



***Lean Construction na  
Norlabor – Engenharia e Construção, SA***

*Ricardo Rafael Dinis de Sousa Ferreira*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. José Luís Borges

Orientador na Norlabor, SA: Eng.º Pedro Barros



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2010-01-29

*Ao meu Pai,*

## Resumo

Hoje em dia, num ambiente cada vez mais competitivo, o conceito *Lean Construction* é apresentado como uma nova oportunidade para melhorar a eficiência do processo de construção e eliminar os desperdícios.

Esta dissertação é sobre uma implementação piloto de um modelo de planeamento e controlo da produção numa obra de construção.

O novo modelo implementado, é sustentado em grande parte, pela metodologia *Last Planner System* (metodologia prática do *Lean Construction*). Este propõe uma perspectiva de planeamento formal desenvolvido em três níveis diferentes, o longo, o médio e o curto prazo de planeamento. A grande diferença deste novo modelo é que pressupõe um planeamento colaborativo de forma a comprometer e responsabilizar todos os últimos planeadores (última pessoa responsável pela realização de uma determinada actividade) no processo de execução das actividades planeadas. O objectivo é assegurar que, através de todo o processo de planeamento, a totalidade dos pré-requisitos de cada actividade seja analisada e satisfeita antes do início programado para a execução do trabalho. Desta forma, a produção, que é vista como um fluxo, torna-se muito mais estável e previsível.

O ciclo de planeamento semanal termina com a medição do indicador PPC (percentagem de planeamento concluído). A melhoria contínua é uma característica deste modelo. Semana após semana, o processo deve ser melhorado e medido pelo indicador PPC.

Na análise dos resultados da implementação do modelo foi constatado um aumento progressivo do indicador PPC. Os resultados obtidos mostram que houve um claro aumento na fiabilidade do processo de planeamento da produção e, conseqüentemente, a criação de um fluxo de produção menos variável e mais produtivo.

Para além dos resultados atingidos e medidos, existe uma grande vantagem na aplicação desta metodologia. Esta consiste na criação e desenvolvimento de uma nova cultura organizacional, uma cultura focada na melhoria contínua do processo, na aprendizagem e no planeamento colaborativo.

Esta dissertação, também faz referência a propostas de melhoria para futuras implementações do modelo.

## Lean Construction in Norlabor – Engenharia e Construção, SA

### Abstract

Nowadays, in a increasingly competitive environment, *Lean Constuction* concept is presented as a new oportunity to improve the efficiency of construction process and eliminating waste.

This dissertation is about a pilot implementation of a new model of production planning and control in a constrution site.

The new model implemented, is broadly in a accordance, with the Last Planner System methodology (practical methodology of Lean Construction). That proposes a proper planning perspective developed in three different levels, the long, medium and short term planning. The great difference of this methodology, from the traditional way, is that presupposes a collaborative planning in order to commit and empower all last planners (last person responsible for complete a particular activity) to produce all the planned activities. The goal is to ensure that, throughout the planning process, all the prerequisites of each activity are reviewed and satisfied before the scheduled start for the work. Thus, the production, which is seen as a flow, it becomes much more stable and predictable.

The weekly cycle of planning ends with the measurement of the PPC (Percent Planned Completed) indicator. Continuous improvement, is a feature of this methodology, week after week, the process must be improved and measured by the PPC indicator.

The results analysis of the model implementation, demonstrated a progressive increase in performance indicator PPC. These results mean that there was a clear reliability improvement of the production planning process and, therefore, a production flow less variable and more productive.

In addition to the results achieved and measured, there is a great advantage in applying this methodology. This consists in the creation and development of a new organizational culture, a culture focused on continuous process improvement, learning and collaborative planning.

This dissertation also provides recommendations for future model implementations.

## **Agradecimentos**

Ficam aqui registados os agradecimentos a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para o sucesso deste projecto.

Um agradecimento especial ao Professor José Luís Borges, e ao Eng.º Pedro Barros pela disponibilidade e orientação no projecto.

Gostaria também de agradecer, a todos os colaboradores envolvidos na implementação deste projecto, em especial, ao Eng.º Adão Nunes, Eng.º João Babo e ao Sr. Augusto da Norlabor.

Finalmente, um agradecimento a mim.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	O Sector da Construção em Portugal .....	1
1.2	Objectivos .....	2
1.3	Organização da Dissertação .....	3
2	Revisão Bibliográfica .....	4
2.1	Introdução .....	4
2.2	Lean Thinking.....	4
2.2.1	Princípios Lean .....	5
2.2.2	Desperdícios.....	6
2.3	Lean aplicado à construção: <i>Lean Construction</i> .....	7
2.3.1	Particularidades da Construção.....	8
2.3.2	Produção Lean na Construção .....	9
2.4	Planeamento e Controlo de Produção Tradicional da Construção.....	12
2.5	Last Planner System .....	12
3	Estudo do Caso <i>Lean Construction</i> .....	19
3.1	Descrição da Obra Piloto .....	20
3.2	Análise da metodologia de Planeamento e Controlo de Produção usada pela construtora .....	21
3.3	Novo Modelo de Planeamento e Controlo de Produção na Construção .....	24
3.3.1	Planeamento da Produção .....	24
3.3.2	Plano Geral de Trabalhos .....	24
3.3.3	Plano de Execução a 4 semanas .....	26
3.3.4	Plano de Produção Semanal .....	27
3.3.5	Reuniões de Planeamento “Planeamento Colaborativo” .....	28
3.3.6	Ciclo do Planeamento.....	30
3.3.7	Análise de Pré-requisitos .....	31
3.3.8	Controlo Visual .....	32
3.3.9	Controlo .....	34
3.3.10	Aprendizagem.....	34
3.3.11	Melhoria Contínua .....	35
4	Análise da Implementação .....	36
4.1	Coordenação do Planeamento.....	36
4.2	Análise do PPC (Percentagem de Planeado Concluído) .....	36
4.3	Causas de não conclusão das actividades .....	37
4.4	Análise dos Pré-requisitos das actividades .....	39
4.5	Outros Indicadores.....	40
4.6	Barreiras à Implementação .....	43
5	Conclusões.....	44
6	Referências .....	47
7	ANEXO A: Plano de Produção Semanal .....	50
8	ANEXO B: Plano de Execução a 4 Semanas.....	51

## Índice de Figuras

Figura 1 – Conceito de Produção segundo o processo de Transformação (Koskela, 2000) ....	10
Figura 2 – Conceito de Produção como um Fluxo (Santos, 1999).....	11
Figura 3 – Interacção dos três conceitos TFV (Transformation, Flow, Value) (Santos, 1999)	11
Figura 4 – Níveis de Planeamento baseado no Last Planner System (Ballard e Howell, 1998) .....	13
Figura 5 – Processo de Controlo e Aprendizagem baseado no Last Planner System .....	15
Figura 6 – Processo de Antevisão adaptado (Ballard, 2000).....	16
Figura 7 – Pré-requisitos essenciais que condicionam a execução de uma actividade .....	17
Figura 8 – Esquema simplificado do Last Planner System (Ballard, 2000).....	18
Figura 9 – Estratégia de desenvolvimento e implementação do novo modelo .....	19
Figura 10 – Projecção da obra “Creche – Instituto S. José” .....	20
Figura 11 – Organograma base da Obra piloto .....	21
Figura 12 – Esquema adaptado da metodologia de planeamento e controlo de produção usado pela empresa .....	21
Figura 13 – Resumo dos três níveis de planeamento e objectivos da metodologia .....	25
Figura 14 – Gráfico de Gantt do Plano Geral de Trabalhos .....	25
Figura 15 – Exemplo de um Plano de Execução a 4 Semanas .....	27
Figura 16 – Exemplo de um Plano de Produção Semanal.....	28
Figura 17- Esquemas dos canais de comunicação existente no planeamento colaborativo ....	29
Figura 18 – Enquadramento das reuniões no processo de planeamento e controlo .....	29
Figura 19 – Datas pré estabelecidas para as reuniões do novo modelo.....	31
Figura 20 – Calendário de Actividades .....	33
Figura 21 – Simbologia das cores do Plano de Produção Semanal.....	33
Figura 22 – PPC e Análise das causas de não conclusão de actividades .....	35
Figura 23 – PPC e n° de actividades ao longo da implementação do modelo.....	37
Figura 24 – Comparação das causas de não conclusão das actividades .....	38

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Comparação adaptada de Picchi (2003) entre os cinco princípios de Womack e Jones (1996) e os princípios de Koskela (1992).....	8
Tabela 2 – Adaptação da Teoria da Produção TFV ( <i>Transformation, Flow, Value</i> ) de Koskela .....	10
Tabela 3 – Indicadores Financeiros do Projecto.....	42

## 1 Introdução

No âmbito da dissertação a realizar no último semestre do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, o presente trabalho consiste no resumo do projecto efectuado numa colaboração entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a empresa Norlabor - Engenharia e Construção, SA, iniciada em 1 de Setembro de 2009 e com a duração de cinco meses. O estudo foca-se na implementação de um modelo de planeamento e controlo de produção numa obra de construção, baseado na filosofia *Lean Construction*, e adaptado do “*Last Planner System*”.

### 1.1 O Sector da Construção em Portugal

Para contextualizar a necessidade e propósito deste estudo, apresenta-se uma breve descrição do sector da construção em Portugal e da empresa Norlabor.

O sector da construção é um dos sectores principais da economia de qualquer país. O seu contributo para o PIB e para o emprego fazem dele um sector estratégico e um motor da economia. Contudo, nos últimos anos em Portugal, este sector tem sido bastante atingido pela crise económico-financeira Mundial. Apesar de, em toda a União Europeia o financiamento público estar a ajudar a prevenir uma maior retracção económica do sector, a significativa queda da procura imobiliária, a diminuição de liquidez na cadeia de valor, os cortes governamentais que se prevêm para 2013 e os índices de endividamento geral, fazem antecipar um futuro de grande competitividade no sector, o que para muitas empresas pode significar uma autêntica luta pela sobrevivência.

Além disso, o cliente final é cada vez mais exigente em termos de prazos e custos de produção, e os projectos de construção são cada vez mais complexos e tecnicamente sofisticados. Esta realidade afecta toda a cadeia de valor do sector da construção, desde o dimensionamento à execução do projecto.

Especialmente durante a fase de execução dos projectos, a chamada construção, os projectos são afectados pela incerteza, falta de informação, falta de relacionamento e coordenação entre as organizações dentro da cadeia de valor, mudanças de objectivos e uma fraca qualidade do processo produtivo.

De facto, este efeito combinado, gerador de grande variabilidade no processo produtivo da construção, faz com que as construtoras procurem encontrar novas soluções para aumentar os níveis de performance na execução dos projectos e assim assegurar a competitividade.

Várias construtoras e alguns investigadores, têm reportado resultados satisfatórios relativamente à implementação dos princípios do *Lean Construction* em obras de construção, considerado como um novo paradigma da construção, que visa reduzir a variabilidade dos processos, baixar os custos de produção e reduzir os desperdícios. *Lean Construction* pode ser entendido como uma aplicação do *Lean Production* à indústria da construção, no entanto, este ainda é visto como o ponto de partida para uma nova base conceptual de gestão de projectos de construção.

Uma das metodologias mais conhecidas do *Lean Construction* é o *Last Planner System*. Este modelo prático foi desenvolvido a partir dos anos 90 por Glenn Ballard e Greg Howell e, desde então, ficou conhecida como a mais popular metodologia de planeamento e controlo de produção na construção com base nos princípios *Lean*.

A Norlabor Engenharia e Construção, SA, é uma empresa Portuguesa, de construção civil e obras públicas com filial no concelho de Lousada. Os principais focos da empresa são a concepção e construção de infra-estruturas de saneamento e água, contudo, esta construtora diversifica as suas áreas de negócio na construção, como por exemplo, na construção urbanística, unidades industriais ou centros escolares.

Pelas mesmas razões de todo o sector da construção, a Norlabor está a enfrentar sérios problemas e a comprometer a sua posição na cadeia de valor. Neste contexto, surge, no âmbito da melhoria do processo produtivo e aumento de competitividade, a oportunidade da realização do presente estudo prático relativo a abordagem e adopção de metodologias *Lean Construction*.

Esta dissertação reporta um caso bem sucedido da implementação de um novo modelo de planeamento e controlo de produção numa obra piloto de construção civil da Norlabor. O modelo implementado foi desenvolvido com base no “*Last Planner System*”. Os resultados obtidos neste estudo demonstram um claro aumento da fiabilidade do processo de planeamento e, conseqüentemente, um aumento da produtividade da construção.

## 1.2 Objectivos

O objectivo geral deste projecto de estudo consiste na adaptação e implementação de um novo modelo de planeamento e controlo da produção na construção, suportado pelos princípios da filosofia *Lean Construction*.

Este objectivo divide-se em três objectivos específicos:

- 1) Analisar o estado actual do processo produtivo da Norlabor, mais especificamente, da obra piloto em estudo. Com a intenção de melhorar a prática corrente é fundamental conhecer as técnicas e metodologias em utilização.
- 2) Desenvolver e implementar uma metodologia de planeamento e controlo de produção numa obra piloto.

- 3) Criar condições para o aumento da fiabilidade do processo de planeamento e controlo, de forma a tornar o fluxo de produção mais previsível e produtivo.

### **1.3 Organização da Dissertação**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos principais. O presente capítulo funciona como introdução e contextualização desta dissertação e descreve os seus principais objectivos.

No capítulo dois, são apresentadas todas as fundamentações teóricas, desde os princípios *Lean* à aplicabilidade do *Lean Construction*. A metodologia *Last Planner System* também é apresentada e detalhada neste capítulo.

No terceiro e quarto capítulos são apresentados o estudo prático desenvolvido e a análise de implementação, respectivamente.

Por último, no capítulo cinco, são descritas as conclusões gerais do trabalho, assim como as suas limitações.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Introdução

O propósito desta revisão bibliográfica é o estudo teórico sobre as fundamentações do *Lean Thinking*, assim com a sua aplicação à indústria da Construção.

Primeiramente, a revisão foca-se na definição de *Lean*, na sua origem, nos seus princípios e na sua aplicação na construção.

Por último, é apresentado um resumo do modelo teórico de gestão da produção TFV (*Transformation, Flow, Value*) de Koskela (2000) e o modelo de planeamento e controlo da produção *Last Planner System*.

### 2.2 Lean Thinking

O *Lean Thinking* (o *Pensamento Magro – traduzido literalmente para Português*) é uma interpretação ocidental de uma filosofia de produção que começou a ser desenvolvida no Japão após a Segunda Guerra Mundial, num contexto naturalmente complicado.

Incapacitadas de adoptar modelos de produção em massa dada, a situação da economia do pós-guerra, a falta de recursos e baixos índices de produtividade, as indústrias Japonesas viram-se obrigadas a reinventar o processo produtivo.

O caso que mais influenciou esta filosofia teve origem no *Sistema de Produção Toyota* (TPS) na *Toyota Motor Company* pelas mãos dos engenheiros Taiichi Ohno e Eiji Toyoda. Ohno baseou-se no sistema de fluxo contínuo de produção “Produção em Massa”, de Henry Ford. Ao contrário de Ford, que tinha uma quase ilimitada procura para um mesmo produto, Ohno queria produzir pequenas quantidades de diferentes tipos de carros, de uma forma flexível e ao menor custo. Ohno começou por reduzir os setups das máquinas e, logo depois, influenciado pelo TQM (*Total Quality Management*), desenvolveu um conjunto de objectivos para desenhar um novo sistema de produção, a que hoje chamamos de *Sistema de Produção Toyota*: Produzir carros que satisfizessem os requisitos dos clientes, com fornecimentos instantâneos (Just-in-Time), mantendo zero inventários. (Howell, 1999)

Em 1990, depois de 5 anos e 5 milhões de dólares gastos num estudo sobre a indústria automóvel, os princípios e as metodologias do *Sistema de Produção Toyota* foram popularizados no livro “*A Máquina que Mudou o Mundo: A História da Produção Lean*” (Womack et al. 1990). Um novo sistema de produção apresentado e titularizado de *Lean Production* rapidamente ganhou importância e seguidores por todo o mundo.

Este novo sistema de produção é *Lean* (magro – traduzido literalmente para português) pois em comparação com o sistema de produção em massa, requer:

“...metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de 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 do inventário actual de produção, além de resultar em menos defeitos de produção e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.” (Womack et al. 1990)

Hoje em dia, temos o privilégio de através de livros, artigos ou internet, acedermos a um vasto conjunto informativo sobre o sucesso do pensamento *Lean* e da sua aplicabilidade em diversos tipos de indústrias ou serviços, contudo, a realidade para a maioria das empresas é um pouco diferente. Mas antes de nos perguntarmos sobre o que continua a faltar para que as empresas não consigam absorver e aplicar esta nova filosofia, temos que clarificar os seus princípios base.

### **2.2.1 Princípios Lean**

Em 1996, James Womack e Daniel Jones (1996) generalizaram a filosofia “*Lean Thinking*”, num conceito de gestão empresarial e detalharam os seus princípios base de aplicação:

a) **Especificar o Valor**

O valor do produto deve ser especificado pelo cliente final e não pela empresa. O produto com valor deve satisfazer todas as necessidades do cliente.

b) **Identificar a cadeia de valor**

Identificar e eliminar desperdícios (descritos em pormenor no ponto 2.2.2) ao longo de toda a cadeia de valor, desde a matéria-prima ao cliente final. É um importante exercício para reflectir sobre os processos correntes e sobre formas de os simplificar.

c) **Fluxo contínuo**

Uma vez definido correctamente o valor, mapeada a cadeia de valor e eliminados os desperdícios da cadeia, é necessário criar um fluxo estável e contínuo de produção.

d) **Sistema de produção puxada (*pull*)**

Produzir o necessário e somente quando procurado pelo cliente ou pelo processo subsequente. Ao contrário da produção “empurrada” para o cliente, que normalmente resulta em elevados inventários, na produção “puxada” o cliente puxa a produção, eliminando-se os inventários e aumentando a eficiência do processo produtivo.

e) **Procura da perfeição**

Considerando os primeiros quatro princípios como um ciclo é necessário melhorar continuamente, fazendo o valor fluir cada vez mais rápido à medida que se eliminam os desperdícios. O objectivo é a perfeição.

## 2.2.2 Desperdícios

O objectivo primário do pensamento *Lean* nas organizações é atacar o *Muda* (expressão Japonesa para desperdício, perda ou qualquer actividade que não acrescenta valor ao cliente), ou seja, maximizar o valor para o cliente através da sistemática eliminação dos desperdícios (Ohno, 1988).

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se usa na execução de um produto ou serviço, além do estritamente necessário (matéria-prima, material, tempo, energia, por exemplo). É um custo escondido do produto ou serviço, sem adicionar qualquer valor ao cliente.

Taiichi Ohno (1988), mentor do famoso *Sistema de Produção Toyota*, classificou os desperdícios nas seguintes sete categorias:

1. **Sobreprodução** – Produzir mais do que a procura, ou fora do prazo de entrega. A produção deve basear-se na filosofia *Just-In-Time* (JIT), que significa produzir a quantidade certa, na hora certa.
2. **Defeitos** – Produtos defeituosos e todas as consequências inerentes a um defeito. Normalmente os defeitos geram custos de reparação ou mesmo perda total do esforço despendido e do material utilizado.
3. **Transporte** – Apesar de actividades de transporte e movimentações de bens dentro do processo produtivo serem necessárias, estas devem ser minimizadas pois não acrescentam valor.
4. **Processamento extra** – Qualquer processo que não gere valor ao produto, como por exemplo, os processos que resultem de inadequada utilização dos recursos ou reparações do produto.
5. **Espera** – Nesta categoria incluem-se as esperas de material, de equipamento, de mão-de-obra, de informação ou mesmo de actividades dependentes para se processar alguma actividade. Estas esperas podem provocar inactividades nos processos e, consequentes, variações de fluxo.
6. **Excesso de inventário** – Toda a matéria-prima, produtos em curso ou acabados desnecessários para satisfazer as encomendas dos clientes. Exceptuando alguns casos inventário é sinonimo de desperdício.
7. **Movimentação** – Excesso de movimentação de trabalhadores, equipamentos ou mesmo informação que não geram valor ao produto final.

### 2.3 Lean aplicado à construção: *Lean Construction*

Com o declínio das margens de lucro e o aumento da competitividade do sector da construção, as construtoras procuram novas formas de eliminar os desperdícios e aumentar os lucros (Mastroianni e Abdelhamid 2003). As mudanças neste sector justificam a atenção cada vez maior ao processo de construção dos projectos e, conseqüentemente, a necessidade de entender e valorizar o papel estratégico que a produção tem na competitividade da empresa e na cadeia de valor da construção.

A *Lean Construction* pode ser considerada uma reinterpretação dos princípios *Lean Production* no processo construtivo (Howell, 1999).

Apesar de na indústria da manufatura os conceitos *Lean* terem provado ser preciosos no desenvolvimento de eficientes sistemas produtivos, a aplicabilidade dos mesmos na indústria da construção tem originado diversas interpretações.

O problema levantado tem a ver com as grandes diferenças e particularidades do sector da construção. Desenhar e construir um projecto num ambiente altamente variável, desorganizado, sobre pressão de prazos e muitas vezes com falta de capacidades qualificadas, é um pouco diferente da indústria de produção habitual, onde tipicamente se enquadra o conceito *Lean*.

Em princípio, a ideia de concluir um produto que compra os requisitos especificados pelo cliente é o objectivo principal de qualquer modelo de gestão. Mas gerir a construção de um projecto segundo a filosofia *Lean* implica grandes mudanças no tradicional modelo de construção.

O tema “*Lean Construction*” foi descrito pela primeira vez em 1992, por Lauri Koskela do Technical Research Center da Finlândia. Neste trabalho, intitulado “Aplicação de uma Nova Filosofia de Produção na Indústria de Construção”, Koskela apresentou onze princípios que têm servido como base de orientação para posteriores trabalhos sobre esta nova filosofia.

Os onze princípios são:

- 1) Reduzir a quantidade de actividades que não agregam valor – isso significa reduzir as actividades que consomem tempo, recurso ou espaço, mas não contribuem para uma melhoria do processo (Koskela, 1992);
- 2) Aumentar o valor do produto final através da consideração das necessidades do cliente – o valor é gerado através da satisfação de todos os requisitos do cliente, considerando sempre que para cada actividade há dois tipos de clientes, a próxima actividade e o cliente final;
- 3) Reduzir a variabilidade – os processos produtivos são naturalmente variáveis por serem diferentes, a variabilidade aumenta a quantidade de desperdícios;
- 4) Reduzir o tempo de ciclo – compreende a soma dos tempos de processamento, espera, transporte e inspecção, sendo que para a sua redução é necessário diminuir as três últimas parcelas (Koskela, 2000);
- 5) Simplificar através da minimização do número de passos, partes e ligações;
- 6) Aumentar a flexibilidade – compreende a capacidade de alteração do produto final de acordo com os desejos do cliente, sem grande aumento de custos;
- 7) Aumentar a transparência do processo – Facilitar o controlo e aumentar a motivação para melhorias;
- 8) Focar o controlo no processo global;

- 9) Introduzir melhoria contínua do processo;
- 10) Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação;
- 11) Fazer *benchmarking* – Utilizar processos de melhorias e aprendizagem através da troca de conhecimento entre as empresas do mesmo sector ou segmento.

Estes princípios têm uma linha comum com os princípios do *Lean Thinking* de Womack e Jones apresentados em 1996, como é apresentado na Tabela 1, segundo uma comparação adaptada de Picchi (2003).

**Tabela 1- Comparação adaptada de Picchi (2003) entre os cinco princípios de Womack e Jones (1996) e os princípios de Koskela (1992)**

Cinco Princípios do Lean Thinking	Onze Princípios do Lean Construction de Koskela	
	Nível mais geral	Nível mais operacional
<b>Especificar o Valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes</li> <li>• Reduzir o tempo de ciclo</li> </ul>	
<b>Identificar a cadeia de valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir a parcela de actividades que não agregam valor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplificar através da redução de passos, partes e ligações</li> <li>• Focar o controlo no processo global</li> <li>• Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação</li> </ul>
<b>Fluxo contínuo</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir a variabilidade</li> <li>• Aumentar a transparência do processo</li> </ul>
<b>Sistema de produção puxado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a flexibilidade</li> </ul>	
<b>Procura da perfeição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzir melhoria contínua do processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer <i>benchmarking</i></li> </ul>

### 2.3.1 Particularidades da Construção

A construção é caracterizada por ser um sector onde a produção é gerida como um **projecto**, fragmentado em fases que envolvem entidades como: dono da obra, projectistas, desenhadors, construtor geral, subcontratados e fornecedores.

**Projecto individual, multi-organização temporária e produção no local** são algumas particularidades dos projectos que influenciam o processo produtivo na construção. (Vrijhoef e Koskela 2005, Ballard e Howell 1998)

O processo de construção é, sem dúvida, um tipo especial de produção, sendo que, grande parte das construções é produtos únicos. Esta individualidade resulta da integração do processo produtivo com um desenho projectado para cada dono da obra, da dimensão do projecto, da localização ou mesmo da situação económico-financeira.

Nesta indústria, o produto final é produzido no próprio local onde, em princípio, permanecerá por todo o ciclo de vida. As condições de cada lugar determinam todo o processo de produção e os métodos de execução do projecto. Por exemplo, as condições atmosféricas e sísmicas, típicas de cada local, têm grande influência quer no dimensionamento do projecto quer no processo produtivo.

Resultante de projectos únicos confinados a uma produção no local do produto final, cada construção é uma multi-organização temporária de trabalho, ou seja, uma reorganização de equipas de trabalho (subempreiteiros e fornecedores locais ou não) onde diferentes colaboradores, de diferentes empresas, participam temporariamente. Gerir uma multi-organização temporária pode ser uma tarefa bastante complexa, visto que, na maioria dos casos há necessidade de se interligar diversos tipos de pessoas, que previamente não tiveram qualquer tipo de relação de trabalho. Pelo mesmo motivo, é difícil de aplicar uma filosofia de melhoria contínua na produtividade, pois o factor temporário dificulta a aprendizagem e troca de experiências de trabalho. Conclui-se que estas três particularidades permitem distinguir a construção de outros sectores industriais, pela unicidade do produto final construído.

Iniciativas de industrialização têm tentado resolver este problema através da deslocação de acções produtivas, do local de construção para ambientes de fábrica, onde estas podem ser feitas de forma mais eficiente. O local de construção passa assim a ser o lugar de montagem final e testes do produto final (Sarja e Hannus, 1995; Ballard e Howell, 1998).

O desenvolvimento de parcerias e relações empresariais de longo termo é, muitas vezes, uma solução para diminuir o impacto da gestão e criação de organizações temporárias de trabalho. (Drexler e Larson, 2000)

As soluções que diminuem o impacto das particularidades da construção, como o uso de pré-fabricados ou contratos de longo prazo com subempreiteiros, provaram ser facilmente aplicáveis a simples projectos de construção ou projectos repetitivos. Porém, as dificuldades surgem quando se fala em projectos dinâmicos, caracterizados pela incerteza, dimensão e complexidade (Santos, 1999).

### **2.3.2 Produção Lean na Construção**

Seguindo a linha de pensamento do primeiro trabalho sobre *Lean Construction* (Koskela, 1992), em 2000 Koskela apresenta, na teoria de processo produtivo que apelida de **TFV** (Transformation-Flow-Value), os três conceitos básicos sobre produção na construção: Transformação, Fluxo e Valor.

As principais características desta teoria estão sumarizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Adaptação da Teoria da Produção TFV (*Transformation, Flow, Value*) de Koskela

	Transformação	Fluxo	Valor
<b>Conceptualização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformação de inputs me outputs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fluxo de material e informação, que inclui, transformação, inspecção, transporte e espera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processo onde o valor para o cliente é criado através da satisfação dos seus requisitos</li> </ul>
<b>Princípios associados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subdividir a produção em actividades</li> <li>Reduzir os custos de todas as actividades subdivididas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzir <i>lead time</i></li> <li>Reduzir a variabilidade</li> <li>Simplificar</li> <li>Aumentar a transparência e flexibilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assegurar que todos os requisitos do cliente são cumpridos</li> <li>Assegurar que o sistema de produção é capaz de gerir o valor</li> </ul>
<b>Métodos e Práticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Work breakdown structure</i></li> <li>CPM</li> <li>Mapa de responsabilidade organizacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fluxo contínuo</li> <li>Sistema de produção e controlo <i>Pull</i></li> <li>Melhoria continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos de recolha de requisitos</li> <li><i>Quality Function Deployment</i></li> </ul>
<b>Contribuição prática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tem em conta o que tem de ser feito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazer com o que é desnecessário seja feito o menos possível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazer com que os requisitos dos clientes sejam alcançados da melhor forma possível</li> </ul>
<b>Nome sugerido para aplicação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão de Actividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão de Fluxo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão de Valor</li> </ul>

O modelo conceptual dominante na história da construção é a **Transformação** (Figura 1). Tal como o nome sugere, a produção é vista como um conjunto de processos de transformação de matérias-primas (entradas) em produtos (saídas); os processos base são subdivididos em sub-processos onde custo de cada processo pode ser diminuído pela redução dos custos dos sub-processos; o valor final do produto é associado ao custo de entrada dos processos (Koskela, 2000).

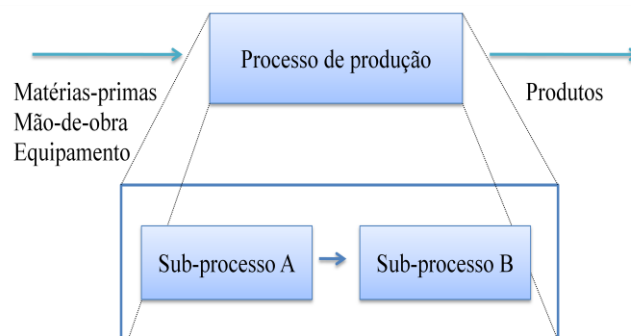


Figura 1 – Conceito de Produção segundo o processo de Transformação (Koskela, 2000)

O segundo conceito vê a produção como um **Fluxo** (Figura 2). Um fluxo de materiais e informação, onde incluindo os processos de transformação (execução), existem processos associados à produção que não adicionam valor ao produto final, como por exemplo: espera, inspeção e movimentações; Pode também ser considerado o fluxo de trabalho, referente às actividades que vão sendo realizadas na produção.

Alguns dos princípios associados à gestão do fluxo são: redução e eliminação das actividades que não acrescentam valor ao produto final (como por exemplo, inspeção, transporte, espera), actividades consideradas como desperdícios do sistema produtivo, princípio básico do *Lean Thinking*; aumento da eficiência das actividades de transformação; redução da variabilidade do fluxo de produtivo e aumento da flexibilidade e transparência dos processos. (Koskela, 1992)

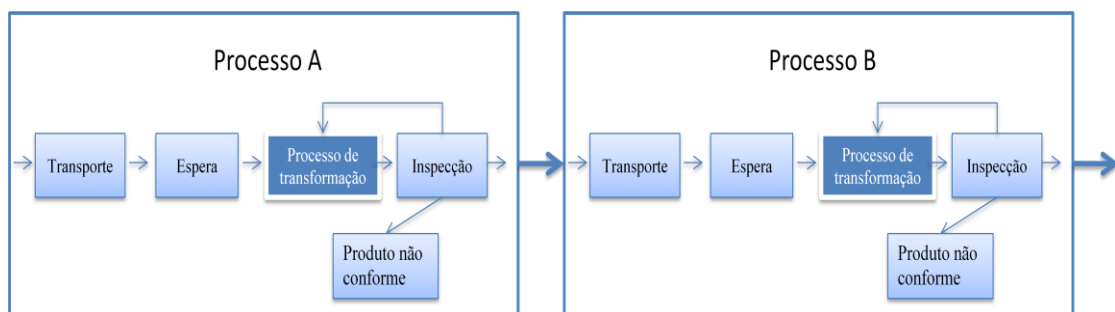


Figura 2 – Conceito de Produção como um Fluxo (Santos, 1999)

**Valor** é um conceito inevitavelmente associado ao aumento de valor para o cliente através da satisfação de todas as suas necessidades. O sistema produtivo deverá ser capaz de gerir o valor para o cliente assegurando que todos os requisitos do cliente são cumpridos.

Ao contrário das técnicas e metodologias tradicionais de gestão da produção na construção, que normalmente, apenas abrangem o uso do modelo conceptual de transformação, a aplicação da teoria **TFV** resulta da gestão integrada e equilibrada dos três conceitos (Figura 3), transformação, fluxo e valor (Koskela, 2000).

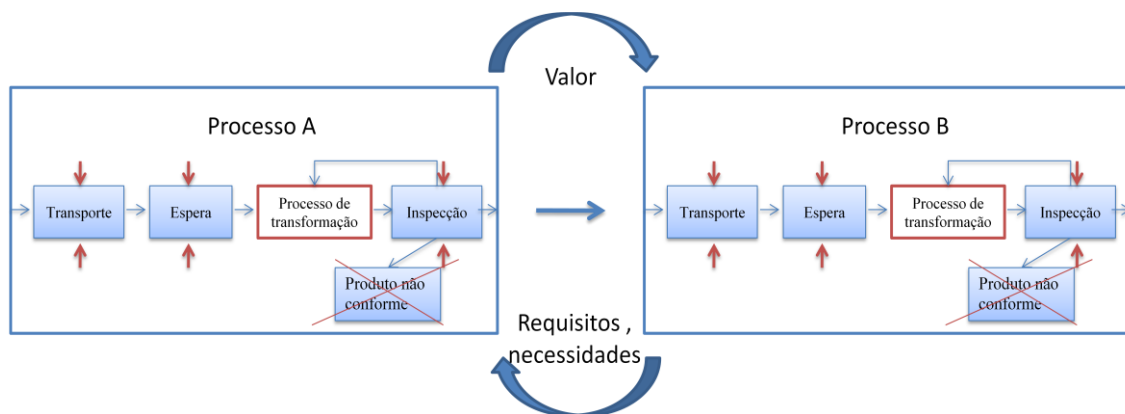


Figura 3 – Interação dos três conceitos TFV (Transformation, Flow, Value) (Santos, 1999)

No ambiente actual caracterizado pelas reduções nas margens de produção e aumento do valor para o cliente, a gestão da produção gerida como um processo que transforma *inputs* no produto final não é suficiente. Os conceitos de fluxo e de valor têm de ser percebidos e incorporados na filosofia de gestão do processo produtivo.

Quando for possível gerir estes três conceitos, será possível, de forma efectiva e eficiente, melhorar todo o sistema de produção na construção (Santos, 1999).

## 2.4 Planeamento e Controlo de Produção Tradicional da Construção

Como já foi referido no ponto 2.3.1, a indústria da construção é organizada por projectos. Ao longo dos tempos, a gestão do processo produtivo focou-se no uso de técnicas e ferramentas de gestão de projectos esquecendo as de gestão da produção.

**Work Breakdown Structure (WBS)** é uma ferramenta essencial na gestão de projectos que foi aplicada na gestão da produção na construção com o objectivo de facilitar o planeamento e controlo da execução do projecto. O seu uso facilita: **1)** o desenvolvimento de um plano geral de trabalhos e objectivos, **2)** a definição das fases ou especialidades do trabalho a completar logicamente estabelecidas pelo método de caminho crítico, **3)** a decomposição das fases / especialidades em pequenas actividades, **4)** a gestão do tempo e do custo de cada actividade, **5)** a monitorização do progresso e do trabalho executado (Ballard, 2000).

Gerir a produção da obra como um projecto é uma ajuda efectiva na gestão e organização de interdependências das actividades e na gestão de contratos e de alocação de recursos.

De forma a permitir correcções a variações de performance face aos objectivos inicialmente definidos, podem ser elaborados planos de recuperação, ou seja, planos alterados através da redução dos custos, da diminuição dos prazos de execução ou mesmo com a mudança da sequência lógica das actividades (Howell e Koskela, 2000).

Contudo, Howell e Ballard (1996) criticam a visão única da gestão da produção (visão da transformação) influenciada pelo modelo tradicional de gestão de projectos. Os investigadores afirmam ser impossível haver um controlo da produção eficaz quando são tomadas decisões sobre causas ou correcções de desvios baseadas em dados de progresso e orçamentos sem se perceber a essência dos fluxos de material, informação e trabalho, e as suas consequências para os custos e prazos do projecto.

A reinterpretção do processo de produção na construção e a aposta no desenvolvimento e investigação de novas técnicas e metodologias de produção na construção tem sido levado a cabo pelo IGLC- *International Group for Lean Construction*, constituído em 1993 por Lauri Koskela, Gleann Ballard, Luis Alarcón entre outros. Este é um dos mais importantes grupos de investigadores que promovem conferências anuais para a discussão e apresentação do tema *Lean Construction*.

## 2.5 Last Planner System

Ballard e Howell foram os criadores do *Last Planner System (LPS)*, um sistema de planeamento e controlo de produção na construção, que apresenta algumas mudanças na forma tradicional de gestão da produção na construção.

Baseado na teoria *TFV* (Transformation-Flow-Value), a nova metodologia passou a ver a construção não só como um processo de gestão de actividades, mas também como um processo de gestão de valor e de fluxos (Ballard e Howell 1994).

O **LPS** é capaz de combater a incerteza do processo produtivo da construção através de dois componentes principais: **1) Controlo de produção unitária** e **2) Controlo do fluxo de trabalho**. O controlo do fluxo de trabalho assegura de forma proactiva que todo o trabalho está a ser executado na sequência planeada e ao ritmo estabelecido (Conte 1998). O controlo de produção unitária coordena o trabalho a executar.

Este sistema interpreta o planeamento e o controlo como fases complementares e dinâmicas que devem ser mantidas ao longo da execução de todo projecto. Ballard e Howell (1996) definem o planeamento como a criação de planos estratégicos para atingir determinados objectivos, enquanto o controlo avalia a sua conformidade com o planeado e promove a redefinição do planeamento.

Segundo Ballard (1994), o processo de construção envolve um planeamento feito por diversos colaboradores, muitas vezes de diferentes posições hierárquicas na organização e em diferentes fases da vida do projecto. O planeamento da gestão de topo focar-se nos objectivos globais, principais restrições e modos de acompanhamento de todo o projecto. A gestão operacional encarrega-se de elaborar e gerir os planos estratégicos para atingir os objectivos definidos. Por último, alguém (colaborador individual ou equipa de trabalho) decide que tipos de actividades vão ser executadas amanhã. Estas actividades ou tarefas são únicas porque em vez de produzirem novos planos conduzem à realização efectiva de trabalho de produção. Este colaborador, ou equipa de trabalho, que decide o trabalho de produção é o chamado **último planeador** (*Last Planner*).

A Figura 4 mostra os três níveis hierárquicos de planeamento deste sistema: o **Plano Geral** (*Master Schedule*) de longo prazo, o **Plano de Antevisão** (*Lookahead Plan*) de médio prazo e o **Plano Semanal de Trabalhos** (*Weekly Work Plan*) de curto prazo. Os planos de médio e curto prazo são do âmbito específico do *Last Planner*.

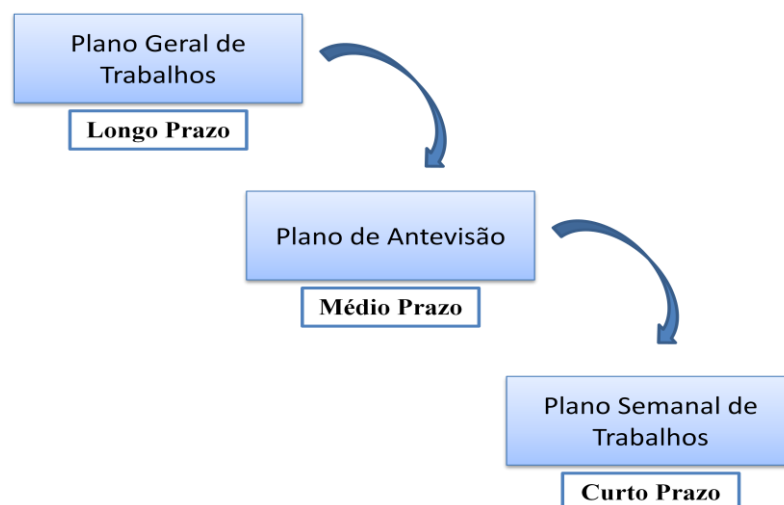


Figura 4 – Níveis de Planeamento baseado no Last Planner System (Ballard e Howell, 1998)

## **Plano Geral**

O plano geral (*Master Schedule*) é base da calendarização total do projecto. Normalmente é feito com o uso de ferramentas como *work breakdown structure*, com o recurso à lógica do método “caminho crítico”, e em função das datas de entrega (*milestones*) necessárias para completar o projecto nos prazos pretendidos.

Este plano, além de essencial por dar ao gestor do projecto e a todos os interessados uma visão panorâmica dos procedimentos, facilita a análise de custos e a alocação de recursos a longo prazo (Chua et al. 1999).

Como é um plano de longo prazo, é pouco pormenorizado; as principais actividades são calendarizadas e interligadas mas os planos de execução não são elaborados nesta fase; permite a programação de recursos que requerem um longo prazo de aquisição, incluindo compras de materiais, aluguer ou compra de equipamentos e contratação de subempreitadas.

## **Plano de Antevisão**

O plano de antevisão do inglês *Lookhead Plan* é um processo que visa a integração do planeamento de longo prazo com o plano de execução de curto prazo (Bernardes, 2003). É usado estimular acções do presente que possibilitem a concretização dos objectivos de longo prazo e é elaborado de forma colaborativa, por todos intervenientes do processo produtivo (últimos planeadores).

Segundo Ballard (2000), tendo em conta os parâmetros do plano geral, as actividades que devem ser feitas vão sendo seleccionadas, organizadas e decompostas de forma a serem introduzidas no plano de antevisão; estas actividades podem ser divididas em múltiplas tarefas com o nível de detalhe operacional necessário para serem executadas; regra geral, a entrada ou a progressão de qualquer actividade no plano de antevisão, é determinado pela análise e satisfação dos seus pré-requisitos; se o gestor de produção não estiver confiante na satisfação de todos os requisitos, a actividade deve ser atrasada em relação ao plano geral; um determinado conjunto de actividades deve estar, sistematicamente, livre de pré-requisitos e possível de ser executado.

Feito sincronizadamente com os outros níveis de planeamento, o plano de antevisão tem por objectivo cumprir todos os pré-requisitos das actividades, antes de estas chegarem à fase de produção e, assim, reduzir incertezas, tornar o fluxo de trabalho constante e na melhor sequência possível.

## **Plano Semanal de Trabalho**

O plano semanal de trabalho ou plano de produção é o mais detalhado dos planos. Representa uma lista de actividades a serem realizadas com base na selecção e organização do trabalho que os últimos planeadores (Last Planners) e o gestor do projecto definem como exequível e se comprometem a realizar na semana seguinte. As actividades livres de pré-requisitos do plano de antevisão são aquelas que estão prontas a serem executadas e por isso candidatas a serem introduzidas nos planos semanais de trabalho (Kalsaas, et al. 2009).

É também chamado de plano de comprometimento pois é um processo fundamentado em promessas de execução de trabalho feitas pelos últimos planeadores (Ballard e Howell, 1998).

## Percentagem de Planeado Concluído

A eficácia do processo de planeamento da metodologia LPS é medida pelo indicador **Percentagem de Planeado Concluído** (PPC) que representa, em termos de taxa percentual, o número de actividades concluídas sobre o total de actividades do plano semanal de trabalho. Um aumento do valor do PPC pode significar que o processo de planeamento é mais fiável e consequentemente, origina um aumento de produtividade da construção e da performance do projecto. Os valores de PPC geralmente variam entre 30% a 70%, quando não são usadas quaisquer metodologias (Ballard, 2000).

É preciso ter em atenção que sendo o PPC, um indicador que monitoriza a concretização das actividades dos planos de trabalho, pode haver uma má interpretação dos seus valores quando as actividades são mal definidas ou mal dimensionadas, criando, por exemplo, um plano semanal de trabalho com actividades muito pequenas e de rápida execução, com o mesmo peso percentual de actividades longas e complexas.

Para evitar esta distorção do PPC o gestor do projecto deve assegurar que os planos semanais de trabalho são constituídos por actividades bem definidas, executáveis e na sequência correcta (Ballard 2000).

Como mostra a Figura 5, todo o processo termina com uma componente de aprendizagem onde o PPC funciona como um indicador de controlo. Para as actividades planeadas e não concluídas, é feita uma análise das causas da não conclusão do trabalho. O objectivo comum é melhorar continuamente o processo de planeamento, até atingir os 100% de PPC, pela eliminação de todas as causas de não conclusão de actividades, também chamadas de desperdícios na filosofia *Lean*, e pela elaboração de melhores planos semanais de trabalho.

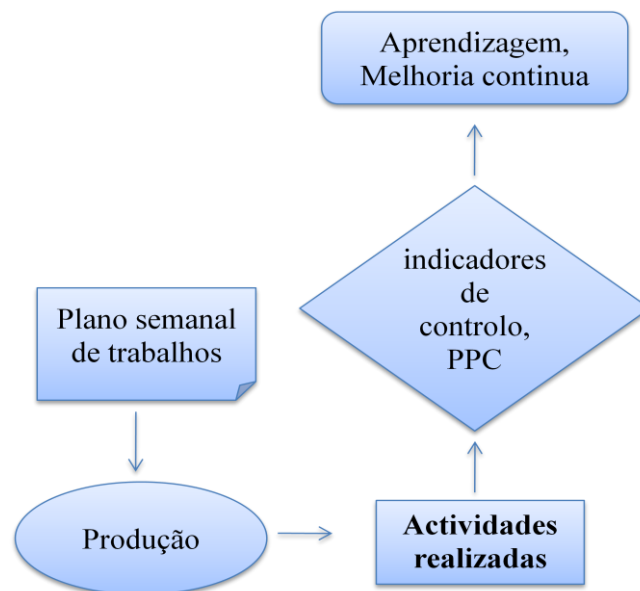


Figura 5 – Processo de Controlo e Aprendizagem baseado no Last Planner System

## Processo de Antevisão

Do ponto de vista teórico, este processo pretende alinhar o plano dos objectivos gerais do projecto com a realidade do processo de execução, de forma a manter o fluxo de trabalho constante. Na prática, ele funciona como um sistema *pull* (puxado), que torna o trabalho pronto a executar no prazo, através do cumprimento dos seus pré-requisitos em tempo útil.

Dependendo das características do projecto, da fiabilidade do sistema de planeamento e dos prazos de negociação para aquisição de recursos de produção (materiais, mão-de-obra, equipamentos) este processo pode ter uma visão de 3 a 12 semanas (Ballard, 2000). A semana  $x + 1$  é a próxima semana, a semana  $x + 2$  é a segunda semana do futuro e assim sucessivamente.

A Figura 6 mostra um exemplo com cinco semanas do funcionamento do processo de antevisão.

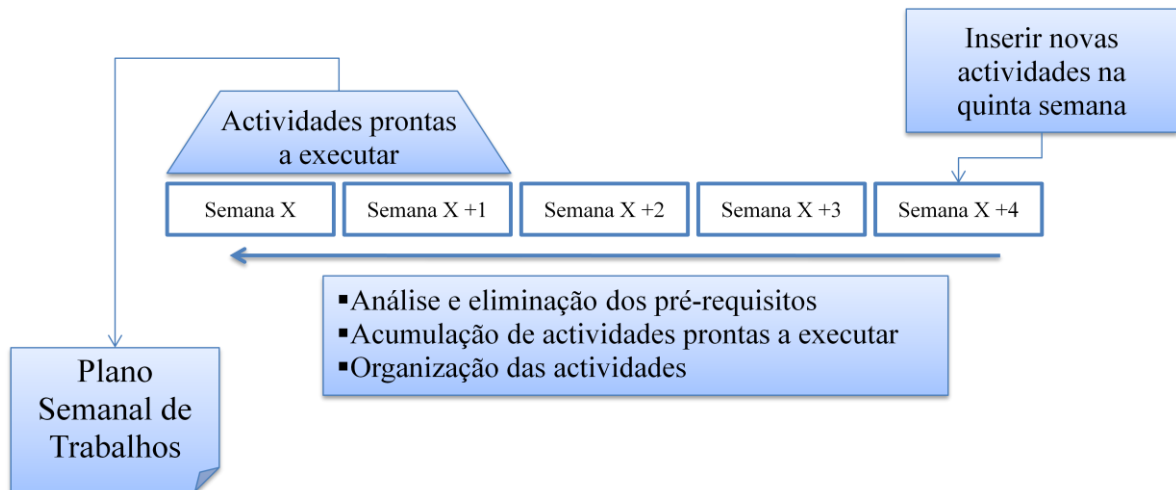


Figura 6 – Processo de Antevisão adaptado (Ballard, 2000)

Segundo Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009), as actividades são inseridas no plano de antevisão em função dos objectivos do plano geral. Dependendo do ritmo de produção, a cada semana, novas actividades devem ser puxadas para o processo. A análise e satisfação dos pré-requisitos deve acontecer ao longo das cinco semanas, no entanto, é preferível a remoção de todos os pré-requisitos duas semanas antes do início previsto de cada actividade.

Koskela (2000) defende que existem pelo menos sete tipos de **pré-requisitos** (Figura 7) ou subfluxos essenciais que condicionam a execução de uma actividade. Outros autores acrescentam a esta lista mais pré-requisitos, como por exemplo, o contrato de subempreitada (este contrato define formalmente se a produção é realizada com os recursos internos do empreiteiro geral, ou se é realizada por subcontratação de serviços e recursos externos).

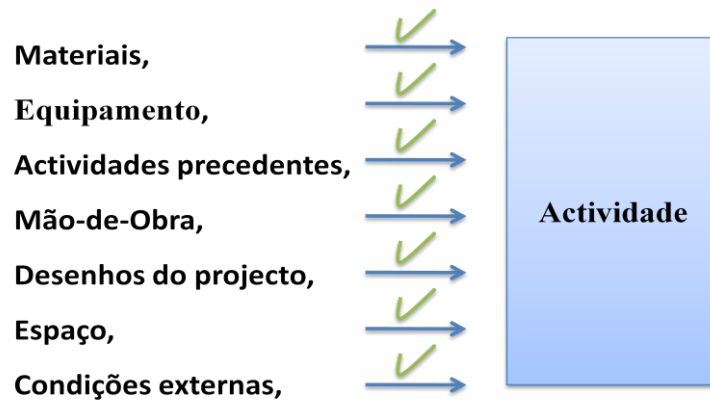


Figura 7 – Pré-requisitos essenciais que condicionam a execução de uma actividade

Resumindo, as funções principais deste processo são:

- Coordenar a sequência e o ritmo do fluxo de produção;
- Desenvolver planos detalhados para as actividades que devem ser feitas;
- Coordenar o fluxo de trabalho com a capacidade produtiva;
- Produzir e manter uma reserva de actividades livres de pré-requisitos e prontas a serem realizadas.

### Gestão Colaborativa

Nos projectos geridos com o uso do modelo *Last Planner System*, a gestão colaborativa é a chave para o comprometimento de todos os intervenientes do projecto. Envolver os últimos planeadores no processo de planeamento desenvolve responsabilidade no processo de execução e reafirma as promessas de início e conclusão das actividades. Alan Mossman (2009), salienta que a construção acontece porque os últimos planeadores (*Last Planners*), semana após semana, prometem a execução das actividades e comprometem o fluxo de trabalho.

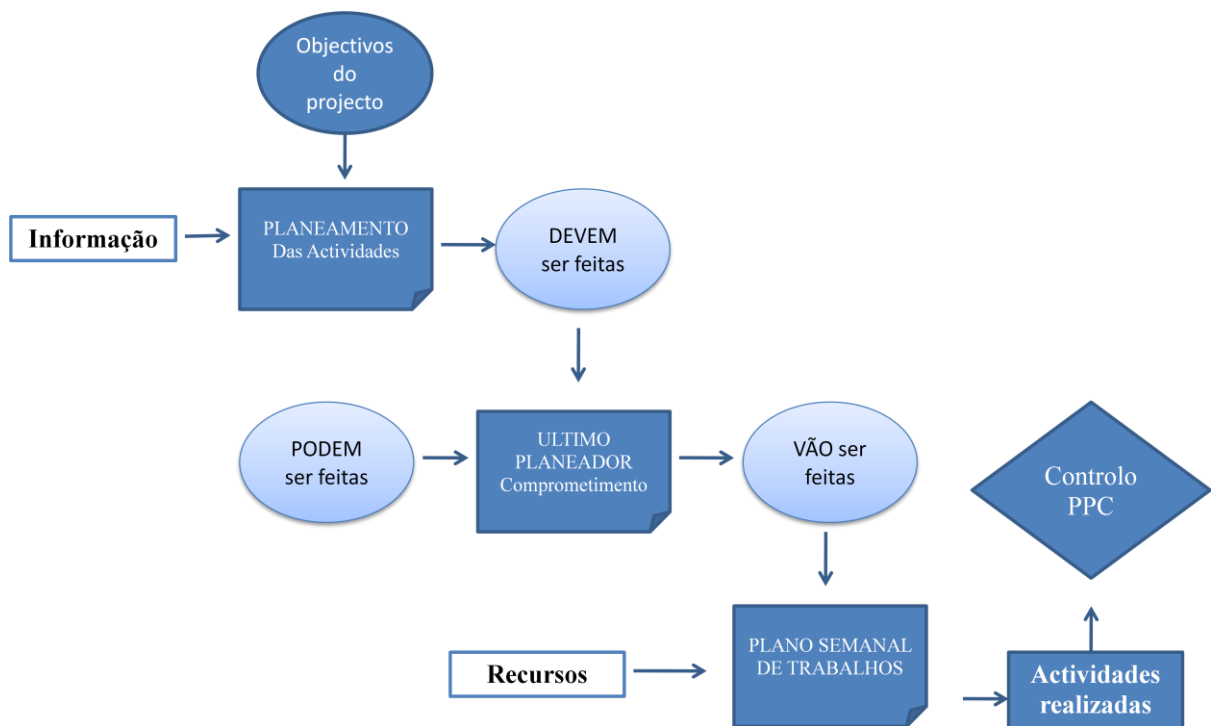
Quer o plano de antevisão quer o plano semanal de trabalhos devem ser analisados e elaborados em reuniões semanais. Nestas sessões, é fundamental fomentar entre os representantes de cada actividade e o gestor do projecto um ambiente participativo e um espírito de confiança. (Alan Mossman, 2009)

Por outro lado, a componente de aprendizagem, bastante importante do *Last Planner System*, mas muitas vezes interpretada ou associada a uma forma de controlo pejorativa, deve ser lembrada e usada nas reuniões, para melhorar continuamente o processo e reforçar as promessas de execução das actividades (Ballard e Howell, 2004).

**Resumo**

Ballard (2000), criador do *Last Planner System*, resume o modelo como um sistema de planeamento e controlo de produção fundamental no controlo do fluxo de trabalho. Quando incluído no sistema tradicional de planeamento, o LPS deverá, primeiramente, transformar as actividades que “**DEVEM**” ser feitas em actividades que “**PODEM**” ser feitas. Desta forma, deve agrupar-se um conjunto de actividades que “**PODEM**” ser feitas, possíveis de gerar os planos semanais de trabalho. Por sua vez, os planos semanais de trabalho representam o compromisso dos últimos planeadores na execução de actividades que realmente “**VÃO**” ser feitas.

A Figura 8 esquematiza o resumo das fases e processos do *Last Planner System*.



**Figura 8 – Esquema simplificado do *Last Planner System* (Ballard, 2000)**

### 3 Estudo do Caso *Lean Construction*

No âmbito do estudo prático do modelo *Lean*, a construtora disponibilizou uma obra piloto para a implementação e análise de novas metodologias de planeamento e controlo de produção. De forma a enquadrar o estudo teórico com a implementação prática, foi escolhida entre várias, a obra “Creche – Instituto S. José de Vila Do Conde”, pelo seu prazo de execução curto e relativamente coincidente com o projecto de estudo, pelo tipo de obra e pela sua dimensão.

Primeiramente, este capítulo apresenta a obra piloto onde se desenvolveu e implementou todo o estudo. De seguida, é descrito o modelo tradicional utilizado na empresa, assim com o modelo de planeamento e controlo de produção proposto e implementado na obra piloto.

A Figura 9 representa as duas fases distintas da estratégia de implementação do novo modelo.

Numa primeira fase, foi analisada a metodologia de planeamento e controlo de produção em funcionamento na construtora e foram realizadas entrevistas com os principais intervenientes no processo. Ao longo desta fase tentou-se sensibilizar os colaboradores da obra, e foi dada formação sobre o tema e novo modelo.

Numa segunda fase, foi implementado o novo modelo de planeamento e controlo de produção.

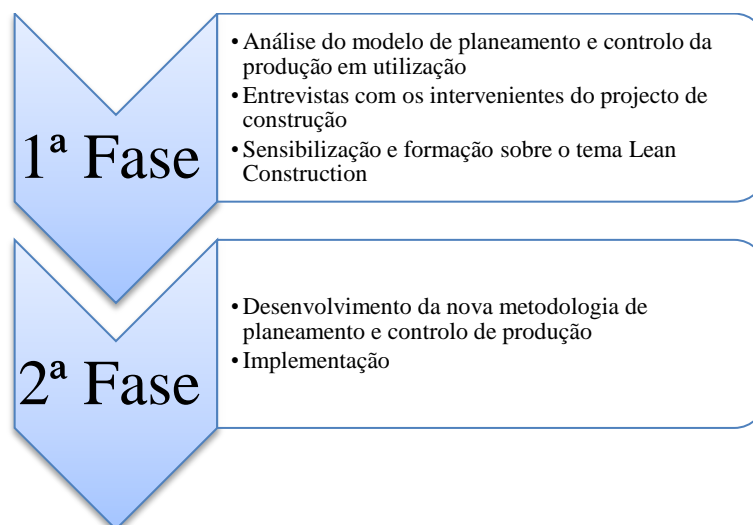


Figura 9 – Estratégia de desenvolvimento e implementação do novo modelo

### 3.1 Descrição da Obra Piloto

A obra piloto “Creche – Instituto S. José” (Figura 10) é uma obra de construção civil que se localiza no centro de Vila do Conde, na sub-região do Grande Porto. Esta obra consiste na construção de uma creche, sendo esta, uma expansão das instalações do já existente Instituto S. José.



**Figura 10 – Projecção da obra “Creche – Instituto S. José”**

Foi adjudicada pelo dono da obra “Instituto S. José” no valor de 805.327,80€ a totalidade do projecto de execução à Norlabor Engenharia e Construção, SA. O desenho do projecto e a fiscalização da obra foram adjudicados de forma independente a outras empresas.

A forma de adjudicação da obra consistiu no método tradicional, com base no plano geral de trabalhos e o orçamento entregues. Normalmente a regra de escolha é o preço mais baixo.

O prazo de execução foi estabelecido por 540 dias, com início à data da consignação de 23 de Março de 2009.

De forma a acompanhar o projecto, o dono da obra contratou uma equipa de fiscalização que, periodicamente verifica se o processo construtivo respeita os desenhos projectados e o cumprimento do caderno de encargos, assim como também, garante se os prazos de execução, das principais fases do projecto estão de acordo com o plano. A obra é facturada consoante a realização das actividades.

Como é normal neste tipo de obras de construção civil, a Norlabor recorre à subcontratação para execução de alguns trabalhos, nomeadamente os de especialidades eléctricas, aquecimento ventilação e ar condicionado (AVAC), infra-estruturas de telecomunicações (ITED) e segurança contra incêndios. Estimou-se para esta obra cerca de 40% dos custos para subcontratação.

A Figura 11 representa a estrutura formal da organização das diversas entidades envolvidas na execução do projecto.

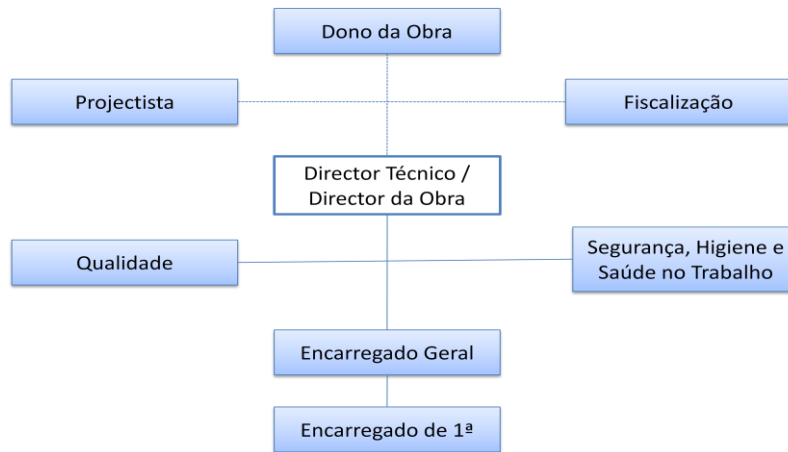


Figura 11 – Organograma base da Obra piloto

À data de 1 de Setembro 2009, quando o estudo em análise começou a ser desenvolvido, eram visíveis os atrasos de execução em algumas actividades, relativamente ao cronograma geral do projecto e decorria a execução das alvenarias de interiores e de exteriores.

### 3.2 Análise da metodologia de Planeamento e Controlo de Produção usada pela construtora

A seguinte Figura 12 é um esquema representativo da metodologia de planeamento e controlo da produção usado pela empresa.

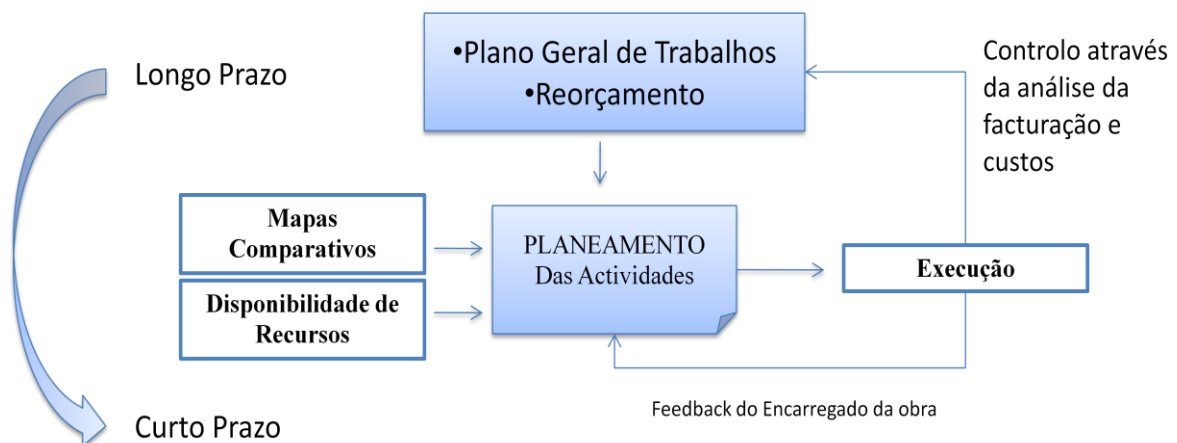


Figura 12 – Esquema adaptado da metodologia de planeamento e controlo de produção usado pela empresa

É num contexto de planeamento a longo e curto prazo que todo o processo produtivo é gerido pelo director da obra e controlado em termos de facturação e custos, como se descreve a seguir.

Respeitando o caderno de encargos e os principais prazos de entregas a cumprir, o director de produção da empresa em conjunto com director de obra do projecto, elaboram o plano geral de trabalhos, para ser sujeito a avaliação na fase de concurso. Com o apoio do software Microsoft Project o plano é detalhado em diversas actividades principais, que se relacionam pelo método do caminho crítico (CPM). Este, além de satisfazer as necessidades do dono de obra, é planeado com base em estimativas de prazos para a duração das actividades. Apesar de essencial para facilitar a visualização, integração das actividades a executar e a projecção dos gastos e facturação, por falta de tempo e devido à grande incerteza do processo produtivo, o plano de trabalhos geral é pouco detalhado ao nível operacional.

No começo da obra, é feita uma revisão ao plano de trabalhos, assim como um reorçamento do custo total da obra. Visto que, o primeiro orçamento elaborado serve para concorrer ao concurso de adjudicação com o objectivo de ganhar a construção da obra, é natural que se faça um reorçamento rectificativo. Para todas as actividades, ou conjunto de actividades da mesma especialidade, é comparado o custo de se fazer o trabalho com recursos internos da empresa e o custo do mesmo trabalho se feito por subempreitada.

O reorçamento é um documento interno que representa a soma dos custos mínimos de cada actividade a executar. É bastante importante, pois serve como meio de controlo de possíveis derrapagens de custos.

À semelhança do que acontece na indústria nacional da construção em obras de pequena e média dimensão, a gestão da produção é da responsabilidade do director de obra, que ao mesmo tempo concilia as funções de técnico oficial da obra e gestor da produção.

Com ajuda do plano geral de trabalho, o director da obra vai coordenando os avanços da actividade produtiva em função da conjugação de duas prioridades:

1. A distribuição dos recursos de produção (mão-de-obra e equipamento) da construtora pelas obras é feita com base em decisões de curto prazo tomadas em conjunto pelos directores gerais e a administração da empresa. Estas decisões têm o objectivo de manter a produção das actividades, onde a construtora é mais eficiente, na máxima capacidade, ou então, ajudar a recuperar obras com atrasos significativos. Pode considerar-se que, em algumas obras, estas decisões tentam diminuir as variabilidades do processo construtivo, ao contrário, noutras, podem ter impactos negativos.
2. O director da obra deve realizar e actualizar mapas comparativos de execução de actividades ainda não adjudicadas, isto é, mapas que comparam o custo, condições de pagamento e outras condições de execução de actividades por realizar, no caso em que as mesmas sejam feitas pela empresa ou por subempreiteiros. As decisões e escolhas de contratação são validadas pelo director geral da produção à medida que o director da obra lhe apresenta o mapa. De salientar que, apesar de lento e trabalhoso, este processo tem de estar completo antes do prazo planeado para o inicio da actividade, o que normalmente não acontece. A localização da obra, a disponibilidade de recursos, o poder negocial com fornecedores e subempreiteiros, o risco das actividades e a experiência são alguns dos factores que influenciam este processo.

Gerir estas prioridades faz com que o director da obra use todo o seu tempo a planear e minimizar o custo da próxima actividade, tal como é comprovado por Koskela (1992) na teoria da transformação, comprometendo desta forma a gestão dos fluxos e do valor para o cliente.

O que impera é um “desenrascanço”; à medida que se avança no cronograma geral as actividades são puxadas para a produção e desenrascados os seus pré-requisitos. Esta análise dos pré-requisitos é feita informalmente, através da experiência, capacidades do director e do encarregado da obra e do poder negocial com os fornecedores.

A nível operacional, a actividade é executada com a orientação a 100% do encarregado da obra, sem qualquer planeamento formal de produção, pelo que, a monitorização é feita por uma espécie de *feedback* entre o encarregado e o director da obra.

Como os subempreiteiros e equipas de produção não são envolvidos no planeamento das actividades, muitas vezes não têm noção do cronograma geral de trabalhos e raramente fazem um comprometimento na execução de trabalhos em termos de prazos.

Semanalmente, o director da obra reporta, na reunião geral de produção da empresa, o andamento da obra em causa e expõem as suas dificuldades.

O controlo da produção é feito em termos de custos e facturação. No início de cada mês, é elaborado e apresentado, na reunião geral de produção, um mapa detalhado dos custos e da facturação dos meses anteriores. A facturação é o indicador usado para controlar os avanços da produção relativamente ao cenário projectado, e os custos usados para confirmar o reorçamento da obra.

Quando no processo de controlo são constatados atrasos na facturação prevista, é sinal que o projecto não se encontra no ritmo de produção preestabelecido, pelo que, se procede a uma actualização do planeamento geral de trabalhos de forma a recuperar o tempo perdido e cumprir os objectivos finais. Naturalmente, esta actualização leva a uma intensificação do trabalho a realizar e a um aumento de custos. Quanto aos custos da obra somados, se não confirmarem o reorçamento, é sinal que há derrapagens na produção, e tal como no controlo da facturação, é urgente arranjar novas soluções para o problema.

Pela análise efectuada do sistema de planeamento e controlo de produção usado na empresa podem concluir-se os seguintes procedimentos:

- O plano geral de trabalhos e a revisão ao plano são feitos pelo director geral da produção e pelo director da obra.
- A orientação das actividades do plano geral de trabalhos é feita segundo o método do caminho crítico.
- Não existe nenhum tipo de planeamento intermédio entre o plano geral de trabalhos e a execução das actividades. À medida que se avança no cronograma geral do projecto, as actividades são puxadas para a produção e desenrascados os seus pré-requisitos.
- O encarregado da obra orienta a 100% a execução dos trabalhos, sem qualquer planeamento formal de produção.
- Os mapas comparativos das actividades, elaborados pelo director da obra, demonstram ser uma ferramenta importante na redução dos custos das actividades, mas podem causar atrasos na produção.

- O controlo da produção é feito mensalmente com base na facturação e nos custos.
- O director de obra deve reportar semanalmente, à administração da empresa, o andamento da obra.
- A decisão de alocação de recursos (mão-de-obra e equipamentos) a cada obra é feita de forma centralizada com base em decisões de curto prazo, tomadas em conjunto pelos directores gerais e a administração da empresa.

### **3.3 Novo Modelo de Planeamento e Controlo de Produção na Construção**

Como foi descrito na revisão bibliográfica, o *Last Planner System* é uma interpretação prática da teoria de produção TFV (Transformação, Fluxo e Valor). Esta teoria acrescenta ao método de gestão tradicional (gestão da produção como um processo de transformação de *inputs* em *outputs*) a visão de uma gestão de fluxos na produção e a criação de valor.

Toda a metodologia implementada na obra piloto é fundamentada nas bases conceptuais da teoria TFV e, particularmente, nos casos de sucesso da aplicação do sistema “Last Planner System” no planeamento e controlo de produção em obras de construção civil.

À partida, o objectivo principal foi desenvolver-se um modelo *standard* que fosse capaz de aumentar a fiabilidade do processo de planeamento e controlo da produção e que, consequentemente, proporcionasse melhorias em termos de fluxo de trabalho e de produtividade.

Para não dificultar a implementação e evitar a resistência à mudança, o novo modelo foi adaptado à realidade do modelo já em funcionamento, ou seja, as técnicas e ferramentas usadas foram continuadas e conjugadas com o novo modelo.

#### **3.3.1 Planeamento da Produção**

De forma a satisfazer as condições essenciais do modelo LPS (*Last Planner System*) estabeleceu-se uma hierarquia e um conjunto de objectivos em três níveis de planeamento, a longo, médio e curto prazo. A seguinte Figura 13 representa uma demonstração do funcionamento geral do modelo implementado, que a seguir se detalha.

#### **3.3.2 Plano Geral de Trabalhos**

Plano geral de trabalhos – Planeamento inicial que tradicionalmente a empresa já utiliza e foi descrito no ponto 3.2 . Foi feito no Microsoft Project e nele todas actividades principais se encontram bem identificadas e sequenciadas, segundo o método do caminho crítico.

O gráfico de Gantt (Figura 14) facilita a interpretação e visualização de todas as interdependências e prazos de execução. Este primeiro plano, serve de suporte macro aos níveis de médio e curto prazo, onde obviamente, o detalhe operacional das actividades aumenta à medida que avançam de nível.

Como quando o novo modelo foi aplicado na obra piloto, o plano geral de trabalhos já estava em uso e apresentava alguns atrasos, procedeu-se a uma revisão do plano.

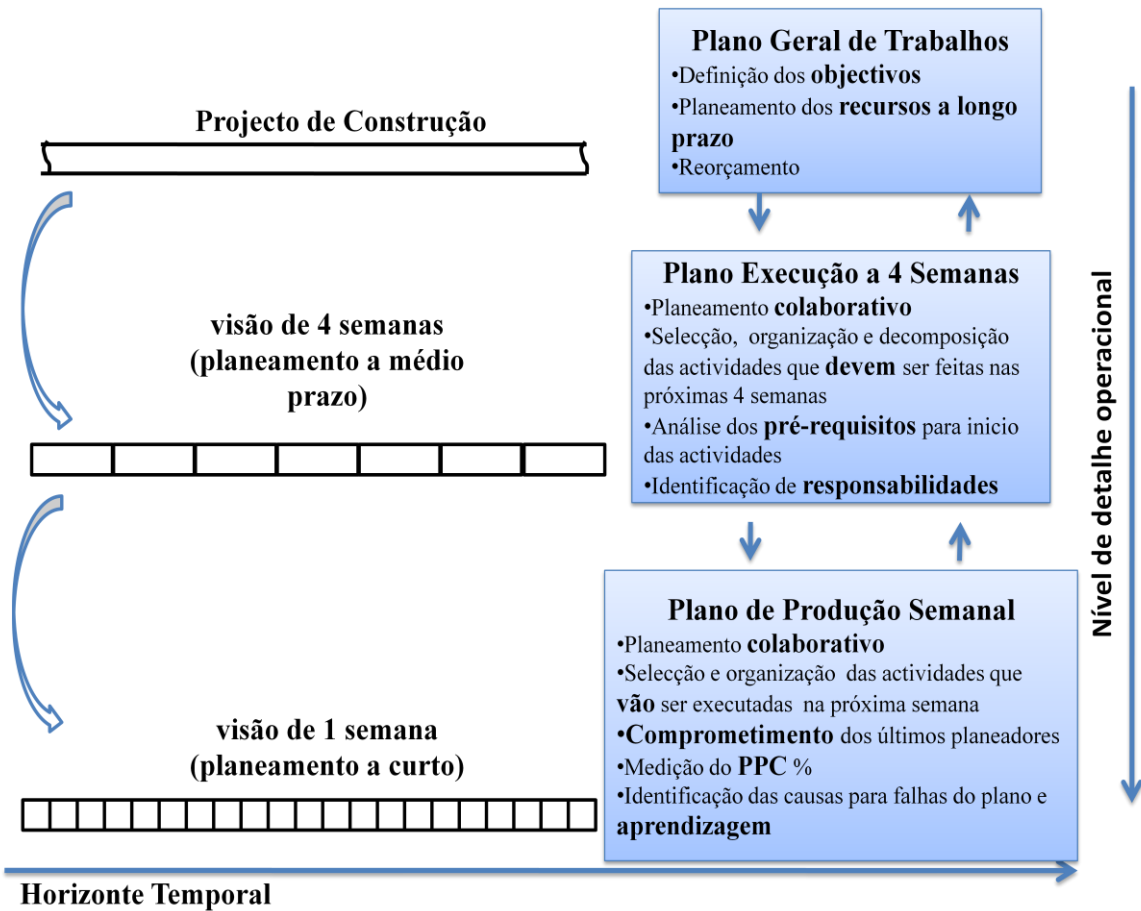


Figura 13 – Resumo dos três níveis de planeamento e objectivos da metodologia

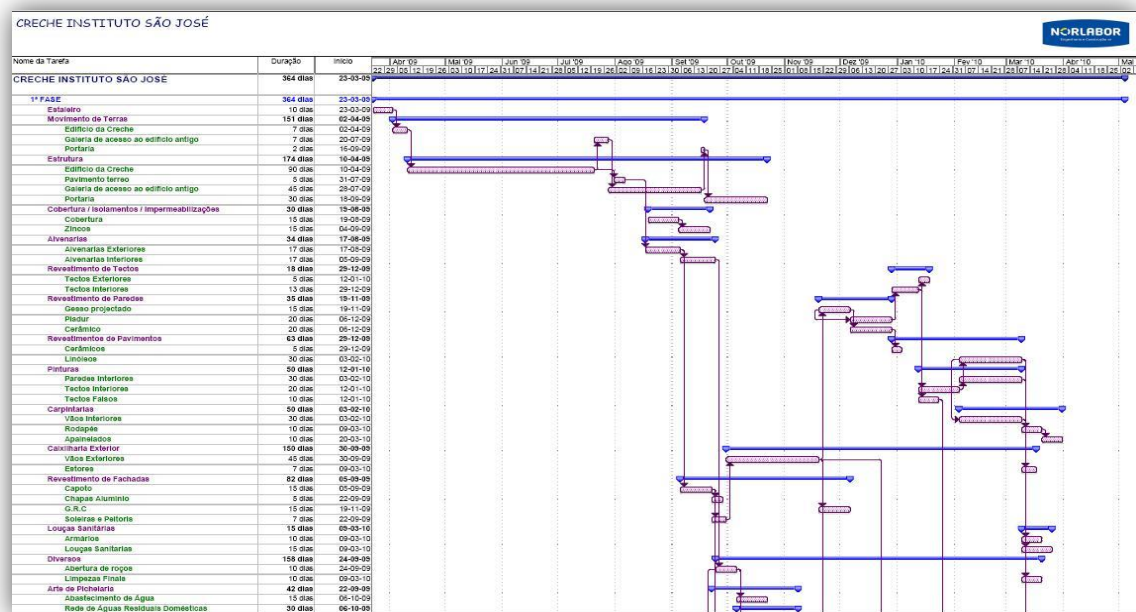


Figura 14 – Gráfico de Gantt do Plano Geral de Trabalhos

### **3.3.3 Plano de Execução a 4 semanas**

Plano de execução a 4 semanas – Este plano é um novo processo para a empresa e pretende fazer a ponte entre o longo e o curto prazo de planeamento. Apesar de ser de médio prazo, este plano renova-se todas as semanas. À medida que se avança uma semana, o plano de execução perde uma semana e, sistematicamente, uma nova quarta semana deve ser inserida num novo plano de execução.

Devido às dificuldades de implementação e à falta de experiência dos intervenientes, escolheu-se um horizonte de 4 semanas.

As actividades do plano de execução a quatro 4 semanas representam o que deveria ser feito nas próximas 4 semanas, para cumprir os objectivos do plano geral de trabalhos. Este planeamento intermédio prevê um processo de planeamento colaborativo, feito em conjunto com o director da obra, encarregado da obra e todos os últimos planeadores (pessoas responsáveis por uma actividade ou conjunto de actividades, normalmente corresponde aos responsáveis pelas subempreitadas) que vão ter de executar actividades nas próximas 4 semanas.

Para cada actividade inserida neste plano, deve ser feita uma análise aos seus pré-requisitos de execução. O princípio fundamental é que se possa acompanhar, semanalmente, a satisfação de todos os pré-requisitos, para que, quando se aproximar o prazo de execução planeado, a actividade esteja pronta a ser realizada, ou seja, livre de restrições.

Este processo visa transformar as actividades que deviam ser feitas, em actividades que podem ser feitas. Manter semanalmente um conjunto de actividades que podem ser feitas é requisito essencial para criar um fluxo de trabalho e produção sob controlo.

A seguinte Figura 15 apresenta um exemplo de um plano de execução a 4 semanas, desenvolvido com recurso ao software MS.Excel. O plano contém a descrição das actividades, o responsável pela execução, a data prevista e uma sucinta análise de restrições ou pré-requisitos que a condicionam.

Plano De Execução a 4 Semanas		Semana 39 a 42							
Caso de Estudo "Lean Construction" - Norlabor / FEUP		Data 21-Set-09 a 17-Out-09							
Obra: Creche Instituto São José - Vila do Conde		Análise das Restrições para Início de Actividade							
		1 Materiais	5 Actividades dependentes						
		2 Equipamento	6 Desenhos						
		3 Condições de Segurança	7 Mapa comparativo/Contratos						
		4 Mão de Obra	8 Outros						
Nº/ID	Descrição da Actividade	Executado por	Semana				No	Análise de Restrição para Início de Actividade	
			39	40	41	42			
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		
			09	10	11	12	13		
			14	15	16	17	18		
			19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28		
			29	30	31	01	02		
			03	04	05	06	07		
			08	09	10	11	12		
			13	14	15	16	17		
			18	19	20	21	22		
			23	24	25	26	27		
			28	29	30	31	01		
			02	03	04	05	06		
			07	08	09	10	11		
			12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21		
			22	23	24	25	26		
			27	28	29	30	31		
			01	02	03	04	05		
			06	07	08	09	10		
			11	12	13	14	15		
			16	17	18	19	20		
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		
			09	10	11	12	13		
			14	15	16	17	18		
			19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28		
			29	30	31	01	02		
			03	04	05	06	07		
			08	09	10	11	12		
			13	14	15	16	17		
			18	19	20	21	22		
			23	24	25	26	27		
			28	29	30	31	01		
			02	03	04	05	06		
			07	08	09	10	11		
			12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21		
			22	23	24	25	26		
			27	28	29	30	31		
			01	02	03	04	05		
			06	07	08	09	10		
			11	12	13	14	15		
			16	17	18	19	20		
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		
			09	10	11	12	13		
			14	15	16	17	18		
			19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28		
			29	30	31	01	02		
			03	04	05	06	07		
			08	09	10	11	12		
			13	14	15	16	17		
			18	19	20	21	22		
			23	24	25	26	27		
			28	29	30	31	01		
			02	03	04	05	06		
			07	08	09	10	11		
			12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21		
			22	23	24	25	26		
			27	28	29	30	31		
			01	02	03	04	05		
			06	07	08	09	10		
			11	12	13	14	15		
			16	17	18	19	20		
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		
			09	10	11	12	13		
			14	15	16	17	18		
			19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28		
			29	30	31	01	02		
			03	04	05	06	07		
			08	09	10	11	12		
			13	14	15	16	17		
			18	19	20	21	22		
			23	24	25	26	27		
			28	29	30	31	01		
			02	03	04	05	06		
			07	08	09	10	11		
			12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21		
			22	23	24	25	26		
			27	28	29	30	31		
			01	02	03	04	05		
			06	07	08	09	10		
			11	12	13	14	15		
			16	17	18	19	20		
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		
			09	10	11	12	13		
			14	15	16	17	18		
			19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28		
			29	30	31	01	02		
			03	04	05	06	07		
			08	09	10	11	12		
			13	14	15	16	17		
			18	19	20	21	22		
			23	24	25	26	27		
			28	29	30	31	01		
			02	03	04	05	06		
			07	08	09	10	11		
			12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21		
			22	23	24	25	26		
			27	28	29	30	31		
			01	02	03	04	05		
			06	07	08	09	10		
			11	12	13	14	15		
			16	17	18	19	20		
			21	22	23	24	25		
			26	27	28	29	30		
			31	01	02	03	04		
			05	06	07	08	09		
			10	11	12	13	14		
			15	16	17	18	19		
			20	21	22	23	24		
			25	26	27	28	29		
			30	31	01	02	03		
			04	05	06	07	08		

Plano de Produção Semanal		Semana 50		7-Dez-09	
Caso de Estudo "Lean Construction" - Norlabor / FEUP		Motivos de não conclusão		Total de Actividades	12
Obra: Creche Instituto São José - Vila do Conde		1 Materiais	6 Desenhos	Actividades Completas	10
/		2 Equipamento	7 Plano de comprometimento	Percentagem de planeamento cumprido	83%
/		3 Condições de Segurança	8 Alteração de Sequência	Actividade repetida + de 1vez	X
/		4 Condições Imprevistas	9 Mão de Obra	Actividade repetida	X
/		5 Actividades dependentes		Actividade planeada	X
Descrição da actividade		Responsável		Concluída ?	
Nº /ID	Actividade	09-12-2009			Motivos para a Não conclusão/execução/Observações
	Colocação dos andaimes no atrio ( apoio ao revestimento em gesso)		Lousaprojecta	X	
	Execução de movimentos de Terra para o Parque infantil exterior		Norlabor	X	Esta actividade foi parada por ordem do dono de obra, preve-se uma alteração na localização do parque
	Trabalhos a mais ( demolição de uma casa junto á creche)		Norlabor	X	
	Execução do primario no capotto		Revespovia	X	
	Revestimento com capotto das paredes da galeria		Revespovia	X	
	Conclusão das aguas pluviais		Norlabor	X	
	Execução da ligação da rede de incendio (água) entre o edificio antigo e a nova creche		Silva	X	
	Revestimento de reboco estanhado portico da entrada		Lousaprojecta	X	
	Revestimentos de Gesso na Galeria de acesso		Lousaprojecta	X	Como a actividade anterior demorou mais do que previsto, esta actividade ficou comprometida
	Revestimento de Gesso no atrio		Lousaprojecta	X	
	Revestimento de gesso na sala de Berços		Lousaprojecta	X	
	Colocação do paver nas zonas pedonais zona 4 (metade)		Norlabor	X	

Figura 16 – Exemplo de um Plano de Produção Semanal

(1-Descrição da actividade, 2- Calendário de execução, 3- Responsável pela execução, 4- Análise dos motivos para não conclusão, 5- Controlo visual da actividade, 6- Indicador PPC)

### 3.3.5 Reuniões de Planeamento “Planeamento Colaborativo”

Esta metodologia de planeamento e controlo, tal como já referido anteriormente, necessita da participação activa das partes envolvidas na produção (últimos planeadores) na elaboração dos planos de trabalho.

Como um projecto de construção é uma multi-organização temporária de trabalho (um conjunto de várias organizações independentes a trabalhar no mesmo projecto, e por isso, com relações de trabalho mais frágeis e inseguras), é necessário criar uma forma efectiva de comunicação (Figura 17) entre as partes, de modo a desenvolver empatia e confiança necessárias.

A colaboração das partes é alcançada através de reuniões de planeamento, onde se promove um ambiente participativo e cooperativo na análise e discussão do projecto (datas, recursos, pré-requisitos e formas de execução das actividades). Deve fazer-se o possível para que as partes envolvidas percebam o esforço e a participação que se requerem para o cumprimento do plano geral. Deste modo, o planeamento colaborativo, com base na responsabilidade, participação e compromisso, contribui para a elaboração de planos de produção realistas e menos susceptíveis de variabilidade.

Apesar do processo de planeamento ser elaborado de forma colaborativa, o director da obra é o responsável por realizar uma análise prévia de todos os planos. Como parte mais interessada e na qualidade de líder, o director da obra deve preparar e guiar as reuniões, para que os objectivos do projecto sejam claramente apresentados e defendidos.

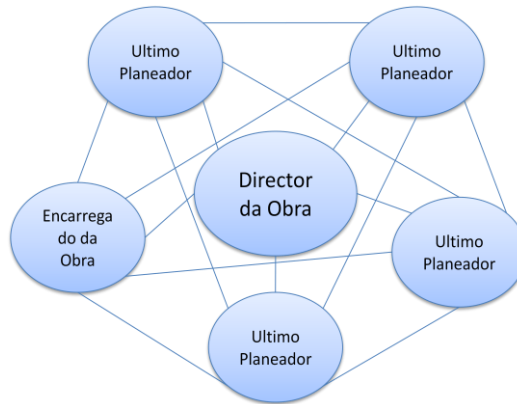


Figura 17- Esquemas dos canais de comunicação existente no planeamento colaborativo

A Figura 18 mostra o enquadramento das reuniões no processo de planeamento e controlo da produção:

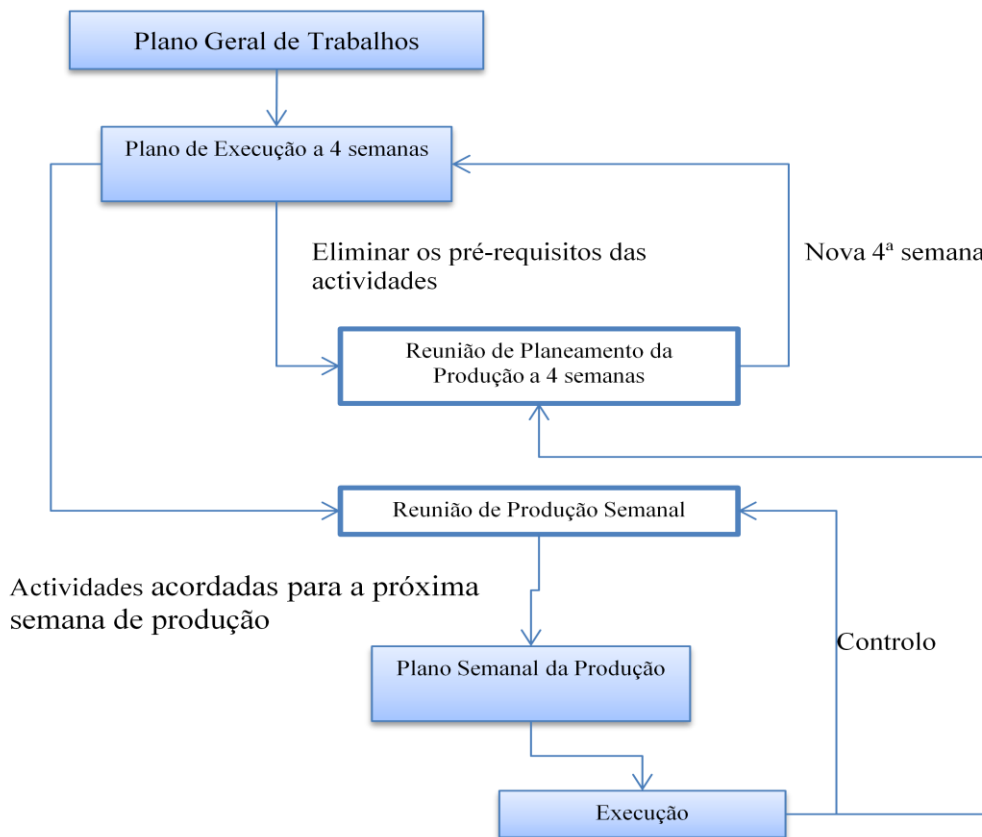


Figura 18 – Enquadramento das reuniões no processo de planeamento e controlo

### **3.3.5.1 Reunião de Planeamento da Produção a 4 Semanas**

Devem participar nesta reunião de planeamento o director, o encarregado geral da obra e todos os responsáveis por qualquer actividade a decorrer, ou a iniciar, nas próximas 4 semanas.

Sumariamente, os procedimentos para esta reunião são:

- Análise dos pré-requisitos de cada actividade (revisão e preparação).
- Elaboração de um novo plano de execução a 4 semanas, coordenado e actualizado com uma nova 4ª semana “puxada” do plano geral de trabalhos.
- Discussão dos problemas e interdependências das actividades.
- Apresentação e análise do indicador PPC (Percentagem de Planeado Concluído) da última semana.
- Aprendizagem e comprometimento de todos os representantes.

### **3.3.5.2 Reunião de Planeamento da Produção Semanal**

Tal como na reunião descrita no ponto anterior, devem participar nesta reunião o director e encarregado de obra, assim como todos os responsáveis pelas actividades a desenvolver na próxima semana. Os procedimentos chave desta reunião são:

- Seleccionar as actividades exequíveis para semana seguinte.
- Elaborar um novo plano de produção semanal.
- Incluir no novo plano as actividades do actual plano que se prevêem não estar concluídas até ao fim da semana corrente.
- Coordenar e ajustar as actividades (possibilidade de dividir uma actividade em várias tarefas).
- Destacar o compromisso de cada último planeador na realização das actividades.

### **3.3.6 Ciclo do Planeamento**

Com uma duração prevista de 1 hora, as reuniões definiram-se estrategicamente para Quarta e Sexta-Feira como mostra a Figura 19. Excepcionalmente, podem ser alteradas a datas, se as partes abrangidas acharem oportuno.

As reuniões de planeamento da produção semanal realizam-se às Sextas-feiras, pelos seguintes motivos:

- A proximidade com a semana seguinte diminui a probabilidade de haver uma variação do processo, tornando assim, o plano de produção semanal elaborado nesta reunião mais confiável.
- Por ser no final da semana, permite incluir no plano de produção da semana seguinte as actividades do actual plano que, por diversos motivos, tudo indica que não vão ser concluídas.
- É um dia da semana em que normalmente há interesse e disponibilidade geral para participar neste tipo de reunião.

Quanto às reuniões de Quarta-Feira os principais motivos são:

- Possibilidade de apresentar e discutir o PPC da semana anterior.
- Antecipar algum problema que possa surgir na reunião de Sexta-Feira.
- Aproveitar o meio da semana para fazer um *feedback* do plano de produção em curso.

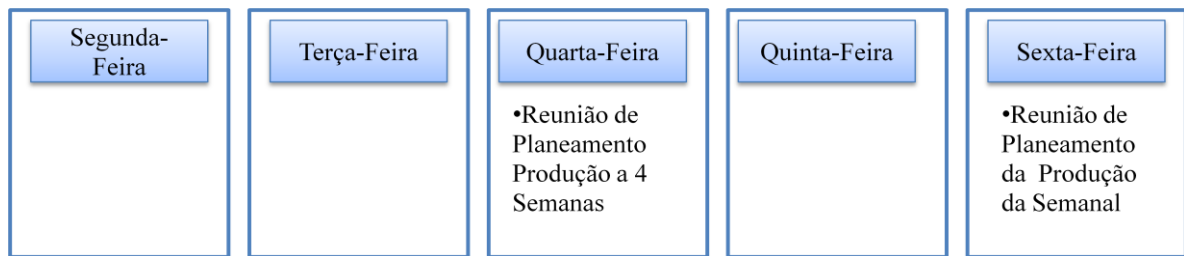


Figura 19 – Datas pré estabelecidas para as reuniões do novo modelo

### 3.3.7 Análise de Pré-requisitos

Lidar com as incertezas sempre foi e sempre será o maior problema da construção.

Um dos componentes principais deste modelo, para combater e minimizar os efeitos da incerteza, consiste na análise dos pré-requisitos das actividades. Este processo antecipa a análise dos requisitos de uma actividade de forma a garantir o seu início e conclusão com sucesso. Quando se satisfazem os pré-requisitos de uma actividade, diminui-se a probabilidade da mesma não ser executada no prazo planeado.

Cada pré-requisito é considerado como um subfluxo da produção. Os subfluxos (por exemplo: materiais, equipamento e mão-de-obra) são fontes de incerteza que alimentam o fluxo de produtivo e, por isso, devem ser coordenados e analisados.

Na metodologia implementada o *lead time* para a análise dos pré-requisitos é de 4 semanas. Este prazo corresponde ao tempo em que a actividade entra no planeamento de médio prazo (Plano de Execução a 4 semanas) até que fique pronta a ser inserida no plano de produção.

O material é, por exemplo, um requisito chave, pois se o material está mal dimensionado ou definido ou com a entrega atrasada, é o suficiente para que a actividade planeada não possa ser executada ou concluída com sucesso.

No novo modelo para facilitar este processo definiu-se um conjunto de perguntas que devem ser feitas nas reuniões, para analisar os pré-requisitos essenciais de cada actividade:

1. Materiais
  - a. Estão definidos a quantidade e o tipo de material necessário para executar a actividade?
  - b. Há condições para que o material chegue ao local na hora certa?
  - c. Há espaço suficiente em obra para armazenar o material?
2. Equipamento
  - a. Está definido o equipamento necessário para realizar a actividade?
  - b. Verificar a existência do equipamento. Se não existe como se vai fazer?
3. Condições de Segurança
  - a. A actividade requer condições especiais de segurança?
  - b. É possível satisfazer as condições a tempo?
4. Mão-de-Obra
  - a. Há colaboradores suficientes para realizar a actividade?
  - b. Os colaboradores têm as qualificações para realizar a actividade com a qualidade necessária?
5. Actividades Dependentes
  - a. Estão todas as actividades precedentes em ritmo?
  - b. Qual é actividade crítica?
6. Desenhos
  - a. Os desenhos disponíveis são suficientes para se realizar a actividade?
  - b. Está a actividade claramente definida? Há alterações?
7. Mapa Comparativo / Contrato
  - a. A actividade tem o mapa comparativo feito?
  - b. Está adjudicada a actividade?
  - c. Se a actividade está adjudicada como subempreitada, está feito o contrato?
8. Outros
  - a. Existe espaço físico necessário para realizar a actividade? Está limpo?
  - b. Pode o tempo condicionar a realização da actividade? Foi revista a previsão do tempo?
  - c. Estão as condições especiais para realizar a actividade asseguradas?

Esta análise funciona como uma protecção da variabilidade do fluxo de trabalho. Sempre que os requisitos não estejam revistos e confirmados, o director da obra não deve inserir a actividade no plano de produção semanal, sobe pena da actividade correr o risco de não ser concluída.

### **3.3.8 Controlo Visual**

De forma a facilitar a interpretação e comunicação da informação nas várias fases do processo de planeamento e controlo, foi tido em conta o sentido que mais absorve informação - a visão.

### Calendário das Actividades

O calendário das actividades (Figura 20) desenvolvido nesta metodologia, prevê facilitar a visualização das actividades a médio prazo e as suas interdependências. Este calendário, que deve ser colocado num lugar visível, nomeadamente, no painel de informação da obra, serve para que em todas as reuniões, os participantes possam, de forma interactiva, participar no planeamento das actividades.

Os calendários dos planos de produção semanal e execução a 4 semanas ficam, assim, expostos e facilmente visíveis a qualquer colaborador. Além disso, como é feito de *post-it's*, é facilmente alterado em cada reunião.

A Figura 20 mostra o calendário (1) de produção semanal e o calendário (2) de execução a 4 semanas elaborados na obra piloto.



Figura 20 – Calendário de Actividades

(1-Produção Semanal, 2-de Execução a 4 Semanas)

### Cores

As cores do calendário do plano de produção semanal (Figura 21) funcionam como alertas coloridos, que visam chamar a atenção para a execução das diferentes actividades.

Quando assinaladas a verde, significa que as actividades são planeadas pela primeira vez. Quando assinaladas a amarelo, significa que as actividades não foram concluídas na semana passada e voltam a ser planeadas. A vermelho significa que a execução das actividades é planeada pela terceira vez (actividades que passam a ser muito críticas).

Espera-se que a cor funcione como um alerta visual, para comprometer os responsáveis a concluir as actividades.

Actividade	planeamento cumprido	83%
Actividade repetida + de 1vez	X	
Actividade repetida	X	
Actividade planeada	X	
Concluída ?		

Figura 21 – Simbologia das cores do Plano de Produção Semanal

Também as cores dos *post-it's* do calendário da execução a 4 semanas (Figura 20), são definidas consoante a satisfação dos pré-requisitos das actividades. À medida que se satisfazem os pré-requisitos, a cor da actividade deve ser alterada de vermelho para verde.

### 3.3.9 Controlo

Este modelo apresenta um método de controlo não financeiro, ao contrário do que os directores da obra estão habituados. O controlo deste modelo é feito de diferentes formas que convergem num único indicador chave, o PPC (Percentagem de Planeado Concluído).

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de actividades concluidas}}{n^{\circ} \text{ de actividades planeadas}} \times 100$$

O PPC mede a performance do processo, isto é, espelha o bom ou mau funcionamento do modelo. Um aumento de PPC significa que o processo de planeamento é mais fiável, pois parte das actividades que foram planeadas no plano de produção semanal foram concluídas com sucesso.

Se cada simples actividade que derivar deste processo planeamento que envolve reuniões, discussões, análises de pré-requisitos, calendarizações e planificações, for executada no prazo, então, podemos dizer que o processo construtivo está sob controlo e é realista quanto à execução desejada.

### 3.3.10 Aprendizagem

Tal como em todos os modelos baseados na filosofia *Lean*, a componente aprendizagem é um passo fundamental para se conseguirem melhorias do processo.

No novo modelo de planeamento e controlo da produção, a chave para aumentar a performance do processo é o estudo das razões do não cumprimento das promessas dos últimos planeadores, ou seja, o porquê da não conclusão das actividades. Esta é a etapa final de um ciclo de produção e o arranque de um novo ciclo de comprometimento. De promessas não cumpridas devem fazer-se novos planos e novas promessas.

Depois de registar o PPC, o director da obra deve, no início de cada semana, fazer uma análise sobre as causas de não conclusão das actividades do plano de produção anterior e apresentar a discussão na reunião de Quarta-feira. Esta etapa não pode ser vista como uma inspecção, mas sim, como controlo útil do processo.

Esta parte é muito importante e deve ser compreendida e aceite por todos os intervenientes, no sentido de se fazer uma reflexão sobre o que correu mal e o que se pode melhorar no planeamento. Nesta altura, aprender com os erros é o objectivo.

No plano de produção semanal foi incluída uma coluna especialmente indicada para calcular o PPC e registar a análise e os motivos da não conclusão das actividades, como apresenta a Figura 22.

Motivos de não conclusão				Total de Actividades	12
1	Materiais	6	Desenhos	Actividades Completas	10
2	Equipamento	7	Plano de comprometimento	Percentagem de planeamento cumprido	83%
3	Condições de Segurança	8	Alteração de Sequência	Actividade repetida + de 1vez	X
4	Condições Imprevistas	9	Mão de Obra	Actividade repetida	X
5	Actividades dependentes			Actividade planeada	X

07-12-2009		Concluída ?				Motivos para a Não conclusão/execução/Observações
07	08	09	10	11	12	
23	30	06	13	20	27	
						Responsável
						Sim
						Não
						Nº
						Lousaprojecta
						Norlabor
						Norlabor
						Revespovoa
						Revespovoa

Figura 22 – PPC e Análise das causas de não conclusão de actividades

Para simplificar o processo, e com base no histórico da empresa, definiram-se nove causas principais para a não conclusão das actividades.

- 1) Materiais, 2) equipamento, 3) condições de segurança, 4) condições imprevistas, 5) actividades dependentes, 6) desenhos, 7) plano de comprometimento, 8) alteração de sequência, 9) mão-de-obra.

### 3.3.11 Melhoria Contínua

Tal como já referido, este modelo é um ciclo contínuo de planos e processos que só terminam quando a obra estiver totalmente construída. A forma como o modelo se estrutura cria condições para garantir uma melhoria contínua do processo, assim como, permite medir essa melhoria através do indicador PPC.

Através de um ciclo que começa no planeamento colaborativo, na participação, na análise de pré-requisitos, no comprometimento e termina na análise das causas de não conclusão das actividades, os últimos planeadores são estimulados e motivados para melhorar, para voltar a planear e voltar a comprometer a execução das actividades.

Quando se diz que um produto não tem qualidade está-se obviamente a dizer que esse mesmo produto não satisfaz os requisitos necessários. Por analogia, neste modelo, quando uma actividade não é concluída está a dizer-se que a actividade, inserida no plano de produção semanal, não satisfaz todos os pré-requisitos, ou seja, não tem qualidade suficiente. Um plano com qualidade é um plano fiável, constituído por actividades que satisfazem todos os requisitos para serem concluídas.

Este modelo incentiva a melhoria contínua do processo de planeamento com o aumento do indicador PPC, através da melhoria contínua da qualidade dos planos de produção.

## **4 Análise da Implementação**

O objectivo deste capítulo é apresentar as principais análises à implementação da metodologia descrita no ponto anterior.

De salientar que a implementação prática do modelo de planeamento e controlo de produção decorreu durante catorze semanas, desde 14 de Setembro, até 18 de Dezembro de 2009.

### **4.1 Coordenação do Planeamento**

A coordenação do processo de planeamento e controlo tornou-se com este modelo uma importante tarefa do director da obra. O envolvimento de diferentes especialidades de subempreitada no projecto aumentou a necessidade de uma coordenação mais presente e mais activa por parte do empreiteiro geral. Ao longo da implementação e estudo do novo modelo na obra piloto, o autor deu um importante contributo ao director da obra na coordenação do planeamento.

O director da obra que ao mesmo tempo é gestor da produção é a peça fundamental na execução dos trabalhos e é nele que se depositam as responsabilidades do projecto.

O autor acompanhou diariamente o director da obra de forma a suportar todos os processos envolvidos e a promover a dinâmica e motivação necessária para uma nova abordagem do processo de planeamento e controlo da produção.

De salientar que a maior desvantagem deste modelo, está relacionada com o tempo necessário para a aplicação da nova metodologia. Em contrapartida com o modelo anterior usado pela empresa, a nova metodologia obriga a uma maior dedicação e disponibilidade de tempo do director da obra no processo de planeamento e controlo de produção. Este facto pode traduzir-se num custo extra para a obra, que facilmente pode ser ultrapassado, com sistematização do modelo e com os lucros que a empresa pode obter.

### **4.2 Análise do PPC (Percentagem de Planeado Concluído)**

Com os dados obtidos ao longo das catorze semanas (de 14 de Setembro, a 18 de Dezembro de 2009) de implementação, foi possível fazer-se uma análise sobre a evolução da performance do modelo de planeamento e controlo da produção, como mostra o gráfico representativo da Figura 23.

O gráfico reflecte uma clara tendência de aumento do indicador PPC (Percentagem de Planeado Concluído) no decorrer do estudo. O PPC varia desde 56% na primeira semana até 77% na última semana, com um pico máximo de 79%, na décima terceira semana. É de realçar que o valor médio do PPC, nas últimas quatro semanas é de 77%, o que revela uma estabilização da performance do processo de planeamento e um aumento relativamente às primeiras semanas de implementação.

Dado que se trata de uma obra de construção civil e de pequena dimensão, é normal que o número de tarefas ao longo do projecto não seja muito elevado e que este apresente alguma variação.

O decréscimo do número de actividades das duas últimas semanas tem especialmente a ver com o atraso no início das actividades de serralharia. A especialidade de serralharia representa um conjunto de actividades críticas, que condicionam a realização das restantes actividades.

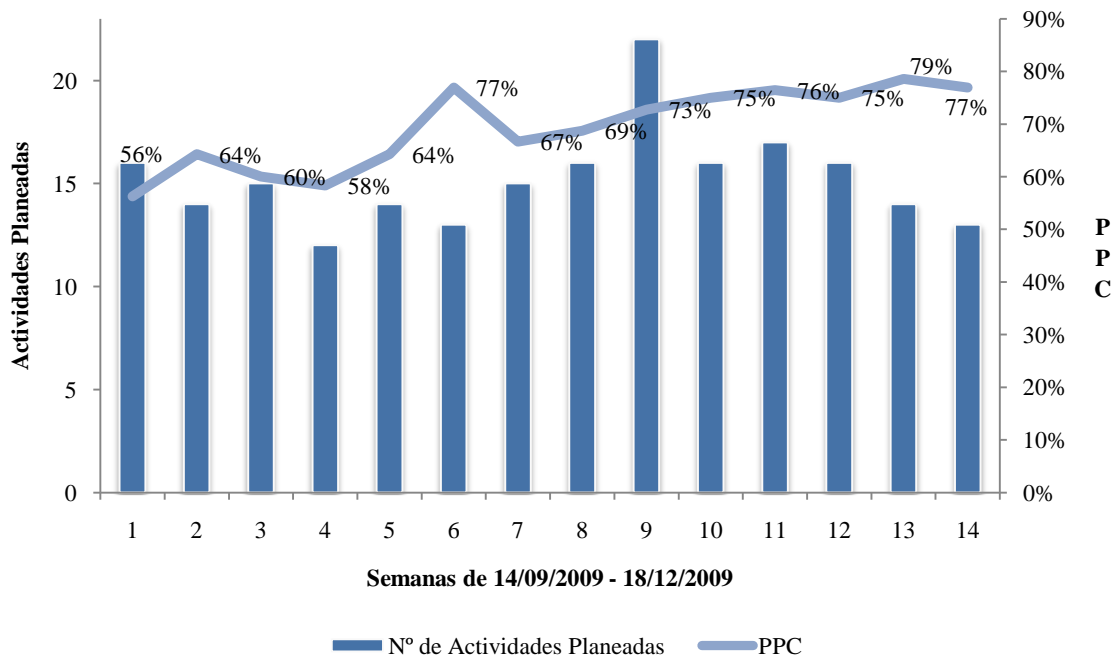
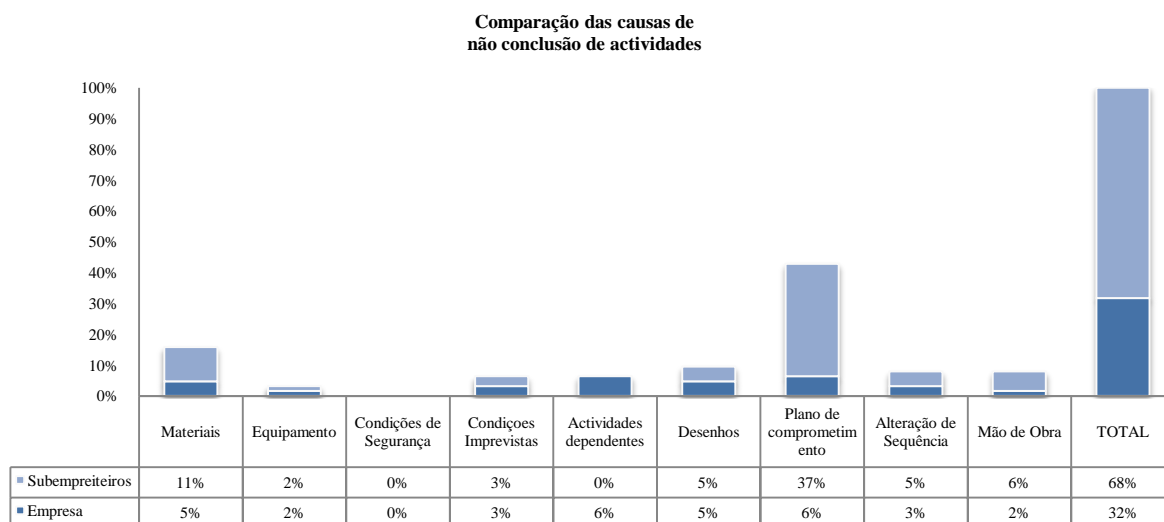


Figura 23 – PPC e nº de actividades ao longo da implementação do modelo

#### 4.3 Causas de não conclusão das actividades

O gráfico da Figura 24 mostra em termos de percentagens as diferentes causas para a não conclusão das actividades, durante a fase de implementação, entre 14 de Setembro e 18 de Dezembro de 2009.



**Figura 24 – Comparação das causas de não conclusão das actividades**

O gráfico também permite analisar a diferença entre as causas das actividades não concluídas pelos subempreiteiros e pela empresa.

De realçar que 43% de todas as causas foram relativas a actividades não concluídas devido ao “Plano de Comprometimento”, isto significa que as actividades não puderam ser concluídas como planeado por duas principais razões: 1) excesso de comprometimento, quando o ultimo planeador subestima as quantidades de trabalho numa actividade ou 2) o plano de actividades não foi seguido na execução.

Este valor elevado pode ser explicado pela inexperiência dos últimos planeadores com o novo modelo de planeamento, pela dificuldade demonstrada na realização de previsões sobre as actividades a realizar e também pelo desinteresse na execução de certas actividades.

A segunda causa mais relevante (16%) para a não conclusão das actividades foi o material. Esta é uma causa que facilmente poderá ser corrigida quando a mesma corresponde à entrega de materiais fora do prazo. O maior problema coloca-se quando o material chega à obra mal especificado. Esta causa só é detectável no momento de execução e, dependendo do tipo de material pode levar algum tempo até à sua reposição em obra. Um dos casos aconteceu com a espessura do poliestireno usado no capotto (revestimento exterior da alvenaria), apesar de a actividade ter sido considerada livre de requisitos, só quando efectivamente se começou a executar o trabalho é que o encarregado da subempreitada (último planeador) constatou que o material estava errado e tinha de parar a actividade.

Outra causa detectada com alguma frequência para a não conclusão das actividades, foi a necessidade de rever os desenhos. Esta causa implicou paragens e alterações nas actividades. Tal facto é uma prática muito comum na construção, o que causa grande incerteza no processo produtivo. Por vezes o que está projectado não é exequível, outras vezes, só quando o projecto está a ser construído é que o dono da obra pede alterações ao mesmo.

Não foram constatadas quaisquer causas de não conclusão de actividades por motivos de condições de segurança. A exigência por lei de um técnico de segurança, higiene e saúde no acompanhamento da obra é uma mais-valia, pois, para além de evitar que acidentes ocorram, evita que as actividades não sejam concluídas por motivos de falta de segurança. Em obras de

maior dimensão é aconselhável envolver o técnico de segurança no acompanhamento de todo o processo de planeamento.

De salientar que quase 70% das causas foram relativas a actividades de subempreitada. Esta diferença era de esperar porque grande parte das actividades executadas durante a implementação deste modelo, foram de especialidades de subempreitadas (electricidade, ITED, AVAC, Segurança contra incêndios).

Esta análise sobre as causas para a não conclusão de actividades é uma metodologia inovadora (na empresa) e nunca antes usada por nenhum dos colaboradores envolvidos.

#### 4.4 Análise dos Pré-requisitos das actividades

A técnica de análise dos pré-requisitos das actividades revelou ser o objectivo principal do planeamento a médio prazo, ou melhor, do “Plano de Execução a 4 Semanas”.

A observação profunda à implementação desta fase de planeamento, permite aferir que a escolha de 4 semanas para o *lead time* de análise dos requisitos das actividades não foi suficiente na eliminação do pré-requisito “Mapa Comparativo”.

Tal como já descrito no modelo em uso pela empresa, a realização dos mapas comparativos é uma prática usada para garantir que cada actividade, ou conjunto de actividades (especialidade), seja realizada ao menor custo possível nas condições exigidas. Esta prática pressupõe o dever do director da obra em fazer uma pesquisa ao mercado e a comparar os vários orçamentos entregues pelos subempreiteiros. Contudo, pode revelar-se muito demorada, principalmente, quando se está a comparar uma actividade ou conjunto de actividades complexas ou de difícil execução.

Na obra piloto em estudo, o processo, desde a procura de subempreiteiros e pedido de orçamento até à recepção e registo para posterior validação, em algumas actividades demorou muito mais do que 4 semanas. É preciso também, ter em conta que mesmo depois de validado o mapa comparativo, há sempre um espaço de tempo para integrar o último planeador no processo de planeamento e proceder à análise dos restantes pré-requisitos para execução da actividade.

Como as actividades se encontram interligadas pelo método do caminho crítico, quando este problema surge com uma actividade crítica, é sinal que o planeamento vai começar a entrar em desordem e a sequência natural do plano geral de trabalhos fica comprometida.

O que acontece é que, com o objectivo de cumprir o plano geral de trabalhos e manter um conjunto de actividades prontas a executar para o plano semanal de produção, o processo de planeamento a médio prazo “Plano de Execução a 4 Semanas” tende a “puxar” semana após semana novas actividades fora do caminho crítico, como se explica de seguida em detalhe:

- As actividades do caminho crítico, como estão comprometidas por uma actividade (actividade impossível de executar no prazo estabelecido) não devem ser “puxadas” para o plano de execução a 4 semanas.
- O plano de execução a 4 semanas equilibra-se “puxando” do plano geral de trabalho actividades fora do caminho crítico.

Ora, se isto acontecer de forma esporádica, o plano de execução a 4 semanas consegue resolver e equilibrar as actividades, sem comprometer o planeamento de curto prazo e, consequentemente, sem que se note qualquer alteração nos índices de performance PPC e do cumprimento dos objectivos do projecto. Caso contrário, esta situação pode levar ao incumprimento do plano geral de trabalhos e à necessidade de se proceder a uma reformulação do mesmo.

Um dos exemplos desta obra foi o caso do mapa comparativo da especialidade de serralharias. Este mapa comparativo, por motivos alheios ao novo modelo de planeamento em implementação demorou imenso tempo a validar, pelo que as consequências começaram a ser visíveis como descreve o parágrafo anterior. Como nas duas últimas semanas as actividades em realização não foram suficientes para cumprir os objectivos plano geral de trabalhos, perspectivava-se a necessidade de reformular o plano geral.

Este exemplo permite concluir que o processo de planeamento só é totalmente eficaz se as actividades inseridas na fase intermédia de planeamento (Plano de Execução a 4 Semanas) forem actividades em que o tempo de análise e satisfação dos requisitos essenciais para início de actividade é menor do que 4 semanas. A satisfação do pré-requisito “Mapa Comparativo”, com a devida antecipação, deverá ser, numa próxima implementação do modelo, um requisito básico para qualquer actividade. Para futuras implementações deste modelo, devem ser consideradas as seguintes soluções para este problema:

- A criação de uma equipa especializada para realização de mapas comparativos, que de forma ágil e rápida, consiga antecipar a elaboração dos mapas para posterior validação. Desta forma, todas as actividades que fossem inseridas no Plano de Execução a 4 Semanas teriam um responsável (último planeador), independentemente de serem realizadas pela empresa ou adjudicadas a subempreiteiros. Este facto, para além de diminuir consideravelmente a probabilidade de se afectar o fluxo de trabalho do caminho crítico, facilitaria a integração do último planeador da actividade no processo de análise dos pré-requisitos. Esta solução também permitiria libertar mais tempo ao director da obra para se focar na gestão dos processos da obra e no planeamento e controlo da produção.
- Dependendo da complexidade de cada projecto, o *lead time* para análise dos pré-requisitos das actividades pode ser aumentado, ou seja, a visão do planeamento de médio prazo pode ser ajustada entre 3 a 12 semanas, como referem os estudos neste âmbito. Como o factor experiência da organização com o novo modelo é fundamental, o aumento da visão do médio prazo de planeamento deve ser feito de forma gradual.

#### **4.5 Outros Indicadores**

##### **Planeamento Colaborativo**

Este estudo permitiu fazer uma crítica mais precisa sobre as necessidades do processo de planeamento e controlo de produção, pelo que se pode concluir que o conceito planeamento colaborativo é a essência da aplicação deste modelo.

Todo o esforço desenvolvido para integrar e facilitar a participação dos últimos planeadores no processo de planeamento, resultou numa vantagem significativa para execução do projecto e para o fortalecimento de relações de confiança entre as partes. Os bons resultados do indicador PPC só foram conseguidos porque houve um comprometimento e uma responsabilização dos últimos planeadores na realização das suas actividades. Mesmo assim, os resultados evidenciaram que 43% das causas de não conclusão das actividades foram devidas aos planos de comprometimento, ou seja, actividades prometidas mas mal estimadas pelos últimos planeadores ou mesmo actividades onde a execução não foi cumprida como planeado.

Este facto leva a repensar a importância de cada último planeador na produção e no esforço que a empresa deve fazer para comprometer todos os envolvidos no projecto.

Internamente, o comprometimento de um último planeador (encarregado geral da obra ou de primeira linha) é bastante mais fácil de se fazer devido à relação directa de trabalho que há com a direcção da obra.

Quando se fala em comprometimento de um último planeador externo à empresa, ou melhor, de um subempreiteiro, há a necessidade de se usarem metodologias mais estratégicas. Sugere-se, por exemplo, a inclusão de uma alínea no contrato formal com o subempreiteiro, onde se refira a necessidade de o mesmo intervir de forma colaborativa no planeamento do projecto. Mais ainda, dar formação aos directores de obra em áreas como a negociação, motivação e liderança, de forma a dota-los de capacidades extra que visem facilitar o processo de comprometimento. Ou então, de forma mais fácil, desenvolver relações de parceria com subempreiteiros, estimulando-os na base da confiança.

Estas são apenas algumas das soluções que no futuro podem contribuir para um planeamento ainda mais colaborativo.

## **Gestão Visual**

O uso dos calendários de actividades, bem como as diferentes cores usadas, demonstraram ser valiosas ferramentas para o processo de planeamento e controlo de produção. A elaboração dos calendários facilitou bastante a interacção do grupo nas reuniões de planeamento e foi uma óptima ferramenta para a visualização e percepção das dependências entre as diferentes actividades no médio prazo de execução (4 semanas).

## **Qualidade de execução das actividades**

Este modelo de planeamento e controlo de produção não aborda a questão da qualidade da execução das actividades, mas sim a qualidade dos planos de produção.

No entanto, depois de passarem por um processo eficaz de planeamento, onde os pré-requisitos são analisados, à partida as actividades são executadas com um nível de qualidade superior. É expectante uma diminuição das actividades concluídas mas não conformes.

Durante a implementação do novo modelo foram registados cinco casos de actividades não conformes. O número é suficiente para concluir que, apesar de todo o processo de planeamento, os planos não garantem que a execução seja concluída com sucesso.

Este facto pressupõe, para além de um processo de planeamento eficiente, a necessidade de um processo de execução de qualidade superior. Os pontos a seguir referidos são algumas das variáveis que influenciam a qualidade das actividades:

- Uso de bons materiais e tecnologia de construção;
- Formação dos colaboradores;
- Escolha das subempreitadas pelo factor qualidade e não pelo custo;
- Comprometimento dos intervenientes.

### Indicadores Financeiros

A análise dos indicadores financeiros não foi abordada neste estudo, devido à curta implementação do modelo na obra. Para se fazerem análises coerentes sobre o impacto nos custos e facturação, o modelo deve ser implementado desde o início até ao fim de uma obra. Pode, contudo, constatar-se na evolução dos indicadores financeiros que a nova metodologia não teve qualquer impacto negativo nos, aproximadamente, quatro meses de estudo.

A Tabela 3 apresenta os principais indicadores financeiros medidos no decorrer da obra.

**Tabela 3 – Indicadores Financeiros do Projecto**

	Setembro-2009	Outubro-2009	Novembro-2009	Dezembro-2009
Facturação	24.335,35 €	71.062,55 €	130.168,89 €	39.288,25 €
Facturação Acumulada	75.170,49 €	146.233,04 €	276.401,93 €	315.690,18 €
Custos	25.675,65 €	51.216,05 €	82.617,73 €	42.318,55 €
Custos Acumulados	138.456,48 €	189.672,53 €	272.290,26 €	314.608,81 €
Resultado da Obra	-63.285,99 €	-43.439,49 €	4.111,67 €	1.081,37 €

### Opinião dos Últimos Planeadores

Do ponto de vista geral, a opinião dos últimos planeadores quanto ao modelo implementado foi positiva. Contudo, notou-se uma fraca interiorização da filosofia *Lean*, das suas bases e objectivos.

As reuniões de planeamento foram elogiadas por facilitarem a comunicação entre os planeadores e por permitirem uma maior aproximação ao director e ao encarregado da obra.

Alguns dos subempreiteiros acrescentaram que já tinham trabalhado com outros empreiteiros gerais que, de alguma forma, focavam o seu processo de planeamento na cooperação e colaboração, mas nunca de uma forma controlada e sistemática, como o que se pretendia nesta obra. O facto de estes colaboradores intervirem no processo de planeamento fez com que sentissem o seu trabalho valorizado e, como tal, se comprometessem de uma forma mais responsável na execução do trabalho planeado.

A elaboração dos planos de médio prazo foi vista como uma vantagem para os subempreiteiros, pois permitiu que estes organizassem a sua capacidade produtiva em função das necessidades da obra. Como é normal no sector da construção, os subempreiteiros, para combaterem a variabilidade da procura dos seus serviços tendem a sobrecarregar o seu portfolio de obras. Desta forma, vão distribuindo a sua capacidade produtiva pelas diferentes obras, penalizando normalmente as obras mais rápidas ou as obras menos lucrativas.

Na opinião do encarregado geral, este modelo foi um bom desafio, na medida em que o obrigou a focar-se num planeamento a médio prazo (planeamento com visão de 4 semanas) e veio facilitar muito o seu trabalho ao nível da monitorização das actividades em execução.

O autor realça que a falta de autocritica dos últimos planeadores limitou um pouco o processo de aprendizagem com os erros cometidos.

#### **4.6 Barreiras à Implementação**

Mesmo sendo este um bom exemplo de uma implementação de um modelo *Lean*, há sempre barreiras à implementação que podem condicionar o trabalho efectuado. Neste caso podem identificar-se duas barreiras que de alguma forma influenciaram o estudo desenvolvido.

##### **Visão de curto prazo**

Durante o uso do novo modelo, a principal barreira encontrada foi a visão de curto prazo, predominante entre todos os colaboradores do projecto. Esta barreira não permite visualizar as actividades e os problemas de médio prazo, o que dificulta a realização dos planos de execução a 4 semanas.

Com a experiência e o treino adquiridos no final da implementação, os colaboradores já se dotavam de uma maior capacidade em visualizar as actividades a médio prazo (4 Semanas).

##### **Mapas Comparativos**

Tal como se explica no ponto 4.4, a dificuldade e o tempo para realização de alguns mapas comparativos levou ao condicionamento temporário das duas últimas semanas de implementação do modelo.

Os mapas comparativos são uma ferramenta desenvolvida e aplicada no modelo tradicional da empresa. Como são de importância relevante para a diminuição dos custos das actividades, são uma ferramenta a incluir em qualquer modelo de planeamento, no entanto, devem ser utilizados de forma a ajudar na construção e não para atrasar o processo produtivo.

## 5 Conclusões

A dissertação apresentada procurou contribuir para o desenvolvimento e abordagem prática da filosofia *Lean Construction*. O estudo focou-se na implementação de um modelo *Lean* de planeamento e controlo de produção, numa obra piloto de construção civil, da construtora Norlabor.

Para a abordagem do estudo, contribuíram os princípios da filosofia *Lean Construction* e a abordagem prática do modelo *Last Planner System*. Ao contrário do modelo tradicional de planeamento e controlo de produção, que vê a produção como um conjunto de processos de transformação de entradas (inputs) em entregas (outputs) planeados e controlados em termos de custos, o novo modelo desenvolvido segundo a teoria de produção TFV (Transformation, Flow and Value), visa a integração de três conceitos de produção, a transformação, o fluxo e o valor. O seu principal objectivo será, sempre, eliminar os desperdícios, diminuir a variabilidade do fluxo produtivo e criar valor para o cliente.

Estudos práticos da implementação do modelo *Last Planner System* no processo produtivo da construção têm revelado resultados significativos ao nível do aumento da eficiência do planeamento e controlo do processo produtivo, e conseqüentemente, do controlo da variabilidade da produção, melhoria da produtividade, diminuição de custos e aumento de competitividade.

Numa altura em que a indústria da construção em Portugal se encontra em recessão e num ciclo de reestruturação, o modelo descrito nesta dissertação é mais um exemplo de sucesso para a melhoria do processo produtivo e, a chave para a competitividade dentro do sector.

Na fase inicial, e depois de uma análise às metodologias e ferramentas tradicionais de planeamento e controlo da produção da empresa, o autor conclui a inexistência de um processo formal de planeamento de produção, sendo esta uma prática corrente neste sector. No começo da obra, é elaborado um plano geral de trabalhos e, desde então, à medida que se avança no cronograma geral do projecto, as actividades a executar são puxadas para a produção e “desenrascados” os seus pré-requisitos. Quanto ao controlo, este é feito através de uma análise mensal de custos e de facturação.

O novo modelo implementado propõe uma perspectiva de planeamento formal desenvolvido em três níveis diferentes, o longo, o médio e o curto prazo de planeamento. O Plano Geral de Trabalho, o Plano de Execução a 4 Semanas e o Plano de Produção Semanal, são elaborados em cada nível de planeamento. A grande diferença deste novo modelo é que pressupõe um planeamento colaborativo de forma a comprometer e responsabilizar todos os últimos planeadores (última pessoa responsável pela realização de uma determinada actividade) no processo de execução das actividades planeadas. O objectivo é assegurar que, através de todo o processo de planeamento, a totalidade dos pré-requisitos de cada actividade seja analisada e

satisfeita antes do início programado para a execução dessa mesma actividade. Desta forma, a produção, que é vista como um fluxo, torna-se muito mais estável e previsível.

O ciclo de planeamento semanal termina com a medição do indicador PPC (percentagem de planeamento concluído). As razões para a não conclusão das actividades devem ser registadas e servem para análise e aprendizagem. A melhoria contínua é uma característica deste modelo, semana após semana, o processo deve ser melhorado e medido pelo indicador PPC.

Na análise global da implementação do modelo *Lean*, registou-se um significativo aumento do indicador de performance PPC. Na primeira semana foi registado um PPC de 57%, sendo que, nas seguintes semanas, a tendência foi de aumento progressivo até um valor aproximadamente constante de 77% nas últimas quatro semanas. Os valores medidos mostram que houve um claro aumento na fiabilidade do processo de planeamento da produção e, conseqüentemente, a criação de um fluxo de produção menos variável e mais produtivo.

É de evidenciar, após a análise de não conclusão de actividades, que 43% das actividades não foram concluídas como planeado, devido à inexperiência dos últimos planeadores com o novo modelo de planeamento, à dificuldade demonstrada na realização de previsões sobre as actividades a realizar e também pelo desinteresse na execução de alguns dos planos.

Para além dos resultados atingidos e medidos, existe uma enorme vantagem na aplicação desta metodologia. Esta consiste na criação e desenvolvimento de uma nova cultura organizacional, uma cultura focada na melhoria contínua do processo, na aprendizagem e no planeamento colaborativo.

Apesar de ter conseguido satisfazer os objectivos previstos, a implementação do modelo revelou algumas fragilidades do processo. Depois do teste efectuado na obra piloto, são propostas três acções de melhoria que podem contribuir para futuras implementações do modelo *Lean*:

- Formação avançada dos colaboradores no modelo e filosofia *Lean*;
- Criação de uma equipa especializada em adjudicação e realização de mapas comparativos;
- Fortalecimento das relações com os subempreiteiros (relações de confiança).

O autor denotou que foi necessária uma maior dedicação e disponibilidade de tempo do director de obra na coordenação de todo o processo, o que se traduz num custo extra para a obra. No entanto, quando o modelo *Lean* de planeamento e controlo de produção for aplicado de forma experiente e sistemática pela empresa, esperam-se quantificar os seguintes resultados a nível da eficiência do processo de construção:

- Diminuição do tempo de produção;
- Melhor qualidade final do produto;
- Diminuição dos custos totais de produção.

## **Limitações do Caso de Estudo**

O estudo apresenta algumas limitações, que podem restringir a generalização das conclusões obtidas.

O tempo de implementação do modelo desenvolvido revelou-se ser insuficiente para se consolidar as novas práticas e para se conseguir quantificar melhorias ao nível de indicadores financeiros e de produtividade. Para um estudo sobre outros indicadores, o modelo deverá ser implementado desde o início até ao fim do projecto.

Outra limitação está relacionada com as particularidades dos projectos de construção. O facto de um projecto ser único e para cada projecto ser feita uma nova organização de trabalho, limita uma comparação directa de quaisquer resultados finais. No limite, é possível fazer comparações relativas de algumas partes ou actividades do projecto.

O que se pretende, então, é criar um modelo *standard*, passível de ser implementado em todos os tipos de obras e que garanta uma melhoria contínua do processo de planeamento, e consequentemente, a eficiência do processo de construção.

## 6 Referências

- Ballard, G, Howell, G. (1994). “Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow” Proceedings of the 2th Workshop on Lean Construction , International Group for Lean Construction, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Santiago
- Ballard, G, Howell, G. (1998). "What kind of production is construction?", Proceedings of the 6th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, Guarujá, Brasil.
- Ballard, G, Howell, G. (2004). “An update on last planner”, Proceedings of the 12th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, Copenhaga, Dinamarca.
- Ballard, G. (1994). “The Last Planner”, Northern California Construction Institute, Monterey, California.
- Ballard, G. H. (2000).” *The Last Planner System of Production Control*”. Ph.D. Thesis. Faculty of Engineering. School of Civil Engineering. The University of Birmingham.
- Bermardes, M. S. (2003). “Planejamento e Controle da produção para empresas da Construção Civil”. Rio de Janeiro: LTC Editora
- Chua, D. K. H., Shen, L. J., and Bok, S. H. (1999). “Integrated production scheduler for construction look-ahead planning Proceedings of the 6th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, University of California, Berkeley, California.
- Conte, A. S. I. (1998). “Last planner, look ahead, PPC: a driver to the site operations.” Proceedings of the 6th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil

- Drexler, J., Larson, E. (2000). "Partnering: why project owner-contractor relationships change", *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Hamzeh, F.R., Ballard, G., and Tommelein, I.D. (2008). "Improving Construction Workflow- The Connective Role of Lookahead Planning", Proceedings of the 16th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, Manchester, UK.
- Howell G.A. (1999). "What is Lean Construction", Proceedings of the Annual Conference, International Group of Lean Construction, University of California, Berkeley, EUA.
- Howell G. A., P.E. e Koskela L. (2000). "Reforming Project Management: the Role of Lean Construction". Proceedings of the 8th Workshop on Lean Construction, International Group for Lean Construction, Brington.
- Kalsaas, T.B, Skaar, J., Thorstensen, T.R. (2009). "Implementation of Last Planner in a Medium-Sized Construction Site" Proceedings of the Annual Conference, International Group for Lean Construction, Taiwan
- Koskela, Lauri. (1992). "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report # 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University.
- Koskela, Lauri. (2000). "An exploration towards a production theory and its application to construction", Espoo, VTT Building Technology. VTT Publications.
- Mastroianni, R., Abelhamid, T. (2003). "The challenge: the impetus for change to lean project delivery", Proceedings of the Annual Conference (IGLC-11), International Group for Lean Construction, Blacksburg.
- Mossman, A. (2009). "Last Planner – Collaborative conversations for reliable design and construction delivery"
- Ohno, Taiichi. (1988). "Toyota production system". Productivity Press, Cambridge, UK.
- Picchi, F.A. (2003). "Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção". Revista da Antac, Ambiente Construído, Porto Alegre – RS, Brasil
- Santos, AD. (1999). "Application of flow principles in the production management of construction sites", PhD thesis, University of Salford, Salford, EUA

- Sarja, A., Hannus, M. (1995). “Modular systematics dor the industrializa building”. Technical research Centre of Finland, Espoo, Finland
- Vrijhoef, R.; Koskela, L. (2005). “Revisiting the three peculiarities of production in construction”, Proceedings of the Annual Conference -13, International Group for Lean Construction ,Sydney, Australia
- Womack, J. P., 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., Roos, D. (1990). “A Máquina que Mudou o Mundo: A História da Produção Lean”. Rawson Associates, New York, EUA



