa obviamente ser competitivo e rentável (Liker, 2003).

De facto estes princípios reflectem já uma noção de aplicabilidade das ideias da *Lean Production*, não sendo só fundamentos teóricos mas partilhando com a teoria uma componente prática. Já no ponto seguinte é possível verificar que muitas das ferramentas associadas aos cinco princípios fundamentais podem apoiar-se nestes conceitos que Liker apresentou. Mas se por um lado existem conceitos que parecem ser facilmente praticáveis no seio de qualquer empresa, incluindo as de construção, como nivelar a carga de trabalho ou utilizar tecnologia fiável; outros como desenvolver líderes que vivam a filosofia e tomar 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 planeado.

#### 4.1.5 DOS PRINCÍPIOS ÀS FERRAMENTAS

Como já foi referido os princípios usualmente adoptados na temática da *Lean Thinking* são os cinco propostos por Womack e Jones. A identificação de conceitos em níveis intermediários entre os princípios mais gerais e as ferramentas de aplicação tem sido frequentemente utilizada na busca da compreensão dessas inter-relações, tanto por autores que estudaram o TPS de uma maneira geral, como por aqueles que discutem a sua aplicação na construção (Koskela, 1992; Picchi, 2003). Picchi adopta o termo “elementos fundamentais” para designar estes conceitos em nível intermediário.

Koskela (1992) apresenta onze princípios heurísticos para projecto e melhoria de fluxo de processo, para os quais lista diversos procedimentos de ordem prática, que correspondem ao antes mencionado como ferramentas. Os princípios propostos por este autor têm servido de base para diversos trabalhos que buscam a aplicação prática dos princípios do *Lean Thinking* na construção.

A tabela 6 mostra uma proposta de visão esquemática de integração, desde os objectivos gerais do *Lean Thinking* até as ferramentas, passando pelos cinco princípios e pelo nível intermediário de elementos fundamentais.

Ao *Lean Thinking* aplicado na indústria da construção dá-se a designação de *Lean Construction*, tema principal deste trabalho e alvo de análise no capítulo que se segue, onde serão também detalhadas e exemplificadas a maioria das ferramentas presentes no quadro.

Tabela 6 – Visão esquemática do *Lean Thinking*

Objectivos	Princípios	Elementos Fundamentais	Exemplos de ferramentas
Melhorar continuamente a competitividade da empresa através de:  Eliminação dos desperdícios;  Consistentemente atender aos requisitos dos clientes em variedade, qualidade, quantidade, tempo e preço.	Valor	Pacote produto/serviço de valor ampliado	-variedade de produtos planeada
		Redução de <i>lead times</i>	-engenharia simultânea
	Fluxo de valor	Alta e estendida agregação de valor na empresa	-mapeamento do fluxo de valor -parcerias com fornecedores
		Fluxo	Produção em fluxo
	Trabalho padronizado		-gráfico de operador -controle visual

Objectivos	Princípios	Elementos Fundamentais	Exemplos de ferramentas
		Produção e entrega <i>just-in.time</i>	- <i>Takt time</i> (ritmo de procura) - <i>Kanban</i> - Nivelamento da produção
	Puxar	Recursos flexíveis	- Set-up rápido - equipamentos flexíveis - multifuncionalidade de operadores
		Aprendizagem rápida e sistematizada	- equipas autogerenciáveis - Cinco porquês - Programa de sugestões - 5S
	Perfeição	Foco comum	- compromisso da direcção da empresa com os funcionários - treino de todos na empresa e fornecedores nos princípios e ferramentas <i>lean</i> - simplicidade na comunicação

#### 4.1.6 OS DESPERDÍCIOS

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 emprega em todos os produtos, ou mesmo no valor que é entregue a outros clientes. Assim, os sistemas de produção são desenhados para alcançar os objectivos tanto dos clientes como de “quem” fornece o sistema, ou seja, dos produtores, que enquanto detentores dos sistemas de produção, têm que ter objectivos coerentes com a pretensão de maximizar o valor e minimizar o desperdício (Ballard *et al.* 2001).

Ora o desperdício é considerado como um dos pontos fundamentais dentro da conceitualização *Lean*. A sua redução é uma das aspirações essenciais da cultura *Lean*. Esta filosofia defende que o desperdício da produção advém das actividades que não fornecem valor ao produto final. Ohno (1988), como grande arquitecto do TPS classificou os desperdícios segundo sete categorias e designou-os, na sua língua de origem, o japonês, por “muda” – 浪費.

Segundo o impulsor do Toyota Production System, estes desperdícios podem representar entre 80% a 95% do tempo e custos do processo produtivo.

- I. **Superprodução/excesso de produção** – produzir mais do que o essencial, ou seja produzir sem ser de acordo com a demanda do cliente, é um enorme desperdício, as matérias-primas são utilizadas antes de serem necessárias, é preciso mais espaço para armazenar o excesso de inventário e são gerados custos administrativos e de transporte adicionais;

- II. **Excesso de inventário/stock** – está ligado à superprodução de produtos, estes tem de ficar armazenados em stock, e por necessitarem de espaço, equipamento adicional, tempo e pessoal para transporte somam custos;
- III. **Defeitos** – as peças ou produtos com defeito requerem correcção ou repetição do trabalho, e para tal é necessário mais tempo, requisitar mão-de-obra para corrigir ou repetir o trabalho, há desperdício do material que foi utilizado e ainda existe o risco de reclamação por parte do cliente que receber o produto defeituoso (no caso de este chegar até ao consumidor final).
- IV. **Movimentos desnecessários** – qualquer movimento de um trabalhador que não está a acrescentar valor é desperdício, procurar ferramentas ou contar peças são exemplos disso, é fundamental reorganizar o espaço de trabalho;
- V. **Processamento que não agrega valor** – Tecnologia inadequada ou um layout pobre do espaço pode representar um desperdício no processamento do próprio trabalho. As necessidades de manutenção e inspecção são exemplos de processos que constituem desperdícios. Recorrer à técnica de Mapeamento de Fluxo de valor é recomendável para detectar as etapas do processo que não acrescentam valor.
- VI. **Espera** – engloba espera por equipamento, por materiais, por informação etc. por exemplo se um operário fica parado porque está a observar o funcionamento de uma máquina ou aguarda que termine uma tarefa precedente isso constitui um desperdício, ter-se-á então de eliminar a fonte da espera;
- VII. **Desperdício de transporte** – os meios de transporte tem de ser adequados à carga em questão.

No gráfico que se segue podem ver-se em resumo os 7 principais desperdícios apontados por Taichi Ohno, que condicionam as actividades que acrescentam valor a uma percentagem entre os 5% e os 20%.

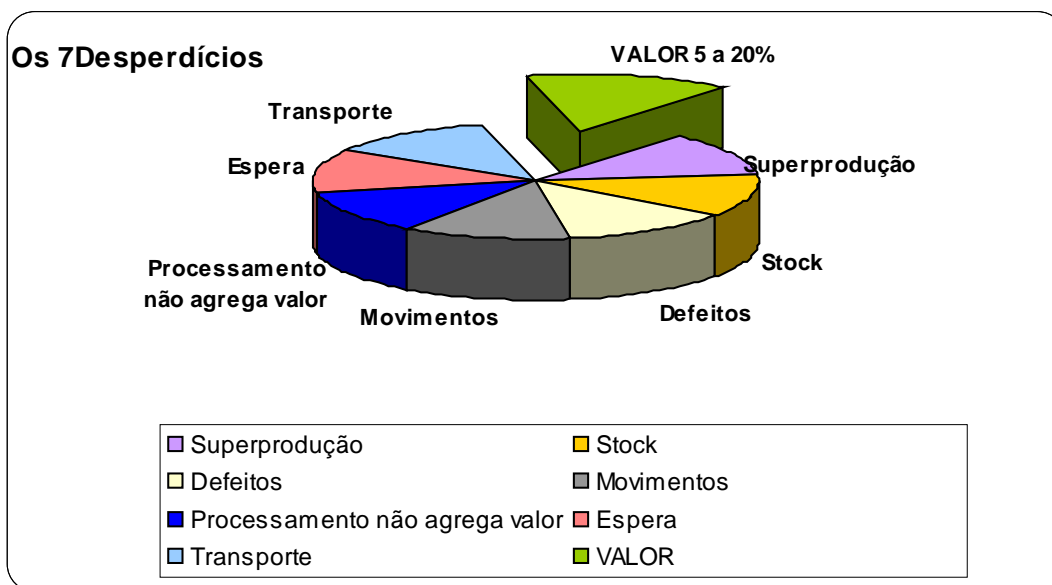


Figura 6 – Os Sete Desperdícios

Esta temática dos 7 desperdícios será retomada mais à frente com associação à construção e exemplos práticos do que podem ser desperdícios no processo produtivo da actividade construção.

## 4.2 LEAN CONSTRUCTION

A construção é uma indústria com séculos de existência. 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 processos. Pode-se reconhecer iniciativas estratégicas tais como a industrialização, as tecnologias de informação 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).

O aparecimento da *Lean Production* surge como um ponto de viragem, como uma mudança de abordagem do sistema de produção, em contraste com as linhas de produção em massa. No ponto 4.1.4 foram apresentados os cinco princípios base do pensamento *Lean*, baseados no TPS mas formando uma abordagem estratégica com vista à sua implementação noutras indústrias. De facto, na construção estamos perante uma produção diferente da produção industrial de manufactura, como é o caso da indústria automóvel, que está na origem do pensamento *Lean*.

No entanto, o *Lean Thinking* e os princípios subjacentes procuram acima de tudo orientar para uma nova forma de coordenar a acção, ou seja, são fundamentalmente bases culturais e não normas fixas. Assim, como se trata de uma filosofia parece ser possível que as indústrias que não são unicamente de manufactura consigam adaptar os traços característicos do *Lean* às respectivas condições e especificidades. É necessário, por um lado, ter em mente os objectivos e as técnicas com que se relacionam estes princípios, e, por outro, o tipo de produção que está em causa e quais as transformações que este necessita para que o pensamento *Lean* resulte.

A *Lean Construction* é então a adaptação da *Lean Production* à indústria da construção, gerada em 1990, tem como marco fundamental a publicação do trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry* - Koskela (1992). Tendo sido em seguida criado o IGLC - *International Group for Lean Construction*.

Ao longo deste capítulo irá proceder-se à análise das características da construção, assunto já encetado de um ponto de vista mas genérico no capítulo 3.3 do presente trabalho, como os seus fluxos, processo produtivo, modelos de gestão usualmente utilizados, de modo a compreender a indústria, passando-se depois à descrição e estudo dos princípios, métodos e ferramentas da *Lean Construction*.

### 4.2.1 FLUXOS DA CONSTRUÇÃO

O sector da construção é bastante complexo e diversificado. Para melhor entender a aplicação do *Lean Thinking* na construção é necessário entender os seus diversos fluxos. Picchi (2003) propõe uma divisão em cinco fluxos para empresas associadas ao ramo da construção:

- I. **Fluxo de negócio:** liderado pelo adjudicatário, compreende desde a identificação de necessidades, planeamento geral do empreendimento, licenciamentos, obtenção de financiamento, contratações, monitorização do projecto e construção, fecho da construção e entrega da mesma ao utilizador final.
- II. **Fluxo de projecto:** em geral liderado pelo arquitecto, envolve o adjudicatário (identificação das necessidades e *briefing*) e os demais projectistas como principais participantes.
- III. **Fluxo de obra:** liderado pela empresa construtora, geralmente utilizando um elevado grau de subcontratação.

- IV. **Fluxo de fornecimentos:** liderado pela empresa construtora, envolve todos os fornecedores de materiais e serviços e os seus sub-fornecedores.
- V. **Fluxo de uso e manutenção:** começa após a entrega, e equivale ao fluxo sustentação da manufactura. Este fluxo compreende uso, operação e manutenção, assim como reparação, reabilitação e demolição. As empresas envolvidas neste fluxo são, em geral, diferentes das envolvidas nos fluxos anteriores à entrega da obra.

#### 4.2.2 GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na década de 70, as transformações dos sistemas de produção que se verificavam no Japão e a própria globalização da economia provocaram um aumento da competitividade e a produção começou a ser vista como uma área estratégica em que mudanças fundamentais deveriam ser realizadas para melhoria da empresa.

A indústria da construção civil vê-se confrontada com esta evolução, o que levanta alguma preocupação uma vez que o sector tem a conotação de ser atrasado tecnologicamente, de adoptar mão-de-obra desqualificada e de apresentar elevado desperdício de material e de outros recursos.

Messeguer (1991) destaca alguns aspectos específicos do sector da construção civil:

- A construção é uma indústria de carácter nómada, com produtos únicos e seriados. A produção é centralizada (operários moveis em torno de um produto fixo), ao invés da produção em cadeia (produtos passam por operários fixos), como em outras indústrias;
- É uma indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações;
- Utiliza mão-de-obra intensiva e pouco qualificada, sendo que o emprego desses funcionários tem carácter eventual e as suas possibilidades de promoção são escassas, o que gera pouca motivação;
- A construção, de maneira geral, realiza os trabalhos a céu aberto;
- O produto é único, ou quase único, na vida do cliente final;
- São aplicadas especificações complexas e muitas vezes confusas;
- As responsabilidades são dispersas e pouco definidas dentro da empresa;
- O grau de precisão com que se trabalha na construção é, em geral, menor do que em outras indústrias, por exemplo em parâmetros relativos a orçamento, prazo e conformidade;
- Necessidade variada de mercado, pois a construção civil trabalha com produtos duráveis e caros e o cliente exige que o produto seja de boa qualidade e diferenciado de outros empreendimentos já construídos.

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

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 sua grande variedade de área de trabalho e ao intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários, o que dificulta a aplicação dos conceitos da *Lean Production*.

Genericamente têm sido apontadas duas vias para a redução da instabilidade relativa que se verifica na produção do sector 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, que é um dos objectivos *Lean*.

Contudo, para Ballard e Howell (1998) a construção é substancialmente 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 efectivar o mesmo para projectos mais dinâmicos, isto é, os que são rápidos, complexos e imprevisíveis. E os projectos da indústria da construção inserem-se na última categoria.

Howell e Ballard (1998) consideram que mais do que tentar tornar a construção numa produção do género 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. Os autores consideram que esta está cada vez mais idêntica à produção da construção, pois na manufactura cada vez mais se procura a entrega imediata de produtos personalizados (os automóveis por exemplo). É importante definir o tipo de produção habitual da construção para se poder compreender como se lhe poderá aplicar os conceitos *Lean*.

O modelo conceptual dominante no sector da construção é o **Modelo de Conversão**, que define a produção como um conjunto de actividades de conversão, que transformam as matérias-primas (materiais, informação) em produtos intermediários (alvenaria, estruturas, revestimentos) ou final (edificação).

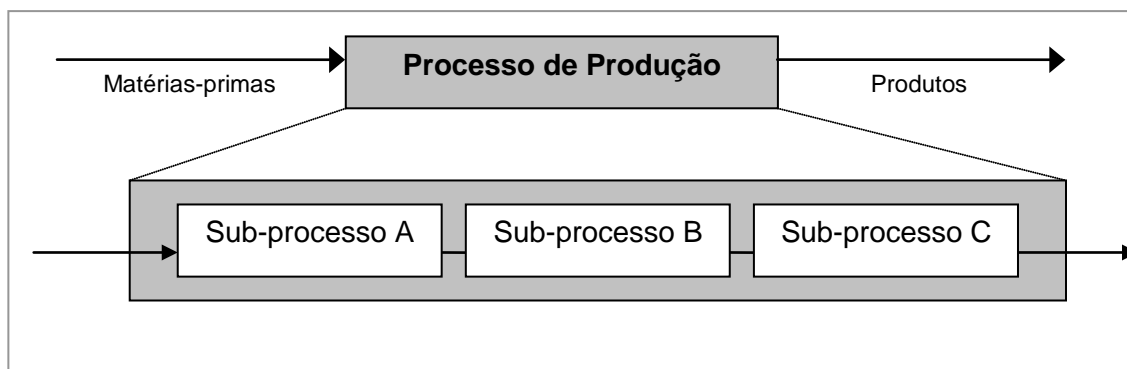


Figura 7 -Modelo de Conversão  
Fonte: Koskela (1992)

O modelo de Conversão apresenta, implicitamente, as seguintes características:

- O processo de conversão pode ser subdividido em sub-processos, que também são processos de conversão. Por exemplo a execução de estruturas pode ser subdividida em cofragem, corte, dobragem e montagem de armaduras e betonagem;
- O esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada sub-processo separadamente;
- O valor do produto (output) de um sub-processo é associado somente ao custo das matérias-primas (inputs).

Este modelo é adoptado, por exemplo, nos orçamentos convencionais que são tipicamente segmentados por produtos intermediários (por exemplo pilares, lajes) e também nos planos de obra, nos quais são normalmente representadas apenas as actividades de conversão. Assim, tanto os orçamentos como os planos de obra, em geral, representam explicitamente a sequência de actividades que acrescentam valor ao produto.

Para Koskela as principais lacunas do modelo de conversão são as seguintes:

- Existe uma parcela de actividades que compõem os fluxos físicos entre as actividades de conversão (fluxos de materiais e mão-de-obra) que não são explicitamente consideradas. Ao contrário das actividades de conversão, estas actividades não acrescentam valor. Em processos complexos, como é o caso das empreitadas a maior parte dos custos é originada nestes fluxos físicos.

**Por exemplo:** muito do tempo gasto pelos trabalhadores num estaleiro está nas operações que não agregam valor: transporte, espera por material, retrabalhos, etc;

- O controlo da produção e esforço de melhorias tende a ser focado nos sub-processos individuais e não no sistema de produção como um todo.

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.

**Por exemplo:** a introdução de um novo sistema de paredes verticais numa obra no lugar da alvenaria convencional pode aumentar a produtividade da actividade execução de paredes, mas pode ter um impacto relativamente pequeno na melhoria da eficiência do processo como um todo, se não houver uma redução significativa no tempo gasto em actividades que não agregam valor, tais como transporte de materiais, esperas por parte de equipas de trabalhadores seguintes, etc.

- A não consideração dos requisitos dos clientes pode resultar na produção, com grande eficiência, de produtos que são inadequados. Neste sentido, deve-se considerar os requisitos tanto dos clientes finais como internos.

**Por exemplo:** pode-se produzir um edifício de apartamentos com grande eficiência, mas que não tem valor de mercado por não atender aos requisitos de potenciais compradores (clientes finais). Da mesma forma, uma equipa de estrutura pode executar com eficácia o alisamento perfeito da superfície de betão das lajes, o que, ao contrário de facilitar o trabalho das equipas seguintes (clientes internos), vai dificultá-lo, pois existe a necessidade de aderência entre as lajes e a argamassa de assentamento do piso a ser colocado.

De facto, com facilidade se revêem muitos dos procedimentos usualmente praticados na construção nestas lacunas apresentadas ao modelo de conversão tradicional. A questão fundamental será que para quem nunca pensou no modelo que rege a construção, nunca se deu conta dos erros que se podem cometer ao longo dos processos, nem da forma como evitá-los. É por isso fundamental que se apresentem conceitos teóricos aos que pretendem apreender algo com a *Lean Construction*.

#### 4.2.3 CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION

##### 4.2.3.1 Modelo de processo da *Lean construction*

Como já foi referido o conceito *Lean Construction* surge nos anos 90 com a publicação do relatório técnico “*Application of the New Production Philosophy in the Construction Industry*”, na Universidade de Standford, U.S.A por Lauri Koskela.

Tendo sido já supracitado, 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 valoriza a entrega de valor de forma fiável e rápida, e que incita tal como a *Lean Production*, a crença nas relações de permuta entre tempo, custo e qualidade que é aceite em geral (Daeyoung, 2002).

O modelo de processo da *Lean Construction*, proposto por Koskela (1992), assume que um processo consiste num fluxo de materiais, desde a matéria-prima até ao produto final, que é constituído 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**.

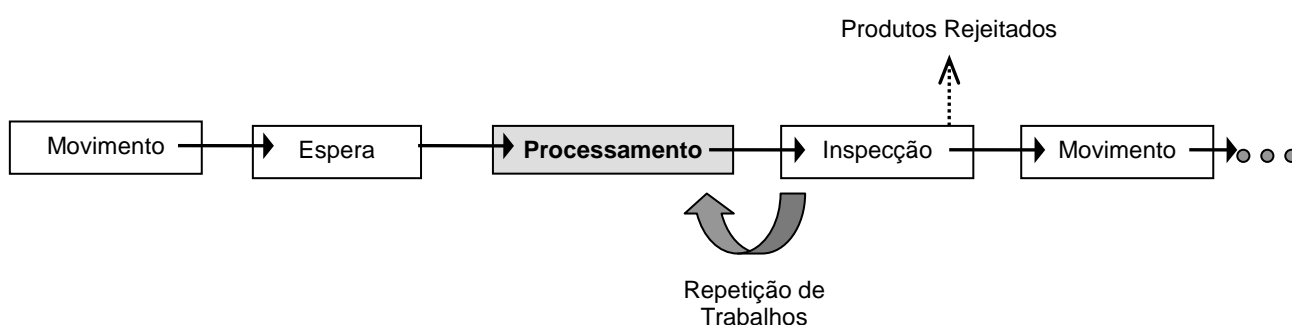


Figura 8 – Modelo de processo da Lean Construction  
Fonte: Koskela (1992)

O planeamento da construção, baseado no processo de fluxos, leva à percepção das causas que originam os problemas e, por isso, permite objectivar planos de melhoria. Há dois grupos de causas: o uso de conceitos tradicionais para projecto, produção e organização, que ao longo do tempo se tem mostrado ineficiente; e, o facto de a construção ter particularidades que não têm sido devidamente analisadas e manipuladas.

Koskela recomenda o seguinte para incorporar a qualidade na produção:

- Projectar e preferir processos que tenham pouca variabilidade
- Estabelecer mecanismos para detectar e corrigir defeitos rapidamente
- Promover procedimentos para que as especificações sejam definidas para cada actividade de transformação

Dadas as diferenças entre as actividades efectuadas na indústria da manufactura e na construção civil, vários trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos em busca da implementação da “Filosofia Lean” no contexto da construção civil (Howell, Koskela, Isatto, Shingo, etc.). As inovações desta filosofia podem ser resumidas em três pontos principais:

- I. Abandono do conceito de processo como transformação de inputs em outputs, passando a designar um fluxo de materiais e informações.
- II. Análise do processo de produção através de um sistema de dois eixos ortogonais: um representando o fluxo de materiais (processo) e outro o fluxo de operários (operação).
- III. Consideração do valor acrescentado sob o ponto de vista dos clientes internos e externos, tendo como consequência a reformulação do conceito de perdas que passa a incluir também as actividades que não acrescentam valor ao produto.

Esta nova abordagem, baseada na *Lean Production*, encontra dois tipos de problemas: a adaptação dos conceitos no contexto da indústria automobilística japonesa para a construção civil ocidental, e a postura conservadora predominante entre os profissionais do sector.

O desafio que se apresenta para pesquisadores e profissionais da construção é o de adaptar os conceitos e princípios da *Lean Production* para aplicação na indústria da construção, tentando deste modo melhorar o desempenho no seu processo produtivo.

#### 4.2.3.2 Teoria de Produção TFV

Anos após a definição do modelo de processo da construção acima descrito, Koskela (2000) lança as bases para uma nova teoria de produção e demonstra o seu uso na construção. A construção deve ser entendida não só como processo transformação, como acontece no modelo de conversão convencional, mas também em termos de fluxo de trabalho e criação de valor. Esta teoria foi designada como teoria de produção TFV – acrónimo de Transformação, Fluxo e Valor.

Tabela 7 - A teoria da produção TFV  
Fonte: Koskela, 2000.

Visão da:	Transformação	Fluxo	Criação de Valor
<b>Conceitualização da produção</b>	- 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
<b>Princípio fundamental</b>	- 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)
<b>Princípios associados</b>	- 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

<b>Métodos e Práticas (exemplos)</b>	- 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>
<b>Contribuição prática</b>	- 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
<b>Nome sugerido para aplicação prática da visão</b>	<b>Gestão de Actividades</b>	<b>Gestão de Fluxo</b>	<b>Gestão de Valor</b>

A perspectiva oferecida por esta teoria é a de ter três géneros 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. Apesar das visões serem distintas, elas não competem entre si, antes pelo contrário, complementam-se.

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 sub optimização. É essencial que esta gestão exista para fazer face ao vasto volume de contratos que a construção envolve. No entanto, é insuficiente para abranger toda a complexidade e dinamismo do projecto.

A gestão do fluxo introduz novas actividades de gestão, sendo que a mais importante reside no aumento de cooperação ao longo da cadeia de fornecimentos. Isto compreende não só a cooperação entre o empreiteiro geral e os subcontratados mas também, cooperação 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.

Por último, a gestão do valor, ou da criação do valor, é a mais difícil de caracterizar. Logo a começar pelo facto, de ser mais complicado perceber o que é realmente o valor. Esta provavelmente deverá ser mais dominante nas primeiras fases de projecto (fase anterior ao início da obra). (Bertelsen e Koskela, 2004).

Assim, de forma a unir estas três visões é necessário conseguir uma gestão equilibrada de entendimento das especificidades de cada uma e também de como se interligam (Figura 9).



Figura 9-Gestão tripartida da construção.  
 Fonte: Bertelsen e Koskela. 2004

#### 4.2.3.3 Princípios da *Lean Construction*

Seguidamente são apresentados os 11 princípios da *Lean Construction* propostos por Koskela (1992), com exemplos práticos dos mesmos em obra.

##### **I. Reduzir a parcela de actividades que não acrescentam valor**

Princípio fundamental da *Lean Construction* segundo o qual a eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das actividades de conversão e fluxo, mas também pela eliminação de algumas das actividades de fluxo. Isso significa reduzir as actividades que consomem tempo, algum recurso ou espaço mas não contribuem para atender aos pedidos dos clientes. Para tal é fundamental explicitar as actividades de fluxo, por exemplo, através da representação do fluxo do processo (uso do mapeamento do fluxo de valor - MFV).

Convém 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 higiene e segurança.

Exemplos prático de aplicação em obra:

- a. O estudo e a elaboração de um arranjo físico do estaleiro, que minimize as distâncias entre os locais de descarga de materiais e o seu respectivo local de aplicação, podem reduzir a parcela das actividades de movimentação.
- b. Na fase de betonagem, utilizar um vibrador portátil em substituição de um convencional, permite que apenas um trabalhador execute a tarefa em vez dos dois que seriam necessários no processo tradicional (um para segurar o vibrador e outro para espalhar o betão).



Figura 10 – Operário a usar vibrador portátil  
Fonte: Kurek, J. (2005)

## II. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes

Segundo Koskela, o valor não é um factor inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência da satisfação dos requisitos dos clientes.

Este princípio estabelece que devem ser identificadas claramente as necessidades dos clientes internos e externos e esta informação deve ser considerada no projecto do produto e na gestão da produção.

Exemplo de aplicação na construção:

- a. Ao longo do processo de projecto, deve-se ter disponível de forma sistematizada, dados relativos aos requisitos e preferências dos clientes finais, obtidos por exemplo através de pesquisas de mercado com potenciais compradores ou avaliações pós-ocupação de edificações já entregues.
- b. No processo de produção, este princípio também pode ser aplicado, sendo as equipas de trabalho subsequentes de um processo consideradas como clientes internos do mesmo, as tolerâncias dimensionais de uma tarefa devem ser respeitadas de forma a não comprometer as tarefas da equipa seguinte.

## III. Reduzir a variabilidade

A padronização dos procedimentos é, normalmente, a melhor forma de reduzir a variabilidade, tanto na conversão como no fluxo do processo de produção.

Segundo Isatto (2000) existem diversos tipos de variabilidade que podem ser ligados aos processos de produção, como as variações dimensionais de materiais; variedade na própria execução de determinada tarefa e variabilidade dos requisitos dos clientes, que serão evidentemente distintos.

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

Do ponto de vista da gestão de processos, existem duas razões para a redução da variabilidade. A primeira reside no ponto de vista do cliente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação,

pois a qualidade do produto corresponde efectivamente às especificações previamente estabelecidas. É o caso, por exemplo, da equipa que executa alvenaria, cujo serviço é facilitado caso os blocos tenham poucas variações dimensionais.

Outra razão reside no facto da variabilidade tender a aumentar a parcela de actividades que não acrescentam valor e o tempo necessário para executar um produto, principalmente pelas seguintes razões:

- a. Interrupção de fluxos de trabalho, causada pela interferência entre as equipas. Isto ocorre, quando uma equipa fica parada ou precisa de ser deslocada para outra frente de trabalho, em função de atrasos da equipa anterior. Por exemplo, a equipa de alvenaria foi deslocada para a execução de chapisco noutra frente de trabalho, porque houve um atraso na execução da estrutura.
- b. Não-aceitação de produtos fora da especificação pelo cliente, resultando na repetição dos trabalhos ou na rejeição dos mesmos.

#### IV. Reduzir o tempo de ciclo

A redução do tempo de ciclo é um princípio que tem origem na filosofia *Just in Time*. O tempo de ciclo pode ser definido como a soma de todos os tempos necessários (transporte, espera, processamento e inspecção) para a produção de um determinado produto. A redução do tempo de ciclo traz as seguintes vantagens:

- a. **Entrega mais rápida ao cliente:** em vez 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. Quando possível, as unidades são entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disto, em alguns segmentos de mercado, a velocidade de entrega é uma dimensão competitiva importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de centros comerciais).
- b. **A gestão dos processos torna-se mais fácil:** o volume de produtos inacabados em stock é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e o uso do espaço físico disponível.
- c. **O efeito aprendizagem tende a aumentar:** como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros aparecem mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas.
- d. **As estimativas de futuras obras são mais precisas:** como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da obra em construção. Isto torna o sistema de produção mais estável.
- e. **O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças de pedidos:** pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento das exigências e pedidos, sem elevar substancialmente os custos, pois algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.

#### V. Simplificar através da redução do número de passos ou partes

A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes num produto ou a redução do número de partes ou estágios num fluxo de materiais ou informações. Através da simplificação pode-se eliminar actividades que não agregam valor ao processo de produção, pois



quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de actividades que não agregam valor. Isto ocorre em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão necessárias para cada passo no processo (por exemplo, montagem de andaimes, limpeza, inspecção final, etc.), e também pelo facto de que, em presença de variabilidade, tende a aumentar a possibilidade de interferências entre as equipas.

Exemplo de aplicação na construção: o uso de elementos pré-fabricados como vigas, padieiras, ou mesmo cofragens que vem já montadas para o local da obra, reduzem o tempo que se demoraria a processar essas actividades no local e muitas vezes proporcionam até melhores condições de segurança aos trabalhadores.

## VI. Aumentar a flexibilidade de saída

O aumento de flexibilidade de saída refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. Embora este princípio pareça contraditório com o aumento da eficiência, muitas indústrias tem alcançado flexibilidade mantendo níveis elevados de produtividade.

A aplicação deste princípio pode ocorrer no uso de mão-de-obra polivalente, na finalização detalhada do produto no tempo mais tarde possível, e na utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grande prejuízo para a produção. (Isatto, 2000)

Exemplo para aplicação na construção civil:

- a. Num apartamento, utilizando um sistema construtivo com lajes planas é possível a mudança de *layout* do apartamento sem a preocupação da localização das vigas, tornando o produto flexível a mudanças.
- b. Algumas empresas que actuam no mercado imobiliário adiam a definição do projecto e, em alguns casos, também da execução das divisórias internas de gesso cartonado de algumas unidades. Esta estratégia permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de determinados limites, sem comprometer substancialmente a eficiência do sistema de produção.



Figura 11 – Divisórias em gesso cartonado

## VII. Aumentar a transparência do processo

O aumento da transparência de processos torna os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho.

Exemplo prático de aplicação em obra: Remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes e emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo, tais como nível de produtividade, número de peças rejeitadas, etc.. A figura 12 representa um exemplo de um dispositivo de controle de espaço que permite a transparência.



Figura 12 – Limite de espaço transparente  
Fonte: Formoso, C.

## VIII. Focar o controle no processo global

O controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir de forma acentuada no prazo de entrega da obra.

Um dos grandes riscos das tentativas de melhorias é sub-otimizar uma actividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) no desempenho global do mesmo. Esta situação é muito comum em processos de produção fragmentados, como é a execução de uma obra, nos quais existem muitos projectistas, subempreitadas e fornecedores independentes.

Para aplicação deste princípio é essencial uma mudança de postura por parte dos envolvidos na produção, que devem procurar entender o processo como um todo por oposição a um foco restrito de operações. É também fundamental definir quem tem clara responsabilidade pelo controle global do processo.

Exemplo de aplicação na construção: O custo da alvenaria pode ser significativamente reduzido se houver um esforço de desenvolvimento integrado com o fornecedor de blocos, no sentido de introduzir a paletização (Figura 13). Se a melhoria envolver o processo como um todo, pode-se obter diversos benefícios, tais como a redução do custo do carregamento e descarregamento, entregas com hora marcada, redução dos stocks na obra, etc. Esta melhoria é muito mais significativa se comparada com uma iniciativa individual de paletização, restrita apenas ao estaleiro.



Figura 13 – Paletização de blocos de alvenaria  
Fonte: Formoso, C.

#### IX. Introduzir melhoria contínua no processo

Para Koskela o esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos tem um carácter incremental, interno à organização, devendo ser conduzido continuamente, com a participação da equipa responsável pelo processo. O trabalho em equipa e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução da melhoria contínua. Existem algumas formas de alcançar este objectivo como por exemplo utilizar indicadores de desempenho, premiar pelo comprimento de tarefas e metas e padronizar os procedimentos.

**Exemplo de aplicação:** podem formar-se equipas com representantes dos vários sectores do processo (planeamento, compras, produção, financeiro), que façam uma monitorização do processo através da elaboração de listas de verificação (check lists), recolha de dados referentes aos problemas mais frequentes, e discutir as causas destes de modo a propor soluções.

#### X. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

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

Koskela refere também que as melhorias de fluxo e conversão estão intimamente relacionadas, uma vez que: melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menores investimentos em equipamentos; fluxos mais controlados facilitam a implementação de novas tecnologias na conversão; novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo. Deste modo é necessário que exista um equilíbrio entre ambas.

**Exemplo prático na construção:** para melhorar o desempenho na execução de sistemas de paredes, como por exemplo, em alvenaria de blocos cerâmicos, é necessário um esforço de eliminação de perdas nas actividades de transporte, inspecção e armazenamento (fluxo). A partir do momento em que este processo atinge elevados níveis de racionalização, passa-se a avaliar a

possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica nas actividades de conversão, como por exemplo através da utilização de divisórias leves ou painéis pré-fabricados.

## **XI. Fazer benchmarking**

*Benchmarking* consiste num processo de aprendizagem a partir das práticas adoptadas noutras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção. A competitividade da empresa deve ser o resultado da combinação dos seus pontos fortes desenvolvidos principalmente a partir de um esforço de melhoria contínua, com boas práticas observadas noutras empresas.

Para além destes princípios, Koskela (2004) sugere um novo desperdício para além dos sete tradicionais do *Lean Thinking*. Trata-se de uma singularidade 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 usuais da indústria da construção pois a visão tradicional nitidamente negligencia-o.

### 4.2.3.4 Teoria *Lean* de Gestão de Projecto

Desde a sua origem a abordagem *Lean* para a gestão de projectos de construção difere do método tradicional. Segundo Ballard (2000), esta nova visão tem as seguintes características principais:

- Visão clara dos objectivos a estabelecer no processo de entrega do produto e boa percepção das necessidades e requisitos do cliente.
- Equipa de carácter multifuncional que desenvolve e desenha o produto e o processo de forma concorrential, este trabalho em paralelo estimula 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 (2001) 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 forte. 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 *et al.* 2005).

#### 4.2.4 CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL VS LEAN CONSTRUCTION

Os projectos estão a aumentar a sua dimensão e cada vez se evidenciam mais incertos e complexos. Os modelos e técnicas de gestão convencionais começam a falhar nos projectos de grande escala e fortemente 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 estabelecidos em termos de custo, prazo e qualidade. As acções que se adoptam 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 desenvolver 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.

No entanto, na abordagem *Lean* da 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 da *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 completar com sucesso esteja resolvido previamente. No caso de uma tarefa não ser realizada o sistema recebe rapidamente *feedback*. Logo, a causa pode ser identificada e ser seguido o rasto 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, no início, parte-se o projecto 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 numa situação real visto que se assume de forma simples prazos e custos e desconsidera-se a maioria das relações complexas entre as tarefas. São essas relações que ministram 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 individualmente 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 na perspectiva *Lean* tenta-se lidar com as imprevisibilidades de forma a reduzir a variabilidade na construção. Isso passa 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 sistema de produção da construção. O trabalho não é exclusivamente ordenado 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 sub fluxos 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. 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. O custo baixa porque um fluxo de trabalho previsível permite entregas *just-in-time* das encomendas, a satisfação das condições de início de actividade e a diminuição do 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 por primeiro considerar os princípios e depois perceber como estes podem ser implementados recorrendo a técnicas e processos especialmente desenvolvidos (ferramentas). A tabela 8 que se segue sintetiza a que níveis podem acontecer mudanças da gestão da convencional para a filosofia da *Lean Construction*.

Tabela 8 – Gestão Convencional VS *Lean Construction*

<b>Gestão Convencional da Construção</b>	<b>Lean Construction</b>
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.	Desenha-se 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.

Gestão Convencional da Construção	Lean Construction
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 <b>FLUXO DE TRABALHO</b> .
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 de 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).

#### 4.2.5 Os 7 DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO

No ponto 4.1.6 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.

Assim, começando pelo primeiro dos desperdícios apontados por Ohno, o **excesso de produção**, no âmbito da construção este pode ser encarado de formas diferentes mas que constituem igualmente desperdícios. Do ponto de vista dos materiais, se os fornecedores produzirem mais do que o requisitado pelas empresas de construção (neste caso o cliente), isso constitui um desperdício, de tempo, de espaço, de matérias-primas e de transporte. Num nível mais global, tudo o que é construído sem ser pedido, ou sem certezas que está de acordo com aquilo que o mercado quer, terá pouca perspectiva de venda, constituindo um desperdício.

Em Portugal, existem diversos fogos desocupados, resultado de excessiva construção nova face às necessidades do mercado português, o que representa sem dúvida um excesso de produção.

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.

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 fendilhação devido à qualidade do betão, ou devido a uma incorrecta betonagem.

Infelizmente, se os defeitos apenas forem notados já no final da obra, com a construção edificada ela será entregue com esses 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 podem ocorrer, por exemplo, no caso de uma má distribuição dos meios no estaleiro, por isso deve ser pensada a forma como se monta o estaleiro, evitando que os trabalhadores se desloquem mais do que o necessário desperdiçando tempo.

O quinto desperdício apontado refere-se aos **processos que não acrescentam valor**, como inspecções ou repetição dos trabalhos. Na construção é necessário inspeccionar equipamentos, materiais e a própria execução das tarefas, isto pode ser amenizado com o uso de check lists, por exemplo. 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.

#### 4.2.6 FERRAMENTAS DA LEAN CONSTRUCTION

Neste ponto serão apresentadas algumas ferramentas que surgem do paradigma da *Lean Construction* de modo a ser possível aplicar as teorias e conceitos subjacentes a esta recente filosofia.

Já foi exposto no ponto 4.1.5 do presente capítulo exemplos de ferramentas associadas ao cada um dos cinco princípios fundamentais do *Lean Thinking*, pelo que a análise seguinte prende-se com o seu melhor esclarecimento assim como relação com possíveis aplicações na construção.

##### 4.2.6.1 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”. (Institute for Defense Analyses – IDA, 1988) apud (SCPD, 2002).

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 de 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, tal como referido na tabela 6, 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.

Isto interessa de facto ao sector da construção, na medida em que cada empreendimento tem diferentes características e constitui um novo projecto. Uma empresa de construção ter capacidade de resposta rápida a um novo projecto é factor preponderante em concursos de obras, por exemplo, assim como a capacidade de executar o empreendimento rapidamente pode ser factor diferenciador na hora de escolher a empresa para uma obra de construção.

#### 4.2.6.2 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.

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 de simples aplicação, em que se representam os vários fluxos por meio de desenhos sem ser necessário recorrer a meios informáticos.

O mapeamento divide-se basicamente em 4 etapas:

- **Escolher uma família de produtos**, uma vez que seria difícil “mapear” todos os 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.
- **Desenhar o estado actual**, isto é, como a empresa se encontra no momento. A primeira representação deve ser o cliente no canto superior da folha, seguindo-se a adição dos processos. O terceiro 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 no fundo da folha.
- **Desenhar o estado futuro**, ou seja o que se pretende que a empresa seja no futuro, através da eliminação dos desperdícios encontrados no estado actual.
- **Escrever o plano de trabalho**, dividido em etapas, as quais devem ter objectivos, metas e datas necessárias para se atingir no máximo possível o estado pretendido no ponto anterior.

Em suma, o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de relativamente fácil aplicação e que permite melhorar os processos produtivos da empresa através da identificação das etapas que podem trazer desperdícios.

#### 4.2.6.3 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.

Na construção civil esta metodologia poderá ser útil, na execução de diversas tarefas como execução de paredes de alvenaria, ou betonagem de algum elemento. Se, por exemplo, no caso da construção de uma parede estiver a cargo de uma equipa, que o faça desde a fase de colocação da alvenaria até aos acabamentos (pintura por exemplo), isso evitaria transferência de responsabilidades entre os trabalhadores, o que aconteceria se fossem diferentes em cada fase, e iria criar uma motivação, autonomia e sentido de responsabilidade na equipa responsável pela parede. O mesmo se aplica a qualquer outra tarefa que implique uma série de actividades.

Concluindo, define-se célula de produção como um arranjo onde a matéria-prima é processada e o produto entregue completo no final do processamento, sendo fundamental o trabalho em equipa. Dentro da célula os trabalhadores devem trabalhar próximos, dentro de uma sequência e ritmo ideal, a fim de evitar perdas por repetição do trabalho e espera. Os operadores devem ter senso de responsabilidade gerado pela autonomia desenvolvida, a fim de propor as mudanças necessárias para agilizar a produção e executar o trabalho da melhor maneira possível.

#### 4.2.6.4 TPM – Total Productivity Maintenance

A TPM, em português Manutenção Produtiva Total, foi desenvolvida por um fornecedor da Toyota nas décadas de 60 e 70 no Japão. A sua ideia fundamental é eliminar todos os desperdícios que as máquinas, usadas na produção de algum produto, podem provocar.

Muitos dos conceitos subjacentes as 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, a TPM pretende abranger globalmente as actividades de manutenção que garantem as condições das máquinas, possibilitando um sistema de produção eficiente, em que os equipamentos sejam alvo regular de inspecções e correcções que permita a continuidade dos trabalhos.

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. Por exemplo na fase de terraplanagens se algum equipamento tem uma avaria, possivelmente irá interromper o ritmo dos trabalhos, ficando outras máquinas paradas por dependerem do trabalho daquela, assim como os trabalhadores, o que constituirá uma perda de tempo, provocando atrasos e conseqüente diminuição de produtividade e lucro. 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 de algum para que o tempo perdido seja o menor possível.

#### 4.2.6.5 – *Jidoka* (qualidade na fonte)

O conceito de *jidoka* é um dos pilares do TPS de Taichi Ohno, e prende-se com a ideia de controlar a qualidade na fonte. Ao *jidoka* estão ligados outros conceitos e ferramentas que a seguir serão caracterizadas como o *Poka-Yoke*.

Segundo o criador do TPS, *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 *jidoka* esteja frequentemente associada à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, *jidoka* é alargado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. 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 supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paragens.

Apesar de na construção a noção “linha de montagem” não ser directamente aplicável, é possível da mesma forma aplicar o *jidoka* em obras. Como exemplo pode referir-se a betonagem de algum elemento estrutural que começa com a produção do betão, se logo nessa fase for detectada uma avaria na betoneira por exemplo, os trabalhadores devem ter autonomia para parar, uma vez que se isso não for feito pode comprometer todo o trabalho de betonagem e mesmo provocar danos futuros nas estruturas.

#### 4.2.6.6- Poka-Yoke

Esta ferramenta parte do princípio que os humanos são susceptíveis de falharem, e por isso, o *poka-yoke* é um sistema de detecção e aviso de erros, que assume tarefas repetitivas e que depende da memória. Ou seja, o dispositivo *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, associado a uma operação impede a execução irregular de uma actividade. Estes sistemas podem apenas sinalizar a falha, pelo que os resultados obtidos com a sua utilização dependem da forma como são integrados. Ou seja, o ideal para atingir “zero defeitos” será aplicar o sistema de forma a detectar os erros antes que estes constituam defeitos, eliminando-os por completo.

Este sistema poderia ser implementado por exemplo nas misturadoras de betão, tendo memorizadas as quantidades que seriam necessárias avisando se estas não fossem as correspondentes ou identificando agregados de tamanho superior ao desejado. Outra possibilidade é nos cilindros compactadores por exemplo, que devem compactar a determinada altura, poderia sinalizar quando tal não acontecesse. No entanto fica-se com a noção que será uma ferramenta de maior utilidade em indústrias como a automóvel, onde começou a ser usada, devido ao recurso a muitos processos padronizados e linhas de montagem.

#### 4.2.6.7 - Operações Padronizadas

À partida, tendo em conta as características da construção já discutidas no capítulo 3.3 do presente trabalho, onde se referiu a variabilidade das actividades que estão envolvidas na construção 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 aqui 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.

Senão veja-se, é através da padronização que os projectistas podem definir em 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. Na definição desses padrões para a execução de cada actividade pertencente a uma obra, é essencial que haja a indicação dos equipamentos necessários à execução de cada uma delas e da sequência de acções para a realização das mesmas.

A padronização leva a uma maior disciplina na execução de actividades, com a eliminação das improvisações e uma conseqüente redução da variabilidade em relação ao projecto, resultando numa obra com maior nível de precisão e menor nível de desperdícios.

Em Portugal, tem crescido a noção de que é necessário introduzir padrões em alguns dos intervenientes na construção, como nos materiais e equipamentos que devem respeitar normas ou nas empresas, que cada vez mais procuram uma certificação das suas actividades. Vários

desentendimentos surgem da diversidade na forma de apresentação das peças escritas e desenhadas de um projecto.

Uma tentativa de desenvolver um conjunto integrado de conteúdos técnicos de referência e para utilização generalizada pelo sector da construção, como cadernos de encargos, mapas de trabalhos e quantidades, fichas de materiais e de execução de acordo com as normas, documentos técnicos e boas práticas; é o objectivo do ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção), desenvolvido pelo INESC Porto, Instituto da Construção e LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil).

#### 4.2.6.8 – Gestão Visual

O sentido que os humanos mais e melhor utilizam para recolher informações é a visão, assim essa capacidade para memorizar e interiorizar algo através da observação é explorada na gestão visual.

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.

Também os avisos colocados em estaleiro sejam locais perigosos ou pontos de referência como locais de descarga por exemplo, devem estar localizados de modo a serem visíveis por todos os que ali trabalham.

A gestão visual pode ser igualmente utilizada como forma de analisar a evolução da obra, a necessidade de materiais, de mão-de-obra, o controle dos tempos de execução, podem ser feitas por meio de gráficos e tabelas que serão facilmente compreensíveis pelos responsáveis em obra.

#### 4.2.6.9- *Takt time*

O *takt-time* é definido a partir da procura do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a procura. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas.

Ou seja o *takt time* depende da capacidade de produção da empresa, assim deverá ser entendido como o ritmo de produção necessário para atender o nível das necessidades dos clientes, dadas as restrições de capacidade do meio de produção.

Esta noção de tempo de produção permite que se produza apenas o que é requisitado pelo cliente no menor tempo possível, deste modo aumenta-se a produtividade da empresa em questão, uma vez que não se produz mais do que o necessário nem em demasiado tempo, criam-se ritmos de produção e evitam-se paragens.

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

Este conceito poderá ser mais facilmente aplicado na construção no que diz respeito aos fornecedores de materiais, uma vez que normalmente diz respeito à produção de várias peças iguais e com processos análogos. Uma empresa que venda tijolos por exemplo, poderá adoptar o *takt time* de forma a otimizar o tempo de fabrico de tijolos às quantidades requisitadas pelos compradores. Partindo da mesma ideia, e alargando a escala de influência dos requisitos, o *takt time* poderia também ser usado para estabelecer o ritmo das actividades a partir das necessidades do cliente em toda a cadeia de fornecedores.

#### 4.2.6.10- Kanban (cartão)

O método nasce, tal como a *Lean Production*, no Japão, sendo que a palavra *Kanban* significa “cartão” ou “etiqueta”. Esta é uma ferramenta que viabiliza a produção *just-in-time*, permitindo a comunicação entre cliente (que pode ser interno) e fornecedor. É um método de “puxar” a produção a partir da procura, ou seja, o ritmo de produção é determinado pela circulação de kanbans, o qual por sua vez é determinado pelo consumo de produtos.

Os principais objectivos da 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* seja eficiente é preciso obedecer a 4 regras de funcionamento:

- I. O cliente só deve retirar peças do stock quando isso for realmente necessário;
- II. O fornecedor só pode produzir peças das quais tenha *kanbans* de produção e nas quantidades nestes especificadas;
- III. Apenas peças em perfeitas condições podem ser colocadas em stock;
- IV. Os cartões devem ficar nos contentores cheios ou no Quadro *Kanban*.

Os cartões *Kanban* podem ter várias informações e forma de apresentação, dependendo da empresa, 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. Um exemplo de um cartão está patente na figura 14.


Nr. ARTIGO.....	520 08 42	
C. TRAB. ( 1 ).....	SERRALHARIA	
C. TRAB. ( 2 ).....	MONTAGEM - SINTRA1	
PEÇAS P/ CONTENTOR.....	2000	
Nr. CARTÃO KANBAN.....	2 / 2	
INÍCIO DO PROCESSO.....	1	
Nr. ARTIGO.....	020 21 20	
DESCRIÇÃO.....	Chapa Fe Galv 2000 x 1000 - N20	<div style="font-size: 2em; text-align: center;">A</div>
ROTEIRO.....	1- Corte 2000x178	
	2- Corte + Furação	

Figura 14- Cartão *Kanban*

Existem duas formas de usar os cartões *kanban*, a primeira colocando-os nos contentores cheios, que remete para o processo de utilização que a seguir se descreve. Ver figura 15.

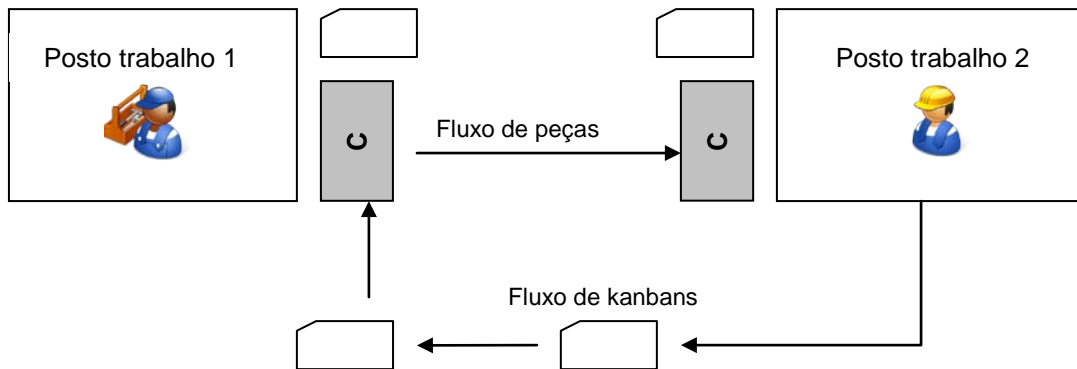


Figura 15 – Procedimento de utilização de cartões Kanban em contentores

O posto de trabalho 2 consome as peças produzidas pelo posto de trabalho 1, de cada vez que o posto 2 utiliza um contentor de peças fabricado pelo 1 retira-lhe o cartão e envia para o posto de trabalho 1, este cartão constitui uma ordem de fabrico de peças para o posto 1.

Quando o posto de trabalho 1 termina o fabrico, coloca o cartão no contentor e envia-o para o posto 2. Este usa as peças e apenas devolve o cartão quando o contentor estiver vazio. Ambos os postos conhecem o número de cartões e portanto de contentores em circulação.

A outra forma de utilizar o método é através do Quadro de Kanban e funciona da seguinte forma. Ver Figura 16.

Existe um quadro, colocado em local visível, que tem 3 níveis onde se podem colocar os cartões, um nível verde, um amarelo e um vermelho. Cada cartão corresponde da mesma forma a uma caixa de peças (material). Enquanto os cartões estão no nível verde não há necessidade de produzir mais peças, mas quando se usa uma caixa, um cartão entra para o quadro, e quando já houver cartões no nível amarelo é necessário começar a produzir peças. Quando já se tiver novamente caixas em stock retiram-se do quadro tantos cartões quantas as caixas disponíveis.

Para que este método seja eficaz 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.



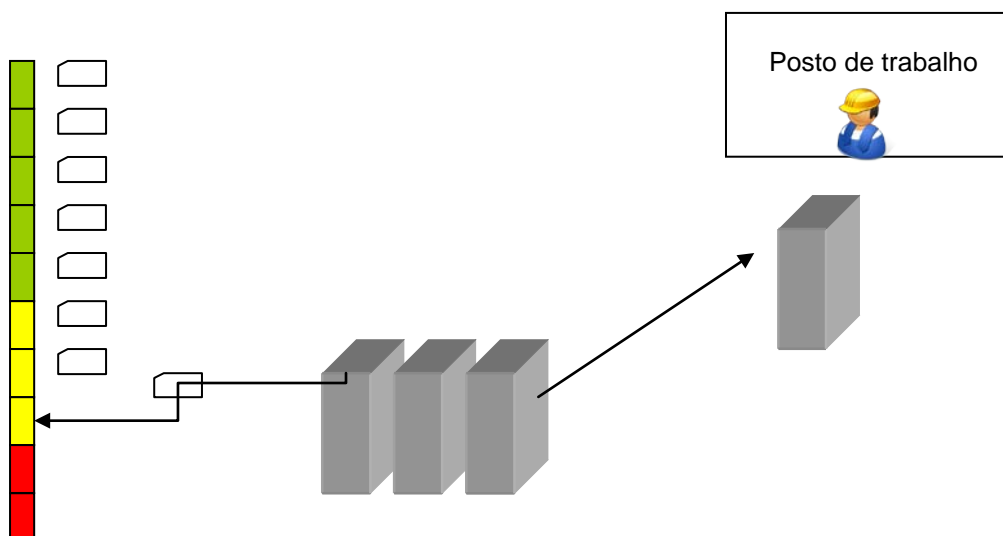


Figura 16 – Procedimento de uso de cartões Kanban por meio de um quadro

Reunidas as condições, a aplicação do *Kanban* apresenta algumas vantagens tais como: possibilita uma rápida e eficiente circulação de informação referente aos problemas da fábrica (avarias, peças defeituosas, etc.) entre os postos de trabalho; 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.

No âmbito da construção civil 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.

#### 4.2.6.11- Cinco S (5S)

Os 5S são uma ferramenta de apoio à melhoria dos processos e métodos de trabalho, e promovem um espírito de rigor, disciplina e organização no posto de trabalho. A designação provem de serem cinco as etapas deste procedimento e as suas designações originais iniciam-se com a letra “S”. Como tal, as etapas são a seguir enumeradas e explicadas:

- **Seiri (classificar)** – o primeiro passo consiste em classificar os materiais em necessários e desnecessários, eliminando os últimos. Podem ser colocadas etiquetas vermelhas ou outra identificação nestes elementos de modo a que todos os identifiquem como desnecessários.

- **Seiton (arrumar)** – organizar os materiais que ficam depois do **seiri**, assim minimizará o tempo de procura dos mesmos.
- **Seisou (limpar)** – limpar as máquinas, ferramentas e locais de trabalho. Permite uma verificação do estado dos equipamentos e locais procedendo-se a reparações quando necessário.
- **Seiketsu (sistematizar)** – dar a conhecer estes procedimentos aos trabalhadores e praticar continuamente as etapas anteriores.
- **Shitsuke (padronizar)** – desenvolver autodisciplina e criar o hábito de envolver os trabalhadores no 5S estabelecendo padrões.

As vantagens da aplicação da ferramenta são várias, a criação de um ambiente de trabalho mais limpo, agradável e seguro; a possibilidade de eliminar diversos desperdícios como matérias a mais, tempo de procura de materiais ou excesso de espaço ocupado; diminuição dos riscos de acidentes promovendo uma atitude preventiva e reduzindo possíveis meios poluentes; fazer aparecer anomalias como atrasos de entregas e escassez de materiais. Em suma melhora as condições de trabalho das pessoas e dos equipamentos.

#### 4.2.6.12 Last Planner System

Esta é provavelmente a ferramenta mais adaptada à construção, uma vez que foi criada já com base nos princípios da *Lean Construction* e não como ferramenta que deriva da *Lean Production*. Criada pelo *Lean Construction Institute* em especial por Glenn Ballard e Greg Howell (Ballard, 2000), é uma ferramenta desenvolvida para controlo da produção em estaleiros de construção.

As várias etapas que constituem um empreendimento de construção são programadas e organizadas em diferentes níveis da empresa, por responsáveis diversos e em alturas distintas. Numa fase já próxima da execução cabe a alguém decidir quando e que trabalho deverá ser executado, essa pessoa pode ser considerada o *Last Planner*. Este 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 e condicionamentos de uma actividade estão resolvidos quando a mesma começa, de forma a permitir que esta seja executada sem perturbações e concluída de acordo com o previsto.

Esta ferramenta propõe que se comparem semanalmente as actividades que foram efectivamente realizadas com as que estavam planeadas de forma a calcular um índice que se designa PPC – Percentagem de Planeado Concluído. É assim possível indagar a causa da não execução do planeado procurando prevenir que no futuro tal não aconteça.

No entanto o *Last Planner* não se preocupa apenas em controlar o andamento das actividades mas também analisa o planeamento para as semanas seguintes de forma a não permitir constrangimentos ao início das actividades, protegendo assim a produção (*shielding production*).

O *Last Planner* pode ser resumido a três níveis de planeamento: longo prazo, médio prazo e curto prazo. Assim existe um plano geral (*master pulling Schedule*) que se pode entender como uma calendarização total do projecto. É definido a partir do projecto inicial que vai de acordo aos requisitos do cliente, e a sua maior preocupação deverão ser os *milestones*, isto é as metas chave do projecto, relacionando-as e determinando as datas em que serão executadas. Define estratégias de execução para que o trabalho possa ser efectuado dentro do tempo definido.

No planeamento a médio prazo existem os *phase schedules*, planos de fase que são preparados por uma equipa que gere o trabalho da respectiva fase. O seu objectivo é que todos os que participam

compreendam e apoiem o plano, que deve ser desenvolvido do final para o início, por meio da técnica *pull*, determinando a quantidade de tempo disponível e a melhor forma de o grupo o usar.

No nível de planeamento a curto prazo recorre-se ao *Lookahead Plan*, plano de antevisão que sequencia o fluxo de trabalho da melhor forma possível, classifica e faz corresponder a mão-de-obra e restantes recursos com o fluxo de trabalho. Distribuem-se as tarefas que estão prontas a começar pelos operários agrupando as situações em que se verificam interdependências e relações de troca.

O mecanismo do *Last Planner* melhora a credibilidade do plano: primeiro aumenta a confiança de cada equipa de trabalho, o que tem um segundo efeito, melhorar a credibilidade de fornecimento dos recursos correctos e consequente melhoria 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).

#### 4.2.7 LEAN APLICADA AO PROCESSO ORGANIZACIONAL E DE GESTÃO

##### 4.2.7.1 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 tem 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 empresa 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.

Como 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.

#### 4.2.7.2 *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, otimizando 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.

#### 4.2.7.3 *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.

#### 4.2.8 *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 controle 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.

Baseado na pesquisa e informação recolhida para este trabalho fica-se com a noção que o conceito mais amplamente conhecido e aplicado, mesmo que fora do âmbito da *Lean Construction*, é a preocupação com a melhoria contínua. O bechmarking continua a ser algo que as empresas parecem conhecer mas que raramente aplicam.

# 5

## CASOS DE ESTUDO

No presente capítulo serão apresentados alguns exemplos de aplicação da *Lean Thinking*, principalmente na indústria da construção – *Lean Construction*.

Em Portugal são ainda escassas as referências a esta filosofia, sendo que os exemplos são retirados de bibliografia brasileira, uma vez que no Brasil são já diversas as empresas de construção que aplicaram os princípios da *Lean Construction*.

### 5.1 APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION NA CONSTRUTORA CASTELO BRANCO

A Construtora Castelo Branco é uma empresa Brasileira, com sede em Fortaleza há cerca de 19 anos. Ao longo de 3 anos aplicou os princípios da *Lean Construction* nas suas obras, e tem vindo a divulgar os métodos e resultados em congressos sobre o tema, é precisamente uma apresentação feita num destes encontros (II Fórum Lean Nordeste) que assiste como bibliografia este primeiro exemplo.

Segundo a empresa em questão os primeiros passos para implementar a filosofia *Lean* consistem em adquirir conhecimentos acerca da filosofia com base em literatura e eventos do tema, conhecer a lógica de funcionamento da própria empresa e procurar investir num processo de melhoria contínua.

A construtora procurou adaptar esses princípios quer ao nível do modelo de gestão e planeamento, quer no que diz respeito à execução propriamente dita das actividades de construção.

Partindo então da abordagem ao nível estratégico, a empresa começou por fazer uma recolha de dados acerca do trabalho que vinha desenvolvendo, como registro de todas as actividades desenvolvidas numa obra da empresa, dados relativos a produtividades em obras da própria empresa, discussões a respeito da melhor rede de precedências a ser adoptada e análise junto ao Encarregado e aos operários da equipa ideal para cada actividade.

Valorizando a circulação de informações entre os diversos intervenientes num empreendimento, foi adoptado um modelo de equipa de trabalho um pouco diferente do tradicional como se pode observar na Figura 17.

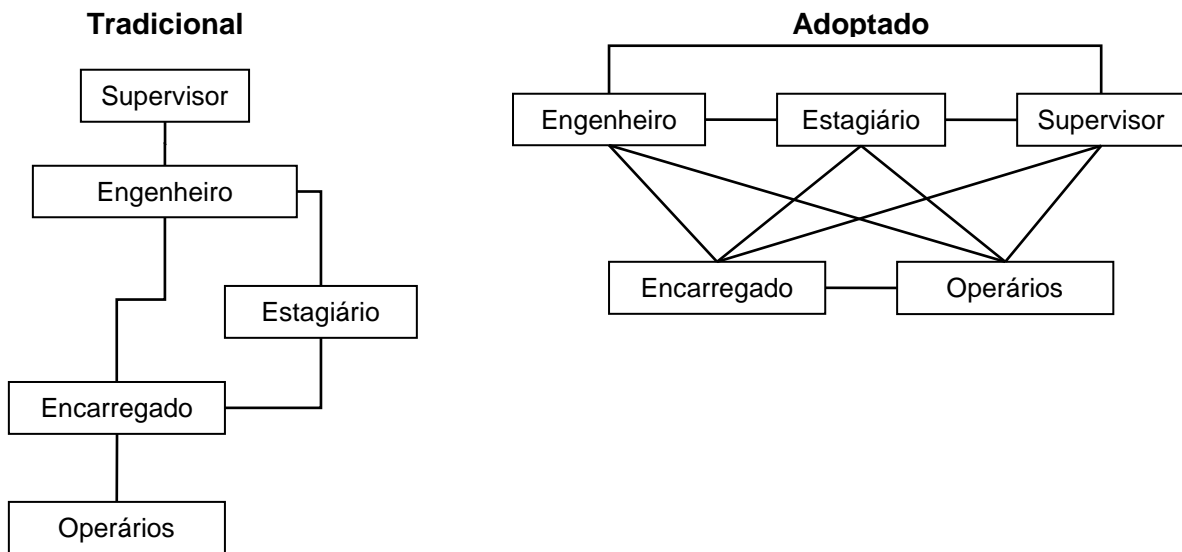


Figura 17 – Organograma da empresa tradicional VS adoptado

O objectivo deste modelo adoptado é a descentralização da informação, onde a função do Estagiário seria o planeamento e controlo da produção; do Encarregado o controle da qualidade, esclarecimento de procedimentos técnicos e manter fluxo contínuo; do Engenheiro controlar o empreendimento, analisar questões ligadas desde a produção até as encomendas e garantir o funcionamento do sistema a fim de cumprir prazos e custos.

Também no que diz respeito à organização do estaleiro de obra a empresa teve em atenção a aplicação dos princípios *Lean* vendo-o e organizando-o segundo dois aspectos: como um local de trabalho, onde o ambiente é agradável, limpo e organizado, de fácil movimentação e fácil localização dos materiais e; como uma ferramenta de marketing, para atrair a atenção de futuros clientes, transmitir sensação de orgulho aos operários e mostrar que a preocupação com o produto tem início ainda durante a execução.



Figura 18 – Estaleiro de uma obra da Construtora Castelo Branco  
 Fonte: Construtora Castelo Branco e os Cinco Princípios Lean. (2007).



Ao nível do planeamento de actividades foram instituídas as células de produção, isto é, uma equipa de profissionais que executam um conjunto de actividades antes de se deslocarem para um posterior local de trabalho. Montar as células ficava a cargo dos estagiários e base da construtora, unindo tarefas que possam ser executadas no mesmo momento por aquela equipa de produção; a quantidade de operários e a data de início de operação da célula era definida pelo estagiário, de modo a que não haja interrupção do fluxo, enquanto que a duração da célula seria determinada automaticamente dependendo do número de envolvidos e tarefas a executar.

No planeamento da produção foram promovidas diversas atitudes como a parceria entre os fornecedores e a empresa, o desbloqueio no fluxo da informação e comunicação, pelo uso de *kanbans* e comunicação via rádio sem intermediários, a produção puxada, a redução da autoridade, o recurso a profissionais polivalentes e o atenção centralizada no ganho e não no custo.

A fim de mudar a estratégia da construtora no que se refere aos processos de execução, às actividades de produção ou seja nos procedimentos que levam à construção em si baseou-se nos cinco princípios da filosofia *Lean* – valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

No que diz respeito ao “**valor**”, este princípio é orientado para as necessidades do cliente, e como tal a empresa levantou a seguinte questão “*Que valor estamos a agregar do ponto de vista do cliente?*”. Foram então tomadas algumas medidas que visavam acrescentar valor tendo em conta os clientes:

- Lajes isentas de vigas e pilares no interior dos apartamentos – Infinitas opções de planta (Figura 19)
- Entrega prévia dos projectos aos clientes em meio físico e electrónico
- Profissional à disposição do cliente para orientar possíveis alterações
- Paredes divisórias em blocos de gesso -Maior facilidade para alterações após entrega (Figura 20)
- Vistoria por perito filiado ao IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia) antes da entrega definitiva ao cliente
- Manual do proprietário em meio físico e em “CD” interactivo
- Software de manutenção após entrega
- Elevado padrão de acabamentos para áreas comuns



Figura 19 – Lajes isentas de vigas e pilares  
Fonte: Construtora Castelo Branco e os Cinco Princípios Lean. (2007).



Figura 20 – Paredes divisórias em blocos de gesso  
Fonte: Construtora Castelo Branco e os Cinco Princípios Lean. (2007).

Em termos de “**fluxo de valor**” a estratégia adoptada visava identificar os desperdícios, o que foi conseguido através da observação da forma de armazenamento de materiais, eficiência dos transportes dentro da obra, e procedimentos normais em obra que muitas vezes não são eficazes.

Assim a construtora Castelo Branco, procedeu à eliminação de alguns fluxos que não agregam valor:

- Instalações eléctricas e hidrossanitárias provisórias (tirar partido da definitiva)
- Porteiro (Utilizar porteiro electrónico)
- Guincho de coluna para Fachada (Utilizar próprio guincho de carga)
- Padieiras que obrigam muitos deslocamentos (padieiras com dimensões optimizadas)
- Combinar juntas de revestimento cerâmico do piso com a de parede
- Vigas em paredes internas (Blocos de gesso não necessitam vigas)
- Soleiras (Só usam nas portas externas)
- Peitoris (Acabamento com o próprio revestimento)
- Chapisco e Emboço internos (revestimento cerâmico aplicado directo nas paredes de gesso)
- Cortes em paredes (Tubos hidrossanitários externos)
- Colector de entulho na fachada (Utilizar poço de exaustão)

Existem, no entanto, fluxos que não geram valor mas são necessários para o bom funcionamento da obra e que não se podem eliminar, tais como receber, transportar e armazenar os materiais ou medições e controle.

É de vital importância conseguir distinguir os vários tipos de fluxos que ocorrem em obra, como já foi referido, existem aqueles que não agregam valor, e que se dividem por dispensáveis e necessários, mas existem também aqueles que efectivamente geram valor. Esses são, por isso, aqueles que nunca poderemos eliminar, sob risco de se perder produtividade e lucro, são exemplo disso actividades directamente ligadas à fase de construção como betonagem, colocação de revestimentos etc..

O conceito de “**fluxo contínuo**” remete para uma execução contínua da tarefa que está a ser executada, produzindo ao longo de uma série de etapas apenas aquilo que é necessário para a etapa seguinte. Para que tal seja possível, segundo a empresa, é necessária uma mudança de mentalidade do pessoal em obra e a criação de células de produção.

No que diz respeito a “**produção puxada**” a construtora segue o pensamento – produzir o necessário somente quando necessário. Exemplos de aplicação deste princípio na empresa são o uso de rádios

transmissores para controlo de produção de argamassa, e o uso de *Kanbans* de sinalização (fig. 21) para controlar o stock.



Figura 21 – *Kanban* de Sinalização  
Fonte: Construtora Castelo Branco e os Cinco Princípios Lean. (2007).

Finalmente, o último princípio da *Lean Construction*, que a construtora aplicou foi a “**perfeição**”, apostando numa política de melhoria contínua – *Kaizen*.

Como tal foram tomadas algumas medidas que permitissem essa continuidade de melhoria na construtora:

- Benchmarking
- Brainstorm
- Caixa de Sugestões
- Quadro Emocional
- Medição Enxuta – *Kanban* de Medição
- Visita a fornecedores
- Reuniões
- Instrução de pessoal
- Vídeos instrutivos
- Leituras obrigatórias
- Investimentos em pequenos equipamentos

Os resultados da aplicação da filosofia *Lean Construction* (designada por Construção Enxuta em brasileiro) foram positivos para a empresa, quer ao nível de resultados quantitativos e qualitativos. No que diz respeito aos resultados qualitativos enumeram-se a seguir os que foram apresentados pela empresa:

- Social – Melhor qualidade de vida no estaleiro de obras
- Técnico – Melhoria nos processos de conversões e busca
- Produtivo – Fluxo contínuo, aumento dos índices de produtividade e qualidade.
- Financeiro – Redução dos custos e foco nos ganhos. – “Custos não foram feitos para serem controlados, mas sim reduzidos”
- Mercado lógico – Própria obra como estratégia de marketing.

Quanto a resultados quantitativos a empresa teve um ganho de 6.2% em termos de redução de custos de matérias e mão-de-obra.

## 5.2 MELHORIAS DE PROCESSOS COM A APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN – PROJECTO INOVACON-CE

O INOVACON-CE (Programa de Inovação da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará) é um projecto de inovação tecnológica para a construção civil, existente desde 1998, onde participam várias empresas do ramo sedeadas no Brasil. Em algumas dessas empresas foram aplicadas novas técnicas de organização da produção que tem por base a aplicação da filosofia *Lean Construction*.

Após a aplicação de diversas ferramentas foi feita a compilação, num artigo que serve de base a este ponto, das melhorias alcançadas para o processo de racionalização da construção de edifícios.

As técnicas baseadas na filosofia da *Lean Construction* que foram implementadas nas obras de edificação do grupo INOVACON-CE foram as seguintes: técnicas de optimização do processo de trabalho, através do estudo de seqüências de trabalho desenvolvidas para vários serviços; melhorias implementadas na gestão organizacional (padronização da execução de serviços; layout do estaleiro, *Kanbans*, programa 5S, paletes); no planeamento e controle da obra (Linha de Balanço, estandardização dos serviços e diagramas de seqüências).

A metodologia de trabalho de implementação da filosofia nas empresas integrantes do projecto, 13 na totalidade, começou pela introdução dos conceitos da Construção Enxuta através de aulas teóricas em que se transmitiam os conceitos e princípios da *Lean Construction* e também foram feitas visitas técnicas às empresas envolvidas de modo a perceber o seu funcionamento antes e depois da introdução dos conceitos.

Todas as figuras e dados utilizados neste ponto são retiradas do artigo *Melhorias de Processos com a aplicação da Filosofia Lean, 2006*.

### 5.2.1 MEDIDAS IMPLEMENTADAS AO NÍVEL DAS ACTIVIDADES

As obras de edificação são caracterizadas pela execução de algumas tarefas que são comuns a todas as obras e por isso permitem a implementação de actividades produtivas, de planeamento e controle específicas para este tipo de construções. De seguida são apresentadas algumas das melhorias conseguidas nas empresas do projecto INOVACON-CE:

- a. Estandardização dos elementos de alvenaria.
- b. A estandardização dos elementos de alvenaria trouxe melhorias e aumento de produtividade para as obras. A utilização de blocos especiais, de diferentes espessuras, de blocos lintel, de blocos maciços, trouxe uma redução na perda de materiais e uma melhoria na padronização dos serviços.



Figura 22 – Elementos de alvenaria estandardizada

c. Racionalização dos fluxos de transportes no estaleiro

Foram delimitados pelas empresas os caminhos por onde devem passar os materiais. Desta forma, pode-se otimizar os fluxos de materiais, reduzindo a distância média de transporte, e facilitando a desobstrução do trajecto a ser percorrido pelos mesmos.



Figura 23 – Caminhos de circulação no estaleiro

d. Projecto do carro prateleira

Um Projecto em desenvolvimento é o do carro prateleira para transporte de argamassa dentro das unidades habitacionais, para substituir os carrinhos de mão, melhorando o fluxo dos materiais no estaleiro. O carro prateleira será composto por várias caixas plásticas para transporte de argamassa, com volume superior ao do carrinho, e com dimensões que permita circular dentro dos apartamentos.



Figura 24 – Carro prateleira

e. Programa visual do estaleiro

As placas indicativas foram criadas com o intuito de indicar a quantidade necessária de material por pavimento tipo, obtendo desta forma uma melhor visualização dos materiais necessários a serem utilizados em determinados serviços. Permite também uma maior difusão das informações por todos os níveis hierárquicos da empresa.



Figura 25 – Placa informativa

**f.** Formulário de acompanhamento detalhado da execução de serviços

Permite um acompanhamento das tarefas em execução, com os diversos recursos que estão a ser utilizados e tempos previstos especificados.

**g.** Formulários de acompanhamento da sequência de execução do serviço e motivo de paragens.

Estes formulários possibilitam a análise do encadeamento das tarefas de modo a controlar os tempos e recursos que são necessários de uma tarefa para a outra, e identificar as razões de paragens entre tarefas ou durante as que estão em execução.

**h.** Uso de *Kanbans* de sinalização

Foram feitos e instalados *kanbans* de sinalização para os principais materiais em grande parte das obras participantes do INOVACON, com o intuito de controlar visualmente a quantidade mínima, determinada para cada um deles, evitando assim, a falta de abastecimento. A determinação dessas quantidades mínimas ficou a cargo da equipa técnica de cada obra, que se baseou para isso, nas necessidades diárias da obra. Por exemplo, para o cimento foi determinada a quantidade mínima de 50 sacos. Desta forma conseguiu-se reduzir o stock de materiais e controlar melhor a faltas destes na obra.



Figura 26 – Kanban de Sinalização

## 5.2.2 MEDIDAS IMPLEMENTADAS AO NÍVEL DO PLANEAMENTO E CONTROLE DAS OBRAS

Das várias medidas implementadas ao nível de gestão e planeamento destacam-se as seguintes:

**a.** Linha de balanço parcial das actividades de produção

Uma linha de balanço pode ser obtida a partir de um software, neste caso a empresa criadora do software, frente à necessidade de seus clientes e por intermédio de solicitações das empresas participantes do INOVACON-CE, lançou um módulo que gera a linha de balanço a partir dos dados de controle da obra. Em Portugal uma linha de balanço é normalmente designada por diagrama de barras ou método de Gent.

- b. Programação diária de serviços “Execução da Estrutura de Betão”;
- c. Construção do diagrama homem-máquina para a betoneira e para a equipa de betonagem de pilares, respectivamente;

Após o estudo do diagrama homem-máquina da betonagem dos pilares, observou-se uma redução de 40% de mão-de-obra utilizada.

Através de medições noutras obras foi determinado o que e quanto tempo cada pessoa precisava para executar a sua actividade. Assim foi possível adaptar os recursos de mão-de-obra da betonagem de pilares, diminuindo o tamanho da equipa e redistribuindo as actividades, foi verificado que o tempo que passavam desocupados diminuiu consideravelmente sem que a equipa tivesse um desgaste excessivo. No período de enchimento de pilares que era de 3 dias foi possível deliberar 3 operários para outras tarefas.

- d. Elaboração do diagrama de sequência utilizado na actividade de revestimento cerâmico;
- e. Implantação de indicadores de paragem de actividades.

### 5.2.3 CONCLUSÕES DA APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION NO INOVACON

Segundo os autores do artigo que serviu de base à apresentação deste caso de estudo, Francelino, T. *et al* (2006), foram várias as melhorias realizadas, as quais trouxeram para as empresas um maior controlo dos fluxos, sejam eles físicos, de informação ou financeiros. É ressaltado o facto de apesar das mudanças mais significativas serem ao nível da execução da obra e no estaleiro, a política de melhoria contínua deve estar sempre presente no pensamento dos gestores.

Ressalvam também que foram diversas as dificuldades encontradas na implantação desta nova filosofia, destacando-se a resistência dos funcionários às mudanças provenientes da aplicação dos conceitos da *Lean Construction*.

### 5.3 APLICABILIDADE NO MEIO PORTUGUÊS

Eram susceptíveis de apresentação mais casos de estudo de empresas ligadas à construção onde existiu uma implementação de conceitos da *Lean Construction*. No entanto, sendo que a maioria desses exemplos eram de construtoras brasileiras, considerou-se que não seria necessário mais exemplos para que fossem alcançadas diferentes conclusões.

De facto, todos os exemplos bibliográficos consultados têm pontos em comum, sugerem que se comece a implementação da *Lean* pela explicação e integração dos conceitos no seio da empresa entre todos os que nela trabalham, que haja uma consciencialização por parte de todos que são necessárias mudanças, e que se proceda a essas mudanças segundo os princípios da *Lean Construction*, ou seja, tentando que estes sejam aplicados. Já no ponto 4.2.3.3 do presente trabalho foram dados exemplos de aplicação desses princípios.

A questão agora será, qual a possibilidade de os aplicar no âmbito da indústria da construção portuguesa.

Parece à autora, após toda a pesquisa efectuada, que os princípios da *Lean Construction* poderão ser aplicados na realidade portuguesa. Talvez existam ferramentas associadas à *Lean Production*, e por isso ainda à indústria da manufactura que serão de mais difícil aplicação uma vez que como já foi demonstrado a Construção difere bastante da Manufactura, sendo o seu carácter inconstante, quer ao nível de diferentes projectos, quer de técnicas e intervenientes constituindo essa variância um dos principais motivos de discrepâncias.

Todos os exemplos associados aos princípios enunciados em 4.2.3.3 assim como nos casos de estudo acima referidos são de possível aplicação no nosso meio. A questão é se a indústria portuguesa está preparada para tal, uma vez que isso requer mudanças não só ao nível da execução como também de estratégias e de planeamento. É sabido que a nossa indústria se apresenta bastante enraizada e hierarquizada, no entanto, com alguma atenção facilmente se identifica princípios *Lean* a serem já aplicados por empresas em algumas obras. Possivelmente não no âmbito de uma mudança profunda para os princípios da filosofia, mas como forma lógica e racional de melhorar a qualidade dos produtos, a produtividade e a competitividade da empresa na difícil situação económica em que se encontra o País.

Neste momento existe em Portugal uma empresa denominada “Lean Consulting” cujo propósito é a consultoria a empresas que pretendem implementar a filosofia na sua organização. Infelizmente um levantamento das empresas em que já actuaram permite verificar que nenhuma construtora faz parte do grupo. No entanto incluem-se no conjunto de empresas que requisitaram os serviços de consultadoria *Lean*, algumas ligadas ao sector, como fabricantes de materiais.

No capítulo que se segue serão então apresentadas as áreas e estratégias *Lean* que se considera serem mais passíveis de sucesso na aplicabilidade à indústria da construção Portuguesa, assim como uma proposta de nova designação para o conceito *Lean Construction* em português.



## 6

## LEAN CONSTRUCTION EM PORTUGAL

## 6.1 PROPOSTA DE NOVA DESIGNAÇÃO

Traduzido directamente para a língua portuguesa, *Lean Construction* seria algo como “**Construção Magra**”, o que não passaria a noção de uma filosofia que optimiza a gestão e os processos operacionais com objectivo de reduzir os desperdícios e aumentar os lucros. “Magra” tem uma conotação de frágil, diminuta e insuficiente, e não é, nem de perto nem de longe a ideia que se pretende passar.

A indústria Brasileira designou-a como “**Construção Enxuta**”, o que já parece transmitir a ideia de construção livre de algo, que seriam as fases que não acrescentam valor ao produto. No entanto, além do termo “enxuta” ser tipicamente brasileiro, não fazendo parte do vocabulário comum dos portugueses, a sua tradução pode também ser para “vazia”, “impassível” e “seca”. E após o trabalho efectuando, sabe-se que *Lean Construction* não é isso.

*Lean construction*, é construir com regra, construir pensando em cada fase desde o início do projecto à utilização do empreendimento, construir tendo o objectivo de aumentar o valor do produto final, construir eliminando desperdícios, construir tendo em vista a satisfação do cliente e construir com finalidade de obter melhorias contínuas.

É impossível resumir os pressupostos da *Lean Construction* num termo, foram considerados vários como Construção Produtiva, Construção Eficiente, Construção Regrada, Construção Pensada e Construção Racional.

Dito no contexto em que se insere, a indústria Portuguesa, com o seu tradicionalismo associado, uma certa inércia a mudanças, e onde o termo Produtividade tem sido frequentemente utilizado no âmbito das reformas na economia, e o termo Eficiência vem sendo usado associado à recente metodologia da Eficiência Energética dos edifícios, são de eliminar estas duas opções de forma a não causar ambiguidades no entendimento.

Assim, **Construção Racional** é segundo a opinião da autora, o termo que melhor define, no contexto português, aquilo que representa a *Lean Construction*.

Racionalidade está associada ao pensamento, logo transmite a ideia de construir de forma pensada, além de quer ser racional não é apenas pensar, mas sim seguir um raciocínio o que transmite a ideia de eficiência.

Racional é sinónimo de Lógico, Pensante, Razoável e Concebível, pelo que além da noção de pensamento transmite uma noção de razoabilidade e sensatez, ou seja dentro de certos limites e sem exageros ou desperdícios.

## 6.2 ÁREAS E ESTRATÉGIAS LEAN COM MAIOR POTÊNCIAL DE SUCESSO

Após análise da Indústria da Construção no capítulo 3 e apresentação das origens, conceitos e princípios da *Lean Construction* no capítulo 4, é agora possível exprimir um parecer quanto às potencialidades da aplicação da filosofia à realidade da construção portuguesa.

Começando pelos 5 princípios genéricos da *Lean Production* – especificar o valor, identificar a cadeia de valor, proporcionar um fluxo de valor sem interrupções, deixar o cliente puxar e perseguir o alcance da perfeição, estes pelo seu carácter geral são adaptáveis a qualquer indústria, incluindo a construção. No entanto, dadas algumas características da construção como a dimensão e variedade dos produtos (empreendimentos), parece que o alcance da perfeição será algo que todas as empresas ambicionam, enquanto que os outros princípios serão mais facilmente imputáveis a empresas que se relacionam com a construção como os fabricantes de materiais do que nas construtoras propriamente dito.

A aplicação dos conceitos da *Lean Production* à construção é precisamente a *Lean Construction*, logo será sobre os princípios e ferramentas desta que irá proceder-se a uma análise como o intuito de perceber quais desses conceitos serão melhor adaptáveis à realidade da construção em Portugal.

Na análise efectuada à indústria portuguesa da construção, foi possível observar que esta se encontra a ultrapassar uma crise económica, de insuficiência da procura e de baixos lucros. Logo será de todo o interesse otimizar processos que levem a um aumento de lucros.

Começando pelas estratégias *Lean* a nível organizacional e de gestão de empresas estas dizem que as empresas se devem preocupar em perceber quais são as necessidades dos clientes, isto é possível através de recolha de informações acerca de projectos anteriores e que tipo de empreendimento vende melhor, parece algo que pode perfeitamente ser adoptado pelas empresas.

Os projectos devem ter intervenientes das diversas especialidades e as decisões devem ser tomadas por todos e não apenas comunicadas, algo que depende da predisposição dos diversos intervenientes e dos líderes que os deverão orientar nesse sentido.

O planeamento deve ser reajustado ao longo do tempo e com a participação tanto dos gestores do empreendimento como dos operários, e as tarefas só devem ser iniciadas quando se sabe que os meios necessários estão reunidos, reajusta-se um planeamento a curto prazo quando já se tem informações relativas aos equipamentos, materiais e trabalhadores disponíveis, algo que seria impossível numa fase inicial. Estes conceitos talvez tenham uma maior dificuldade em serem imputáveis à indústria portuguesa, as hierarquias dentro da empresas são características, funcionando numa perspectiva de apenas ordenar e não integrar. No entanto tudo depende da predisposição dos diversos intervenientes.

Ao nível da gestão de fornecedores, esta tem vastas hipóteses de poder ser aplicada na indústria portuguesa da construção, é uma questão de comunicação entre os fornecedores e as construtoras, adoptando técnicas que permitam a comunicação do que a empresa precisa e quando de modo às entregas serem *just-in-time*. Existem já empresas, como a Sonae Distribuição que adoptam estas técnicas (género *Kanban*), que quando o stock dos produtos nos hipermercados está próximo do fim, é enviado um sinal para que se saiba que é necessário o reabastecimento.

As políticas de melhoria contínua são também uma área com imenso potencial, são já bastantes as empresas que procedem aos registos das actividades e fazem um balanço no fim de cada empreendimento de modo a identificar o que podem mudar para melhor no futuro.

Ainda ao nível dos projectos, a padronização é já algo que se tenta implementar, está ainda em desenvolvimento uma plataforma ProNIC, que tem como finalidade uma diminuição da diversidade

dos elementos que constituem um projecto, se todos seguirem procedimentos semelhantes, se existirem normas a cumprir será mais fácil avaliar os projectos e identificar problemas.

No fundo, ao nível de gestão desde que haja uma predisposição e abertura aos conceitos *Lean* todos eles podem ser aplicados.

No que diz respeito aos princípios *Lean* que se relacionam com a execução das actividades, talvez haja maior dificuldade na implementação destes, embora não seja de todo impossível. Uma das causas para tal é, como já foi referido, o facto da maioria das empresas não tem os trabalhadores nos seus quadros, e por isso não se podem integrar nas políticas da mesma. Os conceitos e ferramentas *Lean* teriam de ser apresentadas aos operários em cada obra e não fazendo parte já da política da empresa. Ultrapassado este facto, qualquer dos exemplos apresentados em 4.2.3.3 Princípios da *Lean Construction*, é passível de se aplicar nas actividades de construção. Por exemplo o conceito de células de produção que se revela interessante pois agrupa trabalhadores de modo a executarem uma tarefa do início ao fim, o que os levaria a sentir responsáveis por ela e orgulhosos do seu trabalho, é algo que pode perfeitamente ser aplicado nas obras, juntando operários com diferentes aptidões numa equipa, em vez de cada um deles executar a sua parte e passar ao seguinte.

Existem até alguns que já vêm sendo aplicados como a “redução dos passos e partes” através da pré-fabricação dos elementos, “aumentar a flexibilidade de saída” pelo uso de divisórias de gesso cartonado, um projecto de estaleiro é normalmente executado como forma de otimizar os deslocamentos, o uso dos espaços e os tempos.

Em suma, as áreas de maior potencial de aplicação da *Lean* na construção portuguesa demonstram ser as associadas à gestão, uma vez que existe ainda um grande fosso entre aqueles que trabalham nos projectos e nas obras em si. No entanto, o objectivo principal que seria a identificação das áreas que não acrescentam valor ao produto final (espera, transporte e inspecção), de forma a reduzir os desperdícios e acrescentar valor ao produto, já vêm sendo optimizadas embora não de forma integrada numa implementação completa dos princípios *Lean*.

Para que o *Lean* funcione nas empresas nacionais é necessária uma mudança de atitude por parte de quem gere, de quem trabalha e também de quem adquire os produtos.

### 6.3 PROPOSTA DE MODELOS OPERACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO

Neste ponto será proposta uma forma, isto é um conjunto de passos que, na perspectiva da autora, ajudam a implementar a filosofia da *Lean Construction* em empresas do sector da construção portuguesas.

É fundamental que as empresas que se interessam pela implementação de metodologias *Lean*, estejam dispostas a mudar e aprender.

Assim, numa primeira fase devem identificar-se as características da empresa tais como:

- Tempo que actua no mercado;
- Especialização em que sector da construção (Vias, Edifícios, etc.);
- Número de trabalhadores efectivos (desses quantos são operários);
- Organograma da empresa;
- Relatórios da actividade nos últimos anos.

Deverá também ser feito um levantamento de dados que permita perceber se a empresa aplica já alguns conceitos *Lean*:

- Metodologias de planeamento normalmente adoptadas;
- Parcerias com fornecedores ou subempreiteiros;
- Visitas a estaleiros de obra;
- Existência de planos de melhoria.

Seguida a fase de recolha de informações acerca da empresa deve-se proceder ao desenvolvimento de acções de formação onde devem participar os diversos trabalhadores da empresa. Deve proceder-se à realização de diversas acções, quer onde estejam todos presentes para introdução de conceitos úteis em gestão e obra, quer onde estejam presentes gestores e engenheiros para explicação dos conceitos associados à gestão e produção, quer onde estejam presentes os operários para fornecer informações acerca de metodologias de acção particulares das actividades da construção em si.

Após a introdução dos conceitos deverá começar-se a aplicar os princípios e ferramentas da *Lean Construction* que após a análise das necessidades da empresa se revelarem mais apropriados.

Esta introdução de conceitos deve ser feita nos diferentes espaços da empresa como na liderança definindo estratégias, na gestão por meio de métodos e práticas, e nas operações através das pessoas e dos processos.

A implementação pode ser feitas em diferentes áreas por meio de diversas ferramentas:

- Melhoria da produtividade com: optimização do fluxo de informação, optimização do fluxo de matérias, redução dos tempos de resposta, sincronização da cadeia de valor, eficiência da mão-de-obra, identificação das necessidades dos clientes.
- Desenvolvimento dos trabalhadores: programas de formação e treino, definição das funções, desenvolvimento de autonomia, integração e comunicação
- Eficiência dos equipamentos: manutenção preventiva e autónoma, eliminação de perdas.
- Gestão das operações: uso de indicadores de desempenho, controle do tempo de ciclo, identificação da cadeia de valor, desenvolvimento de novos processos, parcerias com fornecedores.
- Melhoria da qualidade: redução da variabilidade, redução dos desperdícios, optimização dos processos pela redução das actividades que não acrescentam valor, políticas de melhoria continua.

A ideia deste ponto é a sugestão de um modelo de implementação da *Lean Construction* pelo que os conceitos a implementar acima referidos são apresentados de forma resumida não sendo levada à exaustão a apresentação das possíveis ferramentas e princípios a aplicar uma vez que isso foi já feito em capítulos anteriores. A implementação dos conceitos deve ser frequentemente alvo de análise e correcções se for evidência que são necessárias, e a empresa deve ter em mente uma constante busca de melhoria de processos face ao desenvolvimento natural da indústria.

O fluxograma seguinte resume então a proposta de modelo operacional:

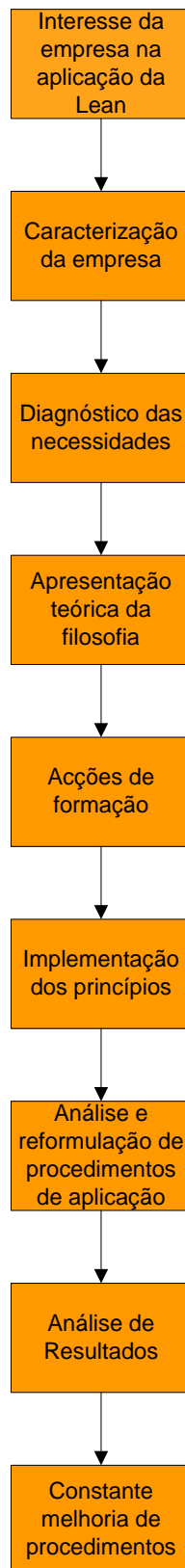


Figura 27 – Fluxograma de proposta de modelo operacional para implementação da Lean Construction



# 7

## CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objectivo expor a filosofia e metodologias que se enquadravam no conceito da *Lean Construction*. Após a pesquisa e dissertação efectuadas, é possível concluir que este pensamento *Lean* é do maior interesse para qualquer indústria que pretenda produzir com eficiência, como forma de alcançar a excelência.

As empresas de Construção Civil serão um dos alvos preferenciais desta recente abordagem. Com as metodologias associadas à *Lean Construction* será possível que as empresas incrementem a eficiência dos seus processos produtivos por meio da redução de tempos, custos, recursos e o consequente aumento dos lucros e produtividade. Uma empresa que lucra será certamente uma empresa robusta e que transmite segurança aos potenciais clientes, sendo por isso também para estes benéfica a introdução dos conceitos *Lean*.

Pode concluir-se que todas as empresas podem aplicar a *Lean Construction*, pois o principal alicerce para essa implementação será a predisposição para tal. Tendo em conta as características subjacentes à indústria da construção portuguesa essa introdução dos princípios e ferramentas *Lean* deve ser feita de forma gradual e com a contribuição de todos os intervenientes nas empresas, desde os gestores até aos operários. De facto, ao longo do trabalho foi percebido que os trabalhadores devem ter um papel fundamental nesta implementação, podendo até alterar-se a tradicional hierarquia e forma de gerir. Ou seja, ao invés de apenas transmitir ordens e esperar que os resultados dessas sejam positivos, os gestores devem disponibilizar os recursos necessários ao alcance dos objectivos previstos e pedir que sejam os trabalhadores a analisar se esses foram ou não conseguidos e as causas de eventuais insucessos.

Um dos principais conceitos, e com grandes perspectivas de sucesso, da aplicação da *Lean Construction* será o uso de células de produção. Formando-se equipas de trabalho multidisciplinares, isto é, em que os profissionais envolvidos são multifacetados e não apenas especializados numa tarefa, é possível que essa mesma equipa acompanhe a obra de forma mais global e não apenas na execução de uma parte, manifestando-se nas decisões e vendo o seu trabalho como um todo e não apenas uma etapa, com dificuldade em entender a sua importância no produto final.

Resumidamente, poderá concluir-se que a *Lean Construction* é uma filosofia de produção recente na área da construção, ainda pouco divulgada entre a indústria portuguesa, mas já com vincada fundamentação e provas dadas de que através da sua divulgação e implementação será possível alcançar uma melhoria significativa nos processos de gestão e produção das empresas, possibilitando o ciclo de melhoria contínua e o objectivo de excelência que todas as empresas devem ambicionar.





**BIBLIOGRAFIA**

- AEP – Associação Empresarial de Portugal. (2004). *Produtividade e Inovação*. [www.aeportugal.pt](http://www.aeportugal.pt). Acedido em 15/01/2008.
- AEP – Associação Empresarial de Portugal.(2007). *Sector da Construção – Relatório de Conjuntura*. [www.aeportugal.pt](http://www.aeportugal.pt). Acedido em 15/01/2008.
- Alarcon, L.F., Seguel, L. (2002). *Developing incentive strategies for implementation of Lean Construction*. Proceedings of IGLC-10, Gramado.
- Alvarez, R., Antunes Jr., J. (2001). *TAKT-TIME: Conceitos e Contextualização dentro do sistema Toyota de Produção*. Gestão e Produção, Abril 2001.
- Arbulu, R., Ballard, G., Harper, N. (2003). *Kanban in Construction*. Proceedings of IGLC-11, Blacksburg, Virginia.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2003). *Lean Project Delivery System™*. Lean Construction Institute: Research Agenda, Ketchum, ID, July 23, <http://www.Leanconstruction.org/lpds.htm>. Acedido em 22/03/2008.
- Ballard, G. e Howell, G. (1996). *Can Project Control do it Job?*. [http://www.iglc.net/conferences/1996/papers/Howell\\_Ballard.pdf](http://www.iglc.net/conferences/1996/papers/Howell_Ballard.pdf)
- 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, Aug 13-15, Guarujá, Brasil.
- 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, Aug 13-15, Guarujá, Brasil.
- 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, p. 229-250, Vol.19, n° 2.
- 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, IGLC-12, Copenhaga, Dinamarca.
- Boyer, R., Freyssenet, M. (2002). *The Productive Models: the conditions of profitability*. Palgrave Macmillan, New York.
- Conte, A. S. Itri. (2002). *Lean Construction: from theory to practice*. Proceedings of IGLC-10. 10th Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brasil.
- Cooper, R., Sladmulder. (1999). *R. Supply Chain Development for the lean enterprise*. Inter-organizational cost management, Portland: Productivity.
- Couto, J.P., Teixeira, J. *A Baixa Competitividade da Indústria da Construção Portuguesa Motivada pelos recorrentes Incumprimentos*. NUTAU, 2006.
- Daeyoung, Kim (2002). *Exploratory study of Lean Construction: Assessment of Lean implementation*, Ph.D, The University of Texas, Austin, EUA.

- Egan, J., Sir. (1998). *Rethinking construction: the report of the Construction Task Force*. Department of Environment, Transport and Regions, Londres, Reino Unido.
- Emmitt, S., Sander, D., e Christoffersen, A. (2005). *The Value Universe: Defining A Value Based Approach To Lean Construction*. *Proceedings IGLC-13*, Sydney, Austrália.
- Fontanini, P., Pichhi, F.A. (2003). *Mentalidade Enxuta na Cadeia de Fornecedores da Construção Civil - Aplicação de Macro-mapeamento*. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 16-19 de Setembro de 2003, UFSCar, São Carlos, Brasil.
- Formoso, C. T. *Lean Construction, Principios Básicos e exemplos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Núcleo orientado para a renovação da edificação.
- Francelino, T., Neto, J., Heineck, L., Teixeira, M., Kemmer, S. (2006). *Melhorias de Processos com a aplicação da Filosofia Lean*. XXVI ENEGEP, 9-11 de Outubro de 2006, Fortaleza, CE, Brasil.
- Fujimoto, T. (1999). *The evolution a manufacturing system at Toyota*. Oxford University Press, New York.
- Garnett, N., Jones, D. e Murray, S. (1998). *A strategic application of Lean Thinking*. *Proceedings of IGLC-6*, Brasil.
- Henderson, B.A., Larco, J. (1999). *Lean Transformation: How to change your business into a lean enterprise*. Richmond : The Oaklea Press.
- Hill, T. J. (1994). Cap. 2: Developing a Manufacturing Strategy – Principles and Concepts. In: *Manufacturing Strategy: Text and Cases*. 2 ° ed., Burr Ridge – IL: Richard D. Irwin.
- Howell G.A. (1999). *What is Lean Construction-1999*. Proc. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, University of California, Berkeley, EUA.
- 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.
- IAPMEI. *Benchmarking e Boas Práticas*.  
[http://www.iapmei.pt/resources/download/estudo\\_sectorial\\_pdf](http://www.iapmei.pt/resources/download/estudo_sectorial_pdf). Acedido em 08/04/2008.
- INE – Instituto Nacional de Estatística. (2007). *Estatísticas da Construção e Habitação 2006*. [www.ine.pt](http://www.ine.pt). Acedido em 19/01/2008.
- Inteli. (2005). *Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal*. Abril, 2005. [www.inteli.pt](http://www.inteli.pt). Acedido em 17/01/2008.
- Isatto, L. (2000). *Lean Construction: directrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5, Porto Alegre.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Technical Report No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, VTT Building Technology (<http://www.inf.vtt.fi/pdf/publications/2000/P408.pdf>)
- Koskela, L. (2004). *Making - Do –The Eighth Category of Waste*. Proceedings of the 12th annual conference of ICGL, Dinamarca.
- Koskela, L. e Howell, G. (2001). *Reforming project management: the role of planning, execution and controlling*. Proceedings of the 9th Annual Conference of the IGLC, Singapore. National University of Singapore.

- Kurek, J. (2005). *Introdução dos princípios da filosofia de Construção Enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo-RS*. Dissertação de Mestrado, faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo.
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way fieldbook – 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Macgraw-Hill Companies.
- Lorenzon, I., Martins, R. (2006). *Discussão sobre a medição de desempenho na Lean Construction*. XIII SIMPEP, 06-08 de Novembro de 2006, Bauru, SP, Brasil.
- 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.
- Messeguer, A. G., (1991). *Controle e garantia da qualidade na construção*. SinduCon-SP/Projeto, 1991, São Paulo, Brasil.
- Mohan, S., & Iyer, R., (2005). *Effectiveness of Lean Principles in Construction*. Proceedings. of the 13th annual conference of the IGLC, July 2005, Sydney, Austrália.
- Nascimento, K., Quinderé, A. (2007). *A Construtora Castelo Branco e os Cinco Princípios LEAN*. II Forum Lean Nordeste, Maio 2007.
- Neto, José de Paula. (2002). *The Relationship between Strategy and Lean Construction*. Proceedings IGLC-10, Agosto 2002, Gramado, Brasil.
- Ohno, Taiichi. (1988). *Toyota production system*. Productivity Press, Cambridge, Reino Unido.
- Ohno, Taiichi. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre.
- Picchi, F.A. (2003). *Oportunidades de Aplicação do Lean Thinking na Construção*. Ambiente Construído, Março 2003, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre.
- Rother, M., Harris, R. (2002). *Criando fluxo contínuo*. São Paulo, Brasil.
- Salem, O., Solomon, J. et al. (2005). *Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques*. Lean Construction Journal, 2 Outubro 2005. [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org). Acedido em 5/03/2008
- Skinner, W. (1969) *Manufacturing – missing link in corporate strategy*. Harvard Business Review, Número 69312, Maio/Junho, 1969.
- Slack, N. (2002). *Vantagem Competitiva em Manufatura*. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- Smalley, Art.(2006). *TPM no Coração do Lean*. Lean Institute Brasil.
- Spear, S., Bowen, H.K. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review.
- Spendolini, Michael J. (1992). *Benchmarking*. MaKron Books.
- Spósio, T. (2003). *Sistema Toyota de Produção e Kanban: uma abordagem prática aos resultados esperados e às dificuldades inerentes à sua implantação*. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Ouro Preto.
- Stoll, H. W. (1988) *Design for manufacture*. Manufacturing Engineering, v.100, n.1, p.67-73.

Tzortzopoulos, P., Formoso, C.(1999). *Considerations on application of Lean Construction Principles to Design Management*. Proceedings IGLC-7, 26-28 July 1999, University of California, Berkeley, CA, USA.

Vrijhoef, R. e Koskela, L. (2005a). *Revisiting the Three Peculiarities of Production in Construction*. Proceeding of IGLC' 13 Conference, Sydney, Austrália.

Womack, J.P. e Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, New York , EUA.

Womack, J.P., Jones, D.T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas*. Rio de Janeiro, Campus.

Womack, JP, Jones, D.T. e Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Rawson Associates, New York, EUA.

<http://www.icbench.net> . Acedido em 14/11/2007.

<http://laurikoskela.com/papers.asp> Acedido em 25/10/2007.

<http://www.leanconstruction.org/> Acedido em 25/10/2007.

<http://www.iglc.net/conferences> Acedido em 25/10/2007.

<http://www.lean.org.br> Acedido em 16/10/2007.

<http://www.lean.org> Acedido em 16/10/2007.

<http://www.tbmcg.com> Acedido em 8/4/2008.

<http://www.ine.pt> Acedido em 19/01/2008.