



GESTÃO RACIONAL DE UM PARQUE DE CONTENTORES DE APOIO A OBRAS DE CONSTRUÇÃO

VASCO MANUEL GOMES DE ALMEIDA MIRANDA

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

Orientador: Professor Doutor Hipólito Sousa

Coorientador: Professora Doutora Isabel Horta

JUNHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus pais e família

“O tipo de desperdício mais perigoso é aquele que não reconhecemos.”

Shigeo Shingo

Agradecimentos

A todos aqueles que de alguma forma, directa ou indirecta, contribuíram para a realização do presente trabalho.

À Professora Isabel Horta, pela disponibilidade extra em me ajudar.

A toda a equipa da Algeco S.A., com a qual tive o prazer de trabalhar, pela ajuda e tempo disponibilizado, e em particular ao José Pedro Silva.

Ao Francisco Rodrigues, pela oportunidade e pelo tempo disponibilizado.

E aos meus pais e família, por todo o apoio incondicional, não só durante a realização da presente dissertação, mas bem como em todos os projectos em que empreendo.

Resumo

O presente trabalho enfoca a racionalização do processo produtivo de uma empresa de construção modular por meio da aplicação de princípios *Lean*. Através da implementação de teorias e princípios básicos de gestão relacionados com a melhoria dos processos de produção, a filosofia *Lean* compromete-se a maximizar o valor do produto e reduzir os desperdícios, contribuindo para a otimização global do projecto.

A produção *Lean* destaca-se pela sua capacidade para integrar actividades e otimizar as interligações existentes entre elas, permitindo, assim, reduzir de forma eficaz os desperdícios inerentes ao actual processo construtivo.

Para tal, a padronização dos componentes e a utilização de modularização e pré-fabricação são apontados como factores determinantes da aplicabilidade do modelo *Lean* à construção, possibilitando a transferência de trabalhos essenciais para ambientes de produção controlados.

No sentido de cumprir os objectivos estabelecidos, adoptou-se uma metodologia que compreende essencialmente duas fases. A primeira resume-se a uma revisão bibliográfica através da qual são apresentados e explicados os conceitos, fundamentos e ferramentas da ideologia *Lean* e do processo de construção modular. Numa segunda fase é exposto um caso de estudo como resultado de uma colaboração com a empresa Algeco S.A.. Por meio da observação presencial das actividades produtivas nas instalações da empresa e de diálogos com os principais intervenientes procurou-se analisar o processo produtivo da empresa com o objectivo de identificar oportunidades de melhoria. Posteriormente, tendo por base a aplicação de princípios *Lean*, são propostas medidas que visem a capitalização dessas oportunidades de forma a obter ganhos de produtividade.

Palavras-chave: Racionalização da Construção, *Lean Production*, *Lean Construction*, Construção Modular, Industrialização da Construção

Abstract

The present paper focuses on the rationalization of the production process of a modular construction company through the application of Lean principles. Through the implementation of basic management theories and principles related to the improvement of production processes, the Lean philosophy compromises on maximizing product value and reducing waste, contributing to the global optimization of the project.

Lean production stands out for its ability to integrate activities and optimize the interconnections that exist between them, thus allowing to effectively reduce the wastes inherent to the current construction production model.

In this sense, the standardization of components and the utilization of modularization and pre-fabrication are appointed as key factors for the applicability of the Lean model to construction, allowing the transfer of essential work to controlled production environments.

In order to meet the objectives set, it was adopted a methodology comprising essentially two stages. The first one consists of a literature review through which the concepts, fundamentals and tools of the Lean ideology and of the modular construction process are presented and explained. In the second stage it's exposed a case study that resulted of a collaboration with the company Algeco S.A.. Through the observation of the production activities on company's premises and questionnaires to the main players involved, it was sought to analyze the company's production process with the objective of identify improvement opportunities. Subsequently, based on the application of Lean principles, measures aiming the capitalization of those opportunities are proposed in order to obtain productivity gains.

Key-Words: Construction Rationalization, Lean Production, Lean Construction, Modular Construction, Industrialization of Construction

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
Índice de Tabelas	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologia	2
2 PRODUÇÃO LEAN	4
2.1. Introdução	4
2.2. Modelos de Produção	5
2.2.1. Modelo de Conversões	5
2.2.2. O Sistema Toyota de Produção (STP)	6
2.2.3. Lean Production	7
2.2.4. Lean Construction	9
2.3. Planeamento e Controlo da Produção	12
2.3.1. Planeamento da produção	12
2.3.2. Controlo da produção	12
2.3.3. Estratégias Produtivas	13
2.4.1. Just-in-time (JIT)	14
2.4.2 Last Planner System (LPS)	15
3 RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	19
3.1. Introdução	19
3.2. A Construção Modular	21
3.2.1. Características	21
3.2.2. Vantagens e Desvantagens	24
3.2.3. A Pré-fabricação e a Construção Modular Face às Necessidades Construtivas Actuais	25
3.2.4. Exemplos de Aplicação	27
4 CASO DE ESTUDO	30

4.1. Introdução	30
4.2. Caracterização da Empresa.....	30
4.2.1. Apresentação	30
4.2.2. Produtos	33
4.2.3. Principais Equipamentos Envolvidos na Execução das Operações.....	34
4.2.4. Instalações - O Parque de Módulos.....	36
4.3. O Novo Parque.....	39
4.4. Processos em Estaleiro de Obra.....	41
5 DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE MELHORIA.....	44
5.1. Introdução	44
5.2. Objectivos da Empresa	45
5.3. Análise dos Procedimentos Actuais.....	46
5.3.1. Análise do negócio da empresa/ considerações iniciais	46
5.3.2. Análise dos procedimentos em parque	47
5.3.2.1. Armazenamento de Módulos	48
5.3.2.2. Processo de Produção.....	49
5.3.3. Análise do Planeamento e Controlo da Produção (PCP).....	52
5.3.3.1 Planeamento da produção	52
5.3.3.2 Controlo da produção.....	54
5.4. Proposta de um Conjunto de Medidas de Melhoria	56
5.5.1. Armazenamento.....	56
5.5.2. Processo de Produção.....	59
5.5.3. Planeamento e Controlo da Produção	60
6 CONCLUSÃO	65
6.1. Conclusões Gerais.....	65
6.2. Limitações do Caso de Estudo	66
6.3. Temas Para Desenvolvimento Futuro	67
Bibliografia	69
ANEXOS	74
Anexo A: Ficha de Manutenção Série 3000/6000	74
Anexo B: Ficha de Manutenção Sanitários.....	75
Anexo C: Ficha de Manutenção Contentores	76
Anexo D: Questionário ao Responsável pelas Operações em Parque	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Modelo de conversões [5]	5
Fig. 2 – Processo cíclico de melhoria contínua da filosofia <i>Lean</i>	8
Fig. 3 – Modelo de produção considerando conversões e fluxos [5]	9
Fig. 4 – Estratégias produtivas	14
Fig. 5 – A formação de tarefas de acordo com o LPS (Ballard, 2000).....	16
Fig. 6 – Sistema LPS (adaptação de [14]).....	17
Fig. 7 – Incremento dos níveis de industrialização da construção em função do tempo (adaptação de [19]).....	20
Fig. 8 – Produção de unidades modulares numa fábrica no Japão [21].....	22
Fig. 9 – Posicionamento de um módulo [22]	23
Fig. 10 – Comparação de prazos entre a construção modular e a construção tradicional (adaptação de [23]).....	24
Fig. 11 – Construção do edifício (à esquerda) e Ark Hotel (à direita) [25]	28
Fig. 12 – À esquerda, colocação dos contentores sobre as fundações; à direita, estrutura após conclusão [26].....	28
Fig. 13 – À esquerda, processo de colocação dos módulos em obra; À direita, B2 Tower [27].....	29
Fig. 14 – Organigrama da empresa.....	31
Fig. 15 – Tipos de painéis [28]	33
Fig. 16 – Exemplos de módulos <i>standard</i> , modelo 3015 [28]	33
Fig. 17 – À esquerda, exemplo de acoplação de vários módulos; à direita, estrutura de um módulo..	34
Fig. 18 – Empilhadora (à esquerda) e Camião-Grua (à direita).....	35
Fig. 19 – <i>Layout</i> do parque da Maia	36
Fig. 20 – Armazéns.....	37
Fig. 21 – Local de reparação de componentes	37
Fig. 22 – <i>Layout</i> da área de produção.....	38
Fig. 23 – Área de Produção 2.....	38
Fig. 24 – Livraria de painéis adjacente ao supermercado de peças	39
Fig. 25 – Projecto do novo parque	40
Fig. 26 – Perspectiva global da obra	41
Fig. 27 – Planta de implantação dos módulos em obra	41
Fig. 28 – Elevação (à esquerda) e posicionamento de um módulo (à direita).....	42
Fig. 29 – Exemplo do nivelamento vertical por meio da utilização de calços de madeira	42

Fig. 30 – Exemplo de acoplamento de módulos	43
Fig. 31 – Metodologia adoptada.....	44
Fig. 32 – Ciclo de utilização do módulo	47
Fig. 33 – Principais operações em parque.....	48
Fig. 34 – Exemplos de sobrelotação do parque.....	49
Fig. 35 – Principais etapas do processo de produção	49
Fig. 36 – Quadro representativo das principais tarefas e do seu sequenciamento.....	51
Fig. 37 – Configuração inicial e final de um módulo, Modelo 3021	51
Fig. 38 – Momentos de planeamento.....	53
Fig. 39 – Intercalação indesejada de tarefas	54
Fig. 40 – Ferramenta de controlo dos problemas encontrados	55
Fig. 41 – Ferramenta de controlo dos prazos de execução.....	55
Fig. 42 – Centralização da zona de produção	57
Fig. 43 – Processo informatizado de escolha do módulo	58
Fig. 44 – Exemplos de carrinhos de peças	59
Fig. 45 – Suporte de peças entre box's	60
Fig. 46 – Exemplo de registo de procedimentos de uma operação.....	63
Fig. 47 – Fluxograma da produção	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Comparação entre os cinco princípios de Womack & Jones (1998) e os onze princípios de Koskela (1992)	11
Tabela 2 – Gama de módulos fornecidos pela empresa	33

1 INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Passada a fase de expansão económica, o sector da construção enfrenta hoje um momento menos positivo, de desafios e de necessidade de reafirmação. A recente recessão e as crescentes exigências dos clientes, nomeadamente em relação à qualidade da obra e do serviço pós-construção, têm estimulado as empresas de construção, pelo menos as mais competitivas, a implementarem acções que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade, por forma a manterem os seus níveis de competitividade num mercado caracterizado por uma oferta significativamente superior à procura.

Face às dificuldades enfrentadas, a capacidade de inovação e de adaptação tornam-se factores críticos de sucesso para as organizações que actuam num sector com margens cada vez mais reduzidas, onde os recursos são sempre tendencialmente escassos. Torna-se assim evidente uma necessidade pertinente de implementar métodos construtivos alternativos que garantam níveis de competitividade capazes de satisfazer os objectivos da empresa e os requisitos dos clientes.

Como tal, e à semelhança de outras indústrias, também o sector da construção tem vindo a procurar introduzir, ainda que gradualmente, modificações tecnológicas que lhe permitam aumentar a eficiência de processos de produção e a qualidade do produto final.

O actual desafio passa pela transição/evolução para um sistema industrializado (presentemente é híbrido, está entre o artesanal e o industrial) como resultado de uma atitude sistemática de racionalização de todo o processo construtivo, desde a fase de promoção e planeamento até, pelo menos, à conclusão da obra.

Obrigatoriamente esta industrialização da construção terá de passar pelo desenvolvimento da pré-fabricação e modularização, o que significa transferir parte essencial do trabalho realizado em estaleiro para locais modernizados de fabrico permanente.

Na verdade, desde há muito que iniciativas de industrialização – pré-fabricação e modularização de componentes – têm tentado solucionar alguns dos problemas da construção através da deslocação de acções produtivas do local de construção para ambientes de fábrica. No entanto, a negligência de fluxos (espera, transporte e inspecção) entre processos tem impedido o progresso dessas iniciativas, inicialmente baseadas na conceptualização tradicional.

Face a este contexto, são cada vez mais os investigadores que defendem a reconceptualização do actual modelo de produção da construção por meio da aplicação de princípios *Lean*. De facto, o

desenvolvimento da filosofia *Lean* aparenta estar relacionado a mudanças no ambiente competitivo, semelhantes às que a construção está actualmente a experimentar. [1]

Assim, seguindo o caminho da manufatura, o próximo passo é reestruturar a forma como a construção é abordada em vez de se procurar soluções isoladas para os diferentes problemas. O objectivo consiste em direccionar os esforços para a racionalização dos processos, através da optimização dos fluxos existentes entre as diversas atividades necessárias à execução de um projeto, maximizando o valor e minimizando o desperdício.

Efectivamente, a construção modular oferece ao sector da construção a possibilidade de se redefinir e afirmar enquanto indústria de produção e representa uma das saídas mais positivas para enfrentar os principais desafios e exigências com que o sector se depara.

1.2. Objectivos

O objectivo ulterior do presente trabalho é a análise e melhoria do processo produtivo da empresa de construção modular Algeco. De modo a atingir esse objectivo, definiram-se alguns objectivos secundários que servirão de apoio e orientação ao trabalho aqui apresentado:

- estudo dos conceitos de *Lean Production* e *Lean Construction*, e das técnicas e métodos que envolvem;
- abordagem aos conceitos de racionalização, pré-fabricação e modularidade na construção;
- análise dos processos produtivos e das boas práticas da empresa Algeco;
- propor acções que evidenciem a optimização dos processos produtivos da empresa através da aplicação de princípios *Lean*.

1.3. Metodologia

De modo a alcançar os objectivos propostos no ponto anterior foi feita uma revisão bibliográfica sobre os conteúdos que revelam maior utilidade e pertinência para o tema em questão, entre os quais se referem particularmente a *Lean Production*, a *Lean Construction* e a Construção Modular.

Além disso, para efeitos do caso de estudo, foi realizada uma observação e avaliação presencial dos processos da empresa, que contou com o apoio e colaboração da mesma. A elaboração de questionários e diálogos frequentes com os principais intervenientes permitiram complementar e aprofundar as observações efectuadas.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos principais.

O primeiro e presente capítulo consiste na introdução e enquadramento da temática.

No segundo capítulo pretende-se, sobretudo, esclarecer os benefícios de um modelo de produção *Lean* em oposição ao modelo de produção tradicional da construção. Para tal, é feita uma revisão bibliográfica acerca da filosofia *Lean*, incluindo uma referência a duas das suas ferramentas: o *Last Planner System* e o *Just-in-Time*.

O capítulo três divide-se em dois subcapítulos. Em primeiro lugar é abordado o conceito de ‘Construção Racional’ e evidenciada a relação existente entre *Lean Construction* e Construção Modular, e de que modo estas duas metodologias proporcionam racionalidade na construção. Em

segundo lugar, é exposto e explorado o conceito de ‘Construção Modular’ e exploradas as vantagens e desvantagens que poderá trazer às empresas que a pratiquem e aos clientes que a requisitam.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação do caso de estudo. É efectuada uma apresentação da empresa, incluindo uma descrição dos seus recursos e boas práticas actuais.

O quinto capítulo dá continuidade ao caso de estudo introduzido. É realizada uma análise dos procedimentos produtivos em parque da empresa e propostas medidas que visem a capitalização das oportunidades de melhoria identificadas.

No sexto e último capítulo são descritas as conclusões do presente trabalho.

2

PRODUÇÃO LEAN

2.1. Introdução

Todas as organizações possuem funções com responsabilidades específicas mas que se relacionam internamente de modo a atingir objectivos pré-estabelecidos. De entre as áreas funcionais de uma empresa, para efeitos do presente trabalho, destaca-se a função produção.

A produção pode ser definida como um processo através do qual bens ou serviços (*outputs*) são gerados por meio da transformação de recursos (*inputs*). Qualquer actividade de produção pode ser descrita e interpretada com base num modelo de *input*-transformação-*output*.

Neste sentido a produtividade pode ser entendida como a relação entre o que é produzido, o produto (*output*), e os recursos empregues para produzir (*input*). Quanto maior for essa relação maior é a produtividade. A sua medição ou quantificação é essencial para a definição do grau de eficiência de qualquer processo.

A gestão da produção ocupa-se da gestão dos recursos produtivos. O seu objectivo fundamental é a eficaz transformação de *inputs* de recursos em *outputs* de bens e/ou serviços. Isto envolve a concepção e o controlo dos sistemas responsáveis pela utilização rentável das matérias-primas (materiais), recursos humanos (mão-de-obra), equipamento e instalações no desenvolvimento de um produto ou serviço. A gestão da produção gere sistemas de produção. [2]

Sistema de produção é um conjunto de partes inter-relacionadas que, quando accionadas, actuam sobre entradas (*inputs*), de acordo com padrões estabelecidos *a priori*, para produzir saídas (*outputs*). O sistema de produção e operações corresponde á parte “activa” da empresa, que está directamente empenhada em torná-la competitiva e ter sucesso na obtenção e venda de bens e serviços para o mercado consumidor. [3]

Ao longo dos anos, diversos modelos de produção têm sido adoptados. Aumentos de competitividade no mercado aliados às mutáveis exigências dos clientes e à procura por redução nos custos e aumentos na produtividade conduziram, sobretudo no séc. XX, a inovações revolucionárias no domínio da gestão da produção. Nos subcapítulos seguintes descreve-se o modelo de produção *Lean* em oposição ao modelo de produção convencional e a sua aplicação à indústria da construção.

2.2. Modelos de Produção

2.2.1. Modelo de Conversões

Segundo Koskela [4], o modelo conceitual que dominava a visão convencional de produção, não só no sector da construção, mas na generalidade das indústrias do séc. XX, era o modelo de conversão. De acordo com este modelo, a produção pode ser definida como:

- o processo de produção é a conversão de um *input* (materiais, trabalho) num *output* (produto);
- o processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que por sua vez também representam processos de conversão;
- o custo total do processo é representado pela soma do custo individual de cada subprocesso;
- o valor do *output* de um processo está associado aos custos (ou valor) dos *inputs* desse mesmo processo;

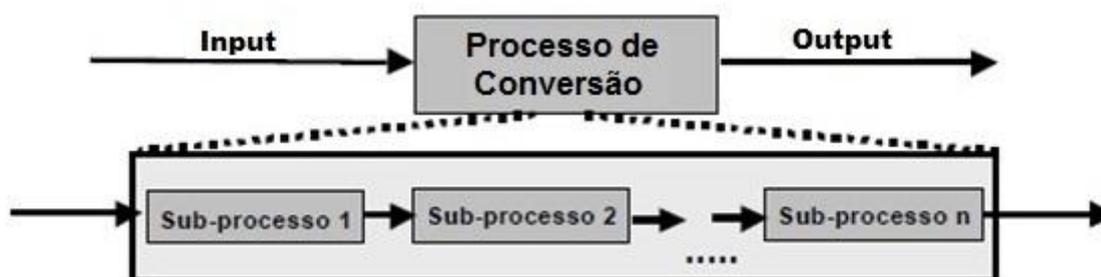


Fig. 1 – Modelo de conversões [5]

De acordo com a lógica do modelo de conversões apresentado na Figura 1, um processo de produção pode, e deve, ser dividido em subprocessos a fim de facilitar a gestão sobre o mesmo. Procura-se, então, a optimização de cada subprocesso como forma de otimizar o processo de produção como um todo. [5] A diminuição do custo global deste último está directamente relacionada à minimização do custo de cada subprocesso, sendo assim equivalente à soma do custo individual de cada um.

Sobre o processo produtivo da construção, é perceptível que este está claramente de acordo com o modelo de conversões. Tradicionalmente, todo o processo construtivo gravita em torno de um planeamento de actividades isoladas condicionadas por um encadeamento lógico entre si. Cada actividade representa uma parte da edificação (*output*) para a qual são estimadas as durações e os custos dos materiais e da mão-de-obra (*inputs*). Admite-se, assim, que todas as actividades convertem um *input* num *output* e agregam valor ao produto final.

No entanto, existem argumentos teóricos bem fundamentados que mostram que o modelo de conversões apresenta falhas no seu modelo de aplicação e ajuste aos processos produtivos, principalmente nos mais complexos. Segundo Koskela [4], ao se concentrar em conversões, o modelo ignora fluxos físicos entre as conversões, que, ao contrário destas, não atribuem valor ao produto. Estes fluxos consistem no transporte, espera e inspeção das actividades, sendo que, em processos produtivos mais complexos, representam uma grande parte dos custos.

Isatto (2000) justifica que o modelo conversão não é errado, mas apresenta-se ineficiente face a gama de complexidade dos sistemas produtivos e dos novos conceitos de eficiência e eficácia atualmente considerados. O controlo da produção tende a ser focado nos subprocessos individuais e não no

sistema de produção como um todo, não considerando de forma explícita as actividades que compõem os fluxos físicos entre as actividades.

2.2.2. O Sistema Toyota de Produção (STP)

Depois da II Guerra Mundial, a indústria japonesa apresentava uma produtividade muito baixa e uma enorme falta de recursos (materiais, financeiros, humanos e de espaço físico), o que a impedia de adoptar o modelo da produção em massa desenvolvido por Henry Ford. Perante um desajuste deste modelo à situação económica do país, a indústria japonesa viu-se obrigada a reinventar o processo produtivo. Foi então que Taiichi Ohno, engenheiro chefe da Toyota, estudou os sistemas de produção norte-americanos, e procurou adaptar os seus conceitos à realidade japonesa da época.

Ao contrário de Ford, que tinha uma quase ilimitada procura para um mesmo produto, Ohno queria produzir pequenas quantidades de diferentes modelos, de uma forma flexível e recorrendo a uma mão-de-obra versátil nas funções a executar, tendo como preocupação máxima a qualidade final do produto.

Assim, Taiichi Ohno, em conjunto com o fundador da Toyota Sakichi Toyoda e seu filho Kiichiro Toyoda, começou a desenvolver, por meio de “tentativas e erros”, uma série de técnicas e ferramentas que, ao longo de 30 anos, culminaram no que hoje conhecemos por Sistema Toyota de Produção (STP).

Através de uma elevada compatibilidade entre peças, a Toyota era capaz de produzir diferentes modelos a partir da mesma plataforma, o que lhe permitia oferecer ao consumidor uma maior variedade de produtos a um custo menor e com uma qualidade superior.

Contrariamente à linha de produção de Ford, que produzia milhares de carros diariamente, Taiichi Ohno e seus associados alcançaram o fluxo contínuo em uma linha de produção de baixo volume, aprendendo a trocar rapidamente as ferramentas de um produto para o próximo, e reduzindo o dimensionamento das máquinas de maneira que diferentes tipos de passos do processo pudessem ser realizados imediatamente adjacentes uns aos outros, mantendo um fluxo contínuo do produto. [6]

Com o surgimento do *Just-In-Time* (JIT) criou-se uma nova maneira de coordenar o fluxo de materiais dentro do sistema de fornecimento diário de suprimentos. [6] Segundo esta filosofia de administração da produção, as partes só deveriam ser produzidas quando a próxima etapa as requisitasse. Assim, a ordem do processo produtivo foi invertida e os clientes passaram a “puxar” a produção, fazendo com que cada processo só produzisse o que fosse solicitado pelo processo subsequente, possibilitando uma produção em fluxo contínuo, ou seja, sem interrupções. [7] Consoante a etapa, o “cliente” pode ser o consumidor final (cliente externo) ou a próxima atividade no processo de produção (cliente interno).

A adopção da metodologia JIT permitiu a Ohno trabalhar com pequenos lotes de produção e estabelecer um fluxo contínuo de produção através da redução dos *stocks* intermediários e de uma elevada quantidade de entregas e transporte, garantindo a eliminação das perdas por stock, perdas por espera e consequentemente a diminuição do *lead time* (tempo de ciclo), definido como o tempo compreendido entre o pedido do cliente e a entrega do produto.

Suportado pelas filosofias do *Total Quality Management* (TQM) e do JIT, entre outras, o principal objectivo do STP era aumentar a eficiência da produção, através da eliminação contínua de desperdícios. Segundo Shingo [8], desperdícios são vistos como qualquer ineficiência que leva ao uso de equipamentos, materiais e mão-de-obra em quantidades maiores do que as necessárias para a

produção de um produto. Estes desperdícios podem ser tanto desperdício de materiais como execução de tarefas desnecessárias, que levam a custos adicionais e actividades que não agregam valor.

No seu trabalho, Shingo [8] identifica sete tipos de desperdícios:

1. Sobreprodução – ocorre quando se produz mais do que o necessário, resultando em excesso de stock ou espera;
2. Espera – ocorre sempre que um produto não esteja a ser processado ou a ser transportado, o que não agrega valor à cadeia;
3. Transporte – acontece sempre que o transporte de produtos e materiais origina perdas em tempo e esforço, revelando-se assim desnecessário;
4. Processamento – ocorre sempre que o trabalho efectuado num produto supera aquele requisitado pelo cliente, não trazendo qualquer tipo de valor a este;
5. Stock – é um excesso de stock, seja de materiais ou de produtos finais, e representa capital que ainda não produziu um rendimento, não trazendo qualquer tipo de valor para o cliente. É uma consequência de uma sobre produção e de um processamento inapropriado. [9]
6. Movimentos – realização de um número superior ao necessário de movimentos para executar uma tarefa, seja de operários ou de equipamentos. É devido especialmente a uma má organização do espaço de trabalho;
7. Defeitos – São erros que ocorrem no processo de produção implicando custos adicionais em termos de mão-de-obra, materiais e equipamentos para efectuar novo processamento.

2.2.3. Lean Production

A expressão *Lean Production* foi aplicada pela primeira vez em 1988 pelo pesquisador John Krafcik no seu artigo “Triumph of the Lean Production System”. A pesquisa de Krafcik foi aprofundada por Womack et. al que, através da popular publicação do livro “The Machine That Changed the World” em 1990, descreve o conceito *Lean*, e com base no sistema de produção da Toyota, desenvolve o tema *Lean Production*.

Este novo paradigma de produção mereceu a designação de *Lean* (magro) porque, 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.” [8]

Womack & Jones (1996) identificaram cinco princípios fundamentais que permitem a extensão dos princípios do STP além da produção automóvel e a qualquer empresa ou organização:

1. Valor: determinar exactamente quais características do produto e serviços associados ao mesmo que o cliente está disposto a pagar. Esta é a referência para a identificação de desperdícios, definidos como tudo aquilo que não agrega valor, e serve de referência para a aplicação dos demais princípios;
2. Cadeia de valor: uma vez definido o produto, deve-se identificar quais as etapas que adicionam valor ao processo e eliminar aquelas que não acrescentam valor. Para tal, o mapeamento da cadeia de valor constitui uma ferramenta importante, já que permite analisar e sistematizar a definição de valor segundo a perspectiva do cliente;
3. Fluxo contínuo: geração de um fluxo de valor com base na cadeia de valor obtida. Devem-se realizar todas as actividades que agregam valor sem interrupções, eliminando os desperdícios

e reduzindo o tempo de ciclo. Se o fluxo entre etapas for favorável, a velocidade de produção irá aumentar proporcionando uma entrega mais eficaz ao consumidor e facultando a hipótese de se produzir por previsão de encomendas em vez de se produzir após encomenda; [9]

4. Produção “puxada”: produzir somente quando requisitado pelo cliente (cliente externo) ou processo posterior (cliente interno). O consumidor passa a puxar a produção, eliminando os *stocks* e valorizando o produto;
5. Perfeição: procurar constantemente a melhoria da cadeia de valor através de um processo contínuo de redução de desperdícios; cria-se, assim, um processo cíclico tal como representado pela figura 2.

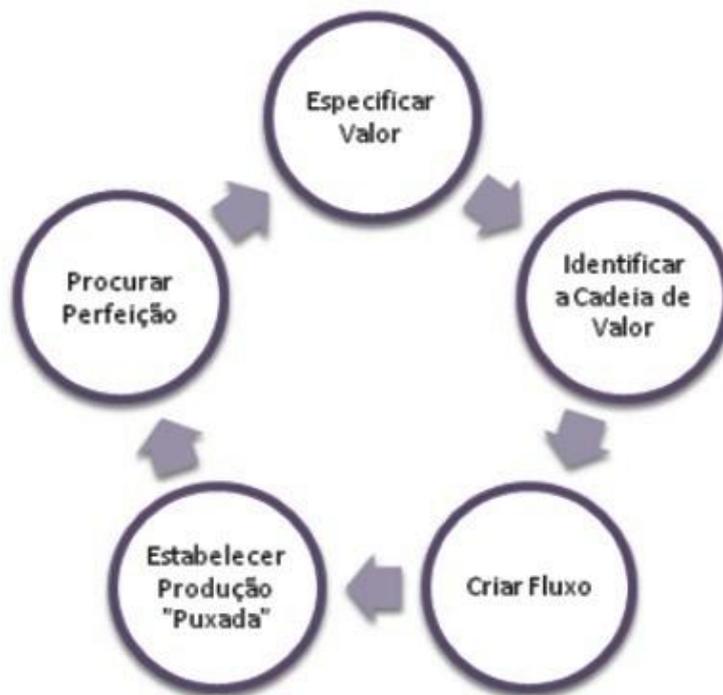


Fig. 2 – Processo cíclico de melhoria contínua da filosofia *Lean*

Por ser uma generalização do sistema Toyota, a *Lean Production* tem por base a redução dos sete desperdícios originais da Toyota para melhorar o valor total do produto e criar novas oportunidades através da melhoria contínua.

Torna-se portanto necessário compreender o significado dos termos valor e desperdício, uma vez que sem a correta definição de valor, os passos seguintes da lógica da produção *Lean*, como a configuração da cadeia de valor e a geração do fluxo de valor ao longo desta cadeia, tornam-se incompletos em termos dos reais benefícios que podem prover para os sistemas produtivos.

Citando Womack e Jones [9] “valor é definido como uma capacidade que é determinada pelo cliente/utilizador final e que lhes é fornecido no momento e custo certo”. Actividades que convertem material e/ou informação, segundo o requisito do cliente, criam valor e designam-se de “value-adding activity” ou actividades que acrescentam valor. [4]

Por outro lado, isto significa que o termo desperdício é sinónimo de “non value-adding costs”. Desperdício pode ser definido como “qualquer perda produzida por actividades que geraram custos directos e indirectos, mas que não acrescentam qualquer valor ao produto do ponto de vista do cliente”. [9]

O termo desperdício será sempre em termos relativos, uma vez que o desperdício de um poderá ser o valor de outro, e vice-versa. Verifica-se, portanto, que o termo “desperdício” é definido segundo o termo “valor”, existindo assim um vínculo entre ambos.

Por exemplo, na Ford, os puxadores das portas foram padronizados para a maioria dos modelos, uma vez que a diferenciação entre puxadores não era valorizado pelo consumidor, pelo que os engenheiros da Ford decidiram adoptar um único *design* para todos os modelos.

2.2.4. Lean Construction

O elevado grau de competitividade oferecido pelo Sistema Toyota de Produção despertou o interesse de outras indústrias que rapidamente procuraram implementar a mentalidade *Lean* nos seus processos.

Perante este contexto, em 1992, o Engenheiro e Professor Lauri Koskela desafiou a Comunidade da Construção a implementar as técnicas e princípios da mentalidade *Lean* através do trabalho intitulado “*Application of the new production phylosophy to construction*”. Esta publicação estabeleceu-se como um novo referencial teórico para a gestão de processos na construção e promoveu a criação do *International Group for Lean Construction* (IGLC) em 1994, coordenado e organizado pelos engenheiros, professores e investigadores americanos Gregory Howell e Glenn Ballard.

Lean Construction pode ser interpretada como uma adaptação da produção *Lean* ao contexto específico do setor da construção civil. Esta filosofia não se baseia na implementação de novas tecnologias, mas na aplicação de teorias e princípios básicos de gestão relacionados à melhoria dos processos de produção.

Segundo Lauri Koskela [9], a Construção *Lean* é “uma forma de projectar sistemas de produção para minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço a fim de gerar o máximo possível de valor”.

Face à disseminação dos princípios *Lean* e à ineficiência do modelo de conversões, Koskela, no seu trabalho, propõe a transição para um modelo de produção que passa a considerar, além das atividades de conversão, as atividades de fluxo existentes entre elas. Segundo este modelo, um processo de produção consiste em um conjunto de fluxos contínuos de materiais, sendo constituído por atividades de transporte, espera, processamento/conversão e inspeção. [5]

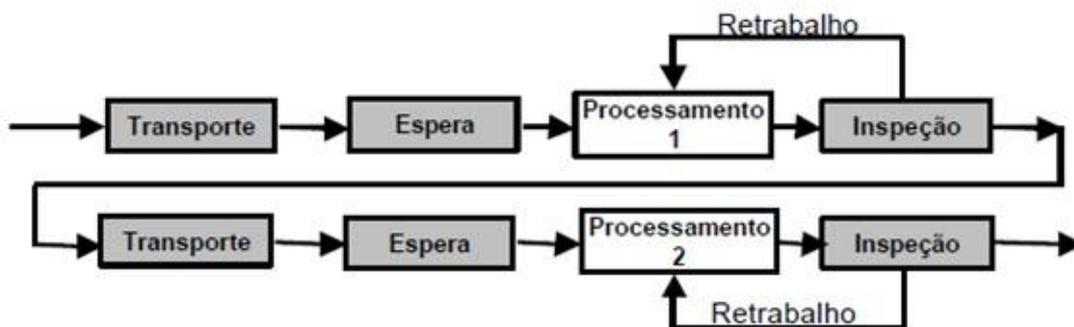


Fig. 3 – Modelo de produção considerando conversões e fluxos [5]

A eficiência do processo depende assim não só das actividades de conversões, mas também da maneira como são tratadas as actividades de fluxo existentes entre elas, procurando-se sempre a optimização das primeiras e a eliminação ou redução das segundas.

Sob a óptica da produção *Lean*, o fluxo é um conceito vinculado a um problema: a existência de atividades de interrupção de fluxo (inspeção, espera, transporte) que devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, porque não agregam valor ao produto. [10]

Koskela [4] sustenta que problemas de fluxo são causados por conceitos convencionais de administração, que conflituam com os princípios de fluxo do processo e, deste modo, induzem a não otimização (do fluxo) com uma expansão das atividades que não geram valor.

Segundo Formoso (2000), estima-se que dois terços (67%) do tempo gasto por trabalhadores num estaleiro de obras são em atividades que não agregam valor.

No seu trabalho, Koskela [4] destaca um conjunto de onze princípios operacionais que caracterizam a filosofia de produção defendida pelo autor, e que têm servido de base para diversos trabalhos que procuram a aplicação prática dos princípios do *Lean Thinking* na construção. São eles:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor - isto significa reduzir as atividades que consomem tempo, recurso ou espaço e que não contribuem para atender aos requisitos dos clientes;
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente - segundo Koskela, o valor não é uma qualidade inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência da satisfação dos requisitos do cliente;
3. Reduzir a variabilidade - no que respeita aos prazos de produção, a variabilidade tende a aumentar o tempo de ciclo, bem como o percentual de atividades que não agregam valor, gerando assim maior quantidade de desperdícios. A padronização de procedimentos é, normalmente, o melhor caminho para conseguir reduzir variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção; [8]
4. Reduzir o tempo do ciclo de produção - o tempo de ciclo pode ser definido como a soma de todos os tempos necessários (transporte, espera, processamento e inspeção) para a produção de um determinado produto;
5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes - através da simplificação pode-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção, pois quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. [6] Como meios para atingir a simplificação refere-se, por exemplo, a utilização de elementos pré-fabricados, o uso de mão-de-obra polivalente e o planeamento eficaz do processo de produção;
6. Aumentar a flexibilidade na execução do produto - refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. À primeira vista isto parece contraditório com a simplificação, mas na realidade podem ser complementares;
7. Aumentar a transparência do processo – permite a diminuição da probabilidade de ocorrência de erros na produção, uma vez que os problemas podem ser mais facilmente identificados e corrigidos;
8. Focar o controlo no processo global – o foco em processos isolados pode sub-otimizar uma actividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) no desempenho global do mesmo. Esta situação é muito comum em processos de produção fragmentados, como é a execução de uma obra;
9. Introduzir melhoria contínua no processo - pode ser alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos;
10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões - no processo de produção há diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos. Em geral, quanto maior a

complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhorias do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão;

11. *Benchmarking* – admitir como referencial teórico as práticas adoptadas noutras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção;

Koskela [4] afirma que, através da correcta aplicação destes princípios, a eficiência das actividades de fluxo pode experimentar consideráveis melhorias num curto prazo de tempo.

No quadro 1 (adaptação de Picchi [11]) é apresentada uma relação dos onze princípios de Koskela (1992) com os cinco princípios de Womack & Jones (1998). Picchi classifica os princípios de Koskela em dois níveis, o nível mais geral, que engloba princípios mais teóricos e abrangentes, e o nível operacional, cujos princípios tratam de aspectos mais específicos, aproximando-se de ferramentas.

Tabela 1 – Comparação entre os cinco princípios de Womack & Jones (1998) e os onze princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios da Lean Production (Womack & Jones, 1998)	Onze Princípios da Lean Construction (Koskela, 1992)	
	Nível mais geral	Nível mais operacional
Valor	- aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes	
	- reduzir o tempo de ciclo	
Cadeia de Valor	- reduzir a parcela de actividades que não agregam valor	- simplificar através da redução de passos, partes e ligações
		- focar o controlo no processo global
		- manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e conversões
Fluxo Contínuo		- reduzir a variabilidade
		- aumentar a transparência
Produção "puxada"	- aumentar a flexibilidade	
Perfeição	- introduzir melhoria contínua no processo	- fazer <i>benchmarking</i>

A produção *Lean* representa uma teoria de administração da produção fascinante, em termos do potencial de melhoria dos sistemas produtivos que promete proporcionar. No entanto, apesar da grande adesão por parte dos diversos sectores industriais a esta filosofia, o sector da construção, sendo bastante complexo e diversificado, não acompanhou esta expansão.

Para tal, torna-se necessário atenuar as peculiaridades do sector e abandonar os conceitos convencionais de administração de forma a viabilizar uma aplicação mais difundida da mentalidade *Lean*.

O que se impõe é uma mudança na abordagem à produção que permita identificar claramente onde reside o valor. O objectivo passa por direccionar os esforços para a racionalização dos processos,

através da optimização dos fluxos existentes entre as diversas atividades necessárias à execução de um projeto, maximizando o valor e minimizando o desperdício.

2.3. Planeamento e Controlo da Produção

As funções de um sistema de gestão da produção são o planeamento e o controlo. Neste sentido, o PCP (Planeamento e Controlo da Produção) pode ser entendido como um sistema de informação responsável pela coordenação e aplicação dos recursos disponíveis de forma a atender, da melhor maneira possível, aos objectivos estabelecidos.

Através da utilização de métodos quantitativos e de análise, o PCP subsidia a tomada de decisão de maneira adequada, substituindo a intuição e desta forma reduzindo a incerteza e interligando sectores empresariais.

2.3.1. Planeamento da produção

O planeamento não é mais do que a antecipação de um futuro desejável. Ao definir linhas de acção que devem ser seguidas para satisfazer os objetivos estabelecidos, o planeamento responde às questões: o que fazer, quando fazer, quem deve fazer e como deve ser feito. De acordo com o horizonte temporal e o carácter dos objectivos, é possível distinguir três tipos de planeamento:

- a) Planeamento estratégico: envolve decisões a longo prazo. Definição de estratégias de forma a criar vantagens competitivas em relação à concorrência e evoluir enquanto organização. Horizonte temporal de um a cinco anos;
- b) Planeamento tático: decisões de médio prazo. Está particularmente relacionado com o mercado e as suas flutuações económicas e de procura. Determina quais são os produtos que deverão ser produzidos, em que quantidades e para que data. Horizonte temporal de quatro meses a um ano;
- c) Planeamento operacional: envolve decisões de curto prazo. Dá indicações sobre a quantidade e o momento para a produção dos diferentes produtos, tendo em conta as datas de entrega, os tempos de processamento dos mesmos bem como os *stocks*. Planeamento com um horizonte de uma semana a poucos meses;

2.3.2. Controlo da produção

O controlo da produção pode ser entendido como a monitorização permanente do estado de avanço da produção em relação ao que foi planeado. Os erros ou desvios entre o planeado e o executado são interpretados como um sinal de maior ou menor produtividade e representam a base para a implementação de medidas correctivas. Assim, o controlo é uma ferramenta essencial na aproximação ao ideal produtivo de cada organização.

Neste sentido, hoje em dia as empresas recorrem invariavelmente a indicadores de produtividade que analisam factores críticos para a obtenção de sucesso na sua actividade. Através da medição ou quantificação da produtividade é possível caracterizar o desempenho e estabelecer metas viáveis, impulsionando a evolução no sentido de fazer mais e melhor. Algumas das vantagens decorrentes da utilização de indicadores de produtividade ou desempenho são:

- avaliar o desempenho e impacto dos recursos empenhados;
- proporcionar padrões para estabelecer comparações;
- destacar problemas de qualidade e determinar áreas prioritárias;
- fundamentar decisões/alterações;
- proporcionar uma retroalimentação para direcionar os esforços de melhoria;

2.3.3. Estratégias Produtivas

As organizações podem ser classificadas segundo o modelo de produção que adoptam, existindo para tal três categorias distintas:

- a) *Make-to-Stock* (produção para armazenamento): segundo este modelo, a produção ocorre de acordo com uma previsão das vendas. Como tal, o produto é produzido e armazenado sem a garantia de um consumidor final. Contam com tempos de entrega curtos, elevados custos de inventário e fabricam artigos *standard*, ou seja, pouco ou nada ajustáveis às especificações do cliente. Exemplo: produção em massa
- b) *Make-to-Order* (produção por encomenda): em contraste com o modelo anterior, a produção apenas tem início após a receção de um pedido, sendo que as especificações do cliente são extremamente valorizadas. Contam com tempos de entrega e custos de produção mais elevados, mas custos de inventário menores. Exemplo: produção *Lean*;
- c) *Resource-to-Order* (compra de recursos após encomenda): à semelhança do modelo anterior, a produção apenas é iniciada após o pedido do cliente, bem como a aquisição dos materiais nela envolvidos. Como tal, não à necessidade de manter *stock* inicial. Exemplo: construção tradicional;

Cada organização possui o seu modelo de produção consoante o produto que comercializa, a capacidade de produção e a natureza do mercado alvo. Apesar de distintos, estes tipos de produção podem coexistir numa mesma empresa. A figura 4 resume os três tipos de produção, sendo:

Tempo de Ciclo (D) – tempo decorrido desde o pedido do cliente até à entrega do produto;

Throughput Time (P) – tempo total do processo;

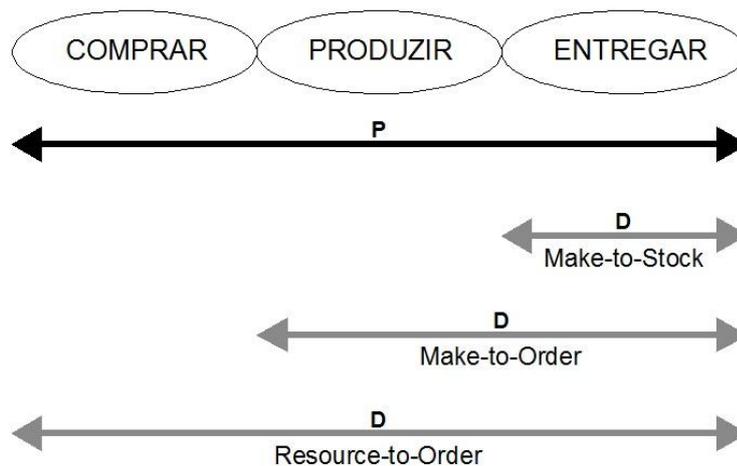


Fig. 4 – Estratégias produtivas

2.4. Ferramentas e Metodologias de Aplicação Lean

2.4.1. Just-in-time (JIT)

O *Just-in-Time* (JIT) é uma filosofia de administração da produção criada e desenvolvida por Taichi Ohno na Toyota, e que consiste em “puxar” a produção mediante a procura real, sendo fornecido a cada etapa do processo, somente o que é necessário quando é necessário e na quantidade necessária. O objectivo principal de Ohno era criar um sistema que permitisse coordenar a produção com a procura específica de diferentes modelos e cores de veículos, já que a ausência de um grande mercado inviabilizava a adopção de um sistema de produção em massa. Ao contrário deste sistema, o JIT enfatiza o fluxo de materiais e não a maximização da utilização da capacidade instalada da produção, evitando assim a acumulação de *stock* através da promoção de um fluxo contínuo entre etapas “puxadas” pelo cliente (interno ou externo).

Tradicionalmente, os *stocks* têm sido utilizados para evitar discontinuidades do processo produtivo, diante de problemas de produção, tais como problemas de qualidade, avarias, etc. Sob a perspectiva do JIT, os *stocks* são considerados nocivos, pois geram independência entre as etapas e disfarçam ineficiências do processo produtivo, além de que ocupam espaço e representam elevados investimentos de capital. Procura-se, então, reduzir os *stocks* de modo a que os problemas se tornem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados. [12] Na verdade, a redução de *stocks* deve ser encarado como o resultado de acções conjuntas e não o principal objectivo da metodologia JIT.

A mão-de-obra representa o suporte fundamental do JIT. Segundo este, ocorre uma transferência de responsabilidade de funções, como balanceamento das linhas de produção, o controlo da qualidade e a manutenção preventiva, para a mão-de-obra directa, que passa assim a responder por actividades que antes eram destinadas a departamentos de apoio, deixando à mão-de-obra indirecta as funções de apoio e auditoria. Em virtude disto, é inegável a relevância da preparação da mão-de-obra quando numa situação de implementação da metodologia JIT. O recurso a trabalhadores qualificados permite a sua utilização em diferentes estações e a sua deslocação para os pontos de maior carga de trabalho, oferecendo maior flexibilidade ao processo. Neste sentido, o arranjo físico das máquinas e equipamentos também desempenha um papel importante com vista a facilitar ao máximo o fluxo de produção.

O envolvimento dos fornecedores também merece destaque na implementação de técnicas JIT, uma vez que o relacionamento entre clientes e fornecedores passa a ser mais estreito, ou seja, a empresa deve passar a relacionar-se com um número menor de fornecedores, que devem ser escolhidos pela sua capacidade em atender às necessidades da empresa em termos de qualidade e condições de entregas (lotes e prazos) e não simplesmente pelo preço. [13]

O JIT pode ser entendido como uma filosofia completa, que envolve aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos, e que visa a redução de perdas por meio da aplicação de técnicas voltadas à melhoria da qualidade/produktividade com o objectivo de alcançar a excelência na produção.

Em geral, a literatura apresenta consenso sobre os benefícios proporcionados pelo sistema JIT, que são:

- Redução dos desperdícios;
- Melhoria dos níveis de controlo da fábrica, pela descentralização e simplificação dos processos operacionais;
- Redução do tempo de duração do processo (tempo de ciclo);
- Aumento da capacidade reativa da empresa (resposta aos clientes);
- Elevação do nível de participação dos trabalhadores, através da descentralização do processo decisivo;
- Ajustamento dos *stocks* à flutuação regular da procura;
- Redução dos *stocks* de produtos em processo;
- Diminuição dos lotes de produção;
- Eliminação dos *stocks* intermediários e de segurança;
- Sistematização e aperfeiçoamento do fluxo de informações, assim como dos mecanismos de comunicação entre o pessoal de produção;
- Integração do controle de produção nos demais mecanismos de flexibilidade da empresa;
- Maior facilidade na programação da produção.

Na construção, a aplicação do sistema JIT difere substancialmente da sua aplicação na manufactura, visto que se tratam de processos distintos de produção, sendo que a construção apresenta uma maior variabilidade, complexidade e incerteza. No entanto, existe potencial para a aplicação dos princípios JIT nesta indústria.

Por exemplo, na maioria dos projectos de construção, no planeamento, atribui-se às actividades e tarefas uma folga adicional ao seu prazo de execução com a intenção de proteger o construtor contra erros de produção, avarias, atrasos nas entregas de materiais, entre outros, e assim evitar o incumprimento da data de conclusão do empreendimento. Essa protecção é dispendiosa, tanto em tempo como em dinheiro, e nada faz para resolver os problemas que estão na sua origem. Casos destes são a norma no sector da construção, e apresentam uma oportunidade para a implementação do JIT.

2.4.2 Last Planner System (LPS)

Esta é provavelmente a ferramenta mais adaptada à construção, uma vez que foi criada já com base nos princípios da *Lean Construction* e não como ferramenta que deriva da *Lean Production*. Criada por Glenn Ballard e Greg Howell, o *Last Planner System* pode ser entendido como um ferramenta de

planeamento e controlo da produção em estaleiros de construção. Este sistema adiciona um componente de controlo da produção ao sistema tradicional de gestão de projectos. [14]

Um planeamento inicial tende a focar-se em condicionantes e objectivos globais, gerindo todo o projecto. Estes objectivos globais alimentam um planeamento superficial, que apenas especifica os meios gerais pelos quais esses fins serão atingidos. Como tal, em etapas mais próximas à data de início dos trabalhos torna-se necessário proceder a um planeamento mais detalhado, que definirá o trabalho específico a realizar e quais os recursos necessários para a sua execução de acordo com o planeado. Esse tipo de planos é único porque impele o trabalho directo em vez da produção de outros planos. Ao responsável (ou responsáveis) por esse planeamento imediatamente anterior ao início do trabalho directo dá-se o nome de “Last Planner”.

Segundo este sistema, o planeador define aquilo que será feito (WILL), como resultado de um processo de planeamento que cruza o que deveria ser feito (SHOULD) com as condicionantes do que pode ser feito (CAN).

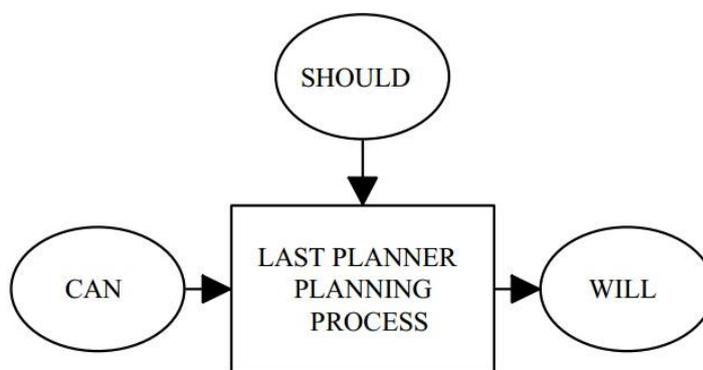


Fig. 5 – A formação de tarefas de acordo com o LPS (Ballard, 2000)

Este sistema aborda as operações de planeamento e controlo a curto prazo. O seu objectivo consiste na tentativa de aproximar o que deverá ser feito (SHOULD) com o que pode ser feito (CAN), e assim criar um inventário de trabalho pronto a ser iniciado através do qual planos semanais de trabalho podem ser formados. [14]

O LPS nasceu de uma série de experiências industriais indutivas que mostraram incrementos de produtividade entre os 10 e 30%. [15]

A eficácia do processo de planeamento da metodologia LPS é medida pelo indicador Percentagem de Planeamento Concluído (PPC) que representa, em termos de taxa percentual, o número de actividades concluídas sobre o total de actividades planeadas (WILL) para um mesmo período. Assim, para um dado planeamento, valores mais elevados de PPC significam que o trabalho certo foi realizado de maneira mais eficaz com os mesmos recursos. Geralmente, os valores de PPC variam entre 30% a 70%, quando não são usadas quaisquer metodologias. [14]

Contudo, 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 actividade longas e complexas. [16]

Segundo Ballard [14], de modo a obter elevados valores de PPC deve-se garantir que:

- a) a actividade está bem definida;
- b) a sequência de trabalho seleccionada é a mais indicada;
- c) a quantidade de trabalho seleccionada é a mais indicada;
- d) o trabalho seleccionado é executável, isto é, reúne os pré-requisitos para poder ser executado;

Como se pode observar na figura 6, o LPS parte de um planeamento geral que define aquilo que deverá ser feito (SHOULD) em função dos objectivos do projecto. A partir daí, através do fluxo de informação e da análise dos pré-requisitos necessários à execução de uma actividade (CAN), o último planeador define aquilo que será feito (WILL), criando desde logo bases para o controlo do trabalho efectivamente feito.

A essência do LPS reside na identificação das causas (ou desperdícios) inerentes ao incumprimento a 100% do planeamento traçado e na adopção de medidas correctivas que permitam melhorar continuamente o processo de planeamento, até se atingir os 100% de PPC.

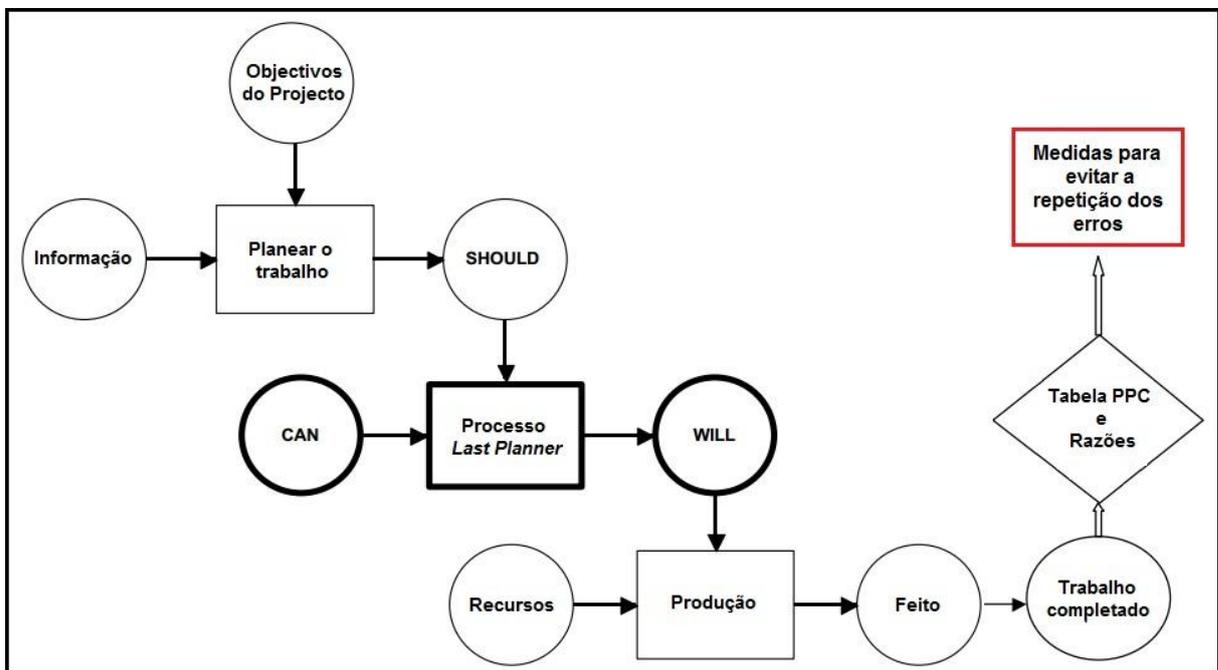


Fig. 6 – Sistema LPS (adaptação de [14])

3

RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

3.1. Introdução

Por se tratar de uma indústria muito tradicional e antiga, a construção manifesta uma elevada resistência à reformulação dos seus processos, pelo que, em contraste com a maioria das produções industriais, a produção artesanal prevaleceu amplamente na construção na primeira metade do século XX, e persistiu até à segunda metade do século.

A sua natureza apresenta características únicas que fazem dele um sector muito diferenciado dos restantes sectores de actividade. O carácter único de cada projecto, a elevada diversidade de intervenientes e a produção estabelecida em determinado local e em torno do produto apresentam-se como factores limitativos que condicionam, ou pelo menos dificultam, os progressos ao nível dos processos produtivos e a integração de novas tecnologias.

Face a índices de produtividade, em geral, menores que a média e a um elevado percentual de desperdício de recursos, torna-se evidente que no sistema convencional de produção de edificações, onde é predominantemente utilizado de forma intensiva a mão-de-obra, existe um grande potencial para a racionalização quando o processo é analisado de forma abrangente.

De facto, a gradual alteração dos processos construtivos tradicionais, através da aplicação de princípios de racionalização construtiva, tem vindo a implementar gradativamente melhorias nos processos produtivos, sem a alteração radical dos sistemas de produção.

A racionalização construtiva pode ser entendida como “um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases”. (Sabbatini, 1989)

Trata-se de um conceito bastante abrangente que se aplica a todas as fases do processo construtivo, desde o planeamento e projeto à execução da obra, e depende de ações institucionais como a adopção de normalização e padronização por todo setor.

Nas palavras de Melhado (1994), a racionalização construtiva é “um princípio que pode ser aplicado a qualquer método, processo ou sistema construtivo e, no caso do processo construtivo tradicional, significa a implementação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade que podem trazer grandes reduções de custos.” [17]

Analisando as definições de Sabbatini (1989) e de Melhado (1994), pode-se afirmar que a construção racional é um conceito bastante abstracto, uma vez que pode ser entendida como toda e qualquer acção

que vise a optimização do processo construtivo, ou seja, a racionalização não é um instrumento, mas sim um conjunto de ideais/objectivos que necessitam de ferramentas para serem efectivamente alcançados.

Como tal, com o intuito de racionalizar a construção, têm surgido, ao longo dos anos, novas abordagens ao processo produtivo. Para efeitos do presente trabalho, destaca-se a construção modular e a *Lean Construction*.

De modo a conduzir a um enquadramento e desenvolvimento adequado do presente trabalho torna-se necessário clarificar a relação entre ambos. Isto pode ser feito através da introdução de um terceiro conceito: a industrialização da construção. Este conceito é frequentemente confundido com o conceito de mecanização, que pode ser entendido como a substituição do trabalho humano pelo da máquina.

A industrialização da construção pode ser entendida como o emprego, de forma racional, da mecanização, e possivelmente automação, ao processo produtivo da construção. A essência da industrialização é produzir um objecto com máquinas manuseadas por operários simplesmente especializados, não qualificados, ou melhor, por máquinas automáticas. [18]

A racionalização não é uma condição essencial para a industrialização, porém historicamente, a racionalização é seguida da industrialização propriamente dita. [18]

A industrialização da construção está associada à necessidade da integração. Constantemente nota-se que “a construção funciona de forma dissociada, com suas fases interagindo sem coordenação entre si. Entre essas fases existem incompreensões, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorra perda de tempo, erros e repetições. Esta situação é incompatível com qualquer processo de industrialização.” [18]

Neste sentido, a construção industrializada está longe de poder ser considerada um processo industrial. De facto, o processo de construção, mesmo quando faz uso intensivo da mecanização, não pode ser considerado como de um mesmo nível tecnológico que outras actividades industriais, tal como a indústria automóvel. A realidade é que a indústria da construção continua demasiado dependente do trabalho artesanal e da participação de uma elevada diversidade de intervenientes, os quais se revelam, cada vez mais, incapazes de competir com os métodos industriais.

É correcto, portanto, afirmar que, de modo a obter êxito nas acções que conduzem à diminuição dos custos e ao aumento da produtividade e da qualidade do produto final, é expectável que ocorra uma industrialização crescente do sector, com o aumento das tarefas a realizar em fábrica e diminuição das tarefas realizadas em obra ou estaleiro. [19]

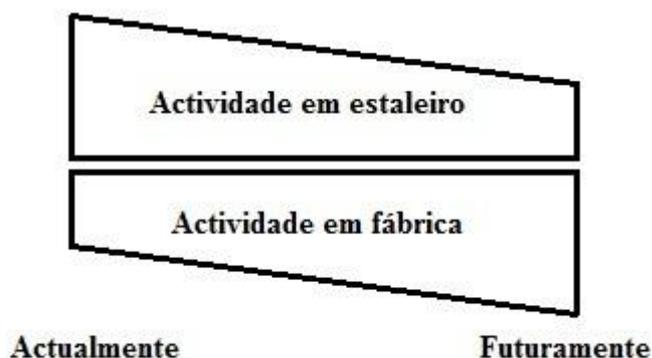


Fig. 7 – Incremento dos níveis de industrialização da construção em função do tempo (adaptação de [19])

Além disso, o incremento dos níveis de industrialização, isto é, da quantidade de trabalho realizado em fábrica, viabiliza o aumento do tamanho dos elementos pré-fabricados e o grau de acabamento. Num cenário ideal, a edificação seria produzida e montada numa linha de produção onde os operários permaneceriam fixos e o produto percorreria as diferentes estações segundo uma sequência lógica de produção. No entanto, as especificidades do sector, referidas anteriormente, obrigam à construção do produto num local fixo e definitivo e à movimentação dos intervenientes em torno desse local. Como tal, o objectivo passa por transferir parte essencial do trabalho executado em estaleiro para locais modernizados de fabrico permanente, e assim minimizar a quantidade de trabalho a realizar em estaleiro, onde as condições são mais instáveis e imprevisíveis.

“O ponto central da industrialização da edificação não deve permanecer dentro do estaleiro, mas fora dele, e a maior parte do processo total deve ter lugar antes que a construção se inicie. Incrementos na produtividade do trabalho dependerão da frequência com que produtos e componentes são manufacturados fora do estaleiro.” [20]

Neste sentido, a construção modular apresenta-se como solução inevitável, uma vez que permite a produção e montagem de secções parciais ou inteiras do edifício, com um elevado grau de acabamento, em ambientes de fábrica, onde os princípios *Lean* podem ser melhor abordados. A evolução da construção como indústria de produção, com a transferência de actividades construtivas para ambientes de fábrica, permitirá impulsionar a produtividade e reduzir os desperdícios.

Para que a produção de um produto seja racionalizada, é necessário que haja um controle científico, por meio de filosofias de gestão dos processos envolvidos no seu ciclo de produção, que garanta a racionalização do mesmo. A *Lean Construction*, fundamentada em onze princípios, fornece os meios pelos quais a produção passa a ser racionalizada e estabelece a base para a introdução posterior de técnicas de mecanização avançadas.

Mais do que os sistemas tradicionais, a modularização, quando associada à *Lean Construction*, pode proporcionar altos níveis de racionalização construtiva por meio de projetos integrados à sua tecnologia produtiva, permitindo, assim, reduzir de forma eficaz os desperdícios inerentes ao actual modelo de produção.

Efectivamente, a construção modular, ao transferir tarefas essenciais do local de construção para ambientes de fábrica, pode representar uma estratégia chave na prossecução da construção *Lean*.

3.2. A Construção Modular

3.2.1. Características

Construção modular é um processo construtivo inovador que envolve a produção em instalações controladas de elementos pré-fabricados sob a forma de secções modulares facilmente transportáveis e assembladas. A motivação para a sua aplicação surge da necessidade dos clientes por maior rapidez de construção, maior qualidade e um retorno de investimento mais cedo.

Através do uso intensivo de tecnologia mecanizada, os elementos modulares são fabricados de forma eficiente em linhas de montagem semelhantes às que Henry Ford originalmente implementou na indústria automóvel, de acordo com os princípios de produção *Lean* e segundo elevados padrões de qualidade e segurança.



Fig. 8 – Produção de unidades modulares numa fábrica no Japão [21]

A construção modular apresenta um carácter oposto ao da construção tradicional, já que possibilita a construção simultânea do pavimento, paredes e tecto, sendo, posteriormente, feita a união desses componentes de modo a formar unidades volumétricas designadas por ‘módulos’, tudo no contexto de uma mesma fábrica.

Completados entre 60 a 90% na fábrica, os módulos podem ser constituídos por madeira, aço ou betão e podem ser entregues com o sistema mecânico, eléctrico e canalização já instalada, bem como acabamentos interiores e outros acessórios. Após a montagem e inspecção na fábrica, os módulos são depois transportados para o local de construção, onde são erguidos com a ajuda de um guindaste e posicionados de acordo com o projecto. Tipicamente, as empresas de construção modular operam como empreiteiros do projecto, coordenando a entrega, instalação, trabalhos no local e finalização do edifício.

No sistema de construção modular, a logística representa um papel essencial. Por ser o factor preponderante da produtividade e velocidade da obra, o planeamento do transporte e movimentação dos módulos dita a viabilidade de todo o projecto, uma vez que a capacidade dos veículos de transporte e a capacidade do guindaste condicionam o transporte horizontal e o transporte vertical, respectivamente. Para além dessas condicionantes, a dimensão das vias de comunicação é também uma limitação a ter em consideração.

Os módulos podem ser aplicados em extensões de edifícios já existentes ou constituírem por si só edifícios completos. Contudo, a sua aplicação revela-se mais vantajosa em edifícios que apresentem uma grande repetição de espaços, uma vez que possibilita a utilização sistemática de unidades modulares idênticas e desta forma realçar os benefícios da produção em série.



Fig. 9 – Posicionamento de um módulo [22]

É notório que a construção modular introduziu os benefícios de produção em massa ao sector da construção, mas evidentemente requer um grande mercado de modo a conduzir a economias de escala que justifiquem a sua adopção. Ou seja, apenas através da produção repetitiva dos módulos pré-fabricados é possível obter um aumento na quantidade total produzida sem um aumento proporcional nos custos de produção.

Esta condicionante é encarada, sobretudo pelos arquitectos, como um dos maiores entraves à implementação da modularização numa indústria onde a variedade é extremamente valorizada. Contudo, estandardização e padronização não são sinónimos de homogeneidade arquitectónica. A utilização em larga escala de elementos construtivos idênticos não inviabiliza ao cliente a opção de personalizar o edifício em termos de dimensão, cor, forma, etc.. Adoptando uma perspectiva mais ampla, as possibilidades são infinitas quando se pensa em conjugar a pré-fabricação aos métodos construtivos mais tradicionais.

Apesar da tendência para a modularidade ter vindo a crescer lentamente nos últimos anos, a indústria modular ainda está longe de atingir o seu potencial. Os processos actuais são essencialmente manuais e surpreendentemente semelhantes aos processos construtivos mais tradicionais.

De modo a que a construção modular consiga apresentar vantagens competitivas sobre os processos de construção tradicionais, algumas medidas foram apontadas como essenciais, de entre as quais se referem:

- mecanização completa do processo de produção;
- eliminação de todas as tarefas dispensáveis do local de construção;
- maximização do uso de materiais recicláveis na produção dos componentes pré-fabricados.

Com a precisão possibilitada pelas tecnologias BIM (Building Information Model) e a qualidade apresentada pelos materiais modernos e pelas instalações de produção, a pré-fabricação e a modularidade prometem trazer ganhos de produtividade significativos aos projectos construtivos.

3.2.2. Vantagens e Desvantagens

Os projectos de construção modular apresentam essencialmente quatro etapas:

- 1º) aprovação do projecto pelos intervenientes e pelas autoridades reguladoras;
- 2º) produção e montagem das componentes modulares num ambiente controlado;
- 3º) transporte das unidades modulares para o local de construção;
- 4º) construção do edifício através da disposição das unidades modulares de acordo com o projecto.

Esta sequência de operações permite ao processo construtivo apresentar um vasto conjunto de vantagens, sobretudo devido à transferência do trabalho realizado em estaleiro para locais modernizados de fabrico permanente, possibilitando a focalização no fluxo de trabalho em vez de nas actividades individuais.

Uma característica única inerente à construção modular é o facto de permitir o desenvolvimento das actividades no local de construção em simultâneo com a produção dos módulos na fábrica, o que por sua vez possibilita um prazo de construção significativamente mais curto, bem como um menor volume de trabalho em obra e a progressão da construção independentemente do clima local.

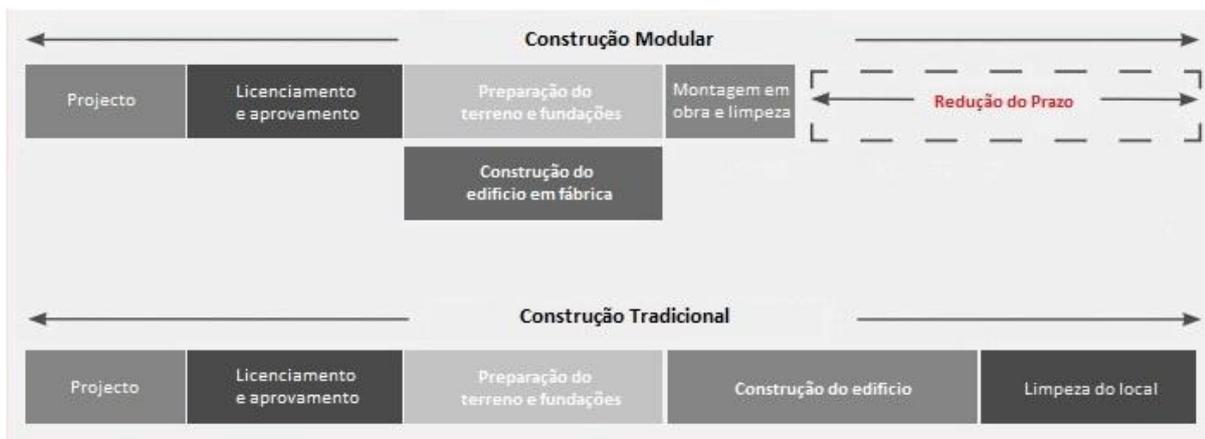


Fig. 10 – Comparação de prazos entre a construção modular e a construção tradicional (adaptação de [23])

As vantagens mais significativas são:

- menor tempo de construção: em geral, verifica-se uma redução de 50-60% em relação à construção tradicional, apesar de normalmente serem necessários tempos de concepção e *design* mais longos nas fases anteriores ao início da construção. Conduz a um retorno do investimento mais cedo;
- maior qualidade, possibilitada pela mecanização da produção dos componentes modulares em instalações controladas;
- menor peso: aproximadamente 30% menor comparativamente à construção tradicional em alvenaria;
- maior sustentabilidade: em geral, é possível obter uma redução do entulho em aproximadamente 50%, uma vez que as técnicas de produção em fábrica permitem um

- menor desperdício de materiais e a utilização eficiente de materiais recicláveis, bem como consequentes poupanças ao nível da energia;
- menor congestionamento do local de construção: completados 60 a 80% em fábrica, a ereção e instalação dos módulos implicam menor quantidade de trabalho em obra e menores requisitos ao nível do número de trabalhadores necessários à construção dos edifícios modulares;
- maior segurança: consequências do descongestionamento do local de construção e da pré-fabricação dos elementos construtivos em ambiente controlado, reduzindo assim a exposição aos riscos no local de construção;
- maior organização e fluidez das actividades construtivas, devido ao maior rigor do projecto;
- adaptabilidade ou extensibilidade, capacidade para adicionar ou remover módulos.

Além das vantagens acima descritas, a construção modular pode ainda reduzir ou aliviar alguns dos problemas mais comuns, tais como restrições em termos de ruído de construção, exigências ao nível do espaço para armazenamento de materiais e outras instalações e falta de mão-de-obra qualificada no local da obra, como por exemplo num local remoto.

Como desvantagens referem-se:

- menor flexibilidade do projecto de execução;
- maior qualificação da mão-de-obra, desde o projetista aos operários;
- maiores dificuldades de transporte: devido às limitações inerentes às vias de comunicação e à capacidade de carga dos veículos de transporte, o tamanho dos módulos pode ser bastante limitado.

3.2.3. A Pré-fabricação e a Construção Modular Face às Necessidades Construtivas Actuais

Em anos recentes, com a saturação construtiva dos grandes centros urbanos mundiais, e devido à elevada competitividade presente em todo o sector, as empresas de construção objectivam agora explorar novos mercados. Neste sentido, verifica-se actualmente um potencial construtivo enorme em certos países, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde a procura é significativamente superior à oferta.

Porém, as dificuldades impostas às empresas de construção nesses países são acrescidas – restrições legais e institucionais, falta de mão-de-obra qualificada, falta de materiais, vias de comunicação deficientes, etc. Esse facto, aliado às próprias limitações dos métodos construtivos tradicionais, impossibilita às organizações satisfazer a elevada procura ao ritmo exigido. Surge assim nos países sub-desenvolvidos, uma oportunidade para a introdução e expansão de técnicas construtivas alternativas (ou não-tradicionais), como é o caso da pré-fabricação e modularização.

Como exemplo, refere-se a situação da Índia. Com uma população superior a 1,2 biliões, a Índia apresenta a taxa de crescimento populacional mais alta de entre os países mais populosos do mundo: 1,3% ao ano, ou seja, aproximadamente 15 milhões de pessoas por ano. Estes números, sem dúvida, representam um desafio construtivo para um país onde o número de habitantes ultrapassa em muito o número de habitações. Segundo o Ministério de Habitação e Aliviação da Pobreza Urbana (MHUPA) existe um deficit habitacional de cerca de 19 milhões de casas. E, segundo dados estatísticos, o deficit habitacional em números absolutos continua a aumentar. Isto porque não existe mão-de-obra qualificada nem instalações de produção de materiais suficientes para acompanhar e satisfazer a procura. A isso acresce-se o fenómeno de êxodo rural que o país actualmente experimenta, sendo que apenas 31% da população habita em áreas urbanas. [24]

A conjugação destes factores contribui de forma expressiva para o crescimento urbano a um ritmo acelerado. Consequentemente, à medida que a população urbana cresce existe cada vez mais pressão para a construção de habitações e infraestruturas de suporte.

Tudo isto significa que a Índia precisa de novos edifícios, e precisa deles rapidamente, sem no entanto desprezar a qualidade das edificações. A quase totalidade do deficit habitacional (99%) é relativo ao grupo de baixo rendimento e economicamente mais fraco. A grande maioria da população habita em casas não-habitáveis, uma vez que a situação económica que os envolve força-os a viver num ambiente precário. De facto, a pressão em responder rapidamente à elevada procura parece resultar em habitações de baixa qualidade que não correspondem adequadamente às necessidades destas pessoas.

Neste contexto, a pré-fabricação pode representar uma solução adequada e eficiente para o problema habitacional da Índia. Ao trazer a mão-de-obra pouco qualificada para o interior de instalações onde a produção pode ser supervisionada e controlada rigorosamente, a pré-fabricação permite aumentar a qualidade dos elementos construtivos e acelerar o processo construtivo através da sistematização da produção e da uniformização e padronização de componentes. Além disso, a pré-fabricação permite também aproximar as diferentes etapas construtivas, reduzindo as ineficiências na concepção, planeamento e construção, sobretudo nos países sub-desenvolvidos, onde os processos construtivos são menos avançados e apresentam mais ineficiências.

Porém, apesar do potencial construtivo dos países subdesenvolvidos, devido à falta de capacidade das indústrias de construção desses países, quer das empresas de construção locais quer da cadeia de fornecimento a montante, a maioria dos grandes projectos construtivos são consignados a empresas de construção estrangeiras. Essa falta de capacidade ocorre tanto ao nível das empresas de construção local, como ao nível da cadeia de fornecimento a montante. Como tal, nos últimos anos tem vindo a ocorrer um processo de transferência tecnológica dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento.

Contudo, diversos esforços neste sentido têm sido mal sucedidos. Isto porque muita da tecnologia transferida tem sido imposta ou forçada, não ocorrendo de forma natural. O processo de transferência tem que ser “puxado” pelos países em desenvolvimento em função da necessidade, promovendo assim o ajuste dos métodos de pré-fabricação às necessidades específicas do país. Desta forma são criadas condições para o sucesso da transferência e implantação de novas tecnologias e métodos construtivos mais avançados, uma vez que esses são apresentados “just in time”, isto é, nem antes, nem após o momento necessário.

Além das necessidades construtivas dos países sub-desenvolvidos, um outro cenário aparentemente favorável à implantação da pré-fabricação e modularização resulta das circunstâncias criadas pelos desastres naturais. Quando ocorrem, estes acontecimentos imprevisíveis e inevitáveis podem afectar áreas residenciais e destruir as edificações, frequentemente de forma irreversível. Consequentemente, após o desastre, impõem-se reconstruções, as quais, por sua vez, apenas podem ocorrer após um período de limpeza dos destroços, avaliação do impacto do desastre e definição de linhas de acção.

Este foi o caso de New Orleans, nos EUA, que em 2005 sofreu os efeitos devastadores do furacão Katrina. Mais de 200,000 habitações ficaram destruídas pelo furacão, deixando dezenas de milhares de pessoas desalojadas, criando assim um deficit habitacional enorme.

Neste sentido, a construção modular apresenta vantagens significativas em relação à construção tradicional. Por um lado, porque possibilita responder com maior rapidez às necessidades habitacionais da cidade através da construção das unidades modulares em simultâneo com as

actividades de limpeza e reorganização da cidade. Os módulos podem depois ser transportados para o local e assemblados rapidamente em apenas duas a oito semanas, em comparação com oito a doze meses na construção tradicional, possibilitando aos habitantes recuperar as suas habitações mais rapidamente. Por outro lado, porque permite a construção dos módulos num ambiente controlado e organizado, longe do caos da cidade devastada, onde não existem condições nem para trabalhar nem para assegurar residência aos trabalhadores temporários.

Efectivamente, o aumento da qualidade da construção modular nos últimos anos tem despertado o interesse dos investidores e constitui actualmente uma alternativa viável e atractiva aos métodos construtivos tradicionais. Em função dos cenários apresentados, torna-se evidente que, sobretudo em situações em que existe urgência em satisfazer grandes necessidades construtivas com qualidade, a construção modular apresenta clara vantagem em relação aos métodos construtivos tradicionais. Essa vantagem é tanto ou mais acentuada quanto maior for a necessidade construtiva e a urgência em construir.

3.2.4. Exemplos de Aplicação

Apesar de actualmente ainda serem processos pouco aplicados pela grande maioria das empresas de construção, a pré-fabricação e a construção modular já existem à seculos. Porém, até meados do século XVIII os exemplos da sua aplicação são escassos, uma vez que sem os benefícios da produção em massa, a pré-fabricação não era rentável.

No entanto, com o advento da revolução industrial e o desenvolvimento da indústria, a produção em série tornou-se possível e viável e permitiu o fabrico de elementos construtivos pré-fabricados de forma mais rápida, eficiente e de forma padronizada. A introdução da linha de montagem por Henry Ford e a resultante produção em massa de automóveis levou a concepções similares para os edifícios, primeiro através de painéis ou sistemas baseados em componentes individuais, estendendo-se depois a unidades volumétricas ou modulares.

Ark Hotel - Changsha, China

Mais recentemente, os feitos na área da pré-fabricação e construção modular têm sido protagonizados pelos Chineses, responsáveis por grandes construções em tempo recorde, como é o caso do Ark Hotel localizado na cidade de Changsha, na China. Com uma área de 17 000 m², este edifício de 30 andares foi erguido em apenas 15 dias por uma equipa de 200 trabalhadores com recurso a módulos pré-fabricados. Capaz de suportar terremotos de elevada intensidade, o edifício é ainda 5 vezes mais eficiente em termos energéticos do que edifícios semelhantes.



Fig. 11 – Construção do edifício (à esquerda) e Ark Hotel (à direita) [25]

Estrasburgo 1 – Estrasburgo, França

Esta estrutura representa o recém-construído *datacenter* da empresa francesa OVH e é um dos mais inovadores aproveitamentos de contentores de transporte de mercadorias, para construção de instalações de alta-tecnologia. O edifício, destinado ao alojamento de servidores, foi construído em apenas 6 meses, incluindo todas as infraestruturas informáticas. Foram utilizados 12 contentores marítimos nos quais estão atualmente instalados cerca de 48 mil servidores. [26]

A utilização de contentores marítimos na construção apresenta diversas vantagens, sendo as mais importantes a capacidade modular, o preço baixo de construção e o carácter sustentável ao possibilitar o reaproveitamento de contentores em fim de vida. [26]



Fig. 12 – À esquerda, colocação dos contentores sobre as fundações; à direita, estrutura após conclusão [26]

B2 Tower – Brooklyn, Estados Unidos da América

Este projecto, iniciado em finais de 2012, será a estrutura modular mais alta do mundo. Com 32 andares e aproximadamente 360 apartamentos, o edifício será composto por mais de 900 módulos pré-fabricados. De acordo com a construtora, através desta abordagem construtiva será possível deslocar 60% do trabalho para ambientes de fábrica e assim retirar, pelo menos, 4 meses ao prazo de conclusão de 18 meses previsto para o projecto. A figura 13 ilustra o processo de colocação dos módulos em obra.

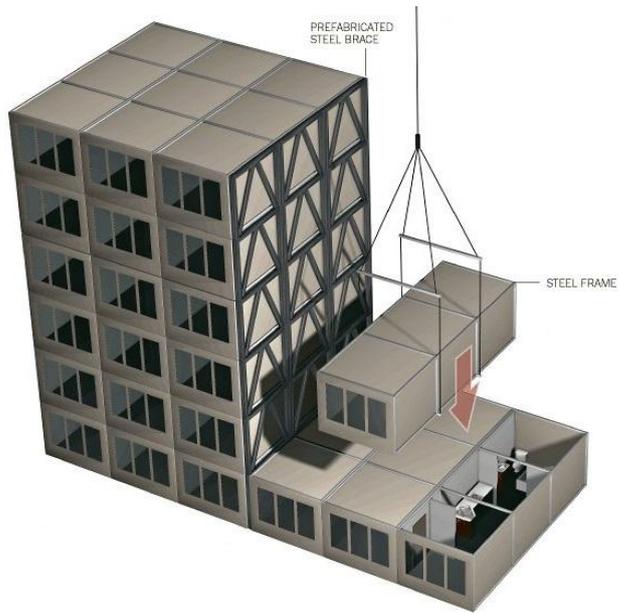


Fig. 13 – À esquerda, processo de colocação dos módulos em obra; À direita, B2 Tower [27]

4

CASO DE ESTUDO

4.1. Introdução

O caso de estudo exposto resulta de uma colaboração com a empresa Algeco S.A.. O objectivo principal deste projecto centrou-se na racionalização do processo de produção estabelecido em parque através da implementação de acções de melhoria com base em princípios *Lean*.

No presente capítulo é feita uma descrição global da empresa, dos seus recursos e procedimentos, sendo que o foco incide sobre as actividades e processos em parque. As informações apresentadas são o resultado de observações presenciais e de diálogos frequentes com os elementos da equipa da Algeco-Maia. Inicialmente, foram inclusive elaborados e realizados questionários ao Director Técnico e ao Técnico de Obra com o intuito de obter informações técnicas relativamente ao *modus operandi* da empresa.

4.2. Caracterização da Empresa

4.2.1. Apresentação

A Algeco S.A. é um fornecedor líder mundial de serviços focalizados em soluções de espaços modulares e de armazenagem. Actuando como Williams Scotsman na América do Norte, Algeco na Europa Continental e Elliott no Reino Unido, a empresa opera uma frota de mais de 320.000 unidades (incluindo cabines sanitárias) gerando anualmente cerca de 1,2 biliões de euros e empregando mais de 4100 funcionários. Hoje, a Algeco Scotsman e as suas filiais têm posições de liderança de mercado em mais de 20 países da América do Norte, Europa e Oceânia. [28]

No que respeita a Portugal, a Algeco implantou-se em 1992 e hoje actua por intermédio de três agências espalhadas estrategicamente pelo país: uma no Norte (na Maia), uma no Sul (em Loulé), e a sede localizada em Castanheira do Ribatejo. Até recentemente, a empresa tinha uma quarta delegação na Mealhada, mas devido a dificuldades de legalização junto das entidades competentes foi encerrada.

A nível estratégico, a delegação da Maia mantém uma comunicação constante com a Directora Comercial da sede, que é a principal responsável pela coordenação das operações em Portugal. Contudo, a nível operacional responde apenas perante Madrid, que é onde se situa a sede da Península Ibérica.

A equipa de trabalho da Algeco-Maia é constituída pelos seguintes elementos efectivos:

- um director técnico, responsável máximo pelas operações da delegação;

- um responsável pelo parque de contentores e pela gestão e supervisão de todas as actividades que nele se realizem;
- um técnico de higiene e segurança, também responsável pela gestão e aprovisionamento dos materiais;
- um responsável pela pós-venda e logística das operações de entrega e recolha dos módulos;
- um técnico de obra, responsável por todas as operações que envolvam a instalação dos módulos no local de entrega;
- um comercial responsável pela divulgação do serviço e angariação de novos clientes;

A restante mão-de-obra é subcontratada consoante as necessidades da empresa, incluindo os operários e os veículos de transporte dos módulos. Na figura 14 está representado o organigrama da empresa.

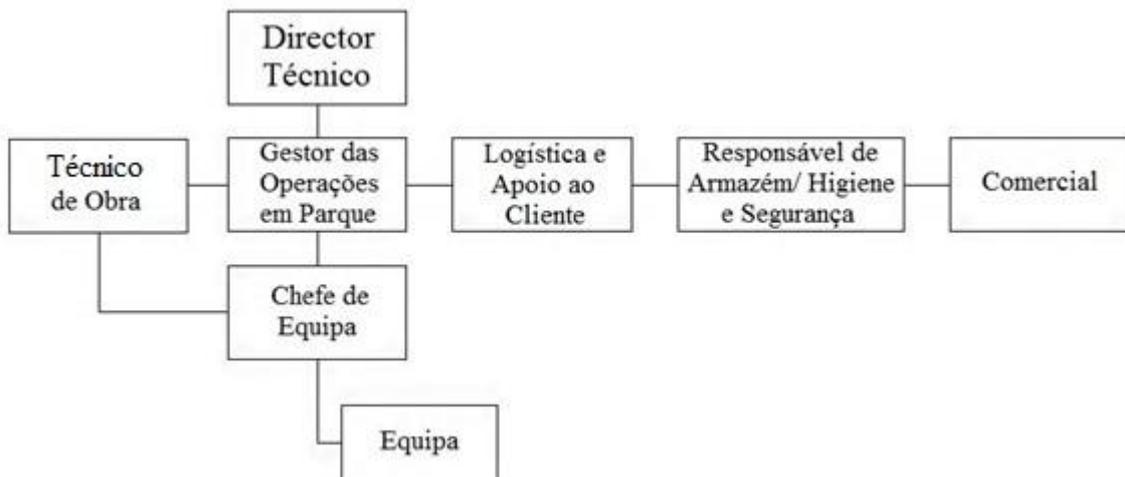


Fig. 14 – Organigrama da empresa

Em termos de serviços, a Algeco-Maia fornece sobretudo soluções temporárias - aluguer de módulos - procurando sempre assegurar soluções para qualquer ramo de actividade. Esses módulos são o resultado de operações de interligação de componentes e trabalhos de acabamento realizados em parque.

De modo a providenciar versatilidade nas suas soluções, sem no entanto abdicar de um elevado grau de padronização nos seus elementos e sistematização dos seus processos, a empresa divide o seu catálogo em dois grupos: soluções *standard* e não-*standard*. A principal diferença entre ambas está no grau de personalização que oferecem ao cliente. Enquanto que as características das soluções *standard* são fixas e pré-definidas pela empresa, as soluções não-*standard* permitem ao cliente configurar o(s) módulo(s) de acordo com as suas necessidades ou gosto pessoal. Além disso, contrariamente às primeiras (que apenas incluem módulos singulares), as segundas oferecem ao cliente a possibilidade de unir (acoplar) dois ou mais módulos. Devido a este facto, as soluções não-*standard* são as mais procuradas e, como tal, representam a maior fatia dos negócios da empresa (gráfico 1).

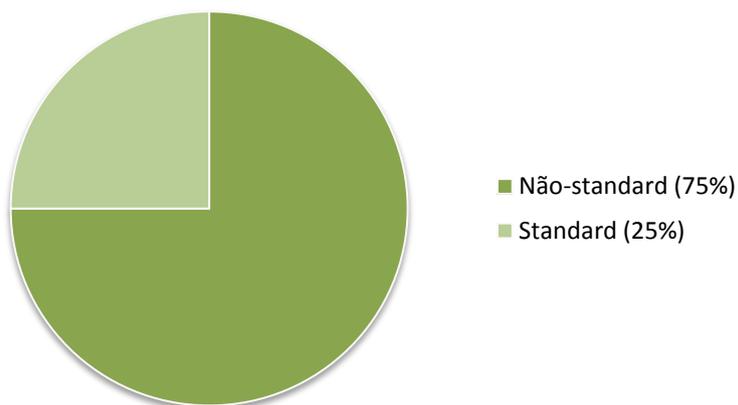


Gráfico 1 – Distribuição da procura entre soluções *standard* e *não-standard* (valores aproximados)

À data do presente trabalho, a delegação está envolvida em sete projectos distintos, incluindo duas exportações para delegações da América do Sul. Face às actuais adversidades económicas, estes negócios representaram uma oportunidade para aliviar algum do *stock* acumulado em anos recentes, para além de permitirem “libertar” alguns dos módulos tecnologicamente mais antigos.

De facto, o forte impacto que a recente recessão económica teve na indústria em geral teve sérias repercussões no índice de actividade da empresa. Tal como pode ser observado no gráfico 2, a quantidade de módulos alugados sofreu um decréscimo significativo desde 2010, ano em que alugou cerca de 2680 unidades. No ano de 2012, o valor é de aproximadamente 700 módulos, o que representa uma quebra de 74% na actividade da delegação, num período de apenas dois anos.

No total, a delegação trabalha com uma frota de, aproximadamente, 1600 módulos, distribuídos entre parque e aluguer. Em média, cada módulo é alugado por um período de seis meses.

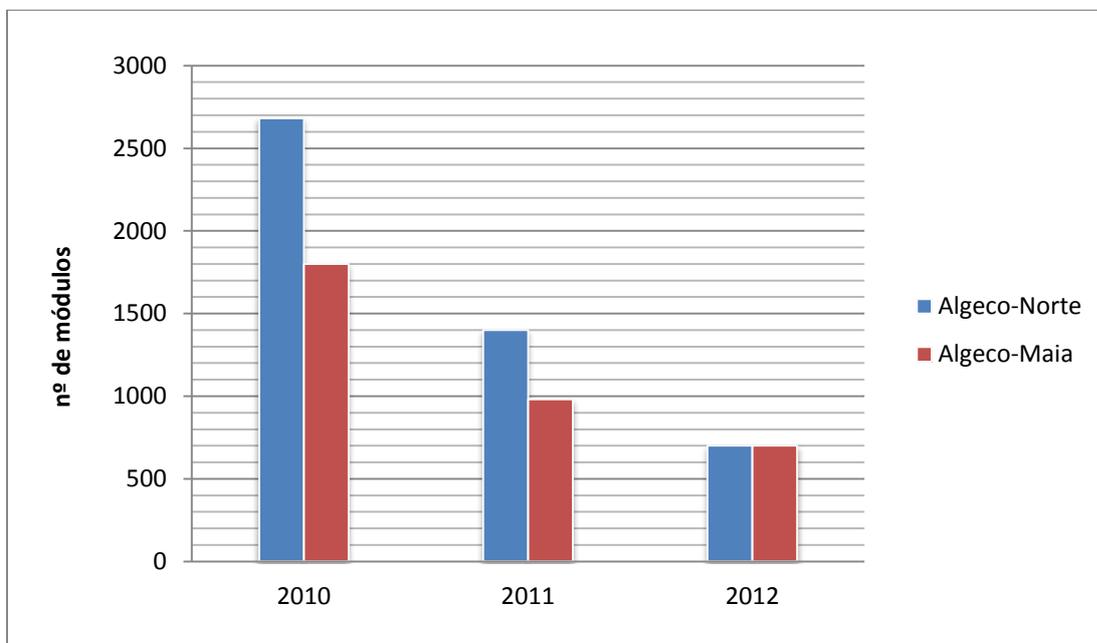


Gráfico 2 – Volume de negócios da empresa

4.2.2. Produtos

Em termos de módulos, a Algeco-Maia fornece dez modelos distintos que se diferenciam essencialmente pela sua altura, largura e comprimento, como pode ser observado na tabela 2. Estes módulos inserem-se em categorias distintas designadas por ‘séries’: a série 3000, a série 4000 e a série Tecno, sendo que esta última tem vindo a cair em desuso devido a algumas falhas de concepção que apresenta. Os dois últimos números de cada modelo representam aproximadamente a área do módulo.

Tabela 2 – Gama de módulos fornecidos pela empresa

Série	Modelo	Comprimento (m)		Largura (m)		Altura (m)		Área		Peso (Kg)
		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	
3000	3010	4,41	4,28	2,44	2,33	2,61	2,31	10,76	10,00	1300
	3110					2,80	2,47			1375
	3015	6,21	6,10			2,61	2,31	15,15	14,21	1650
	3115					2,80	2,47			1750
	3021	8,82	8,70			2,61	2,31	21,52	20,27	2115
	3121					2,84	2,47			2300
6000	6110	4,41	4,28	2,44	2,33	2,87	2,50	10,76	10,00	1400
	6115	6,21	6,10					15,15	14,21	1875
	6118	7,35	7,24					17,93	16,87	1925
	6121	8,82	8,70					21,52	20,27	2330

De acordo com cada modelo, os módulos apresentam uma estrutura base resistente à qual podem ser afixados diferentes painéis cuja conjugação permite confinar verticalmente a área do módulo e personalizar o seu espaço interior. Esses painéis podem ser constituídos por vidro ou por chapas em ambos os lados com poliuretano injectado entre elas, ou ainda uma conjugação de ambos (figura 15)

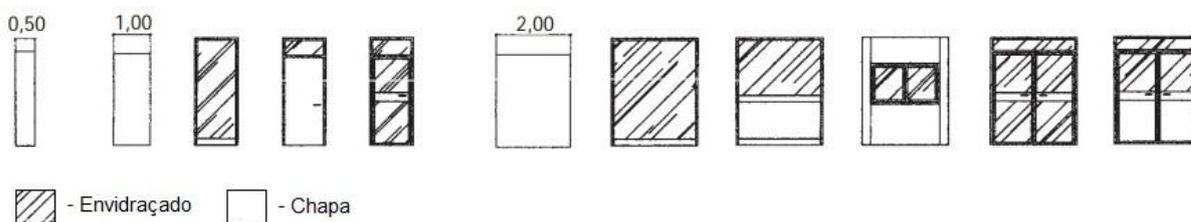


Fig. 15 – Tipos de painéis [28]

Em função do exposto, facilmente se depreende que este conjunto distinto de características permite oferecer uma multiplicidade de soluções a partir de um número limitado de painéis e estruturas modulares. A figura 16 exemplifica duas configurações muito distintas a partir de um único modelo.

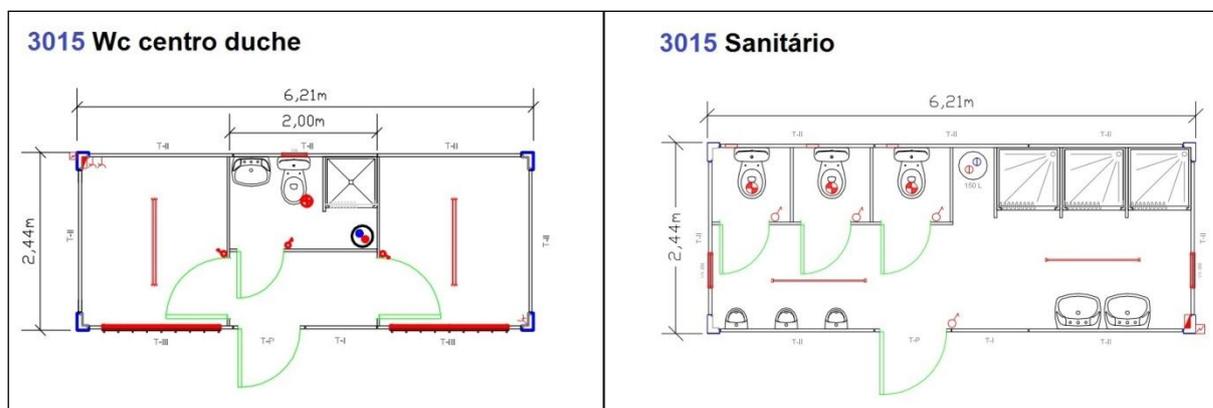


Fig. 16 – Exemplos de módulos *standard*, modelo 3015 [28]

Módulos com o mesmo comprimento ou largura podem ser acopláveis segundo os lados com as mesmas dimensões. Esta importante característica possibilita projectar espaços que ultrapassam em muito a área de um único módulo, permitindo, assim, superar as limitações inerentes às suas próprias dimensões. A figura 17 representa um exemplo da acoplação de sete módulos de três modelos distintos.

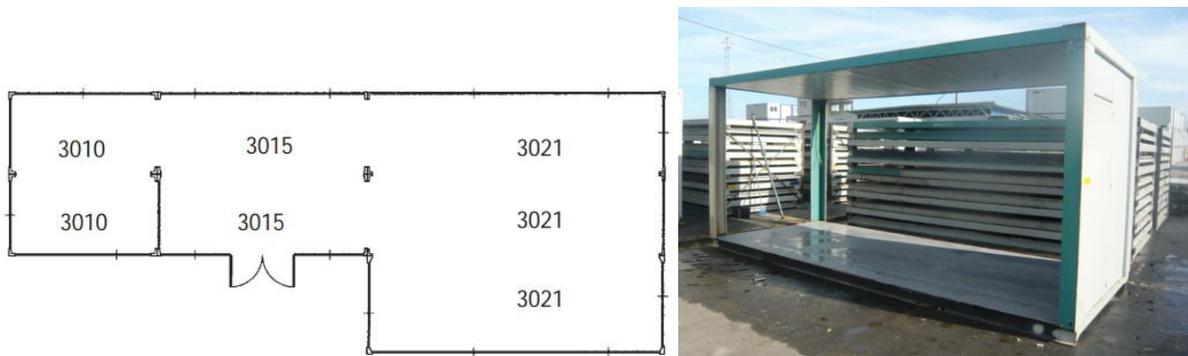


Fig. 17 – À esquerda, exemplo de acoplação de vários módulos; à direita, estrutura de um módulo

Cada módulo possui uma matrícula única que o identifica e permite à empresa saber a sua localização, características e número de vezes utilizado, entre outras informações. A cada matrícula está associado um valor monetário que representa a receita gerada pelo aluguer do módulo e que permite determinar o seu valor de amortização. Este pode ser definido como a relação entre a receita financeira gerada pelo aluguer do módulo e o seu valor de compra inicial. Traduz portanto a rentabilidade de cada módulo.

As características gerais dos módulos são [28]:

- acopláveis em ambas as caras, no sentido horizontal e vertical;
- painéis sandwich com chapa pré-lacada micronervurada e espuma de poliuretano injectado com espessura de 4 cm;
- tecto falso com chapa pré-lacada e remates no mesmo material em todo o perímetro, permitindo tectos contínuos;
- cobertura a duas águas com quatro descidas de água interiores;
- estrutura do chão com dois skids (perfis metálicos), muito resistentes para o apoio do módulo;
- chão duplo hidrófugo de partículas e pavimento em vinílico;

Além dos módulos pré-fabricados, a empresa também providencia contentores metálicos que são geralmente procurados por empresas de construção para o armazenamento seguro de materiais e maquinaria valiosa em estaleiros de obras. Contudo, neste tipo de soluções a personalização não é tão valorizado pelo cliente como no caso dos módulos, pelo que a empresa limita a variedade de escolha ao tamanho e à cor.

4.2.3. Principais Equipamentos Envolvidos na Execução das Operações

Neste sub-capítulo é feita uma breve descrição dos principais equipamentos utilizados pelos trabalhadores durante a execução das operações. Eles são a empilhadora e o camião-grua.

Empilhadora

As empilhadoras são máquinas geralmente utilizadas para mover mercadorias em paletes. São equipamentos versáteis e compactos, com elevada mobilidade, próprios para serem operados em lugares fechados e estreitos. São dotadas de uma torre de elevação que permite aumentar consideravelmente a altura de actuação e assim possibilitar o armazenamento em locais mais elevados.

Normalmente as empilhadoras possuem capacidades de carga que vão desde 1.000 a 16.000 kg. Uma das características mais importantes a ter em atenção, sobretudo durante operações de manuseio de cargas pesadas, tal como contentores, é o centro de gravidade do conjunto empilhadora-carga, uma vez que o desrespeito deste limite estabelecido pelo fabricante pode conduzir ao derrube da empilhadora.

Este equipamento é utilizado exclusivamente no parque da Maia em operações de movimentação de materiais pesados e paletes de materiais.



Fig. 18 – Empilhadora (à esquerda) e Camião-Grua (à direita)

Camião-Grua

Tal como o nome indica, o camião-grua consiste na conjugação de dois elementos: o camião e a grua. São também equipamentos versáteis na medida em que a sua utilização pode abranger uma grande diversidade de tarefas. Em primeiro lugar, o camião permite o transporte de mercadorias ao longo de grandes distâncias e é capaz inclusive de rebocar um atrelado com uma superfície de carga semelhante à do camião, possibilitando, assim, a expansão da capacidade de carga do veículo. Em segundo lugar, a grua instalada no chassi permite o levantamento e posicionamento da carga, não só de e para o camião, como também fora dele. Esta característica oferece uma elevada autonomia ao camião, uma vez que fica independente de outros equipamentos para a colocação de mercadorias sobre o chassi.

Também na utilização dos camiões-grua é necessário atenção redobrada relativamente às características da mercadoria e ao respeito dos limites impostos pelo fabricante.

No âmbito das operações da Algeco, este equipamento é utilizado essencialmente para o transporte e posicionamento dos módulos, seja em operações do parque, deslocações parque-estaleiro de obra ou actividades em estaleiro de obra.

4.2.4. Instalações - O Parque de Módulos

Como já foi referido anteriormente, uma grande percentagem do trabalho envolvido na construção modular é realizado fora do estaleiro de obras, num ambiente próprio, caracterizado por um *layout* projectado especificamente para a produção, montagem e acomodação de módulos.

Na figura 19 é apresentada uma planta das instalações da Algeco-Maia, em torno das quais se realizam as principais operações de produção e armazenamento de módulos.



Fig. 19 – Layout do parque da Maia

Como se pode observar, o parque é constituído por cinco áreas principais.

A área 1, com cerca de 6.600 m², é destinada à circulação de pessoas e equipamentos. Consiste num único corredor central que atravessa o parque de uma extremidade à outra e através do qual circulam os camiões-grua e as empilhadoras, transportando os módulos do seu local de armazenamento para o local de produção, e daí para o estaleiro de obra. A área 1 serve também para armazenamento de unidades modulares que não estejam em actividade. Preferencialmente, esse armazenamento tem sido feito junto aos limites do parque com o intuito de maximizar a utilização do espaço disponível e permitir a livre circulação de pessoas e equipamentos pelo corredor central. Porém, face ao revés económico dos últimos anos, a empresa viu-se obrigada a alugar um espaço adicional exterior ao parque (demarcada como “A” na figura 19) de modo a conseguir acomodar toda a frota de módulos inactivos.

A área 2 representa os escritórios, incluindo um local de recepção ao cliente.

Na área 3 situam-se dois galpões destinados ao armazenamento de materiais e peças utilizadas na produção dos módulos. (figura 20)

A área 4 representa o vestiário e o local de recuperação de peças, no qual se procede à recuperação de peças danificadas durante a produção, transporte ou utilização dos módulos. (figura 21)



Fig. 20 – Armazéns



Fig. 21 – Local de reparação de componentes

A área 5 é destinada à reconfiguração dos módulos. É neste local que se realizam todas as operações com intervenção directa nas características dos módulos, incluindo a reconfiguração de painéis, pinturas, instalações elétricas, e quaisquer outros acabamentos. Esta área, com cerca de 750 m², está dividida em duas áreas de produção distintas, designadas por área de produção 1 e área de produção 2, sendo que cada uma possibilita a produção simultânea de três módulos. As áreas de produção estão separadas entre si por um ‘supermercado de peças’, cuja finalidade é proporcionar aos trabalhadores o rápido acesso às peças e materiais necessários à produção dos módulos, permitindo, assim, evitar deslocações maiores até ao armazém e desperdícios de tempo na sua abertura e encerramento. Além do supermercado de peças, existem também duas ‘livrarias de painéis’ adjacentes a cada área de produção, e que contêm uma multiplicidade de painéis de diferentes configurações que podem ser montados ao esqueleto/estrutura dos módulos.

A figura 22 ilustra o *layout* desta área. A zona a laranja representa um pequeno contentor metálico que é utilizado para guardar ferramentas de trabalho.

É de destacar que, tanto o supermercado de peças como a livraria de painéis foram inovações fundamentadas em princípios *Lean* e introduzidas pelo Director Técnico da delegação com o objectivo de reduzir os tempos de preparação dos módulos e aumentar a eficiência de procedimentos habituais.

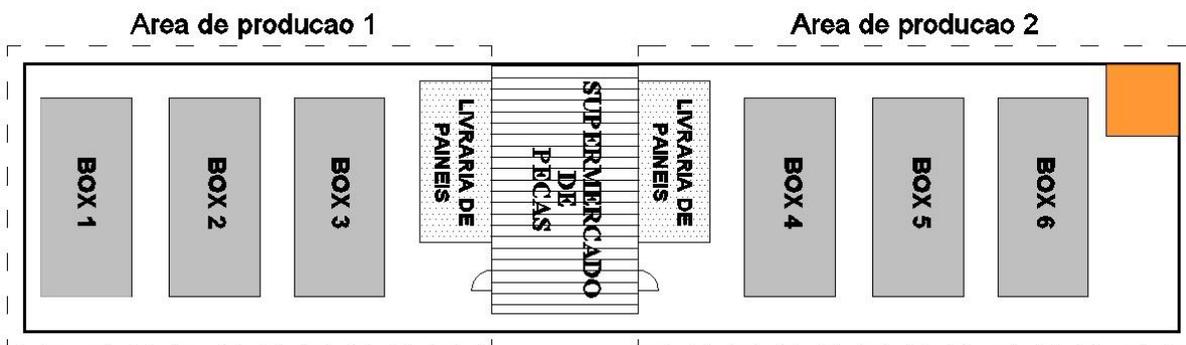


Fig. 22 – Layout da área de produção



Fig. 23 – Área de Produção 2



Fig. 24 – Livraria de painéis adjacente ao supermercado de peças

O espaço disponível e a disposição actual dos diferentes elementos na área 5, bem como ao longo de todo o parque, permite, em média, a preparação de 12 módulos *standard* por dia, sendo que o tempo de preparação de cada um depende essencialmente do grau de complexidade envolvido na sua configuração, o que por sua vez varia em função dos requisitos do cliente. Módulos singulares mais simples são montados e preparados em poucas horas e entregues ao cliente praticamente prontos a utilizar.

De acordo com o Director Técnico, a actual configuração do parque é função:

- da própria área a que está limitado;
- da quantidade de módulos em inactividade e do espaço necessário para os acomodar;
- do espaço necessário à deslocação dos camiões-grua e outros equipamentos;
- do espaço necessário à execução de tarefas e operações e das medidas implementadas com vista à sua optimização;

4.3. O Novo Parque

Devido à falta de espaço e, sobretudo, a razões de carácter legislativo a Algeco achou que seria vantajoso transferir as instalações para um novo local com potencial para oferecer condições mais propícias à realização da sua actividade. Como tal, encontra-se em fase de concepção o projecto para a construção de um novo parque que será estrategicamente localizado relativamente às restantes delegações. Esse projecto, apresentado na figura 25, permitirá reformular a configuração do *layout* do parque actual e progredir no sentido de alcançar processos mais optimizados.

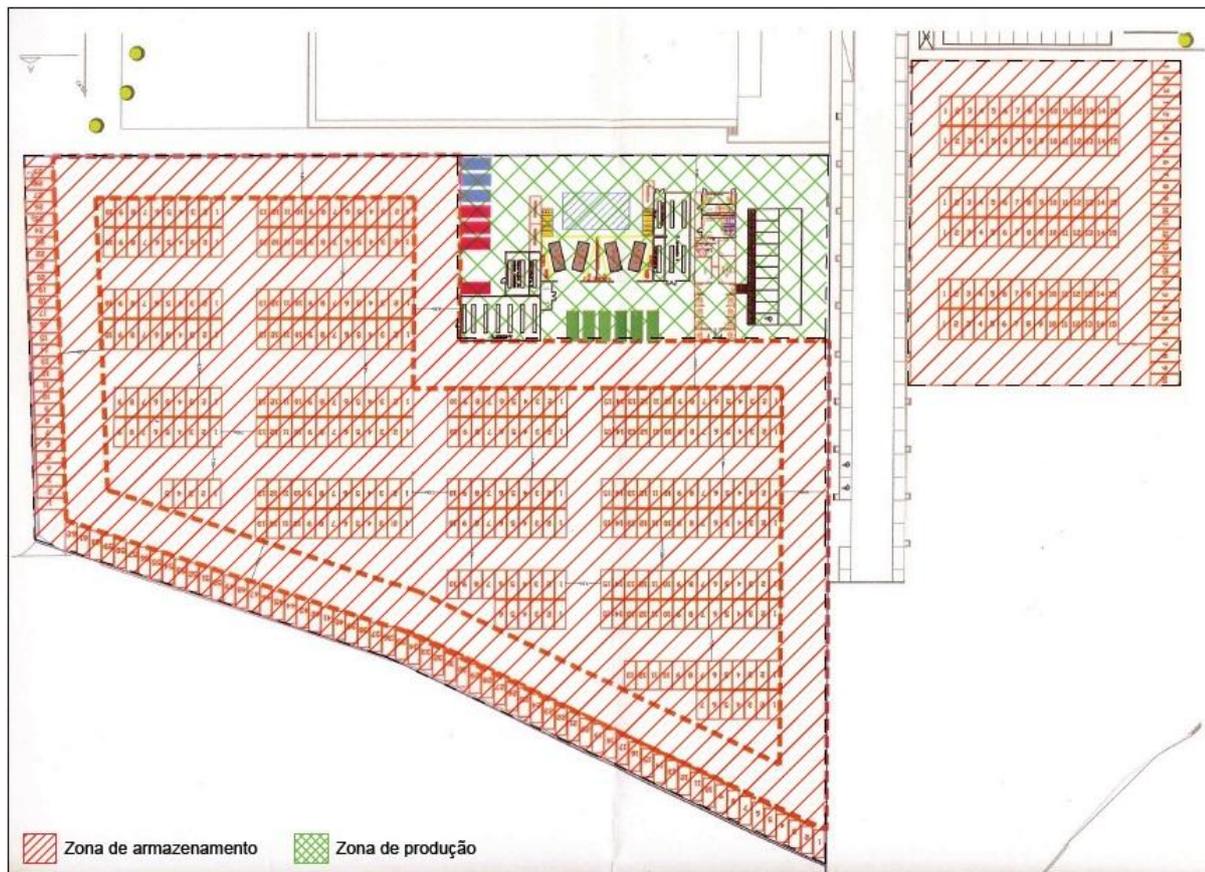


Fig. 25 – Projecto do novo parque

De facto, comparando ambos os parques é possível observar um rearranjo físico significativo do parque actual para o novo. As principais diferenças são:

- uma geometria mais fechada, próxima à quadrangular, em oposição à forma alongada do parque actual;
- separação clara entre a área de armazenamento dos módulos e as restantes áreas. Isto possibilita planear adequadamente a disposição dos módulos e evitar o congestionamento da área de produção devido a má organização;
- disposição lógica dos contentores ao longo da área de armazenamento. A formação de diferentes “ilhas” de módulos, agrupados em duas filas e sobrepostos até dois pisos, origina diversos corredores que possibilitam a deslocação fluída dos equipamentos e o fácil acesso a qualquer módulo do parque;
- concentração de todas as actividades de processamento num único local, permitindo controlar mais eficazmente a sua execução e evitar quebras de fluxo e desperdícios de tempo;
- concepção de uma cobertura, imperceptível na planta apresentada, sobre a área de produção, que permitirá evitar que o trabalho seja afectado por condições atmosféricas adversas;

Além do referido, foram projectados, no interior da zona de montagem e preparação dos módulos, dois novos locais, destinados à recepção e levantamento dos módulos nas etapas imediatamente anterior e posterior à produção dos módulos, respectivamente. Segundo o processo da empresa, o camião-grua recolhe o módulo da zona de armazenamento, transporta-o até à zona de produção e entrega-o no local de recepção. Quando a zona de produção estiver desimpedida e disponível para a preparação do

próximo módulo, os operários procedem então à sua movimentação, por meio de porta-paletes, até uma das box's. Após o processo de montagem e preparação do módulo, este é movido para o segundo local, onde será depois levantado e transportado novamente pelo camião-grua até um novo destino.

4.4. Processos em Estaleiro de Obra

Neste subcapítulo é feita uma breve descrição de um projecto que teve início durante a realização desta dissertação e que permite ilustrar alguns dos procedimentos que a Algeco tem em obra.

As características gerais do projecto exposto são:

- cliente: Construções Irmãos Peres
- localização da empreitada: Escola EB 2/3 de Valongo do Vouga, concelho de Águeda
- data de inicio das actividades: 4/02/2013
- data de entrega/conclusão: 8/03/1013
- número de módulos a fornecer: 51 + 2 sanitários



Fig. 26 – Perspectiva global da obra

Segundo o cliente, o objectivo do projecto é criar condições que permitam a reprodução temporária do ambiente de sala de aula e assim evitar a interrupção das actividades escolares devido a obras de remodelação. No total pretende-se a colocação de dois sanitários e a montagem de dezassete salas no recreio da escola, distribuídas por três filas. Entre filas deverá ser colocada uma cobertura, a qual, porém, não será executada pela Algeco. Conforme a representação da figura 27, cada sala será o resultado da acoplação de três módulos iguais, modelo 6115, o que implica que no total serão instalados no local 51 módulos, para além dos dois sanitários, e que cada sala terá mais de 42 m² de área útil disponível.

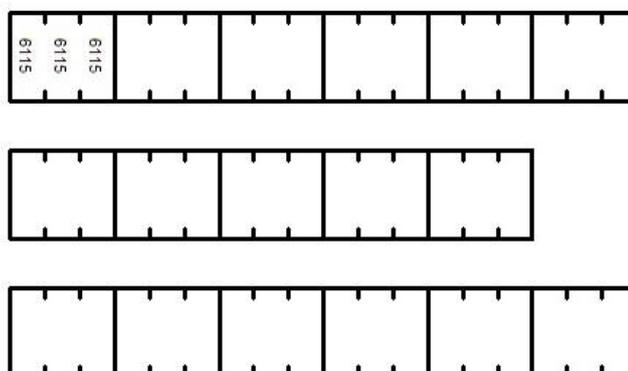


Fig. 27 – Planta de implantação dos módulos em obra

Os módulos utilizados neste projecto foram provenientes de outras escolas nas quais a sua utilização deixou de ser necessária. Devido a decisões de carácter logístico, a Algeco optou por enviar os módulos directamente para a escola, sem escala na delegação da Maia, o que implicou a realização de

trabalhos mínimos de preparação dos módulos nas escolas de origem. À medida que os módulos ficavam preparados, procedia-se à sua deslocação e colocação no estaleiro de obra. Inicialmente, devido à ausência de uma planta de implantação detalhada e à indisponibilidade de uma equipa de trabalho capaz de efectuar a acoplação dos módulos, estes foram colocados em posições aproximadas ao pretendido, procedendo-se posteriormente ao seu posicionamento exacto com recurso a camiões-grua. É de realçar que neste projecto não foi necessária a execução de quaisquer trabalhos de preparação do solo uma vez que o terreno já se encontrava compactado, pavimentado e suficientemente plano.



Fig. 28 – Elevação (á esquerda) e posicionamento de um módulo (á direita)

Aquando da colocação dos módulos existem dois aspectos básicos a respeitar: o alinhamento horizontal e o nivelamento vertical dos módulos. De modo a cumprir o primeiro, a equipa estendeu um fio ao longo de todo o comprimento de cada corredor com a intenção de ditar o limite a respeitar pela orientação dos módulos. Em relação ao segundo, recorreu-se a calços de madeira colocados nos quatro cantos da base dos módulos, sendo o controlo feito através de niveladores. As operações de alinhamento e nivelamento são importantes uma vez que sem a sua execução não é possível acoplar correctamente os módulos.



Fig. 29 – Exemplo do nivelamento vertical por meio da utilização de calços de madeira

À medida que vão sendo posicionados, a acoplação é feita módulo a módulo através de duas uniões concretizadas pela colocação de parafusos nos cantos inferior e superior dos módulos, em primeiro e

segundo lugar respectivamente, conforme ilustrado na figura 30. No canto inferior direito desta representa-se o acoplamento de três módulos de modo a formar uma das salas.



Fig. 30 – Exemplo de acoplamento de módulos

Por último são executados os remates exteriores e interiores que garantem a impermeabilização das salas e ocultam o local de união dos módulos. Se requisitado pelo cliente, são também feitas as ligações elétricas e sanitárias, bem como a instalação dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC).

5

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE MELHORIA

5.1. Introdução

O presente capítulo vem complementar e concluir o caso de estudo introduzido. Neste é feita uma análise do processo de produção da empresa de modo a salientar áreas menos eficientes e identificar oportunidades para melhoria. Subsequentemente são propostas medidas que, de forma directa, influenciem a produtividade. De modo a avaliar a sua aplicabilidade e potencial impacto, foi realizado um questionário ao Responsável pelas Operações em Parque, o qual se encontra em anexo.

Este capítulo está estruturado de acordo com uma metodologia que visa orientar a análise realizada. A metodologia desenvolvida está representada na figura 31 e compreende, essencialmente, cinco etapas:

- 1º) definir os objectivos da empresa: esta etapa é crucial, uma vez que as medidas propostas devem visar a concretização desses objectivos da melhor forma possível;
- 2º) analisar os procedimentos actuais: consiste, basicamente, num diagnóstico da situação de modo a identificar onde reside o potencial para melhorias, e assim aproveitar oportunidades que permitam diminuir a diferença entre um cenário existente e um cenário desejado;
- 3º) propor soluções/alternativas: após a análise da cadeia de procedimentos são então propostas abordagens com vista à optimização dos processos e à resolução de eventuais problemas encontrados;
- 4º) implementar as soluções/decisões escolhidas: uma vez analisadas cuidadosamente as possibilidades de melhoria, procede-se à implementação das escolhidas;
- 5º) controlar as soluções implementadas: os resultados deverão ser avaliados e, em caso de êxito, definidos como o novo padrão ou referencial da empresa;

Definição dos objectivos	Análise dos procedimentos actuais	Definição de soluções/ alternativas	Implementação da decisão	Controlo da decisão
---------------------------------	--	--	---------------------------------	----------------------------

Fig. 31 – Metodologia adoptada

Das cinco etapas que constituem a metodologia apenas as três primeiras serão abordadas, uma vez que a implementação das medidas propostas e o seu controlo ultrapassam o âmbito do presente trabalho. Contudo, esforços foram aplicados no sentido de avaliar a viabilidade das medidas propostas e validar

o trabalho desenvolvido através de diálogos frequentes com os principais intervenientes e de um questionário ao Responsável pelas Operações em Parque (Anexo D).

5.2. Objectivos da Empresa

Em termos gerais, como empresa competitiva, a Algeco procura constantemente melhorar os seus processos a todos os níveis. Independentemente do mercado envolvente, a optimização dos recursos disponíveis e a execução das tarefas de forma mais eficiente são etapas inevitáveis no caminho em direcção à redução dos custos e à satisfação do cliente.

De acordo com a mentalidade *Lean* a consideração das necessidades do cliente merece especial destaque, uma vez que permite aumentar o valor do produto e reduzir os desperdícios. Do ponto de vista administrativo, a produção pode estar a funcionar em perfeitas condições. No entanto, de nada adianta apresentar uma produção 100 % eficiente, sem desperdícios, se o cliente não ficar satisfeito com o serviço que lhe é prestado. Neste sentido, as decisões tomadas não só pelo quadro administrativo, mas também pelo gestor do parque, devem exigir a consideração dos requisitos do cliente, tais como:

- custo: deve justificar o serviço prestado e ser competitivo, além de previsível;
- qualidade: o produto deve ser entregue em perfeitas condições, sem defeitos ou imperfeições, deve justificar o preço praticado e, acima de tudo, corresponder às expectativas do cliente;
- desempenho: o pedido do cliente deve ser satisfeito o mais rápido possível e exactamente segundo os seus requisitos;
- fiabilidade: o produto não deve apresentar falhas no seu desempenho ao longo de todo o período de utilização;
- versatilidade: as opções do cliente não devem ser restringidas a uma única solução; é importante limitar a variabilidade mas também oferecer liberdade de escolha ao cliente de modo a adequar o produto/serviço às suas necessidades;
- adaptabilidade/flexibilidade: tratando-se de construção modular, o cliente espera ter a possibilidade de proceder a alterações, quer na fase de projecto, quer na fase de utilização;

O conhecimento das características que o cliente valoriza, relativamente ao serviço prestado pela empresa, é essencial para identificar as actividades que agregam valor e assim definir que aspectos do processo devem ser melhorados, alterados ou eliminados. De um ponto de vista imediato, também permite identificar as actividades críticas da cadeia de valor, isto é, aquelas que mais contribuem para o valor global do produto, e que, como tal, devem ser priorizadas em relação às restantes. Isto não significa que as restantes actividades devam ser ignoradas ou lançadas para segundo plano, já que a melhoria do processo global depende da optimização de todas as actividades que o compõem. Contudo, face a oportunidades de melhoria, consoante os recursos de que a empresa dispõe, que serão certamente limitados, surge a necessidade de determinar onde esses recursos serão melhor aplicados. Trata-se portanto de maximizar o impacto da aplicação dos recursos disponíveis.

Assim, o modo como a produção é organizada e estruturada, bem como as características e qualidades do produto que dela resultem, dependerá, não só dos objectivos de produtividade e eficiência da empresa, mas fundamentalmente da percepção de qualidade que o cliente tem relativamente ao serviço fornecido.

Em termos concretos, e em função do exposto, os principais objectivos da empresa são:

- maximizar a produção por unidade de tempo: isto significa minimizar o tempo de ciclo;
- minimizar o tempo de entrega ao cliente;
- maximizar a produtividade dos trabalhadores durante o horário de trabalho;
- minimizar o desperdício de materiais;
- aumentar a qualidade do serviço fornecido (maximizar o valor para o cliente);
- otimizar a área disponível para armazenamento e execução das actividades;

5.3. Análise dos Procedimentos Actuais

Neste sub-capítulo o autor realiza uma avaliação do funcionamento geral do parque de módulos e em particular do sistema de produção estabelecido. Esta avaliação é fundamental para a compreensão da natureza e impacto que a implementação das medidas propostas teria na produtividade da empresa.

Em primeiro lugar é analisado o negócio da empresa com o objectivo de explicitar algumas das restrições que condicionam/influenciam o processo de produção.

Em segundo lugar são analisadas as principais operações em parque: a produção e o armazenamento de módulos.

Em terceiro e último lugar, é avaliado o sistema de planeamento e controlo da produção. Este trata da gestão e controlo da mão-de-obra, dos materiais e da informação no processo produtivo

5.3.1. Análise do negócio da empresa/ considerações iniciais

O volume de negócios da Algeco S.A. provém, na sua maioria, da prestação de serviços de aluguer de módulos e contentores. O carácter temporário das soluções fornecidas significa que o mesmo módulo é constantemente reutilizado por diversos clientes. Além disso, a grande diversidade de clientes com que a empresa negocia implica igual diversidade de encomendas.

De facto, a elevada percentagem de soluções não-*standard* encomendadas (gráfico 1) evidencia uma variedade significativa de módulos envolvidos nessas mesmas encomendas. Essas variações ocorrem a vários níveis na quantidade e personalização dos módulos.

É evidente que, devido ao elevado grau de liberdade facultado aos seus clientes relativamente às características dos módulos, é praticamente impossível à empresa manter um *stock* de módulos capaz de dar resposta imediata à grande diversidade de encomendas recebidas.

Como tal, face a nova encomenda, consoante a configuração encomendada, pode ocorrer uma de duas situações:

1. existe em *stock* um módulo com a configuração igual à encomendada: esta situação implica que não é necessário realizar operações de reconfiguração, pelo que o módulo é fornecido directamente do armazenamento para o cliente;
2. não existe em *stock* um módulo com a configuração igual à encomendada: nesta situação, é necessário realizar operações de reconfiguração para que o módulo seleccionado fique de acordo com a configuração pretendida;

Assim, a rapidez de resposta ao pedido recebido está dependente do facto de existir em parque um módulo com a configuração igual ou próxima à encomendada. Caso contrário são necessários trabalhos de reconfiguração e, conseqüentemente, o tempo total de entrega é prolongado.

Face ao exposto, é correcto afirmar que, no decorrer da sua utilização, o módulo encontra-se numa de três etapas: armazenado, em processo de reconfiguração ou alugado ao cliente. Normalmente, estas etapas sucedem-se de acordo com o ciclo apresentado na figura 32. O ciclo apenas é interrompido caso o módulo se encontre em mau estado ou desactualizado, situação em que é então assinalado para abate, ou caso a empresa realize uma venda.

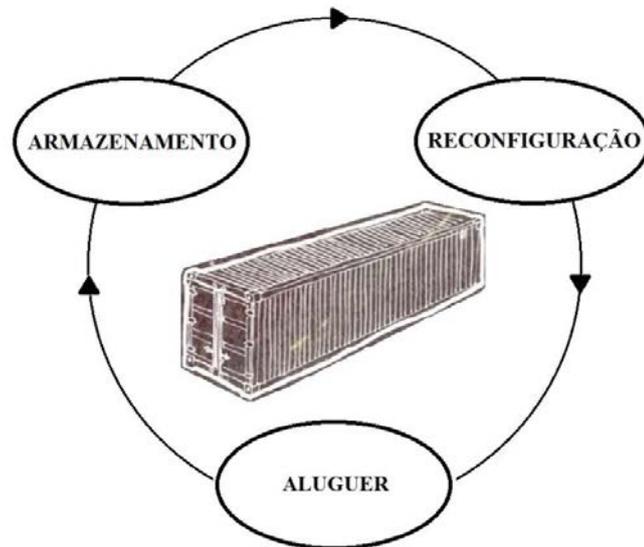


Fig. 32 – Ciclo de utilização do módulo

5.3.2. Análise dos procedimentos em parque

Em termos de operações relacionadas ao processo de produção, o parque serve essencialmente os seguintes propósitos:

- a) armazenamento de módulos em inactividade;
- b) reconfiguração e preparação de unidades modulares;
- c) armazenamento de peças e materiais;
- d) reparação e manutenção de componentes;

Das referidas, salientam-se o processo de reconfiguração, por ser o objecto de estudo principal do presente trabalho, e o armazenamento de módulos, devido à influência que exerce na organização do parque e no tempo de ciclo. As restantes operações enquadram-se noutras áreas administrativas ou operacionais que são menos relevantes para o tema em questão, pelo que não serão analisadas. Na figura 33 representam-se as principais operações em parque.

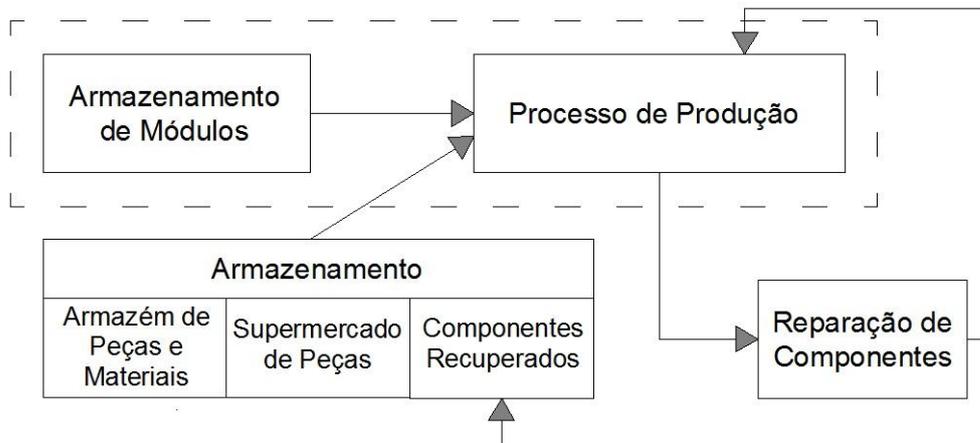


Fig. 33 – Principais operações em parque

5.3.2.1. Armazenamento de Módulos

Quanto ao armazenamento, esta é uma função essencial para o tipo de negócio da empresa, uma vez que esta, na sua esmagadora maioria, providencia soluções temporárias. Assim sendo, é necessário haver um espaço capaz de acomodar os módulos que são devolvidos após o término do período de aluguer. Esse espaço deve ser organizado de modo a permitir o fácil acesso aos módulos, a passagem de maquinaria e, sobretudo, a rápida transição de um módulo da área de armazenamento para a área de produção. Este aspecto em particular é fulcral pois permite agilizar o processo produtivo e contribuir para a implementação de um fluxo contínuo. Uma área de armazenamento bem organizada e estruturada pode ter um forte impacto no tempo de ciclo do processo através da minimização das distâncias percorridas pelo camião-grua e das conseqüentes economias de tempo. Além disso, também promove o aumento do ritmo de produção e a capitalização do tempo de trabalho da mão-de-obra.

No entanto, esses benefícios podem ser bastante limitados pela capacidade de armazenamento do parque, que pode ser definida como o número de módulos que é possível armazenar em função da área de armazenamento. No caso em estudo, todos os componentes que constituem o módulo permanecem interligados durante todo o período de armazenamento. Isto significa que as unidades modulares são armazenadas integralmente, cada uma ocupando uma área de implantação equivalente à sua área exterior, e que, como tal, é necessário uma vasta área para a acomodação de uma frota de módulos significativa. Isto porque as limitações de altura impostas por questões de segurança e capacidade dos equipamentos de erecção inviabilizam o empilhamento de mais do que dois ou três módulos, respectivamente. Uma solução possível passaria pelo armazenamento dos componentes individuais que resultam da decomposição dos módulos. Porém, apesar de esta solução exigir menos espaço de armazenamento por módulo armazenado, implicaria a repetição de tarefas semelhantes, como é o caso da desmontagem e montagem do módulo, o que é considerado menos vantajoso do que a solução actualmente praticada pela empresa, seja em termos de trabalho ou em termos de custos operacionais.

De facto, para um dado parque, o espaço a atribuir para o armazenamento de módulos é uma das variáveis mais importantes a ter em consideração. Frequentemente, em casos idênticos, são empregues soluções para aumentar a capacidade de armazenamento, quer por meio de uma expansão física ou uma utilização mais eficiente do espaço disponível, e assim aliviar problemas de sobrelocação e congestionamento que tanto prejudicam a produtividade. No entanto, a indisponibilidade do terreno

circundante pode impossibilitar uma expansão física do parque, pelo que se torna necessário avaliar soluções que conduzam à optimização do espaço disponível.

O que se observou na Algeco-Maia é que o armazenamento não é feito segundo um método rigoroso. Isto porque o excesso de módulos em parque, aliado à falta de espaço e planeamento antecipado, tem inviabilizado a organização da área de armazenamento de acordo com uma lógica estruturada e coerente. Os módulos são então armazenados nos espaços disponíveis, e preferencialmente junto aos limites do parque, tentando-se, sempre que possível, agrupar módulos de características idênticas numa mesma zona. Frequentemente, esta abordagem obriga à colocação de módulos em locais indesejáveis, originando situações de conflito com outras actividades. Na figura 34 ilustram-se exemplos de sobrelotação do espaço disponível em parque.



Fig. 34 – Exemplos de sobrelotação do parque

5.3.2.2. Processo de Produção

Como já foi referido, o processo de produção dos módulos pode ser definido como o conjunto das actividades em parque que ocorrem no sentido de satisfazer as encomendas recepcionadas. Assim, este processo é marcado, essencialmente, por quatro etapas distintas (figura 35). A primeira corresponde à escolha e transporte do módulo para a área de produção. A segunda diz respeito à inspeção inicial. A terceira corresponde ao processo de reconfiguração. E a quarta equivale à inspeção final.



Fig. 35 – Principais etapas do processo de produção

Em seguida são descritas as etapas apresentadas com maior pormenor.

1º) Escolha do Módulo

O primeiro procedimento do processo de produção consiste na escolha do módulo que será reconfigurado. No caso de um aluguer, essa escolha é condicionada essencialmente por dois critérios. O primeiro critério estabelece que o modelo do módulo escolhido deverá corresponder ao modelo exigido pelo cliente. Este critério é inflexível e permite desde logo restringir a escolha a um

determinado modelo. O segundo critério define que o módulo escolhido deve ser aquele que envolver a menor quantidade de trabalho para ser reconfigurado de modo a satisfazer as especificações estabelecidas no projecto.

No caso de uma venda o segundo critério passa para terceiro e é ultrapassado por um outro considerado mais relevante. Esse critério estabelece que o módulo em parque com o menor valor de amortização será aquele fornecido ao cliente. Esta imposição deve-se a razões administrativas que, contudo, não influenciam o desenrolar do processo de reconfiguração.

Após a escolha do módulo, este é retirado da zona de armazenamento e transportado para a área de produção. O meio de transporte utilizado, seja na deslocação horizontal ou vertical dos módulos, é preponderante para a agilização dessa transição.

Contudo, verificou-se que o camião-grua não é ideal para a actividade de transporte porque obriga o operário a subir ao topo do módulo para colocar os mosquetões e assegurar a ligação grua-módulo. Esta actividade, além de colocar em risco a segurança do operário, principalmente em situações em que o módulo está armazenado num segundo ou terceiro andar, é bastante morosa pois exige tempo e cuidados redobrados. De acordo com o Director Técnico, o processo de produção também acusa a falta de porta-paletes, pois estes permitem a rápida movimentação dos módulos de um local para outro da área de produção e evitam uma dependência constante dos camiões-grua.

2º) Inspeção Inicial

A inspeção inicial ocorre após a descarga do módulo na área de produção. Consiste na avaliação do estado geral do módulo com o intuito de determinar exactamente que operações serão necessárias executar para que fique de acordo com o projecto. Durante a inspeção essas operações vão sendo assinaladas num ficha, designada 'Ficha de Manutenção' (apresentada em anexo), na qual constam as principais operações técnicas que podem ser executadas no âmbito do processo de reconfiguração de um módulo *standard*;

3º) Reconfiguração

A reconfiguração tem início após a inspeção inicial e envolve a execução de todas as operações nela determinadas. Como tal, é a única etapa que compreende intervenções sobre os módulos. Após preenchida, a Ficha de Manutenção é entregue ao chefe de equipa juntamente com um esquema do módulo encomendado, no qual estão ilustradas as configurações dos diferentes painéis que devem constituir o módulo. Por meio da informação presente nesses documentos, o chefe de equipa é responsável pela orientação dos operários ao longo do processo de reconfiguração.

No quadro da figura 36 estão representados os grandes grupos de tarefas envolvidas na produção de um módulo e que, consoante as características do projecto, podem ou não ser executadas. Em conjunto com a ficha de manutenção, este quadro ajuda a definir e clarificar quais as operações a executar e a ordem pela qual devem ser executadas. As operações correspondentes a cada grupo de tarefas devem ser executadas de acordo com a ordem estabelecida no quadro, segundo a qual as primeiras operações a executar são no pavimento e as últimas correspondem à limpeza de interiores e autocolantes.

Principais tarefas		A Executar <input checked="" type="checkbox"/>
Pavimento		
Tecto Falso	Electricidade (1ªfase)	
Configuração painéis exteriores		
Divisórias interiores		
Electricidade (2ªfase)	Pinturas Interiores	
Instalações Sanitárias		
Pinturas Exteriores	Remates/Fechos/Portas/ Janelas/Estores	
Isolamentos e limpezas exteriores		
Limpezas Interiores		
Autocolantes		

TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO: _____

Fig. 36 – Quadro representativo das principais tarefas e do seu sequenciamento

É claro que, consoante o grau de compatibilidade entre as características do módulo encomendado e as do módulo a reconfigurar, as operações que constituem o processo de reconfiguração podem variar significativamente. O processo pode envolver não só operações de montagem e conexão de componentes, como também operações de desmontagem e operações de manutenção ou requalificação de materiais danificados.

Na figura 37 exemplifica-se o estado inicial e final de um módulo reconfigurado. De acordo com essa, a reconfiguração pode ser entendida como o processo através do qual o módulo escolhido é convertido/ transformado no módulo encomendado. Assim, o módulo escolhido representa um *input* e o módulo fornecido representa o *output* do processo de reconfiguração.



Fig. 37 – Configuração inicial e final de um módulo, Modelo 3021

Com o intuito de racionalizar o processo, ao longo do tempo, têm sido empregues esforços no sentido de reunir num mesmo espaço todos os recursos necessários à reconfiguração dos módulos. Este facto é evidenciado pela coexistência do supermercado de peças e das livrarias de painéis junto às áreas de produção (ver fig. 23 e 24). Isto porque, à semelhança da construção tradicional, o produto permanece imóvel durante todas as etapas da reconfiguração, obrigando a mão-de-obra a movimentar-se em torno dele. Através da concentração dos recursos foi possível minimizar as deslocações dos trabalhadores, o que resultou na diminuição do tempo de execução das actividades e, conseqüentemente, do tempo total de produção dos módulos. Do ponto de vista económico, esta abordagem também é vantajosa, pois quanto maior for o tempo gasto pelo módulo no parque, seja em armazenamento ou em produção, menor será a sua rentabilidade.

A cada projecto é atribuído uma ou mais equipas de operários, dependendo do prazo, do número de módulos e do grau de complexidade envolvido na produção, sendo cada uma composta por dois a cinco elementos e lideradas por um chefe de equipa. Essas equipas são responsáveis quer pela produção global dos módulos em parque, quer pela entrega e instalação dos módulos em estaleiro de obra. Como tal, são transversais a todo o projecto. Os elementos de uma equipa podem trabalhar em vários módulos simultaneamente, o que acontece frequentemente pois certas tarefas não exigem a participação de mais do que um ou dois operários.

Uma vez que o grau de dificuldade envolvido na configuração de um módulo não é muito elevado, todos os operários conseguem executar qualquer tarefa à excepção das instalações eléctricas, para as quais apenas alguns estão habilitados. Contudo, observou-se alguma falta de capacidade em executar de forma eficiente e eficaz algumas das tarefas mais rotineiras, mas sobretudo em lidar com qualquer obstáculo ou anomalia com a qual não estejam familiarizados.

4º) Inspecção Final

Após a conclusão das operações de reconfiguração é realizada uma inspecção com o objectivo de verificar a qualidade das instalações eléctricas, dos acabamentos, das pinturas, etc.. Na eventualidade de ser detectada alguma falha, procede-se então à sua correcção.

5.3.3. Análise do Planeamento e Controlo da Produção (PCP)

5.3.3.1 Planeamento da produção

Como ferramentas formais de planeamento referem-se apenas a Ficha de Manutenção, a qual é preenchida durante o decorrer da inspecção inicial, e o esquema de configuração do módulo encomendado que acompanha a Ficha de Manutenção.

O planeamento propriamente dito é realizado de maneira difusa ao longo do tempo e a partir do momento em que uma encomenda é recepcionada. Contudo, é possível enquadrar esse planeamento em quatro momentos distintos que são marcados por decisões que são tomadas pelos responsáveis. Essas decisões influem, de forma directa ou indirecta, na alocação dos recursos produtivos ao longo do decurso do processo de produção. Conforme se pode observar na figura 38, essas decisões diferenciam-se entre si pelo nível de detalhe que as caracteriza, o qual aumenta em função do horizonte temporal. Os momentos são:

1. 1º momento de planeamento: ocorre após a recepção do pedido do cliente e consiste basicamente na avaliação da capacidade em o satisfazer em função dos recursos disponíveis. São definidas as características gerais do projecto, tais como a data de entrega, a quantidade de módulos e as suas características, etc..
2. 2º momento de planeamento: é feito nos dias que antecedem a produção, e consiste num aprofundamento das decisões que dizem respeito à alocação de recursos, tais como a definição das equipas de trabalho, a averiguação da disponibilidade de recursos materiais e mecânicos, etc..
3. 3º momento de planeamento: consiste na realização da inspecção inicial durante a qual se define, para cada módulo, através de uma análise visual, o que fazer e em que quantidades. Essas necessidades produtivas são registadas na Ficha de Manutenção, que, em conjunto com um esquema de configuração do módulo, permite determinar precisamente os recursos necessário.

4. 4º momento de planeamento: consoante o estado de avanço da produção, em relação ao planeado, são redireccionados esforços para onde eles são mais necessários. As decisões implicadas neste tipo de planeamento podem ser respostas imediatas a pequenos problemas ou decisões mais ponderadas, envolvendo uma perspectiva mais abrangente;

Entre os momentos descritos ocorrem também decisões pontuais que são tomadas de forma informal e influem no planeamento da produção.

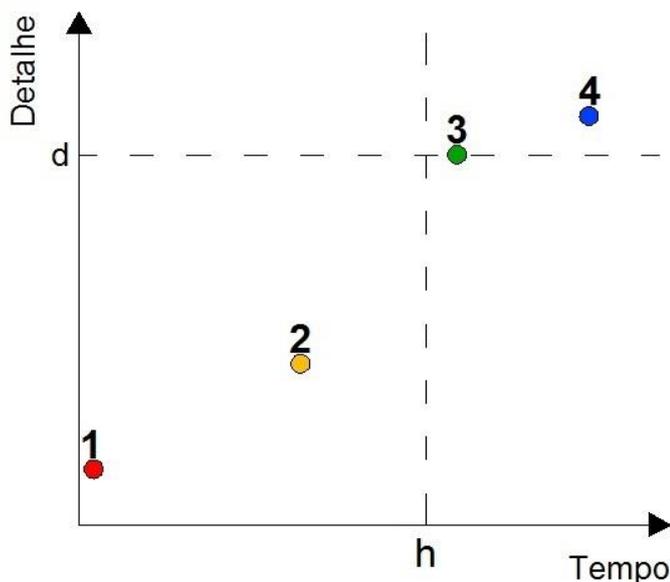


Fig. 38 – Momentos de planeamento

De acordo com o modelo de produção estabelecido (figura 35), as operações a realizar apenas podem ser definidas no momento imediatamente anterior ao início do processo de reconfiguração. Isto porque, uma vez que se desconhece com precisão quais as características e configuração do módulo que estava armazenado, só é possível estabelecer linhas de acção já no decorrer do processo de produção, após a inspeção inicial. O que significa que, até esse momento, existe incerteza nos recursos que serão necessários atribuir à reconfiguração do módulo. Consequentemente os trabalhos têm início sem reunirem todos os requisitos para tal e decorrem de acordo com um planeamento quase que improvisado.

A situação descrita é ilustrada na figura 38. Como se pode observar, o nível de detalhe de planeamento necessário ao início da execução dos trabalhos (d) apenas é alcançado após a realização da inspeção inicial (momento 3), ou seja, já após o início das actividades produtivas (h)

O que impera é uma distribuição dos recursos de produção com base em decisões de curto prazo como resultado de um feedback obtido através de um controlo periódico do estado de avanço da produção.

Talvez por esse motivo, o que se verifica em algumas situações não é uma execução simultânea de tarefas, como pretendido, mas sim a interrupção de uma para dar início ou continuidade a outra, como o exemplo ilustrado na figura 39. À falta de um planeamento adequado acresce-se o facto de os operários não serem envolvidos no planeamento das actividades. Como consequência, os operários não têm noção do encadeamento das operações, acabando por actuar de forma descoordenada entre si, sem saberem exactamente o que fazer a seguir. Tudo isto se traduz em quebras de produtividade.

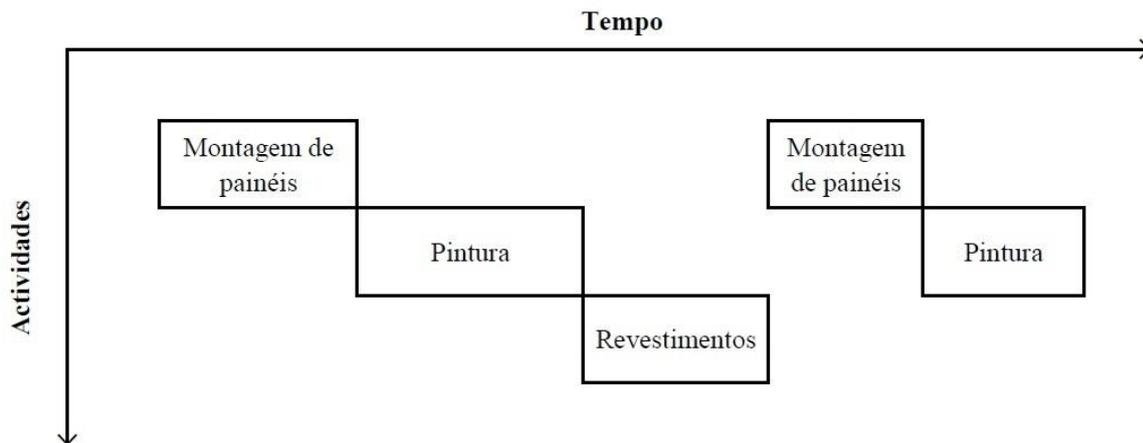


Fig. 39 – Intercalação indesejada de tarefas

O tempo total de produção equivale à soma do tempo de execução individual de todas as tarefas e deve corresponder ao inicialmente previsto. Este por sua vez é estimado com base numa tabela global onde estão estipuladas, não só as durações das operações que constam da Ficha de Manutenção, mas também as de todas as outras operações menos habituais.

Porém, de acordo com o responsável pelas operações em parque, as durações estipuladas para cada operação encontram-se desactualizadas e não correspondem ao ideal produtivo que a empresa julga ser possível alcançar. Face à inexistência de métodos mais rigorosos de cálculo, a duração do processo de reconfiguração é, invariavelmente, estimada com base na experiência dos responsáveis envolvidos. Esta falta de rigor por vezes resulta num incumprimento dos prazos estabelecidos e impossibilita um controlo mais rigoroso do processo de reconfiguração.

Assim, a data de entrega funciona como um mecanismo aplicador de pressão, “empurrando” os trabalhadores no sentido de fazer mais, mais depressa, em função do estado de avanço da produção.

Visto que as operações e recursos envolvidos na produção podem variar drasticamente de módulo para módulo, facilmente se compreende a complexidade associada à implementação de um planeamento capaz de orientar uma produção tão heterogénea. De facto, a imprevisibilidade associada à data da próxima encomenda e às exigências sempre variáveis dos clientes dificultam a implementação de rotina até nos procedimentos mais básicos ou habituais. Contudo, esforços devem ser aplicados no sentido de aumentar o rigor na execução das tarefas e orientar o trabalhador ao longo do processo produtivo.

5.3.3.2 Controlo da produção

O controlo do processo de produção é realizado pelo gestor do parque que, em conjunto com os chefes de cada equipa, é responsável por garantir que o produto é entregue de acordo com as especificações do cliente, sem defeitos, e dentro dos prazos estipulados. Esse controlo é materializado por um supervisionamento intermitente das operações e por uma inspeção final.

Em termos de métodos específicos de controlo, a empresa recorre essencialmente a dois. O primeiro, representado na figura 40, visa incrementar a transparência da produção através de um registo contínuo dos problemas encontrados e das acções impostas com vista à sua correcção. A cada problema corresponde uma ou mais datas de ocorrência, consoante ele se repita mais do que uma vez

ou não. Essas datas são devidamente assinaladas no quadro com o objectivo de evidenciar a frequência de ocorrência de cada problema e assim destacar os mais frequentes.

QUALIDADE INTERNA								
		Semana						
Problema	Acção/Reparação	1	2	3	4	5	...	n
1								
2								
3								
4								
⋮								
x								

Fig. 40 – Ferramenta de controlo dos problemas encontrados

A segunda ferramenta de controlo da produção, idêntica ao representado na figura 41, é utilizado para evidenciar o cumprimento ou incumprimento dos prazos de execução definidos para cada módulo. Através da comparação com o prazo realmente praticado é possível observar se os trabalhos foram executados antes (linha a verde), depois (linha a vermelho) ou de acordo com o prazo definido (linha a azul). Observando a figura 41, para o caso da zona 2, por exemplo, conclui-se que a produção foi concluída um dia e quinze minutos antes do prazo inicialmente previsto.

	8:00 AM	8:15 AM	8:30 AM	8:45 AM	9:00 AM	⋮	5:45 PM	6:00 PM	x dias
ZONA 1									x1
									x1
ZONA 2									x3
									x2
⋮									
ZONA 3									

Fig. 41 – Ferramenta de controlo dos prazos de execução

Apesar de simples de utilizar e interpretar, estas ferramentas apenas actuam no momento pós-produção e pouco revelam acerca da natureza das circunstâncias que provocaram os problemas encontrados. Isto porque é feito o controlo final da qualidade do produto em vez do controlo da qualidade do processo.

De facto, a inexistência de métodos que quantifiquem ou meçam a produtividade ao longo do processo dificulta a tradução do desempenho dos procedimentos observados em informação concreta e palpável e a implementação de melhoria continua.

Através dos métodos de controlo actualmente praticados, as razões subjacentes ao cumprimento ou incumprimento dos prazos estipulados não são evidentes. O desempenho em determinado projecto é encarado como positivo se o prazo previsto for cumprido e negativo caso contrário.

5.4. Proposta de um Conjunto de Medidas de Melhoria

No presente subcapítulo, em função da análise realizada e da realidade da empresa, são sugeridas medidas que, segundo a opinião do autor, poderão incrementar a produtividade das actividades em parque. Na base das medidas propostas está a intenção de introduzir alterações que sejam de fácil aplicação e que surtam efeitos imediatos, sem uma reestruturação drástica dos processos da empresa.

Aproveitando o facto de a empresa ir mudar de instalações num futuro próximo, são também propostas algumas alterações, mais ou menos drásticas, ao *layout* do parque. Como a actividade da empresa beneficia de instalações de produção fixas, é possível diminuir alguma da imprevisibilidade normalmente associada ao processo de construção tradicional através da implementação de rotina nas tarefas diárias. Na definição do arranjo físico do parque devem ser tomadas em conta as características do processo de produção e do produto de modo a obter bons resultados produtivos.

As melhorias propostas estão agrupadas de acordo com a estrutura da análise realizada, ou seja, em três áreas de actuação: armazenamento, produção e planeamento e controlo da produção.

5.5.1. Armazenamento

Centralização da área de produção

Colocando a área de produção no centro do parque permite minimizar as deslocações do camião-grua sempre que é necessário transportar um módulo de ou para a área de produção. Deste modo, recorrendo ao exemplo ilustrado na figura 42, a máxima distância passível de ser percorrida (d) é aproximadamente igual em qualquer direcção. Obviamente, o impacto desta abordagem é tanto maior quanto maior for a dimensão do parque. Para parques mais pequenos talvez seja mais vantajoso centralizar segundo apenas um eixo e posicionar a área de produção junto a uma via de comunicação interna e limítrofe do parque, o que facilitará a carga e descarga de materiais, e o levantamento dos módulos quando da sua conclusão.

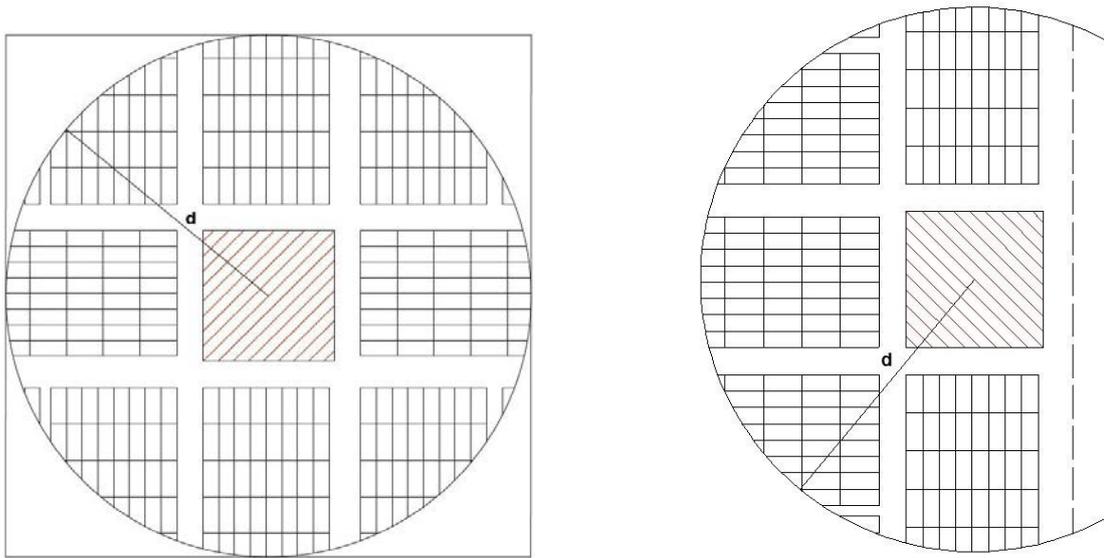


Fig. 42 – Centralização da zona de produção

Ordenamento da zona de armazenamento

O ordenamento da zona de armazenamento determina a maior ou menor facilidade com que um módulo é armazenado, localizado e transportado para a área de produção, além de ser fundamental para maximizar o espaço limitado do parque.

À semelhança da medida anterior, uma disposição planeada dos módulos promete minimizar as deslocações do camião-grua, e conseqüentemente, reduzir o tempo de ciclo. Para tal, é importante ter em consideração o processo de decisão que fundamenta a escolha dos módulos a utilizar, pois é este factor que vai determinar a estratégia de ordenamento a adoptar.

Entre as possíveis estratégias de ordenamento, referem-se as seguintes:

- a) agrupar os módulos por modelo. Esta estratégia é indicada para situações em que o processo de decisão não discrimina entre módulos do mesmo modelo, isto é, a opção recai sobre o modelo independentemente da sua configuração. Permite agrupar os módulos em mais do que duas filas e colocar os modelos mais requisitados mais próximos à área de produção. A desvantagem é que não é possível escolher um módulo com a configuração pretendida.
- b) agrupar os módulos por configuração. Se a opção recair sobre o módulo que, em teoria, dará menos trabalho a reconfigurar, pois é o que mais se assemelha ao requisitado pelo cliente, então esta é a estratégia mais apropriada. Permite obter o módulo com o modelo e a configuração desejados e armazenar os mais requisitados junto à área de produção. Contudo, não permite agrupar em mais do que duas filas, uma vez que todos os módulos têm que estar disponíveis para o levantamento directo por parte do camião-grua.
- c) organizar os módulos por ordem de utilização. Esta estratégia é adequada para um cenário em que só se recorre aos módulos de determinado modelo quando todos os outros módulos desse mesmo modelo já tiverem sido utilizados. Como tal, estabelece-se uma ordem do género *first in, first out* (primeiro a entrar, primeiro a sair) e ignora-se por completo a configuração do módulo escolhido. Permite agrupar os módulos por modelo e em mais do que duas filas, mas dificulta a colocação dos módulos a utilizar mais próximos à área de

produção, porque, para tal, seria necessário ir aproximando os módulos à área de produção à medida que os mais próximos iam saindo.

Apesar de distintas, é possível combinar as diferentes estratégias de forma a melhor se adaptar às necessidades e condicionantes da empresa.

Em princípio, o modelo de organização que melhor se adequa à estratégia produtiva da empresa seria agrupar os módulos por configuração, uma vez que permite seleccionar o módulo que necessitaria de menos operações de reconfiguração para ficar de acordo com o projecto em questão, o que implica menor tempo de ciclo e menores custos operacionais.

Implementação de um programa de software de busca de módulos

Como já foi referido, é do interesse da empresa que o módulo escolhido para ser reconfigurado seja aquele que envolver a menor quantidade de trabalho para ficar de acordo com o encomendado. No entanto, esta tarefa é dificultada pela grande quantidade de módulos e diversidade de configurações existentes em armazenamento. Isto obriga o gestor do parque a ter uma consciencialização constante do local de armazenamento de cada módulo e da respectiva configuração, o que nem sempre é fácil.

Como tal, sugere-se a implementação de um programa de software que facilite a identificação e localização dos módulos. Como ilustrado na figura 43, o primeiro passo seria introduzir a informação relativa ao módulo encomendado: série, modelo, configuração dos painéis interiores e exteriores, cor, etc.. O programa percorreria então a base de dados informática, formada por todos os módulos da empresa, e devolveria aquele, ou aqueles, que satisfizessem o maior número de critérios, isto é, os que mais se assemelhassem ao módulo encomendado.

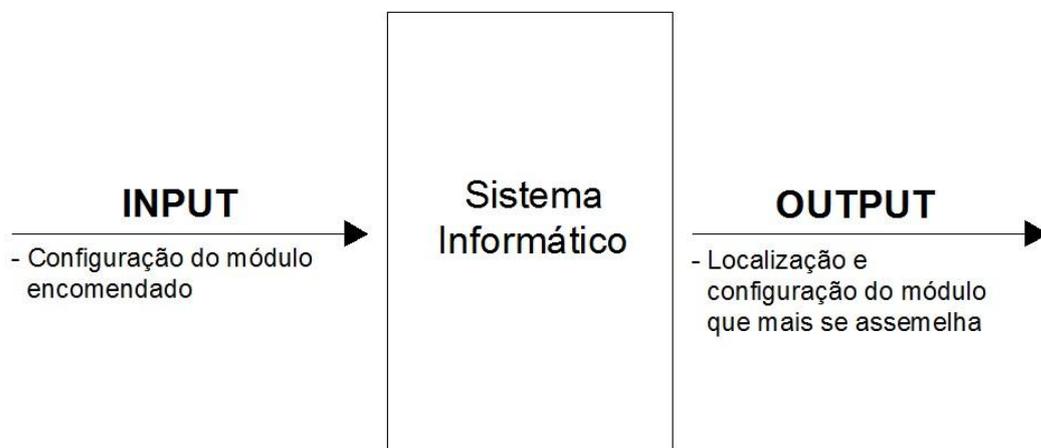


Fig. 43 – Processo informatizado de escolha do módulo

O cruzamento dessa informação com um planeamento adequado da área de armazenamento permitiria saber de antemão qual a localização e configuração do módulo sobre o qual se irá trabalhar. A nível do planeamento, isto seria extremamente proveitoso, pois possibilitaria planear as actividades sem ter que se proceder à deslocação do módulo para a área de produção, evitando o congestionamento desnecessário dessa área. Assim, o planeamento seria realizado antecipadamente e o módulo só seria transportado para a área de produção quando todos os pré-requisitos das actividades fossem satisfeitos, aumentando a sua probabilidade de conclusão de acordo com o planeado. Entre os principais benefícios refere-se a diminuição dos tempos de espera e inspecção, diminuição do tempo de ciclo, maior organização do parque, melhor aproveitamento do tempo da mão-de-obra, entre outros.

Para ser fiável, este programa dependeria da qualidade das informações introduzidas pelo utilizador. Este deve-se certificar que, à data de introdução, a informação corresponde à realidade e não a especulações. Como tal, de modo a manter a informação actualizada é importante verificar o estado do módulo sempre que ele transita entre a empresa e o cliente, através de um procedimento semelhante ao que a empresa já pratica. Isso ocorre em duas ocasiões: quando ele é entregue e quando é devolvido. Quando é entregue, deve-se dar a entrada no sistema informático da respectiva configuração. Quando é devolvido, deve-se verificar se o módulo permanece nas mesmas condições em que foi entregue. Se esse não for o caso, deve-se fazer uma vistoria geral do módulo e proceder à actualização da informação do sistema, de modo a que na próxima ocasião se possa prever antecipadamente operações adicionais.

5.5.2. Processo de Produção

Carrinho de peças

Uma vez que o módulo permanece imóvel ao longo de todo o processo produtivo, sugere-se a utilização de um carrinho que acompanhe os operários e lhes proporcione o acesso instantâneo a qualquer peça, componente ou ferramenta, permitindo assim facilitar e agilizar a execução das tarefas através da minimização das deslocações ao supermercado de peças. Neste aspecto, o *feedback* dos operários é particularmente útil.

O carrinho deve ser especificamente concebido tendo em conta o processo produtivo em questão. Deve ser versátil e capaz de se ajustar consoante as necessidades, o que significa, sobretudo, identificar, retirar e repor peças ou ferramentas com facilidade. Consoante as operações definidas no planeamento, o carrinho deve ser preparado antecipadamente de forma a providenciar todos os elementos necessários, na altura necessária.

Para tal, a organização do armazém também é importante. A localização dos materiais deve ser definida em função do consumo de cada material e de acordo com a sua frequência de utilização. A identificação de todos os materiais no armazém deve ser visualmente eficaz, de modo a que qualquer funcionário consiga de forma rápida e eficaz encontrar o material que procura.



Fig. 44 – Exemplos de carrinhos de peças

Suporte de peças

O suporte de peças consiste numa pequena estrutura compartimentada que contém e separa as diferentes peças e componentes que são utilizados no processo produtivo. O seu conceito assenta nos mesmos princípios que o carrinho de peças: minimizar as deslocações dos operários através da aproximação das peças e materiais ao local de produção. Contudo, o suporte de peças não é deslocável, isto é, permanece fixo junto às áreas de produção entre *box's*. Além disso, as suas dimensões consideráveis permitem reunir uma maior quantidade de peças ou componentes do que o carrinho de peças. Também por esse motivo, a sua utilização pode ser vista como uma alternativa ao Supermercado de Peças que é actualmente utilizado no parque da Maia.

Devido aos furtos ocasionais de que a empresa tem sido alvo, e sendo a área de produção ao ar livre, a prateleira de peças deve ser dotada de um sistema de segurança eficaz.

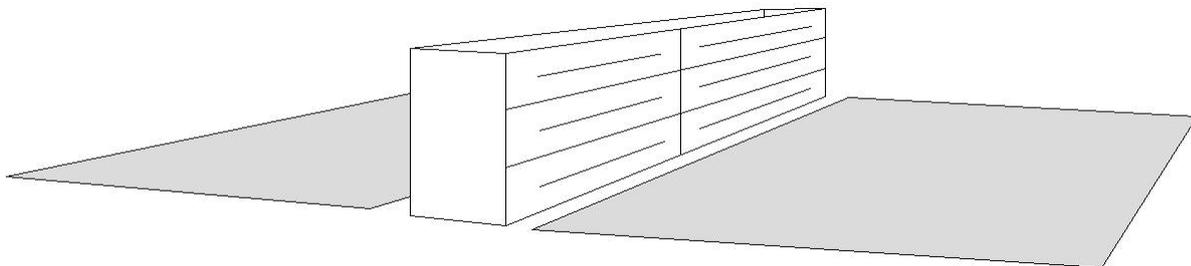


Fig. 45 – Suporte de peças entre box's

5.5.3. Planeamento e Controlo da Produção

Normalização das operações

Normalizar as operações significa registar todos os passos de forma a poderem ser repetidos de maneira uniforme por qualquer operário. A normalização é importante pois permite ao operário repetir ciclicamente e consistentemente a sua tarefa ao longo do tempo, sendo possível determinar uma rotina de operações que evita o desperdício de tempo e movimentos que se verificam quando cada operário executa aleatoriamente a sua tarefa. Desta forma é possível reduzir as flutuações dos seus respectivos tempos de ciclo.

A normalização é um passo fundamental em direcção à filosofia JIT, pois permite diminuir o trabalho não relacionado com actividades de processamento/conversão através da diminuição da variabilidade e do grau de liberdade de decisão dos operários.

Resumidamente, a normalização deve passar por:

1º) definir e caracterizar os procedimentos de execução de toda a gama de operações da empresa.

Na figura 46 é apresentado um exemplo de um possível registo de uma operação de configuração de um painel com janela, no qual consta toda a informação necessária à execução da operação, nomeadamente o local onde deve ser executada, os recursos necessários e o sequenciamento das actividades envolvidas. O diagrama de Gantt permite ilustrar a evolução no tempo das diferentes etapas e salientar que actividades podem ser executadas simultaneamente. Um aspecto muito importante a ter em atenção na elaboração destes registos é o rigor na determinação do tempo de execução de cada actividade individual. De modo a evitar incumprimentos constantes dos prazos

previstos, o tempo de execução de cada actividade individual deve-se adequar à realidade da empresa e da sua capacidade de produção. À medida que os métodos de trabalho vão sendo aperfeiçoados, os tempos devem ser reajustados de modo a ir de encontro aos objectivos de produtividade e eficiência da empresa. No sentido de auxiliar a compreensão dos procedimentos de execução, aconselha-se também o recurso a imagens ou ilustrações.

- 2º) estabelecer linhas de acção através de um planeamento capaz de integrar e orientar essas operações segundo uma ordem lógica e sequencial.

Um planeamento adequado é essencial para potencializar os recursos disponíveis, identificar actividades que possam ser executadas em paralelo e minimizar o tempo gasto em actividades de transporte, espera e inspecção. Na figura 47 está representado um exemplo de um fluxograma da produção. Através deste, visa-se incrementar a transparência do processo produtivo através da consciencialização dos intervenientes para as diferentes etapas e respectivo sequenciamento. Como é possível observar, o fluxograma é constituído pelos diferentes grupos de tarefas nos quais as diferentes operações encaixam, conforme já estabelecido na empresa (figura 36), e que podem ou não ser executadas. Uma vez que um módulo pode ser decomposto, essencialmente, em dois elementos – estrutura e painéis – são colocadas duas questões com o objectivo de determinar as operações que podem ser executadas em simultâneo. Ou seja, se as operações determinadas na inspecção inicial estabelecerem que é necessário remover os painéis, ou preparar painéis adicionais, isto significa que os trabalhos de intervenção a realizar nos painéis podem ser executados simultaneamente aos trabalhos de intervenção na estrutura. De modo a combater e minimizar os efeitos da incerteza, e assim promover o início e conclusão das tarefas com sucesso, deve-se assegurar que os pré-requisitos das operações são satisfeitos, isto é, que todos os recursos necessários à sua execução estejam disponíveis.

Implementação do indicador PPC

O PPC (Percentagem de Planeado Concluído) é um indicador que revela o desempenho do processo, isto é, espelha o bom ou mau funcionamento do modelo de planeamento estabelecido. Este indicador representa, em termos de taxa percentual, o número de actividades concluídas sobre o total de actividades planeadas para um mesmo período.

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

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.

O PPC deve ser adoptado para horizontes temporais curtos de modo a possibilitar um controlo frequente e rigoroso das actividades concluídas. No contexto do processo de reconfiguração de um módulo, o PPC deve ser calculado em intervalos nunca superiores a um dia, uma vez que a duração do tempo de reconfiguração de um módulo raramente ultrapassa os poucos dias. Essa frequência de controlo é suficiente para determinar com rigor as causas inerentes a um eventual incumprimento a 100% do planeado e, em função do valor de PPC obtido, reajustar a alocação de recursos para o próximo dia.

A chave para aumentar a performance do processo é o estudo das razões do não cumprimento das actividades planeadas, ou seja, o porquê da não conclusão das actividades dentro do período previsto. A partir daí é possível evitar situações futuras de incumprimento devido a razões análogas e assim estabelecer um ciclo de melhoria continua.

Qualificação e envolvimento da mão-de-obra no planeamento

A mentalidade *Lean* destaca a importância dos trabalhadores e realça a importância do seu contributo para o sucesso do sistema de produção. Sobretudo na construção, em que os processos permanecem relativamente artesanais, a mão-de-obra tem um papel preponderante no ritmo e qualidade de execução dos trabalhos. Devido ao contacto diário e directo com as actividades produtivas em que se vêem envolvidos, os operários conhecem melhor do que qualquer outro as fragilidades do sistema de produção e, como tal, representam a mais básica e imediata forma de *feedback*.

Assim, o seu envolvimento no planeamento é importante de modo a possibilitar o seu contributo através de ideias e sugestões. Isto, por sua vez, faz com que sintam o seu trabalho valorizado e, como tal, se comprometam de uma forma mais responsável na execução do trabalho planeado. Reuniões diárias ou semanais devem ser organizadas e devem contar com a participação dos responsáveis, chefes de equipa e operários.

A incrementação dos níveis de qualificação dos operários é também importante. Como já foi referido, o grau de dificuldade inerente à execução de qualquer tarefa envolvida no processo de reconfiguração não é elevado. O número de procedimentos é limitado e, frequentemente, repetidos de projecto para projecto. Assim, é possível qualificar os operários no sentido de serem capazes de executar todas as operações de acordo com o estabelecido nos registos de operações. O recurso a trabalhadores qualificados permite a sua utilização em diferentes estações e a sua deslocação para os pontos de maior carga de trabalho, oferecendo maior flexibilidade ao processo produtivo.

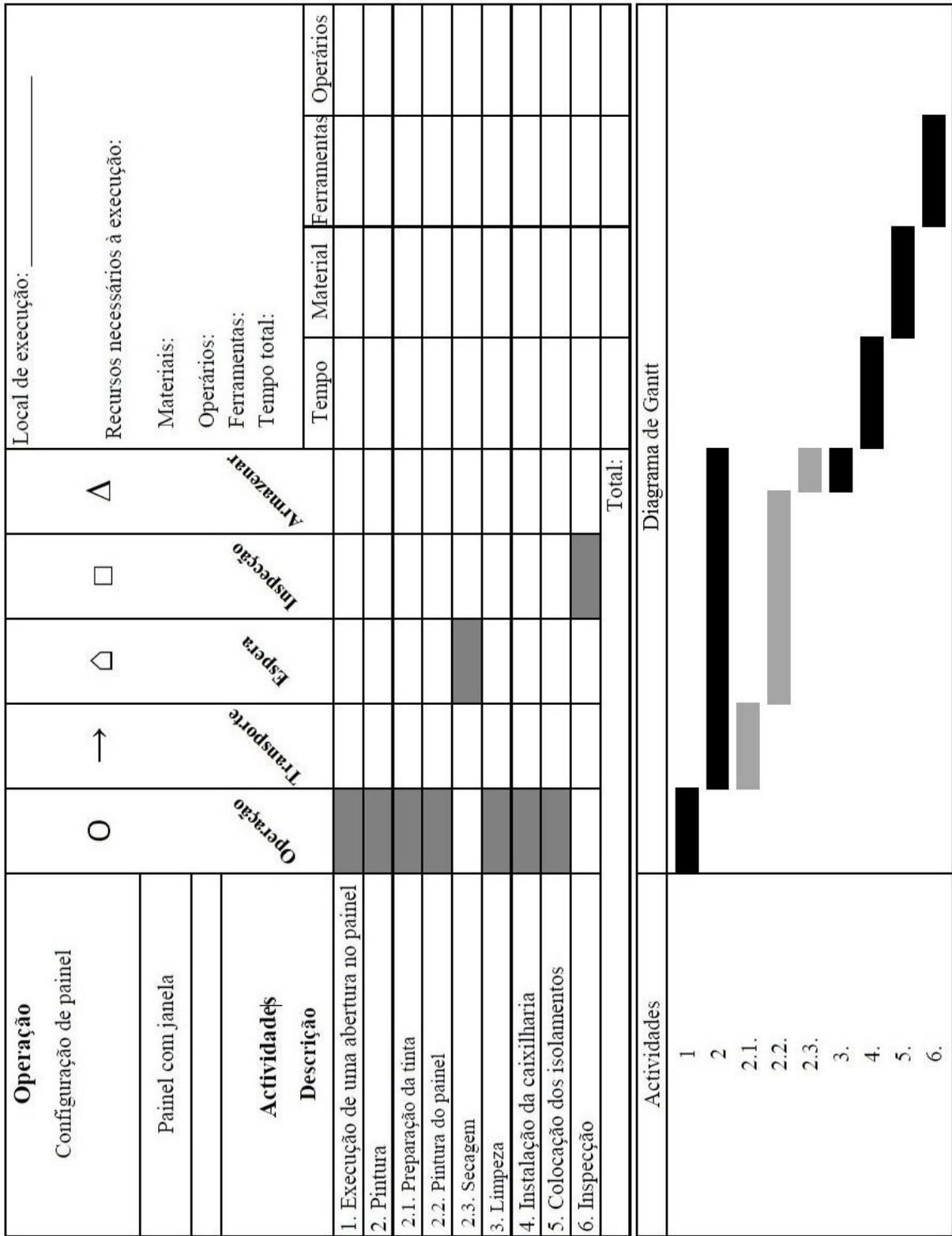


Fig. 46 – Exemplo de registo de procedimentos de uma operação

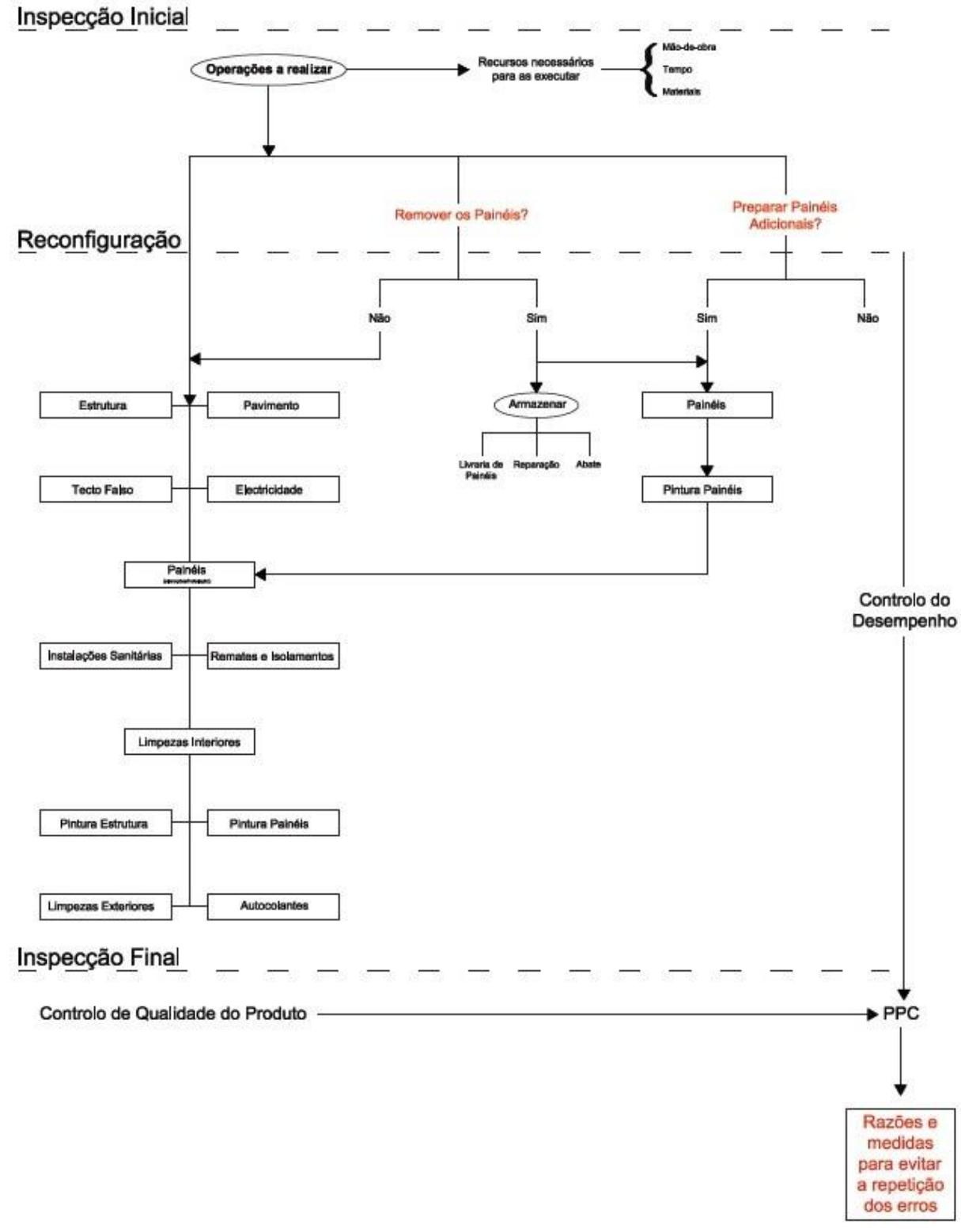


Fig. 47 – Fluxograma da produção

6

CONCLUSÃO

6.1. Conclusões Gerais

A incapacidade dos actuais métodos em gerir as ineficiências do sistema produtivo construtivo levou a indústria da construção a procurar soluções noutros sectores, substancialmente diferentes do da construção. Após o sucesso da *Lean Production*, primeiro na indústria automobilística e depois noutros sectores industriais, também na indústria da construção se procurou implementar as técnicas e princípios da mentalidade *Lean*. Assim, a *Lean Construction* procurou reconceptualizar o modelo de produção da construção, definindo-o como um conjunto de actividades de conversão e de fluxo.

Apesar das diferenças entre a indústria da manufatura, onde a ideologia *Lean* despoletou, e a construção, verificam-se grandes possibilidades de aplicação. Na presente dissertação verificou-se que essas possibilidades são exponenciadas quando se conjugam princípios *Lean* a técnicas de pré-fabricação e construção modular. Principalmente por dois motivos.

Em primeiro, constatou-se que as instalações de produção das construtoras modulares facilitam a aplicação difundida da ideologia *Lean*. Isto porque elas são fixas e horizontais, permitindo a mobilização da mão-de-obra em torno do produto. Contrariamente, na construção tradicional as instalações deslocam-se a cada entrega de produto com o fluxo de operações espalhando-se verticalmente dentro do edifício em construção.

Em segundo, através da aproximação da construção a processos mais industrializados, com a padronização e estandardização de componentes, a pré-fabricação e modularização permitem simplificar e sistematizar os processos e implementar um ciclo de melhoria contínua, em que os construtores aprendem de projecto para projecto, contribuindo assim para a maximização do valor do produto e minimização das perdas.

Apesar de uma quota de mercado ainda relativamente pequena, a construção modular parece estar a ganhar terreno aos métodos de construção mais tradicionais. As mudanças no ambiente competitivo, fruto de uma oferta significativamente superior à procura, têm obrigado as empresas de construção a direccionar a atenção para mercados menos explorados, onde as necessidades construtivas são grandes. Aí, as vantagens da construção modular são realçadas. Esses mercados representam, sem dúvida, uma rampa de lançamento para a expansão e desenvolvimento dos métodos de pré-fabricação e construção modular.

Através do caso de estudo realizado procurou-se pôr em prática os princípios de racionalização de processos: observação, medição, análise e sugestões.

Começando pelo volume de negócios da delegação nos últimos três anos, torna-se evidente que a conjuntura económica actual teve um forte impacto na facturação da Algeco. A quebra de 74% na actividade da delegação forçou a empresa a direccionar as atenções para a contenção de despesas. Consequentemente, certos aspectos que concernem à área de gestão da produção têm sido ignorados, conduzindo a ineficiências no processo produtivo. Após a análise realizada, algumas dessas ineficiências foram identificadas. Entre as principais, destaca-se a fragilidade do processo de controlo e planeamento da produção. Na base dessa fragilidade encontram-se dois factores. O primeiro é o carácter temporário das soluções modulares que a empresa fornece. O segundo consiste no elevado grau de liberdade concedido ao cliente em termos de configuração do módulo. A conjugação destes dois factores acresce significativa incerteza ao planeamento e dificulta a implementação de rotina no processo de produção.

Através do modelo de planeamento sugerido procura-se abranger a elevada variedade de operações que podem constituir o processo produtivo, sem no entanto abdicar de uma relativa sistematização de processos. O indicador PPC, se aplicado dentro do contexto teórico do LPS, ao exigir a satisfação de todos os pré-requisitos de uma actividade antes do seu início, permitirá aumentar a probabilidade da sua conclusão de acordo com o planeamento estabelecido. Para este aspecto, o envolvimento da mão-de-obra no planeamento também se revela um factor importante

Com as restantes medidas propostas objectivou-se alcançar ganhos de produtividade sem interferir com o modelo produtivo estabelecido. Essas medidas representam a aplicação de alguns dos princípios mais básicos de racionalização, pelo que são de fácil e rápida implementação. Algumas tecnologias poderiam também trazer benefícios em termos de produtividade, nomeadamente ao nível do manuseamento e transporte dos módulos. No entanto, as projecções de volume de negócios da empresa não justificam tais investimentos.

As respostas do Responsável pelas Operações em Parque ao questionário realizado (Anexo D) reforçam a convicção do autor em relação ao impacto positivo que as medidas propostas poderiam ter no processo produtivo da empresa caso fossem implementadas. Esse impacto seria reflectido em aspectos variados, tais como a redução do número de movimentos, redução do desperdício de materiais e aumento da rigurosidade de execução de procedimentos, entre outros.

Finalmente, conclui-se que o foco exclusivo em ferramentas isoladas tem resultados limitados. Para uma implementação mais proveitosa da filosofia *Lean* impõe-se uma análise mais aprofundada, não só do sistema produtivo, mas também das relações com os clientes e fornecedores, finanças, entre outros. Para tal, é fundamental assegurar o comprometimento de todos os envolvidos, desde a mão-de-obra directa à alta administração.

6.2. Limitações do Caso de Estudo

O caso de estudo exposto apresenta algumas limitações.

Em primeiro lugar, o período de colaboração com a empresa Algeco S.A. coincidiu com um período de baixa actividade produtiva. Devido ao forte impacto económico, o qual afectou não só a indústria da construção, mas todas as indústrias em geral, a empresa experienciou uma baixa procura pelos seus produtos. Como tal, durante a realização do presente trabalho, apenas por uma vez o autor teve oportunidade de presenciar a execução de alguns dos procedimentos do processo de reconfiguração de

um módulo. Dos sete projectos em que a empresa se encontrava envolvida, apenas um envolveu a execução de operações de reconfiguração em parque. Isto impede, ou pelo menos restringe, a generalização dos procedimentos descritos e, conseqüentemente, limita a aplicação das medidas propostas.

Em segundo lugar, devido também à conjuntura económica actual, o cargo de Director Técnico foi eliminado. Conseqüentemente, a responsabilidade de colaboração com o autor teve que passar para um interveniente menos familiarizado com o presente projecto, o que representou um contra-tempo inesperado para o autor.

Em terceiro lugar, refere-se a singularidade do trabalho realizado. Durante o período de pesquisa bibliográfica o autor verificou que são escassos os trabalhos que analisam a conjugação de princípios *Lean* aos métodos de pré-fabricação ou construção modular. Inclusive, os poucos realizados até à data são relativamente recentes e pouco aprofundados. Ainda mais escassos (se não mesmo inexistentes) são os trabalhos realizados na área da construção modular temporária. A ausência de informações e referências relativamente a este assunto dificultou a extrapolação ou adaptação de boas práticas.

6.3. Temas Para Desenvolvimento Futuro

Com a realização deste trabalho, constatou-se que a construção modular ainda é um conceito relativamente inexplorado, sem provas dadas. Apesar de os casos de estudo existentes evidenciarem os benefícios da utilização de módulos pré-fabricados na construção, pouco falam sobre o ambiente e processo de fabricação e construção, respectivamente na fábrica e em estaleiro de obra. Sobretudo, a ilustração dos procedimentos em fábrica seria de grande utilidade para a compreensão das condicionantes inerentes à parte do processo de construção modular que à fábrica diz respeito. Assim, sugere-se investigação nesta área.

Bibliografia

[1] Howell, G., Ballard, G. *Lean production theory: Moving beyond “Can-Do”*, International Group for lean Construction, Santiago, Chile, 1997.

[2] Oliveira, M. *Construção de Edifícios Como Indústria de Montagem*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 1998

[3] Fusco, A., Sacomano, J. *Operações e Gestão Estratégica da Produção*. Arte & Ciência, São Paulo, 2007

http://books.google.cd/books/about/Opera%C3%A7%C3%B5es_E_Gest%C3%A3o_Estrat%C3%A9gica_Da_Pr.html?id=x0U5yVqUYb0C&redir_esc=y

[4] Koskela, L. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report. CIFE (Center for Integrated Facility Engineering), 1992

[5] Machado, E., Heineck, L. *Um Novo Modelo de PCP (Planejamento e Controle de Produção) para o Sector da Construção Civil*, sem datação.

http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_II.pdf

[6] Santana, W. *Construção Enxuta Através da Padronização dos Processos de Produção e Planeamento de Ações na Construção Civil*. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011

<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/WILLY%20BIZERRA%20DE%20SANTANA.pdf>

[7] Ohno, T. *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. productivity Inc., Nova Iorque, 1988.

http://books.google.pt/books?id=7_67SshOy8C&printsec=frontcover&dq=isbn:0915299143&hl=fr&sa=X&ei=vUI4Ut7uAYSf7Aar7IDA Bw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

[8] Shingo, S. *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press, Nova Iorque, 1989.

http://books.google.pt/books?id=RKWU7WEIJ7oC&printsec=frontcover&dq=isbn:0915299178&hl=fr&sa=X&ei=q144Uuq0Aue57Abe7oHIBw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

[9] Vieira, A. *A Lean Construction e a Sustentabilidade – Paradigmas Complementares Implementação de um Modelo de Optimização*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011.

http://run.unl.pt/bitstream/10362/6193/1/Vieira_2011.pdf

[10] Azevedo, V. *Planejamento de Atividades da Construção Predial Visando a Redução de Perdas de Processo na Ótica da Construção Enxuta*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010.

[11] Picchi, F.A. *Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção*. Revista da Antac, Ambiente Construído, v. 3, n. 1, p. 7-23, Porto Alegre, RS, Brasil, 2003.

[12] Grenho, L. *Last Planner System e Just-in-Time na Construção*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.

<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57699/1/000142436.pdf>

- [13] Profeta, R. *JIT: Um Estudo de Casos dos Factores Críticos para a Implementação*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade de São Paulo, 2003.
- [14] BALLARD, G. *The Last Planner System of Production Control*. Dissertação de Doutoramento, School of Civil Engineering of Faculty of Engineering of the University of Birmingham, 2000.
- [15] Figueiredo, J. *Optimização da Gestão da Construção - Last Planner System aplicado a um Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60760/1/000136759.pdf>
- [16] Ferreira, R. *Lean Construction na Norlabor – Engenharia e Construção, SA*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [17] Caiado, K. *Estudo e Concepção de Edifícios em Módulos pré-fabricados Estruturados em Aço*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 2005.
<http://www.propec.ufop.br/upload/tese174.pdf>
- [18] Vivan, A., Pailari, J., Novaes, C. *Vantagem Produtiva do Sistema Light Steel Framing: da Construção Enxuta à Racionalização Construtiva*. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 06 a 08/10/2010, Canelas, RS, Brasil.
<http://www.cbca-iabr.org.br/upfiles/fckeditor/file/Vantagem-Produtiva-do-Sistema-Light-Steel-Framing-da-Construcao-Enxuta-a-Racionalizacao-Construtiva.pdf>
- [19] Couto, A., Couto, J. *Os Benefícios Ambientais e a Racionalização do Efeito de Aprendizagem na Indústria de Pré-Fabricação*. Congresso Construção 2007, 17 a 19/12/2007, Coimbra, Portugal
http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/9096/2/camready180_2.pdf
- [20] Duarte, R. *Elementos de Avaliação da Industrialização na Construção por Sistemas no Rio Grande do Sul*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982.
- [21] <http://www.steelbiz.org/Discovery/ResourceFSS.aspx?ID=J6XzAtmzBHns6OTd2Bpuxw==>, 15/06/2013
- [22] <http://modular.org/>, 15/06/2013
- [23] Modular Building Institute (2010). *Improving Construction Efficiency & Productivity with Modular Construction*.
http://www.modular.org/marketing/documents/Whitepaper_ImprovingConstructionEfficiency.pdf
- [24] <http://www.miletusgroup.com/>, 15/06/2013
- [25] <http://thefabweb.com>, 15/06/2013
- [26] <http://www.engenhariacivil.com/>, 17/06/2013
- [27] <http://www.nytimes.com>, 15/06/2013
- [28] <http://www.algeco.pt/pt/>, 17/06/2013

Alshayeb, M. *Lean Production Using Modular Construction – Study of The ABC Company’s Projects*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Kansas, 2011.

Arantes, F. *Modelo de Diagnostico da Maturidade da Construção Enxuta e Estudos de Caso em Empresas da Construção Civil*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de produção Mecânica), Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2010.

Arantes, P. *Lean Construction – Filosofia e Metodologias*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.

Ballard, G., Howell, G. *What Kind of Production is Construction?*. International Group for Lean Construction, Guaruja, Brasil, 1998.

Bjornfot, A., Stehn, L. *Industrialization of Construction*. International Group for Lean Construction, Copenhagen, Dinamarca, 2004.

Camboim, L., Barreto, M. *Do Ambiente Tradicional de Manufatura ao Ambiente JIT no Subsetor de Edificações: Um enfoque Sobre a Mão-de-Obra*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, sem datação.

Carneiro, N. *Controlo de produtividade em obras de Construção no Brasil – Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.

Figueiredo, J. *Optimização da Gestão da Construção – Last PLanner System aplicado a um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.

<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60760/1/000136759.pdf>

Gonçalves, W. *Utilização de técnicas Lean e Just in Time na gestão de empreendimentos e obras*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2009.

<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/374749/1/Dissertacao.pdf>

Lawson, R., Grubb, P., Prewer, J., Trebilcock, P. *Modular Construction Using Light Steel Framing: an Architect's Guide*. Steel Construction Institute, 1999.

<http://www.steelbiz.org/Discovery/ResourceFSS.aspx?ID=J6XzAtmzBHns6OTd2Bpuxw==>

Leite, M., Pinho, I., Pereira, P., Heineck, L., Rocha, F. *Aplicação do Sistema Kanban no Transporte de Materiais na Construção Civil*. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 03 a 05/11/2004, Florianópolis, Brasil.

http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0110_0859.pdf

Martinez, S., Jardon, A., Navarro, J., Gonzalez, P. *Building Industrialization: Robotized Assembly of Modular Products*. Assembly Automation, Vol. 28 Iss: 2 pp. 134-142, 2008.

Martins, J. *Lean Construction na Construção e Engenharia Portuguesas – Oportunidades e Desafios Para os Donos de Obra*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2011.

Mesquita, A., Barbosa, M., Sousa, J. *Análise de Sistemas Produtivos e Planeamento de Produção*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.

McGraw-Hill Construction. *Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry*. 2011

[http://www.asce.org/uploadedFiles/Industry_Outlook_-_New/MHC%20Prefabrication%20%20Modularization%20SMR%20\(2011\).pdf](http://www.asce.org/uploadedFiles/Industry_Outlook_-_New/MHC%20Prefabrication%20%20Modularization%20SMR%20(2011).pdf)

Modular Building Institute, *Permanent Modular Construction Annual Report – 2012*.

<http://www.modular.org/documents/2012-PMC-Annual-Report.pdf>

Mota, R. *Aplicação dos Princípios da Construção Enxuta em uma Obra Vertical*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Amazônia, 2010.

<http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/128/COUNSTRUCAO-ENXUTA-OBRA-VERTICAL.pdf>

Nasereddin, M., Mullens, M., Cope, D. *Automated Simulator Development: A Strategy for Modeling Modular Housing Production*. *Automation in Construction*, Volume 16, 2ª Edição, 03/2007, páginas 212 – 223.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580506000173>

Patinho, S. *Construção Modular – Desenvolvimento da ideia: Casa numa caixa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2011.

Pinto, M. *Total Flow Management Dimensionamento de Supermercados na Indústria Kaizen Institute Consulting Group*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.

<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57871/2/Texto%20integral.pdf>

Ribeiro, M. *A Industrialização como Requisito para a Racionalização da Construção*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

http://www.poli.ufrj.br/leeamb/Arquivos_para_Download/Dissertacao_Marcellus_Serejo_Ribeiro.pdf

Roy, U., Roy, M., Saha, S. *Mass-Industrialized Housing to Combat Consistent Housing Shortage in Developing Countries: Towards an Appropriate System for India*. XXXVI IAHS, World Congress on Housing, 03 a 07/11/20, Kolkata, India

<http://atiwb.gov.in/U4.pdf>

Smith, R., Narayanamurthy, S. *Prefabrication in Developing Countries: a case study of India*. Without a hitch: New Directions in Prefabricated Architecture, Proceedings of the 2008 ACSA Northeast Fall Conference. University of Massachusetts Amherst. p. 48 – 53, 2008

<http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=wood>

Steel Construction Industry. *Value and Benefits Assessment of Modular Construction*, 2000.

<http://www.designforhomes.org/wp-content/uploads/2012/03/ModularSteel.pdf>

Anexo D: Questionário ao Responsável pelas Operações em Parque

O presente questionário tem como objectivo avaliar a utilidade, aplicabilidade e impacto das medidas propostas no processo produtivo da empresa Algeco S.A.. Neste são realizados dois tipos de questões. O primeiro consiste numa avaliação de 1 a 5, sendo a classificação realizada consoante a interpretação descrita em cada questão. O segundo consiste em curtas questões de desenvolvimento.

Às diferentes medidas atribuiu-se a seguinte designação:

- a) Centralização da área de produção
- b) Ordenamento da zona de armazenamento
- c) Implementação de um programa de *software* de busca de módulos
- d) Carrinho de Peças
- e) Suporte de peças
- f) Normalização das Operações
- g) Implementação do indicador PPC
- h) Qualificação e envolvimento da mão-de-obra no planeamento

1) De que forma as medidas proposta podem contribuir para os seguintes aspectos?

(1 – muito pouco; 5 – muito)

(Se achar que a medida proposta não faz sentido no contexto da questão colocada, pf assinale com um 3)

1.1) Redução do número de movimentos realizados pelos operários

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.2) Redução das distâncias de deslocação dos operários

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	—	<u>X</u>
b)	—	—	<u>3</u>	—	—

c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	—	<u>X</u>
e)	—	—	—	—	<u>X</u>
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.3) Redução das distâncias de transporte de materiais

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	<u>3</u>	—	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.4) Redução dos tempos de espera entre tarefas

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.5) Redução do número de tarefas executadas incorrectamente

	1	2	3	4	5
a)	—	—	<u>3</u>	—	—

b)	—	—	<u>3</u>	—	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	<u>3</u>	—	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.6) Redução do desperdício de materiais

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	<u>3</u>	—	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.7) Redução do tempo de execução de uma tarefa

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	—	<u>X</u>
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	—	<u>X</u>
g)	—	—	—	—	<u>X</u>
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.8) Redução do tempo global de reconfiguração de um módulo

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	—	<u>X</u>
b)	—	—	<u>3</u>	—	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.9) Aumento da transparência do processo de produção (mais facilmente controlável)

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	—	<u>X</u>
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.10) Aumento da organização da área de armazenamento

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	—	<u>X</u>
c)	—	—	—	—	<u>X</u>
d)	—	—	<u>3</u>	—	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.11) Aumento da compatibilidade entre o módulo seleccionado para reconfiguração e o módulo encomendado

	1	2	3	4	5
a)	—	—	<u>3</u>	—	—
b)	—	—	—	—	<u>X</u>
c)	—	—	—	—	<u>X</u>
d)	—	—	<u>3</u>	—	—
e)	—	—	<u>3</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.12) Aumento da qualificação dos operários (capacidade para executar as tarefas com qualidade e ultrapassar mais facilmente obstáculos encontrados)

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	<u>3</u>	—	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	—	<u>X</u>
e)	—	—	—	—	<u>X</u>
f)	—	—	—	—	<u>X</u>
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	—	<u>X</u>

1.13) Aumento da probabilidade de cumprimento do planeamento estabelecido

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	—	<u>X</u>
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	—	<u>X</u>	—
d)	—	—	—	—	<u>X</u>
e)	—	—	—	—	<u>X</u>

f)	—	—	—	—	<u>X</u>
g)	—	—	—	—	<u>X</u>
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

1.14) Aumento da rigorosidade de execução de procedimentos

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	—	<u>X</u>
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	—	<u>X</u>	—
d)	—	—	—	—	<u>X</u>
e)	—	—	—	—	<u>X</u>
f)	—	—	—	—	<u>X</u>
g)	—	—	—	—	<u>X</u>
h)	—	—	—	—	<u>X</u>

1.15) Promoção do trabalho em grupo

	1	2	3	4	5
a)	—	—	<u>3</u>	—	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>3</u>	—	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

2) Qual o impacto que as medidas proposta poderiam ter no aumento da qualidade global do processo de produção da empresa?

(1 – muito negativo; 5 – muito positivo)

	1	2	3	4	5
a)	—	—	<u>X</u>	—	—
b)	—	—	<u>X</u>	—	—

c)	—	—	—	<u>4</u>	—
d)	—	—	<u>X</u>	—	—
e)	—	—	<u>X</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

3) Em função da utilidade que poderiam ter, avalie as medidas propostas?
(1 – muito pouco útil; 5 – muito útil)

	1	2	3	4	5
a)	—	—	—	<u>X</u>	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	—	<u>X</u>	—
d)	—	—	—	<u>X</u>	—
e)	—	—	—	<u>X</u>	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	—	<u>X</u>	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

4) Qual a probabilidade de a empresa adoptar as medidas propostas?
(1 – muito pouco provável; 5 – muito provável)

	1	2	3	4	5
a)	—	—	<u>X</u>	—	—
b)	—	—	—	<u>X</u>	—
c)	—	—	<u>X</u>	—	—
d)	—	—	<u>X</u>	—	—
e)	—	—	<u>X</u>	—	—
f)	—	—	—	<u>X</u>	—
g)	—	—	<u>X</u>	—	—
h)	—	—	—	<u>X</u>	—

5) Comentários

(razões porque vão/não vão implementar as medidas, em que aspectos podem ser melhoradas, se já utilizam/utilizaram alguma variante da medida, etc.)

a)

Já utilizamos algumas das medidas propostas.
Esta delegação pertencendo a uma empresa multinacional está inserida numa filosofia de grupo.
Estão neste momento a decorrer várias actualizações e implementações nas áreas de LEAN e Normalização das operações.

b)

Esta delegação está num processo de mudança de instalações.
Está previsto um ordenamento mais eficaz no novo parque.

c)

Não está previsto, nesta fase, qualquer investimento num programa de software que melhore a procura de módulos em parque.
No entanto tenho de concordar que esta medida poderá ser útil em diversos aspectos ligados ao armazenamento dos módulos e até mesmo no armazém de artigos.

d)

O carrinho de peças já é uma medida efectiva e com resultados comprovados.

e)

O suporte de peças, tal como o carrinho de peças, já é uma realidade no processo produtivo.

f)

Está em curso um plano p/ normalização das operações, sobretudo no que diz respeito ao tempo de execução de cada operação.
Estando a delegação em fase de mudança de instalações, está identificada a necessidade de dar formação às equipas.
Esta medida é de particular importância porque perdemos tempo e recursos se as equipas não desempenharem as operações com base em parâmetros comuns a todo o universo ALGECO.
Já demos alguns passos , pequenos é certo, neste sentido.

g)

A implementação do PPC já está prevista.
Neste momento existem orientações transmitidas às equipas de montagem que podem ser desenvolvidas levando, no futuro, à utilização desta medida.

h)

O envolvimento da m.o. já existe.
Estamos a dar os primeiros passos na qualificação da m.o., sobretudo na área de HST, o que nos leva a ser optimistas e crer que esta medida no médio prazo seja uma realidade firme no processo produtivo.