

# **A LEAN CONSTRUCTION E A GESTÃO ECONÓMICA DE EMPREITADAS**

**MÁRIO EMÍLIO BRÁS BABO**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Fachana  
Moreira da Costa

JULHO DE 2008

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

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

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

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

*Dedico este trabalho à minha mãe, pelo apoio incondicional  
em todos os momentos da minha vida.  
Obrigado por tudo.*

*Os planos não são nada; o que conta é a planificação  
Dwight Eisenhower*



## **AGRADECIMENTOS**

Este espaço é dedicado a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, agradeço ao Prof. Jorge Moreira da Costa pela disponibilidade demonstrada na orientação deste trabalho. Agradeço também a todos aqueles que apoiaram a realização deste trabalho, em particular aos meus colegas da Direcção de Planeamento e Controlo da Construção, Nuno Félix e Cristina Dias pela colaboração e ajuda. Ao Eng.º Paulo Caetano pela ideia inicial do tema, ao Adérito Cruz e ao João Nogueira pela disponibilidade e pelas sugestões dadas. À Ana Maria Fernandes e ao Sr. Ilídio Silva, pela simpatia e apoio para a elaboração deste trabalho.

Por fim, um agradecimento especial à Ana Cristina, pela paciência, motivação e incentivo.



## RESUMO

O sector da construção encontra-se num período de grande competitividade, daí que o planeamento e controlo de custos seja cada vez mais importante. Desta forma, a necessidade de aplicação de novas ferramentas de controlo de custos é eminente neste sector e apresenta-se como uma oportunidade de aplicação da *Lean Construction*.

A *Lean Construction* resulta da adaptação dos conceitos *Lean Production* ao sector da construção e pode ser encarada como o novo paradigma que desafia a visão tradicional da gestão da construção.

Na maioria das empresas de construção existe uma falta de comunicação relevante entre o departamento encarregue do controlo de custos de uma empreitada e a equipa encarregue da sua execução.

Neste contexto, as reais condições de execução – nomeadamente custos e rendimentos – não retroalimentam de uma forma expedita e sistemática as bases de dados que suportam a elaboração do planeamento e controlo económico da empreitada.

O objectivo deste trabalho é procurar identificar alguns dos princípios fundamentais do modelo *Lean Construction*, considerando os novos desafios do sector da construção, e delinear uma estratégia de implementação que possa resultar numa maior eficiência do fluxo de informação entre a execução da obra e o departamento de planeamento e controlo de custos.

PALAVRAS-CHAVE: *lean construction*, planeamento e controlo, custos, prazo.



## ABSTRACT

The construction sector is experiencing a period of high competitiveness, whereby the planning and cost control is taking on increasing importance. Therefore, the need to explore new cost control' tools is eminent and provides an opportunity to apply the *Lean Construction*.

The *Lean Construction* arises from the adaptation of the *Lean Construction*' concepts to the construction sector needs, and can be seen as a new paradigm that challenges the traditional view of the construction management.

Within many construction companies, there is a lack of communication between the planning and cost control department and the team in charge of the work execution.

In this context, the actual execution variables – namely cost and income – do not give expedite and systematic feedback to the databases supporting the planning and economic control of each work.

This document's purpose is to identify the fundamental principles of the *Lean Construction* model, considering its applicability to the new challenges of the construction sector, and the definition of a implementation strategy, which could improve the efficiency of the flow information between the work execution and the planning and cost control department.

KEY WORDS: *lean construction*, planning and cost control, costs, deadline.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. NECESSIDADE DE CONTROLO DE CUSTOS.....	1
1.2. OBJECTIVOS .....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	3
<b>2. LEAN THINKING – PRODUÇÃO MAGRA .....</b>	<b>5</b>
2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL: O NOVO CANDIDATO PARA A FILOSOFIA “LEAN” .....	6
2.2. A LEAN THINKING APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL: LEAN CONSTRUCTION .....	7
2.3. BASE CONCEPTUAL.....	8
2.3.1. MODELO CONVENCIONAL DE CONVERSÃO .....	8
2.3.2. MODELO CONCEPTUAL LEAN CONSTRUCTION.....	10
2.3.3. CONCEITO DE DESPERDÍCIO .....	11
2.4. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA LEAN CONSTRUCTION .....	12
2.4.1. REDUZIR A PARCELA DE ACTIVIDADES QUE NÃO GERAM VALOR .....	12
2.4.2. AUMENTAR O VALOR DO PRODUTO NA PERSPECTIVA DO CLIENTE.....	12
2.4.3. REDUZIR A VARIABILIDADE .....	13
2.4.4. REDUZIR O TEMPO DE CICLO .....	14
2.4.5. SIMPLIFICAR ATRAVÉS DA REDUÇÃO DO NÚMERO DE PASSOS OU PARTES.....	15
2.4.6. AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DE SAÍDA .....	15
2.4.7. AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO .....	16
2.4.8. FOCAR O CONTROLO NO PROCESSO GLOBAL .....	16
2.4.9. INTRODUIZIR UMA MELHORIA CONTÍNUA NO PROCESSO .....	16
2.4.10. MANTER O EQUILÍBRIO ENTRE MELHORIAS DE FLUXOS E CONVERSÕES.....	17
2.4.11. BENCHMARKING.....	17
<b>3. CASO DE ESTUDO: O MÉTODO DE CONTROLO DE CUSTOS DE OBRA.....</b>	<b>19</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	19
3.1.1. O ORÇAMENTO.....	19
3.1.2. DETERMINAÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA PROPOSTA .....	20
3.1.3. CUSTO INDUSTRIAL DA OBRA .....	21
3.1.4. FERRAMENTAS UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO.....	22

3.1.5. CONCEITO DE PREÇO SECO .....	25
3.1.6. MODOS DE RETRIBUIÇÃO DE CONTRATOS DE OBRAS .....	25
3.1.7. PLANO DE NATUREZAS CONTABILÍSTICAS .....	26
<b>3.2. CONTROLO DE CUSTOS – O MÉTODO .....</b>	<b>27</b>
3.2.1. ORÇAMENTO COMERCIAL .....	28
3.2.2. REORÇAMENTO .....	28
3.2.3. CONTROLO DE CUSTOS MENSAL (ACTUALIZAÇÃO ECONÓMICA MENSAL) .....	30
3.2.4. INFORMAÇÃO DE GESTÃO .....	32
<b>4. APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION NA GESTÃO ECONÓMICA DE EMPREITADAS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. SEGUIMENTO FÍSICO DA EXECUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
4.2.1. METODOLOGIA .....	34
4.2.2. PRECEITOS BÁSICOS .....	34
4.2.3. RECOLHA DE DADOS .....	35
<b>4.3. OPTIMIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DO CONTROLO DE CUSTOS .....</b>	<b>36</b>
4.3.1. IDENTIFICAÇÃO DE ACTIVIDADES NÃO ORÇAMENTADAS .....	36
4.3.3. RETROALIMENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO ECONÓMICA DA EMPREITADA .....	40
<b>4.4. CONTROLO INTEGRADO DE PRAZOS E CUSTOS .....</b>	<b>44</b>
4.4.1. O <i>EARNED VALUE MANAGEMENT</i> .....	45
4.4.2. A GESTÃO DE PROJECTOS COM O <i>EARNED VALUE MANAGEMENT</i> .....	46
4.4.3. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE EVM .....	46
<b>4.5. INDICADORES PARA MEDIÇÃO DE DESEMPENHO .....</b>	<b>50</b>
4.5.1. OBTENÇÃO DE INDICADORES DE CONTROLO DE PRAZO E CUSTO .....	52
4.5.2. ÍNDICES DE PERFORMANCE .....	52
4.5.3. LIMITAÇÕES DOS ÍNDICES DE PERFORMANCE .....	54
4.5.4. ESTIMATIVAS FUTURAS .....	56
4.5.5. EARNED SCHEDULE .....	58
<b>4.6. EXEMPLO PRÁTICO DE APLICAÇÃO DO EVM .....</b>	<b>61</b>
NESTE CAPÍTULO, PASSAREMOS A APRESENTAR UM EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EVM, NO	
ÂMBITO DO DESENVOLVIMENTO DE UM <b>MODELO INTEGRADO DE CONTROLO DE PRAZOS E CUSTOS</b> , BASEADO	
NAS PREMISSAS DE ANÁLISE FORNECIDAS POR ANTÓNIO MIGUEL [2006]. .....	
4.6.1. CÁLCULO DO VALOR GANHO .....	61
4.6.2. DESVIOS DO PRAZO E DO CUSTO .....	64
4.6.3. ÍNDICES DE DESEMPENHO DO PROJECTO .....	65
4.5.4. PREVISÃO ESTATÍSTICA DO RESULTADO FINAL .....	66

<b>5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1. SISTEMA DE GESTÃO DE EMPREITADAS BASEADO NO EVM.....</b>	<b>69</b>
5.1.1. DESCRIÇÃO DO MODELO.....	69
5.1.2. ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA DE TRABALHOS .....	70
5.1.3. LIGAÇÃO DO PROGRAMA DE TRABALHOS AO ARTICULADO DE VENDA .....	71
5.1.4. ACTUALIZAÇÃO MENSAL DO ESTADO DA OBRA E REGISTO DE CUSTOS – INTRODUÇÃO DAS ALTERAÇÕES AO PROGRAMA DE TRABALHOS BASE .....	74
5.1.5. INTRODUÇÃO DO PROGRESSO DAS ACTIVIDADES.....	75
5.1.6. DETERMINAÇÃO DAS QUANTIDADES DE TRABALHO PRODUZIDAS .....	76
5.1.5. RESUMO.....	77
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>6.1. LEAN CONSTRUCTION E GESTÃO ECONÓMICA DE EMPREITADAS .....</b>	<b>79</b>
<b>6.2. CONDICIONANTES DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>80</b>
6.2.1. SOFTWARE UTILIZADO .....	81
6.2.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DE CADA ACTIVIDADE .....	82
<b>6.3. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDIÇÃO DO VALOR GANHO.....</b>	<b>83</b>
6.3.1. ESTIMATIVAS DA PERCENTAGEM CONCLUÍDA .....	83
6.3.2. MARCOS PONDERADOS.....	83
<b>6.4. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>85</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Modelo tradicional de processo (Koskela, 1992).....	8
Fig. 2 – Modelo de processo da Construção Enxuta (Koskela, 1992).....	10
Fig. 3 – Duas formas de planear a mesma empreitada.....	15
Fig. 4 – Relação entre Articulado – Ficha Rendimento – Recursos.....	23
Fig. 5 – Exemplo de <i>worksheet</i> .....	24
Fig. 6 – Lista de recursos.....	25
Fig. 7 – Processo de controlo de custos.....	27
Fig. 8 – Processo de Reorçamento.....	29
Fig. 9 – Actualização económica mensal.....	31
Fig. 10 – Elaboração do MAB.....	32
Fig. 11 – Identificação de actividades não orçamentadas.....	37
Fig. 12 – Proposta de Layout do Mapa de Controlo de Quantidades e Custos.....	40
Fig. 13 – Mapa de Rácios / Natureza Custo (Análise Estatística).....	41
Fig. 14 – Mapa de Rácios / Actividade (Análise Estatística).....	42
Fig. 15 – Retroalimentação de informação económica da empreitada.....	42
Fig. 16 – Processo de Controlo de Custos.....	43
Fig. 17 – Síntese do processo de controlo de prazos e custos.....	44
Fig. 18 – Custo acumulado previsto de um projecto.....	47
Fig. 19 – Custo acumulado real e previsto de um projecto.....	47
Fig. 20 – Custo acumulado real, acumulado previsto e o Earned Value de um projecto.....	48
Fig. 21 – Representação do BCWS, BCWP e ACWP num instante de um projecto.....	49
Fig. 22 – Avaliação da necessidade de Indicadores de Desempenho.....	50
Fig. 23 – Representação gráfica da evolução do SPI e do CPI de um projecto.....	53
Fig. 24 – Obtenção do <i>Earned Schedule</i> com base nos dados do <i>Earned Value</i> .....	59
Fig. 25 – Custo Real versus Orçamento.....	61
Fig. 26 – Resultado da simples projecção de custos.....	62
Fig. 27 – <i>Earned Value</i> , Custo Real e Orçamento.....	63
Fig. 28 – Modelos de gestão do projecto.....	64
Fig. 29 – Desvio do Prazo (SV) e Desvio do Custo (CV).....	65
Fig. 30 – Índices de Desempenho de Custo e Prazo.....	66
Fig. 31 – Projecção dos custos finais do projecto com base no desempenho actual.....	68
Fig. 32 – Obtenção da informação base do modelo de gestão baseado no EVM.....	70

Fig. 33 – Resumo dos processos associados à elaboração de um Programa de Trabalhos .....	71
Fig. 34 – Divisão de um artigo por diversas actividades.....	72
Fig. 35 – Divisão de um artigo por diversas actividades.....	73
Fig. 36 – Procedimentos associados à ligação do articulado de venda ao Programa de Trabalhos ....	73
Fig. 37 – Procedimentos associados à actualização mensal da <i>baseline</i> do PT .....	75
Fig. 38 – Procedimentos associados à actualização do PT .....	76
Fig. 39 – Alterações de procedimento resultantes da utilização do MSProject em obra.....	81

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 – Lista de Trades usadas .....	22
Tabela 2 – Lista de Naturezas de Custo .....	26
Tabela 3 – Mapa Resumo dos Indicadores de Desempenho (Fonte: Norie - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) .....	51
Tabela 4 – Relação entre o estado do projecto e os indicadores CPI e SPI .....	53
Tabela 5 – Resumo das ferramentas propostas .....	77



## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

APM – *Association of Project Management*

CI – Custo Industrial

CF – Cronograma Financeiro

EVM – *Earned Value Management*

FF – Folha de Fecho

IGLC - *International Group for Lean Construction*

JIT – *Just In Time*

LPU – Lista Preços Unitários

MAB – Mapa Análise Balancetes

PLC – Planeamento e Controlo de Custos

PT – Plano de Trabalhos

RMO – Relatório Mensal de Obra

TQM – *Total Quality Management*



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. NECESSIDADE DE CONTROLO DE CUSTOS

O objecto deste trabalho nasceu da análise da evolução do Custo Industrial (CI) <sup>1</sup> no decurso de diferentes obras e uma tentativa inicial de verificar a existência de padrões de variação. Para isso, compilou-se a informação relativa a obras concluídas desde 2004, de forma a comparar os valores do CI em 3 fases distintas da obra (25, 50 e 75%) com o valor de orçamento, reorçamento e valor final de fecho da obra.

Após a análise dos gráficos, verificou-se, nos últimos anos, uma tendência crescente para as empreitadas apresentarem resultados negativos, com CI's, nalguns casos, bastante acima de 100%. Devido à estagnação do mercado da construção em Portugal e ao conseqüente aumento da concorrência, há uma necessidade cada vez maior de se reduzirem as margens, sendo que, no presente, muitas obras são adjudicadas com um orçamento aquém do valor real da obra.

---

<sup>1</sup> O Custo Industrial (CI) representa em percentagem o rácio entre as despesas e as receitas de uma dada empreitada.

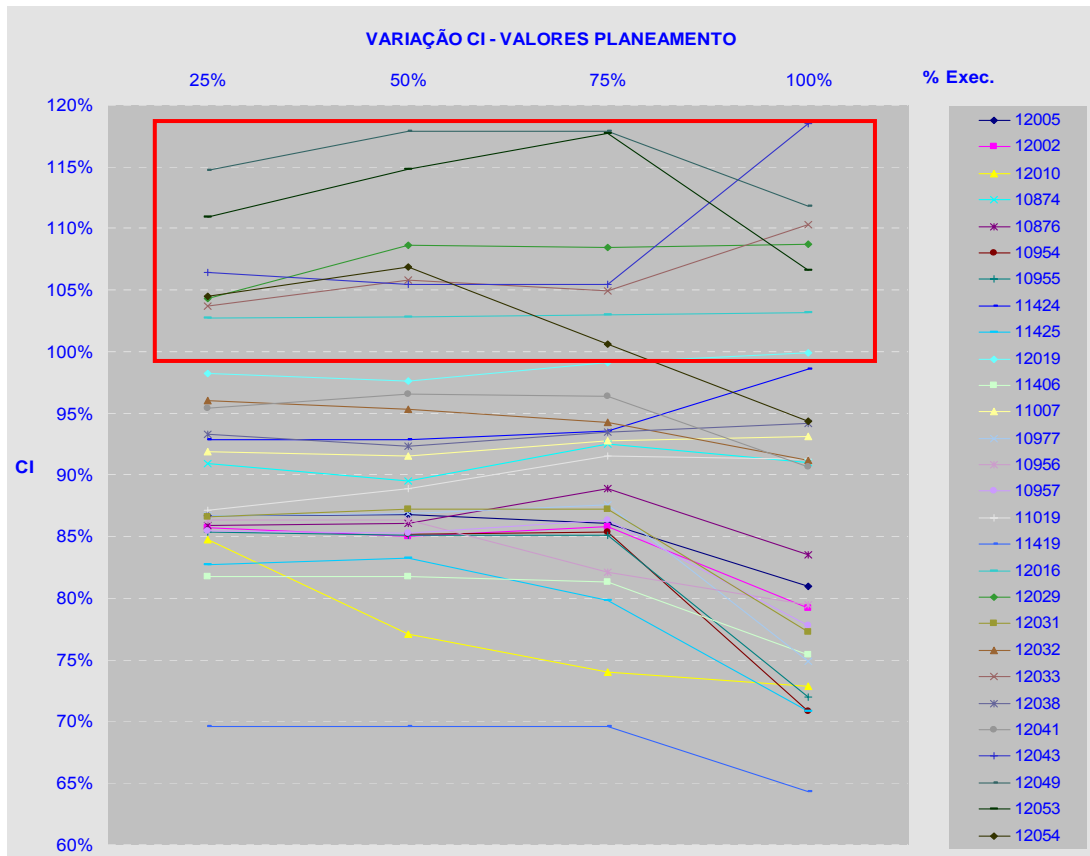


Gráfico 1 – Estudo variação CI (Valores Planeamento)

Verifica-se também que as obras que iniciam com um resultado negativo, não conseguem recuperar para valores positivos no decurso da empreitada.

Nesta realidade, o controlo de custos assume um papel preponderante no seio das organizações, uma vez que, ao contrário do que acontecia há alguns anos atrás, um bom resultado financeiro de uma empreitada não é conseguido pelo incremento da receita, mas sim pelo controlo apertado dos custos de produção.

É nesse sentido que se procurou uma metodologia de gestão que fosse possível adaptar à indústria da construção, que, como se sabe, apresenta características muito próprias, distintas da indústria em geral. E assim chegamos à *Lean Construction*.

A *Lean Construction* resulta da adaptação dos conceitos *Lean Production* ao sector da construção e pode ser encarada como o novo paradigma que desafia a visão tradicional da gestão da construção.

Nos últimos anos têm vindo a ser apresentadas inúmeras propostas de aplicação dos princípios *lean* ao sector da construção, nomeadamente no planeamento e controlo da **produção**.

O que se propõe neste trabalho é aplicar os mesmos princípios ao planeamento e controlo de **custos**.

## 1.2. OBJECTIVOS

Tal como já foi referido, o objectivo geral deste trabalho é contribuir para a introdução dos princípios fundamentais da filosofia *Lean Construction* no Planeamento e Controlo de Custos.

De um modo geral, os principais objectivos são:

- Pesquisa, revisão e recensão bibliográfica dos modelos *Lean Construction* e das metodologias de controlo de custos existentes;
- Apuramento das práticas de controlo de custos correntes;
- Identificação das oportunidades de melhoria através da filosofia *lean*;
- Elaboração de uma proposta de metodologia de controlo de custos para introdução dos conceitos *lean*.

## 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada segundo a seguinte estrutura:

- O presente capítulo consiste na introdução e apresenta a problemática da dissertação, o campo de aplicação, os objectivos e a descrição da metodologia de investigação utilizada;
- O segundo capítulo consiste na revisão e recensão bibliográfica referente à filosofia *Lean Construction*. Este capítulo engloba a contextualização do tema, uma exposição dos fundamentos teóricos, a descrição da evolução do conhecimento e as principais aplicações até agora desenvolvidas pela filosofia *Lean Construction*;
- O terceiro capítulo apresenta uma análise das técnicas de controlo de custos das obras de uma empresa do ramo. Este capítulo é constituído pela descrição do método e dos procedimentos utilizados no caso de estudo;
- O quarto capítulo descreve a proposta de uma metodologia de planeamento e controlo de custos na construção coerente com a filosofia *Lean Construction* e baseada na revisão bibliográfica e nos casos de investigação;
- No quinto capítulo efectua-se a experimentação da metodologia proposta tendo como base um caso de estudo. Neste ponto apresenta-se também uma análise dos resultados obtidos;
- No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação, bem como as suas limitações e contribuição para a indústria e comunidade científica. São ainda expostas algumas recomendações e alertas para trabalhos futuros.



# 2

## LEAN THINKING – PRODUÇÃO

### MAGRA

A indústria da construção no país tem sofrido nos últimos anos mudanças substanciais, provocadas, principalmente, pelo crescente grau de competição existente entre as empresas do sector. A globalização dos mercados, o crescente nível de exigência por parte dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreitadas, entre outros factores, têm estimulado as empresas a tentar atingir melhores níveis de desempenho, através de investimentos em gestão e tecnologia da produção. Assim, a exemplo do que vem acontecendo em outros sectores industriais, a gestão da produção vem assumindo um papel cada vez mais estratégico na determinação do grau de competitividade das empresas de construção.

Num qualquer processo industrial, grande parte das tarefas transforma-se em desperdício, comprometendo seriamente a produtividade. Identificar as diversas formas de desperdício e em seguida delinear estratégias que visam a sua remoção são os dois principais objectivos da filosofia *Lean Thinking*.

*Lean Thinking* é uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua acção para a eliminação gradual do desperdício através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua. O pensamento *lean* consiste num conjunto de princípios que visam simplificar o modo como uma organização produz e entrega valor aos seus clientes enquanto todos os desperdícios são eliminados. O ponto de partida para o *Lean Thinking* é reconhecer que apenas uma pequena fracção do tempo e esforço de uma tarefa é convertida em valor. Após definido o valor de um produto ou serviço na perspectiva do cliente, todas as actividades que não acrescentam valor devem ser eliminadas.

## 2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL: O NOVO CANDIDATO PARA A FILOSOFIA “LEAN”

O sector da Engenharia Civil e Construção procura continuamente soluções e inovações para a melhoria da produtividade e da performance. As metodologias e técnicas da *Lean Production* podem ser a solução...

### O problema...

O típico “desenrascanço” já não funciona no sector da construção. Pelo contrário, como é incentivado num dado ponto do processo produtivo, face a anomalias e emergências que surgem, acaba por injectar mais incerteza, tornando ainda mais instável e menos produtivo o processo global da obra. Não é, por isso, a solução de gestão necessária.

Acresce que muitos dos incentivos contratuais estão errados, empurrando cada subempreiteiro para a optimização da sua tarefa isoladamente sem uma coordenação do conjunto. Os resultados de tudo isto são, em geral, a total inoperância do planeamento inicial, a acumulação de tarefas incompletas, os atrasos em cadeia e a baixa produtividade global.

### A solução...

Na última década tem-se observado um forte movimento no sector no sentido de aplicar os princípios e ferramentas da Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management – TQM*). Mais recentemente, muitas empresas do sector voltaram-se ao desenvolvimento de sistemas de gestão da qualidade, tanto como meio para alcançar um maior nível de controlo sobre os processos produtivos, como também com o objectivo final de obter certificação segundo as normas em vigor.

Apesar de ter trazido importantes benefícios para o sector, a filosofia do TQM atende apenas de forma parcial as necessidades das empresas, na medida que os seus conceitos, princípios e ferramentas não contemplam, com a devida profundidade, questões relacionadas à eficiência e eficácia do sistema de produção.

É com o objectivo de melhorar o planeamento e o controlo da produção, que, neste trabalho se vai tentar adaptar alguns conceitos e princípios gerais da área de Gestão da Produção, nomeadamente a filosofia *Lean Thinking* às peculiaridades do sector.

## **2.2. A LEAN THINKING APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL: LEAN CONSTRUCTION**

O esforço para tentar adaptar a abordagem *Lean Thinking* à construção civil tem sido denominado de *Lean Construction*.

As ideias deste novo paradigma surgiram no Japão nos anos 50, a partir de duas filosofias básicas, o Total *Quality Management* e também o *Just in Time*, sendo o Sistema de Produção da Toyota no Japão a sua aplicação mais proeminente. Assim, os seus conceitos e princípios básicos surgiram na própria indústria, principalmente a automóvel. Apenas recentemente passou a existir um movimento entre académicos no sentido de entender este novo paradigma, com o objectivo de disseminá-lo nos mais diversos sectores de actividade económica.

No que diz respeito à Indústria da Construção Civil, este esforço foi marcado pela publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Lauri Koskela (1992) do *Technical Research Center* da Finlândia, a partir do qual foi criado o IGLC - *International Group for Lean Construction*.

O desenvolvimento de uma estratégia que contemple a maneira pela qual se possa desenvolver e implementar sistemas de planeamento e controlo da produção em empresas de construção, utilizando conceitos e princípios da *Lean Construction*, é essencial para a redução do desperdício existente na indústria da construção

É nesse contexto e com esse objectivo que se desenvolveu este trabalho.

Neste trabalho são apresentados alguns conceitos e princípios básicos de gestão da produção cujo conhecimento é necessário para entender a *Lean Construction*. De forma facilitar a compreensão dos mesmos, são apresentados alguns exemplos de aplicação na construção civil.

## 2.3. BASE CONCEPTUAL

### 2.3.1. MODELO CONVENCIONAL DE CONVERSÃO

A diferença básica entre a filosofia de gestão tradicional e a *Lean Production* é principalmente conceptual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos.

O modelo conceptual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os recursos (materiais, equipamento, mão de obra, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edifícios), conforme ilustra a *fig. 1*. Por esta razão, o mesmo é também denominado de modelo de conversão.

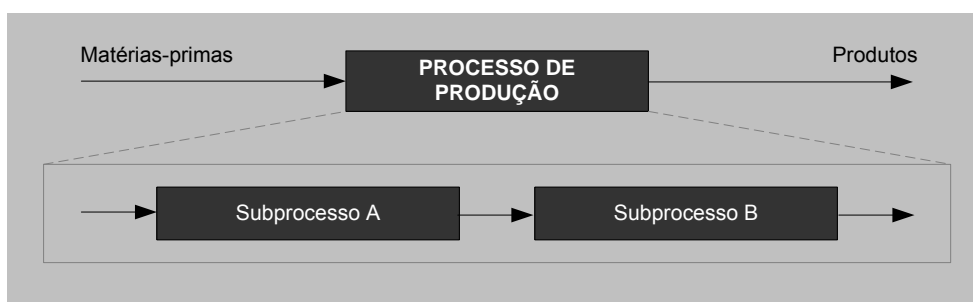


Fig. 1 – Modelo tradicional de processo (Koskela, 1992)

Este modelo apresenta, implicitamente, as seguintes características:

- O processo de conversão pode ser subdividido em sub-processos, que também são processos de conversão. Por exemplo, a execução da estrutura pode ser subdividida em preparação da cofragem, corte, dobragem e montagem de armaduras e betonagem dos elementos;
- O esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada sub-processo separadamente;
- O valor do produto (*output*) de um sub-processo é associado somente ao custo (ou valor) dos seus recursos.

Este é o modelo adoptado, por exemplo, nos orçamentos convencionais, que são tipicamente segmentados por produtos intermediários (por exemplo, vigas, paredes, portas, etc.), e também nos planos de trabalho, nos quais são normalmente representadas apenas as actividades de conversão. Assim, tanto os orçamentos como os planos de trabalho em geral representam explicitamente a sequência de actividades que agregam valor ao produto, também denominada de fluxo de montagem de uma empreitada.

As principais deficiências do modelo de conversão são as seguintes:

- Existe uma parcela de actividades que compõem os fluxos físicos entre as actividades de conversão (fluxos de materiais e de mão de obra), as quais não são explicitamente consideradas. Ao contrário das actividades de conversão, estas actividades não agregam valor. Em processos complexos, como é o caso da construção de edifícios, a maior parte dos custos é originada nestes fluxos físicos. Por exemplo, estima-se que cerca de metade do tempo gasto pelos trabalhadores na obra estão nas operações que não agregam valor: transporte, espera por material, correcções, etc.

- b) O controlo da produção e esforço de melhorias tende a ser focado nos sub-processos individuais e não no sistema de produção como um todo. Uma excessiva ênfase em melhorias nas actividades de conversão, principalmente através de inovações tecnológicas não tem qualquer impacto na eficiência dos fluxos e de outras actividades de conversão, limitando a melhoria da eficiência global. Por exemplo, a introdução de um novo sistema de vedações verticais numa obra no lugar da alvenaria convencional pode aumentar a produtividade da actividade execução de paredes, mas pode ter um impacto relativamente pequeno na melhoria da eficiência do processo como um todo, se não houver uma redução significativa no tempo gasto em actividades que não agregam valor, tais como transporte de materiais, esperas por parte de equipas subsequentes, etc.
- c) A não consideração dos requisitos dos clientes na produção pode resultar em produtos que são inadequados. Neste sentido, deve-se considerar os requisitos tanto dos clientes finais como internos. Por exemplo, pode-se produzir um edifício habitacional com grande qualidade, mas que não tem valor de mercado por não atender aos requisitos de potenciais compradores (clientes finais). Da mesma forma, uma equipa de estrutura pode executar com grande eficácia o alisamento perfeito da superfície de betão das lajes, o que, ao invés de facilitar o trabalho das equipas subsequentes (clientes internos), vai dificultá-lo, pois existe a necessidade de aderência entre as lajes e a argamassa de assentamento do piso a ser colocado.

### 2.3.2. MODELO CONCEPTUAL LEAN CONSTRUCTION

Por sua vez, o modelo de processo da *Lean Construction*, assume que um processo consiste num fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por actividades de transporte, espera, execução (ou conversão) e inspecção (*fig. 2*). As actividades de transporte, espera e inspecção não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas actividades de fluxo.

Nem toda a actividade de processamento agrega valor ao produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de corrigir, significa que actividades de processamento foram executadas sem agregar valor.

É evidente que os itens definidos nos orçamentos convencionais e nos planos de trabalho implicitamente contêm as referidas actividades de fluxo. Entretanto, o facto de que as mesmas não são explicitadas dificulta a sua percepção e prejudica a gestão da produção.

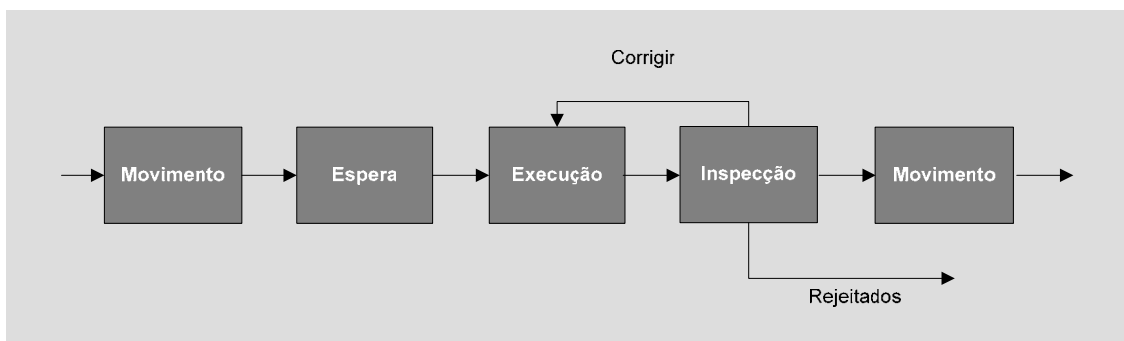


Fig. 2 – Modelo de processo da Construção Enxuta (Koskela, 1992)

A geração de valor é outro aspecto que caracteriza os processos na *Lean Construction*. O conceito de valor está directamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as actividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

O modelo de processo da *fig. 2* é aplicável não só a processos de produção, que têm um carácter físico, mas também a processos de gestão, tais como planeamento e controlo, aprovisionamentos, projecto, etc. No caso de processos de gestão, ao invés de materiais, ocorre o transporte, espera, processamento e inspecção de informações (fluxo de informações).

Por exemplo, no processo de projecto os principais dados de entrada são as informações relativas às necessidades dos clientes e as características do terreno, que, após sucessivas actividades, são transformadas no produto Projecto (arquitectura, estruturas, instalações, etc.).

Além do fluxo de montagem e dos fluxos de materiais e de informações, existe um outro tipo de fluxo na produção que necessita ser devidamente gerido, denominado fluxo de trabalho. Este fluxo refere-se ao conjunto de operações realizadas por cada equipa no estaleiro. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipas ou máquinas.

### 2.3.3. CONCEITO DE DESPERDÍCIO

Normalmente, as perdas na construção civil são consideradas como sinónimo de entulho, tais como restos de madeira, argamassa, blocos e outros materiais, os quais não apresentam a possibilidade de serem reaproveitados. Ou seja, a perda é entendida como todo aquele material virtualmente sem valor, que sobra no final da obra ou trabalho. Por esta definição a contabilização das perdas é extremamente simples. Além de visível (as perdas são vistas e, portanto, facilmente mensuráveis), o custo das perdas poderia ser calculado sem maiores dificuldades, através da multiplicação da quantidade perdida (entulho) de cada material pelo seu valor unitário. Consequentemente, a determinação do custo das perdas de uma obra poderia ser obtido a partir da soma dos custos das perdas de cada um dos materiais empregues na mesma.

No entanto, esta definição nem sempre é adequada, principalmente quando se considera os crescentes níveis de competição no sector. Devido ao seu carácter restrito, a compreensão das perdas como sinónimo de entulho resulta numa visão muito estreita do potencial de melhorias efectivamente existente na empresa, podendo em muitos casos levar à compreensão (errada) de que uma obra sem entulho é uma obra eficiente, e portanto sem espaço para melhorias.

Na *Lean Construction*, o conceito de perdas está fortemente associado à noção de agregar valor e não está limitado apenas ao consumo excessivo de materiais. Assim, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão-de-obra e equipamentos, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos da obra.

Entretanto, uma parcela que não agrega valor pode ser considerada inerente ao determinado processo, na medida que não pode ser eliminada sem uma mudança no método de trabalho. Um trabalho reúne duas categorias de actividades: (a) as que agregam valor; e (b) as que não agregam valor, mas que são essenciais ao processo. A perda corresponde às actividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas do processo.

Além dos conceitos básicos, a *Lean Construction* apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos, os quais são apresentados a seguir.

## 2.4. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA *LEAN CONSTRUCTION*

### 2.4.1. REDUZIR A PARCELA DE ACTIVIDADES QUE NÃO GERAM VALOR

Este é um dos princípios fundamentais da *Lean Construction*, segundo o qual a eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das actividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas das actividades de fluxo. Por exemplo, pode-se melhorar a eficiência de um determinado processo não só através da melhoria da eficiência das actividades de transporte de materiais, mas principalmente através da eliminação de algumas destas actividades.

Convém salientar que o princípio da eliminação de actividades de fluxo não deve ser levado ao extremo. Existem diversas actividades as quais não agregam valor ao cliente final de forma directa, mas que são essenciais à eficiência global dos processos, como, por exemplo, controle dimensional, formação da mão-de-obra, instalação de dispositivos de segurança, etc.

A maioria dos princípios seguintes está, de alguma forma, relacionada à meta de reduzir a parcela das actividades que não agregam valor. Em geral o primeiro passo para atingir este objectivo é identificar as actividades de fluxo, por exemplo através da representação do fluxo do processo. Uma vez explicitadas, estas actividades podem ser controladas e, se possível, eliminadas.

### 2.4.2. AUMENTAR O VALOR DO PRODUTO NA PERSPECTIVA DO CLIENTE

Este é um outro princípio básico da *Lean Construction*, uma vez que está relacionado ao conceito de processo como gerador de valor. Este princípio estabelece que devem ser identificadas claramente as necessidades dos clientes internos e externos e esta informação deve ser considerada no projecto e na gestão da produção.

A aplicação deste princípio envolve o “mapeamento” da produção, identificando sistematicamente os clientes e seus requisitos para cada fase da mesma.

Ao longo da fase de projecto, deve-se ter disponível de forma sistematizada, dados relativos aos requisitos e preferências dos clientes finais, obtidos, por exemplo, através de pesquisas de mercado com compradores potenciais ou avaliações pós-ocupação de edificações já entregues. Tais informações devem ser claramente comunicadas aos projectistas através de relatórios e reuniões ao longo das várias etapas do processo de projecto, desde a concepção da empreitada até à pormenorização do projecto.

Na fase de produção, este princípio pode também ser aplicado, se as equipas de trabalho subsequentes de um processo forem consideradas como clientes internos do mesmo. Por exemplo, a equipa que executa a estrutura de betão armado deve levar em conta no seu trabalho as tolerâncias dimensionais necessárias para que os trabalhos de execução de alvenaria e revestimentos não sejam dificultados. Neste sentido, é importante que os requisitos das equipas de alvenaria e revestimento sejam explicitamente identificados e comunicados à equipa de estrutura.

### 2.4.3. REDUZIR A VARIABILIDADE

Existem diversos tipos de variabilidade envolvidos num processo de produção:

- a) Variabilidade nas actividades anteriores: está relacionada com os fornecedores do processo. Exemplo: blocos cerâmicos com grandes variações dimensionais.
- b) Variabilidade no próprio processo: relacionada com a execução da própria actividade. Exemplo: variabilidade na duração da execução de uma determinada actividade, ao longo de vários ciclos.
- c) Variabilidade na procura: relacionada aos desejos e necessidades dos clientes de um processo. Exemplo: o Dono de Obra solicita mudanças do projecto.

Do ponto de vista da gestão de processos, existem duas razões para a redução da variabilidade.

Primeiramente, do ponto de vista do cliente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação, pois a qualidade do produto efectivamente corresponde às especificações previamente estabelecidas. É o caso, por exemplo, da equipa que executa a alvenaria, cujo serviço é facilitado caso os blocos tenham poucas variações dimensionais.

Em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar a parcela de actividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto, principalmente pelas seguintes razões:

- a) Interrupção de fluxos de trabalho, causada pela interferência entre as equipas. Isto ocorre, quando uma equipa fica parada ou precisa ser deslocada para outra frente de trabalho, em função de atrasos da equipa antecedente. Por exemplo, necessidade da equipa de alvenaria ser deslocada para a execução de reboco noutra frente de trabalho devido a atraso na execução da estrutura.
- b) Não-aceitação de produtos fora de especificação pelo cliente, resultando em correcções ou produtos rejeitados.

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

Através da utilização de um procedimento padronizado de execução de instalações hidráulicas, pode-se reduzir o surgimento de vazamentos posteriores, eliminando assim a necessidade de rectificações. A padronização de processos envolve também a formação das pessoas envolvidas com base nos padrões definidos pela empresa, e o planeamento e controlo adequado da execução, no qual é definido a sequência das tarefas e são disponibilizados os recursos necessários.

#### 2.4.4. REDUZIR O TEMPO DE CICLO

A redução do tempo de ciclo é um princípio que tem origem na filosofia *Just in Time*. O tempo de ciclo pode ser definido como a soma de todos os tempos (transporte, armazenamento, execução e inspecção) para produzir um determinado produto. A aplicação deste princípio está fortemente relacionada à necessidade de “comprimir” o tempo disponível como mecanismo de forçar a eliminação das actividades de fluxo. Além disto, a redução do tempo de ciclo traz outras vantagens:

- a) Entrega mais rápida ao cliente: ao invés de se espalhar por todo o estaleiro, as equipas devem-se focar na conclusão de um pequeno conjunto de unidades, formando lotes de produção menores. Se possível, as unidades são entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro da empreitada. Além disto, em alguns segmentos de mercado, a velocidade de entrega é uma dimensão competitiva importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de centros comerciais, hotéis e fábricas).
- b) A gestão dos processos torna-se mais fácil: o volume de produtos inacabados em stock (denominado de trabalho em progresso) é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e do uso do espaço físico disponível.
- c) O efeito aprendizagem tende a aumentar: como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros são detectados mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas. A experiência obtida nas unidades iniciais pode então ser aproveitada para melhoria do processo na execução das unidades posteriores.
- d) A estimativa da procura futura é mais precisa: como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da procura. Isto torna o sistema de produção mais estável.
- c) O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças da procura: pode-se obter um certo grau de flexibilidade para o atendimento da procura, sem elevar substancialmente os custos, pois algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.

A redução do tempo de ciclo envolve um amplo conjunto de acções, tais como:

- a) Eliminação de actividades de fluxo que fazem parte do ciclo de produção;
- b) Concentração do esforço de produção num menor número de unidades (lotes menores), através do planeamento e controlo da produção;
- c) Mudanças nas relações de precedência entre actividades, eliminando interdependências entre as mesmas de forma que possam ser executadas em paralelo.

Duas possíveis estratégias são apresentadas na *fig. 3*, para a execução de uma empreitada hipotética. A primeira tem um tempo de ciclo bem maior que a segunda. Pode-se observar que, no segundo caso, os primeiros lotes a serem produzidos podem ser entregues mais cedo, existe menos trabalho em progresso, o potencial para a aplicação do efeito aprendizagem é maior e uma maior flexibilidade pode ser oferecida nos lotes finais. Além disso, os erros, que porventura venham a ocorrer nos lotes iniciais aparecerão mais rapidamente no segundo caso, e poderão ser corrigidos nos lotes subsequentes.

## ALTERNATIVA 1 (Ciclos longos)

Lote	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
A									
B									
C									
D									

## ALTERNATIVA 2 (Ciclos curtos)

Lote	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
A									
B									
C									
D									

Fig. 3 – Duas formas de planejar a mesma empreitada

## 2.4.5. SIMPLIFICAR ATRAVÉS DA REDUÇÃO DO NÚMERO DE PASSOS OU PARTES

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

Existem várias formas de atingir a simplificação, como, por exemplo:

- Utilização de elementos pré-fabricados, reduzindo o número de etapas para a execução de um elemento da edificação;
- Uso de equipas polivalentes, ao invés de um maior número de equipas especializadas;
- Planeamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em actividades maiores. Além disso, a disponibilização de materiais, equipamentos, ferramentas e informações em locais adequados tende a eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentações e deslocamentos desnecessários provocados por interrupções na tarefa.

## 2.4.6. AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DE SAÍDA

O aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo como gerador de valor. Refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. Embora este princípio pareça contraditório com o aumento da eficiência, muitas indústrias têm alcançado flexibilidade mantendo níveis elevados de produtividade.

Isto pode ser obtido através de várias abordagens, como:

- Redução do tempo de ciclo, através da redução do tamanho dos lotes;
- Uso de mão-de-obra polivalente, capaz de se adaptar facilmente a mudanças na procura;
- Finalização do produto o mais tarde possível;
- Utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grandes ónus para a produção.

Algumas empresas que actuam no mercado imobiliário adiam a definição do projecto e, em alguns casos, também da execução das divisórias internas de alguns imóveis. Esta estratégia permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de determinados limites, sem comprometer substancialmente a eficiência do sistema de produção.

#### 2.4.7. AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO

O aumento da transparência de processos tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Este princípio pode também ser utilizado como um mecanismo para aumentar o envolvimento da mão-de-obra no desenvolvimento de melhorias.

Existem inúmeras formas de aumentar a transparência de processos, incluindo:

- a) Remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes;
- b) Utilização de dispositivos visuais, tais como cartazes, sinalização luminosa, e demarcação de áreas, que disponibilizam informações relevantes para a gestão da produção;
- c) Emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo, tais como nível de produtividade, número de peças rejeitadas, etc.;
- e) Programas de melhoria da organização e limpeza.

#### 2.4.8. FOCAR O CONTROLO NO PROCESSO GLOBAL

A preocupação em melhorar isoladamente as etapas de um processo tende a não levar em consideração o processo como um todo e a aumentar as perdas. Deve ter-se uma percepção sistemática da produção, procurar entender o processo como um todo para perceber o efeito de qualquer modificação pontual no processo global. O processo como um todo deve ser medido e controlado.

#### 2.4.9. INTRODUIR UMA MELHORIA CONTÍNUA NO PROCESSO

O esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos tem um carácter incremental, interno à empresa, devendo ser conduzido continuamente, com a participação da equipa responsável (“os donos do processo”). Este princípio é um componente fundamental das filosofias TQM e JIT.

O trabalho em equipa e a gestão participativa são os requisitos essenciais para a introdução da melhoria contínua nos processos. Além destes requisitos, é recomendável a aplicação de uma série de medidas que contribuem para direccionar o esforço de melhoria e consolidar os avanços obtidos, tais como:

- a) Utilização de indicadores de desempenho;
- b) Definição clara de prioridades e meta a serem alcançadas;
- c) Padronização de procedimentos, de forma a consolidar boas práticas e servir de referência para futuras melhorias;
- f) Criar uma postura de identificação das causas reais dos problemas e implementação de acções correctivas.

#### 2.4.10. MANTER O EQUILÍBRIO ENTRE MELHORIAS DE FLUXOS E CONVERSÕES

A eficiência dos processos depende da eficiência das conversões mas também da maneira como os fluxos são tratados, pelo que, deve ser mantido o equilíbrio entre as melhorias dos fluxos e das conversões. Um bom fluxo necessita de menor capacidade na actividade de conversão. A par do incremento de eficiência através de novas tecnologias deve ser feito um esforço no sentido de reduzir as actividades que não agregam valor. Deve-se procurar a racionalização do processo avaliando a possibilidade de inovação tecnológica.

#### 2.4.11. BENCHMARKING

*Benchmarking* consiste em um processo de aprendizado a partir das práticas adoptadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção. Este princípio de uma certa forma contrasta com o princípio relacionado à introdução da melhoria contínua a partir do esforço interno da empresa.

Assim, a competitividade da empresa deve ser o resultado da combinação dos seus pontos fortes (internos), desenvolvidos principalmente a partir de um esforço de melhoria contínua, com boas práticas observadas (externas) em outras empresas e sectores.

Existe uma ampla bibliografia sobre como aplicar *benchmarking*, baseado em experiências desenvolvidas em diferentes empresas. Em linhas gerais, é necessário um processo estruturado, contendo os seguintes passos:

- a) Conhecer os próprios processos da empresa;
- b) Identificar boas práticas em outras empresas similares;
- c) Entender os princípios por trás destas boas práticas;
- d) Adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa.



# 3

## CASO DE ESTUDO: O MÉTODO DE CONTROLO DE CUSTOS DE OBRA

### 3.1. INTRODUÇÃO

Para se enquadrar correctamente o método de controlo de custos é necessário primeiro explicar sucintamente como se cria o orçamento inicial de uma obra na fase de concurso. Esta explicação servirá para dar a conhecer os traços gerais de um processo de orçamentação que será útil para perceber a reorçamentação mais adiante.

#### 3.1.1. O ORÇAMENTO

Os orçamentos para as obras de engenharia civil são estimativas de custos e receitas preparados normalmente com base nos seguintes itens fornecidos pelo dono de obra:

- Peças escritas (memória descritiva, cadernos de encargos, lista de quantidades, especificações técnicas, estudos especializados, etc.);
- Peças desenhadas.

O custo das actividades é usualmente determinado através:

- Procedimentos de construção;
- Cotações de subempreiteiros.

Quando a estimativa é feita com base nos procedimentos de construção, as actividades podem ser decompostas em itens como mão-de-obra, materiais e equipamento necessários para a sua realização, recorrendo-se a tabelas de rendimentos para determinar os seus custos.

O uso de cotações de subempreiteiros envolve uma quantidade de trabalho menor para o empreiteiro geral porque o esforço de orçamentação é transferido para o subempreiteiro. No entanto, a precisão da estimativa de custo depende da fiabilidade dos subempreiteiros consultados visto que o empreiteiro geral selecciona uma das várias propostas submetidas pelos subempreiteiros.

No final de um processo de orçamentação também poderá ser feita uma comparação com rácios de construção de projectos anteriores realizados pelo empreiteiro geral para aferir a qualidade do orçamento elaborado.

Em algumas propostas de concurso poderão ser aplicados descontos em alguns grupos de custos (normalmente nas subempreitadas e/ou nos materiais).

Existem 3 tipos de custos numa empreitada: custos directos, indirectos e de estrutura.

- **Custos Directos:** custos orçamentados directamente relacionados com a produção.

Para preparar uma Proposta de Venda, um empreiteiro geral para além dos Custos Directos, tem que ter em conta os seguintes custos:

- **Custos Indirectos (ou Custo de Estaleiro):** é o tipo de custos de um projecto de engenharia civil em que não se consegue relacionar directamente com a produção mas está presente em actividades auxiliares necessárias à realização do projecto. São exemplos disso, os custos com um tipo de mão-de-obra (engenheiros da direcção de obra, técnicos superiores, medidores, administrativos, etc.), os custos com equipamento não directamente imputável a uma actividade (grua - torre), os custos com instalações (escritórios de estaleiro, ferramentaria, armazém, dormitórios, etc.) e outros encargos (vigilância da obra, telecomunicações, etc.).

- **Custos de Estrutura:** este tipo de custos não está directamente relacionado com uma obra. São custos fixos da empresa, de serviços de apoio e outras áreas consideradas externas à obra mas que são necessárias ao funcionamento da empresa. São exemplos disso, os escritórios da sede, o departamento comercial, o departamento de gabinete técnico.

### 3.1.2. DETERMINAÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA PROPOSTA

Para se determinar o valor de venda de uma obra deverão ser tidos em conta todos os custos anteriormente apresentados.

Sendo assim, o Preço de Venda é determinado como:

Preço de Venda = Custos Directos + Custos Indirectos + Margem

Com vista a integrar o valor do custo de estrutura da empresa, o valor da margem deve ser determinado de forma a incluir uma parte desse custo. Normalmente é determinado um valor percentual (margem de estrutura) em função do objectivo anual de facturação da empresa para determinar um valor de custo de estrutura a incluir na margem para diluir estes custos pelos vários projectos que a empresa tem em carteira. Mas dependendo da estratégia comercial da empresa, isso nem sempre será possível, podendo a margem ter mesmo um valor negativo quando a pressão para se ganhar novos contratos é muito alta.

### 3.1.3. CUSTO INDUSTRIAL DA OBRA

Na avaliação da performance de um projecto, usa-se o custo industrial (C.I.) como indicador chave. Este é calculado como:

$$C.I.(%) = \frac{\text{Custo Directo} + \text{Custo Indirecto}}{\text{Valor de Venda}} \times 100$$

Note-se que não é incluído o custo de estrutura no cálculo do CI. Isto sucede porque os valores contabilísticos das obras só incluem os custos directos, indirectos e a receita (venda) de uma obra. Assim para se obter comparações compatíveis, o CI é calculado com o mesmo tipo de valores.

Da expressão de cálculo de CI, deduz-se facilmente que uma obra não poderá ser considerada rentável se tiver um CI de 100%. Para que apenas não dê prejuízo à empresa, terá que ter um CI = (100% – margem de estrutura). Em média, as empresas de construção têm uma margem de estrutura entre 5% e 8%.

Este indicador em conjunto com o resultado, será o mais importante na avaliação económica de uma obra. O valor do CI de orçamento comercial será sempre comparado ao CI real durante a obra e ao CI real final.

Para finalizar a proposta de venda, deverão ser aplicados preços unitários de venda nos artigos. Note-se que só pode ser aplicado preço unitário de venda a artigos de produção (custos directos) que constituem o produto que uma empresa de construção vende. Os custos de estaleiro normalmente não têm venda ou têm um artigo apropriado de venda (normalmente designado como “Montagem e Desmontagem de Estaleiro”) com um valor reduzido que normalmente não cobre a totalidade dos custos de estaleiro.

Desta forma, vê-se que a relação entre preço unitário de custo e preço unitário de venda não será a mesma do CI, pois a receita terá que ser toda diluída nos artigos de produção (custos directos).

### 3.1.4. FERRAMENTAS UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO

Para se elaborar um orçamento, normalmente recorre-se a um software de orçamentação e de controlo de prazos. No caso presente, o software utilizado é o Candy “CCS – *Computer Construction Software*”.

Na generalidade, 20% de uma proposta contém 80% do seu valor total. O objectivo central de informatizar um orçamento é o de permitir isolar os 20% que vão determinar o orçamento vencedor. O CCS ajuda a identificar, rapidamente, os elementos importantes da proposta.

A orçamentação informatizada proporciona a obtenção rápida de uma proposta, permitindo que outras funções relacionadas, tais como compras, equipamento e estudo de métodos, se iniciem numa fase preliminar do processo de orçamentação.

Se uma proposta for bem sucedida, o orçamento tornar-se-á a base a partir da qual o projecto é controlado. É, por isso, importante que o orçamento seja criado de tal maneira que possa ser utilizado como uma ferramenta realista de controlo, de modo a reflectir o modo como o trabalho está, no momento, a ser executado.

A base de partida de trabalho do CCS é o articulado da obra.

Cada artigo é classificado com um código de tipo de actividade (*Trade*) de acordo com a classificação predefinida segundo esta lista:

<i>Tipo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descrição</i>
A	DEMOLIÇÕES / REMOÇÕES	a	PICHELARIAS / REDES DE AGUAS E ESGOTOS
B	MOVIMENTO DE TERRAS/TERRAPLENAGEM	b	I.ELECTRICAS/TLP/DOMOTICA/ILUMINAÇÃO
C	FUND.ESP/SOND/CONTENÇÕES/TRAB.FLUVIA-MAR	c	INSTALAÇÕES DE GÁS
D	BETÃO - FUNDAÇÕES / ELEVACÃO	d	INSTALAÇÕES A.V.A.C.
E	COFRAGENS	e	INSTALAÇÕES DE INCÊNDIOS
F	ESCORAMENTOS	f	INSTALAÇÕES ESPECIAIS
G	ARMADURAS	g	TRANSFORMADORES DE ENERGIA
H	PRE-ESFORÇO	h	ELEVADORES DIVERSOS
I	ESTRUTURAS METALICAS	i	INSTALAÇÕES DE SEGURANÇA / INTRUSÃO
J	PAVIMENTOS TERREOS	j	EQUIPAMENTO COZINHA E HOTELARIA
K	PRE-FABRICADOS / LAJES ALIGEIRADAS	k	EQUIPAMENTO DE TELECOMUNICAÇÕES
L	ALVENARIAS	l	MOVEIS DE COZINHA / MOBILIÁRIO DIVERSO
M	REVESTIMENTOS DE PAREDES	m	PAVIMENTAÇÕES
N	REVESTIMENTOS DE TECTOS	n	ARRANJOS EXTERIORES / PAISAGISMO
O	REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS	o	TRABALHOS ESPECIALIZADOS
P	CANTARIAS	p	JUNTAS DILAT/APARELHOS APOIO/WATERSTOP
Q	ISOLAMENTOS E IMPERMEABILIZAÇÕES	q	PORTAS SEGURANÇA / CORTA FOGO/ PORTOES
R	COBERTURAS / FUNILARIAS	r	DRENAGENS
S	CAIXILHARIA DE ALUMINIO/PVC/OUTRAS	s	GUARDAS DE SEGURANÇA / VEDAÇÕES
T	SERRALHARIAS DE FERRO / OUTROS	t	SINALIZAÇÃO VERTICAL / HORIZONTAL
U	CARPINTARIAS	u	
V	DIVISORIAS AMOVIVEIS	v	DIVERSOS
W	TECTOS FALSOS	w	
X	VIDROS E ESPELHOS	x	ESTALEIRO
Y	ESTORES	y	APOIOS DE MÃO DE OBRA + REFEIÇÕES
Z	PINTURAS	z	HORAS EXTRAS

Tabela 1 – Lista de Trades usadas

Cada artigo tem a si associado um código de preço (*Price Code*) que o identifica e que tem as seguintes propriedades, que são opcionais:

- Uma descrição, sem restrições de tamanho;
- Uma ficha de rendimento (*Worksheet*), que utiliza recursos (*Resources*) para compor o custo do trabalho do artigo.

Uma unidade de medida, de seis caracteres;

- Um Código de Trabalho (*Work Code*), para agrupar *Cost Codes* associados;
- Um Preço Unitário de Venda.

O custo de uma obra é composto nas fichas de rendimento através recursos previamente criados/codificados no ficheiro de CCS, permitindo assim identificar e quantificar qual a participação dos recursos nos diversos tipos de actividades e desta forma associar um “Preço de Custo” a cada artigo.

Na *fig. 4* pode-se ver o esquema representativo da relação entre articulado – ficha de rendimento – recursos:

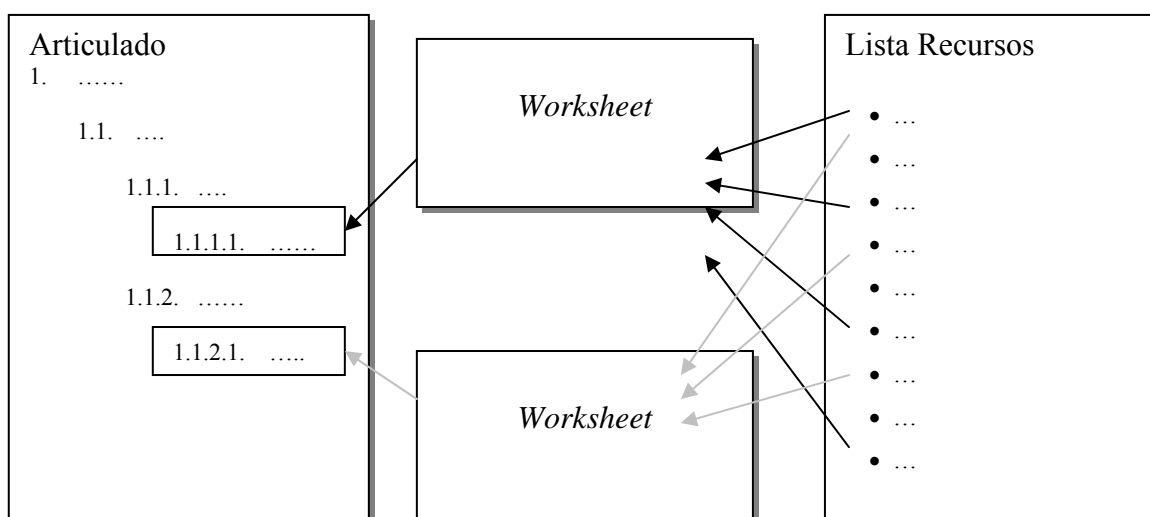


Fig. 4 – Relação entre Articulado – Ficha Rendimento – Recursos

Vendo mais em detalhe uma *worksheet*, neste caso uma para um artigo de betonagem de lajes:

D0107 Pricing code worksheet Created: GC 13/07/2006 Amended: PH 01/06/2007		Selling Rate: 65,95	Total Rate: 56,65
D0107	Em lajes	15.739m²	
8/4.1.1	...uses Pricing code description	15.739m²	
		Stored: 12 Jun 07	M - MATERIAIS: 53,15
		Recalc: 12 Jun 07	S: 3,50
		MacroQty: Recalc	
1020003	BETÃO C25/30 S3 E. ESTRUTURA	45,11/M3*1,0M3+5%WASTE	= 47,37
2011004	M.O. APLIC. BETÃO EM ELEVAÇÃO	3,50/M3*1,0M3	= 3,50
1020006	BOMBAGEM E. ESTRUTURA	5,50/M3*1,0M3+5%WASTE	= 5,78
			56,65

Fig. 5 – Exemplo de *worksheet*

Pode-se ver que este preço unitário de custo é composto nesta *worksheet* pelos recursos de betão (material), de mão-de-obra para a aplicação de betão (subempreitada) e de bombagem do betão (classificado como custo com o material) e tem um valor total de 56,65€/m<sup>3</sup>.

Note-se que se os recursos utilizados estiverem em outras unidades diferentes do artigo, deverão ser utilizados factores de conversão (densidades do recurso por cada unidade do artigo em questão). Também poderão ser considerados factores de desperdício como é o caso deste exemplo em que se aplicou 5% de desperdício no custo do betão e da bombagem.

Cada recurso tem um código que o identifica (*Resource Code*) e tem as seguintes propriedades:

- Tipo (*Type*) – pode ser Material (M), Mão-de-Obra Directa (P), Mão-de-Obra Indirecta (L), Equipamento (E), Subempreitada (S) e Outros Encargos (O);
- Natureza de Custo (*Cost Code*) segundo a classificação do plano analítico da empresa;
- Descrição do Recurso;
- Unidade;
- Preço Unitário Final – que pode ser originado de um Preço Unitário Base com um desconto aplicado;
- Observações (*Remarks*).

Mostra-se de seguida, parte de uma lista de recursos de um ficheiro de CCS:

L	T	Cost C...	Reso Code	Description	Unit	Final rate	Final usage		Actual usage		
							Quantity	Amount	Quantity	Amount	
M	M1003	1003001	1003001	AÇO A500HR D.10 /12 Média	/KG	0,54385	3622949,45	1978341,06			Preço médio 11,06
M	M1003	1003002	1003002	ARAME DE ATAR	/KG	0,00	7.182,79				
M	M1003	1003003	1003003	ARAME DE ATAR	/KG	0,00	26.212,70				
M	M1003	1003009E	1003009E	AÇOS - ESTALEIRO	/vg	1,00					
M	M1007	1007001	1007001	ADITIVO HIDROF. LÍQUIDO TRIBEX PT	/LT	0,716	6,74	4,83			
M	M1012	1012002E	1012002E	ARGAMASSAS PRT EXT-ESTAL	/vg	1,00					
M	M1017	1017001	1017001	Degraus de Polipropileno	/un	2,826	16,00	45,22			Eurotubo
M	M1020	1020001	1020001	Betão C16/20 S3 E. CONTEIÇÃO/ESC.	/M3	41,99	312,90	13.138,67			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020002	1020002	BETÃO C25/30 S2 E. ESTRUTURA	/M3	45,11	3.525,57	159.038,46			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020002E	1020002E	BETÃO PRONTO - MOTA-ENGIL	/vg	1,00					
M	M1020	1020003	1020003	BETÃO C25/30 S3 E. ESTRUTURA	/M3	45,11	20.977,95	946.315,32			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020004	1020004	Betão C25/30 XC1 S3 CONTEIÇÃO/ESC.	/M3	45,11	4.835,62	218.134,82			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020005	1020005	Betão C25/30 XC2 S4 CONTEIÇÃO/ESC.	/M3	46,22	2.333,35	107.847,44			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020006	1020006	BOMBAGEM E. ESTRUTURA	/M3	5,50	20.977,95	115.378,73			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020007	1020007	Bombagem CONTEIÇÃO/ESC.	/M3	5,50	6.795,97	37.377,84			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020008	1020008	Betão C12/15 S3 E. CONTEIÇÃO/ESC.	/M3	41,40	1.647,45	68.204,43			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020009	1020009	Betão C35/45 S4 2S	/M3	53,74	115,00	6.180,10			Adj. Qualibetão
M	M1020	1020018E	1020018E	BETÃO PRONTO - EXTERIOR	/vg	1,00	25.000,00	25.000,00			
M	M1020	1020020E	1020020E	BET. PRT MOTA-ENGIL-ESTAL.	/vg	1,00					
M	M1030	1030001	1030001	CIMENTO BM SACO	/KG	0,008	42.081,92	336,66			
M	M1030	1030005E	1030005E	CIMENTO-INSTA. ESTALEIRO	/vg	1,00					
M	M1033	1033002E	1033002E	GASÓLEO	/lt	0,810	42.139,44	34.132,95			ter em atenção a
M	M1033	1033004E	1033004E	COMBUSTIVEIS - ESTALEIRO	/vg	1,00	5.750,00	5.750,00			
M	M1046	1046001	1046001	GEODRENO DIAM 160 MM	/ml	4,653	1.316,00	6.123,35			
M	M1046	1046002	1046002	GEOTEXTIL 300GMS	/M2	0,518	966,00	500,39			
M	M1046	1046003	1046003	Manta-filtro c/ Geo, tipo Laminodreno	/m2	1,696	1.006,25	1.706,60			M. C. Gomes
M	M1050	1050001	1050001	BRITAS E. ESTRUTURA	/M3	13,188	289,80	3.821,88			
M	M1050	1050002	1050002	BRITAS E. REDES	/M3	9,863	6.390,50	63.106,41			
M	M1050	1050003	1050003	LECA BM SACO	/M3	46,987	51,41	2.415,60			FERIANDO LEMOS
M	M1050	1050004	1050004	AREIA DO AREEIRO	/M3	6,340	12,29	77,92			

Fig. 6 – Lista de recursos

### 3.1.5. CONCEITO DE PREÇO SECO

Chama-se preço seco ao custo orçamentado para uma actividade ou parte dela sem incluir custos indirectos e encargos de estrutura.

O preço seco será sempre um valor importante de referência para a direcção de obra quando estiver a negociar preços com fornecedores/subempreiteiros.

### 3.1.6. MODOS DE RETRIBUIÇÃO DE CONTRATOS DE OBRAS

Normalmente os contratos celebrados para projectos de construção seguem uma das seguintes tipologias:

**Preço Global** – preço de venda previamente fixado para a totalidade dos trabalhos necessários para a execução da obra. Este tipo de contrato é mais apropriado para as obras com o âmbito e prazo de trabalhos bem definidos.

**Série de Preços** – preço de venda resultante da aplicação de preços unitários do contrato para cada espécie de trabalho às quantidades realmente executadas. Este tipo de contrato aplica-se mais a obras com itens bem definidos mas quantidades incertas.

Podem haver contratos com uma combinação dos dois tipos.

Os contratos também podem contemplar cláusulas para alteração da retribuição devido a:

**Erros** – Diferenças entre quantidades finais reais e quantidades finais de contrato.

**Omissões** – Trabalhos previstos no projecto mas não previstos nos artigos de contrato.

**Trabalhos a Mais / Menos** – Alterações ao projecto base.

**Revisão de Preços** – Compensação/dedução da receita devido à variação (inflação/deflação) dos custos de obra.

### 3.1.7. PLANO DE NATUREZAS CONTABILÍSTICAS

Os valores transaccionados de custos e receitas da empresa são organizados segundo uma classificação interna da empresa que se chama de plano de naturezas. Os custos são classificados em grupos de:

- Mão-de-Obra;
- Equipamento;
- Materiais;
- Subcontratos;
- Outros Encargos.

E em cada um destes grupos, os custos são classificados em famílias que são as naturezas. Mostra-se como exemplo, algumas das naturezas de cada grupo:

<b>Natureza</b>	<b>Descrição</b>
<b>Mão de obra</b>	
3379	FSE-Deslocações e Estadias
4002	Administrativo
4008	Carpinteiro
4015	Encarregado/Arvorado/Chefe Equipe/ Of. Princ.
4024	Técnicos
4028	Pedreiro/Trolha
4029	Serralheiro, Picheleiro / Pintor
<b>Equipamento</b>	
3221	FSE-AEE-Transportes
3225	FSE-AEE-Eq.Produção
3226	FSE-AEE-Eq.Apoio à Produção
3227	FSE-AEE-Eq.Estrutura
5025	AEI – Equipamento Produção – Outros
5026	AEI – Equipamento Apoio à Produção
5027	AEI – Equipamento Estrutura –Outros
<b>Materiais</b>	
1003	Aço
1017	Revestimento Paredes/Tectos/Pavimentos
1020	Betão Pronto
1025	Cantarias
1030	Cimentos, Cimentos Cola
1033	Combustíveis e Lubrificantes
<b>Subcontratos</b>	
2001	Subc.- Alven., Beton., Rebocos e Massames
2002	Subc.- Andaimos
2003	Subc.- Armaduras de Aço
2004	Subc.- Paisagismo e Arr. Exteriores
2009	Subc.- Carpintarias
2010	Subc.- Coberturas
2011	Subc.- Escoramentos/Cofragens/Betão
2014	Subc.- Movimentos Terra, Demoliç. Remoções
2015	Subc.- Divisórias – Outros
2018	Subc.- Eq.Cozinhas Câmar.Frig.Hotelaria
<b>Outros Encargos</b>	
3010	FSE-Electricidade
3099	FSE-Rendas e Alugueres-Outros
3330	FSE-Comunicação
3340	FSE-Seguros

Tabela 2 – Lista de Naturezas de Custo

Os resultados mensais dos centros de custo da empresa (balancetes analíticos) são divulgados seguindo a classificação do plano de naturezas. Os recursos, como referido anteriormente, deverão ser também classificados segundo o mesmo plano. Deste modo serão comparáveis durante o processo de controlo de custos que será explicado mais à frente.

### 3.2. CONTROLO DE CUSTOS – O MÉTODO

O controlo de custos foi concebido para ser realizado desde o início de uma obra até à sua fase final. O objectivo principal deste método é fazer a previsão final do resultado da obra e ir melhorando essa previsão à medida que a obra decorre e se obtém informação mais fidedigna.

Tendo visto anteriormente que o primeiro orçamento é normalmente preparado na fase de concurso com o objectivo de se apresentar uma proposta, percebe-se facilmente que esse trabalho não é desaproveitado e é mesmo o ponto de partida para o controlo de custos durante o decorrer da obra. Em casos raros poderá não existir um orçamento de concurso como base de partida.

Para se perceber o método de controlo de custos, vamos agora apresentar o percurso usual de controlo de custos. Atente-se ao diagrama apresentado a seguir:

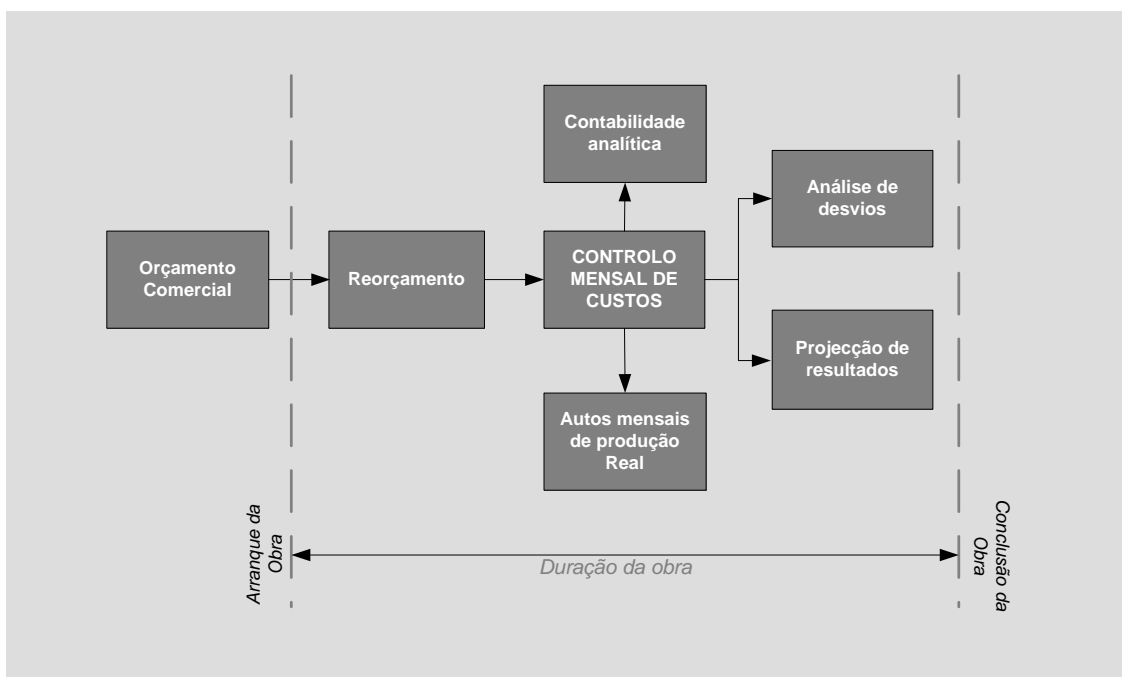


Fig. 7 – Processo de controlo de custos

### 3.2.1. ORÇAMENTO COMERCIAL

Como se referiu anteriormente o processo de controlo de custos tem por base o orçamento comercial. Na fase inicial da obra, a documentação de concurso é passada à direcção de obra que reencaminha a documentação do orçamento comercial ao técnico de planeamento responsável por acompanhar a obra.

Inicialmente, o técnico de planeamento deverá validar os elementos recebidos para que estejam de acordo com o pressuposto de custos e venda assumidos na fase de concurso. Os valores resumo de fecho da proposta são apresentados no documento designado internamente Folha de Fecho (FF).

Deve-se fazer esta verificação porque às vezes, devido à criação de variantes na fase de estudo de concurso, poderão ter sido passados elementos referentes a outra variante que não foi a que realmente foi aceite como vencedora do concurso.

Outra situação a ocorrer poderá ser o facto de o orçamento comercial contemplar descontos comerciais, mas estes não terem sido englobados no ficheiro de CCS de concurso.

Devido a este tipo de situações, os elementos recebidos deverão ser validados para se poder dar início ao processo de controlo de custos propriamente dito.

A validação dos elementos também é útil para se fornecer a informação dos preços secos correctos à área de aprovisionamentos para começar a fazer as primeiras consultas para a obra.

### 3.2.2. REORÇAMENTO

Este é o primeiro passo do processo de controlo de custos. O técnico de planeamento irá trabalhar em colaboração com a direcção de obra para elaborar o reorçamento.

Primeira questão que se põe é: o que é o reorçamento? O reorçamento nada mais é do que outro orçamento que consiste na revisão do orçamento de concurso e a sua actualização com a informação mais recente sobre os custos e receitas da obra.

Mas porquê que se justifica fazer outro orçamento se o de concurso foi feito recentemente? Primeiro porque nem sempre se passou tão pouco tempo entre o orçamento de concurso e o início da obra. Desde que foi concebido o orçamento de concurso muitos dos pressupostos de custos e receitas poderão ter sofrido alterações. Mais concretamente porque o orçamento comercial foi efectuado com base em consultas de subempreiteiros e fornecedores não contratados que poderão estar desactualizadas depois de passados alguns meses. Também foram feitas estimativas com procedimentos de construção que entretanto a direcção de obra poderá ter tomado a decisão de alterar.

Outra questão a ter em conta é o custo indirecto (estaleiro) previsto em concurso. O estaleiro é completamente revisto consoante as opções da direcção de obra. É comum o estaleiro ter sido subestimado com o objectivo de se ganhar a obra e com a expectativa de na fase de construção o estaleiro real mais caro ser compensado com ganhos na negociação com subempreiteiros e fornecedores.

Os pressupostos nos procedimentos de construção também são revistos. Mais concretamente as fichas de rendimento, que incluem desperdícios de materiais, soluções construtivas específicas, mão-de-obra própria, etc.

Por uma questão de método, o reorçamento é realizado por revisão e alteração dos elementos para toda informação de custos e receitas que se tem à data. Os restantes valores estimados inicialmente na fase de concurso são mantidos até que se obtenha nova informação.

Assim, o processo de reorçamento resume-se no seguinte diagrama:

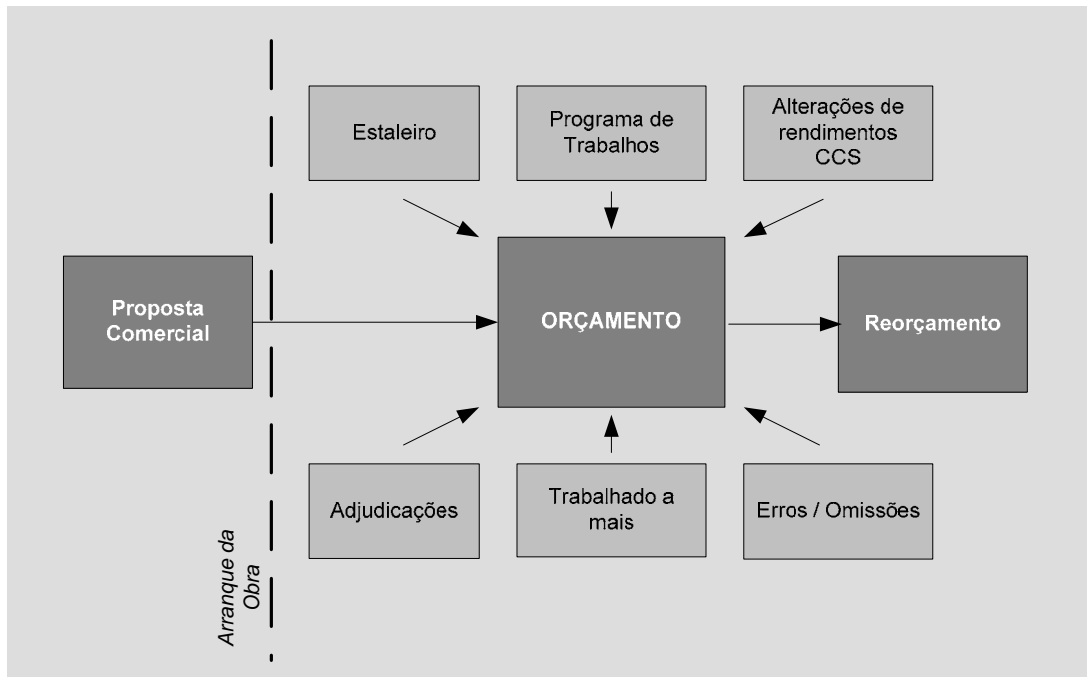


Fig. 8 – Processo de Reorçamento

Com este processo é realizada uma previsão final de custos e receitas. E por consequência, também de resultado e CI final da obra.

O reorçamento elaborado deverá ser aprovado pela cadeia de chefia do PLC e de produção. Para isso, o técnico de planeamento prepara um Caderno de Planeamento com uma memória descritiva e justificativa de todas as alterações realizadas para se elaborar o reorçamento. É também incluído no caderno detalhes de custos por recursos e receitas por tipo bem como o novo mapa de estaleiro.

### 3.2.3. CONTROLO DE CUSTOS MENSAL (ACTUALIZAÇÃO ECONÓMICA MENSAL)

O passo seguinte consistirá na realização de actualizações económicas mensais. Uma definição simples para este passo é a de “mini-reorçamento”. No fundo é nisto que consiste uma actualização económica mensal. Todos os meses, a estrutura de custos e receitas da obra previstos no reorçamento sofrerá alterações devido ao andamento da obra. Novos subempreiteiros serão contratados; as quantidades reais de trabalhos a realizar serão revistas; alguns rendimentos corrigidos nas fichas de custos directos; trabalhos a mais/a menos poderão ser adjudicados pelo dono de obra. E todas estas alterações irão ter um impacto significativo na previsão final de custos, receitas, no resultado e CI final da obra.

A actualização económica mensal tem também o objectivo de testar a previsão final anterior. Este “teste” é realizado através da comparação entre a previsão de custos e receitas acumuladas e os custos e receitas acumuladas reais.

Para se poder efectuar esta comparação, a obra deverá fornecer as quantidades de produção real acumulada que serão lançadas no CCS para se obter valores acumulados previstos. Este lançamento de produção só deverá ser válido depois de estarem incluídas todas as alterações do mês (o tal “mini-reorçamento”) para que os valores acumulados previstos gerados estejam o mais próximos dos valores correctos e sejam comparáveis com os valores acumulados reais.

Outro lançamento efectuado na actualização mensal é o de custos acumulados de estaleiro de acordo com o mapa de estaleiro concebido no reorçamento pela direcção de obra, que contribuirão para o total de custos acumulados previstos.

Os valores acumulados reais serão fornecidos pela direcção de obra que deverá corrigir previamente os valores de custos e receitas acumuladas analíticas que são emitidos no balancete analítico do mês para que estejam de acordo com a produção acumulada.

Esta operação de correcção de custos e receitas analíticas justifica-se pelo facto de na contabilidade nem sempre entrarem a tempo todos os valores de custos e receitas do mês de acordo com a produção real acumulada. Esta correcção é obrigatória para que seja declarada no relatório uma libertação de resultado mensal da obra por parte da direcção de obra à chefia da produção, independentemente de a obra ter acompanhamento de controlo de custos do PLC.

O seguinte diagrama ilustra os processos paralelos de actualização económica mensal pelo técnico do PLC (parte inferior do diagrama) e de correcção de resultados do mês pela direcção de obra (parte superior do diagrama):

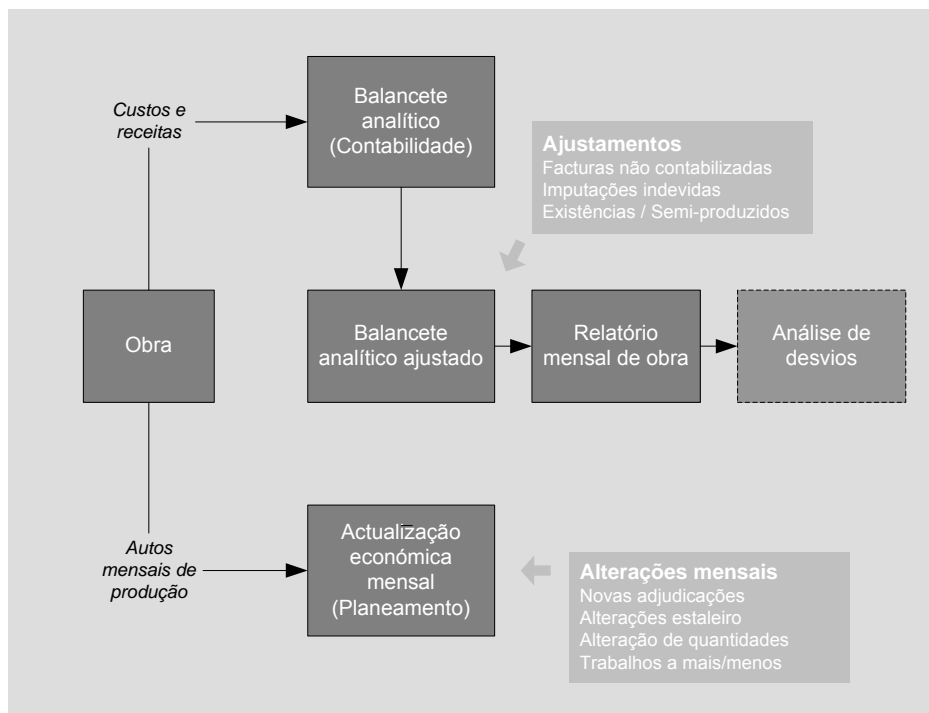


Fig. 9 – Actualização económica mensal

Os valores acumulados do PLC e da direcção de obra ficarão compilados no documento designado Relatório Mensal de Obra (RMO) e poderão ser comparados e analisados os seus desvios fazendo-se o tal “teste” da previsão final de custos e receitas da obra pelo PLC.

Da análise de desvios poderão ser efectuadas correcções ao reorçamento que serão incluídas na actualização do mês seguinte e influenciarão a próxima previsão final da obra pelo PLC.

É também importante referir que são incluídos no RMO, os valores de previsão final de custos e receitas de obra do PLC como base de referência para previsão final da direcção de obra. À semelhança dos valores acumulados, é obrigatória a previsão final da direcção de obra com ou sem acompanhamento de controlo de custos por parte do PLC.

Todos estes processos de controlo mensal de custos serão repetidos até à fase final da obra, obtendo-se uma previsão final cada vez mais exacta.

### 3.2.4. INFORMAÇÃO DE GESTÃO

Todos os processos de controlo de custos têm como objectivo fornecer informação sobre o fecho das obras da empresa antes do seu fim para que a administração da empresa tome decisões estratégicas importantes com maior antecedência possível.

A informação reportada nos RMO's é compilada e analisada pelas direcções gerais de produção no documento designado Mapa de Análise de Balancetes (MAB) com a colaboração do director do PLC. Através deste documento, as direcções gerais fazem a gestão dos resultados mensais de forma a cumprir os objectivos anuais estabelecidos pela administração da empresa.

Pode-se dizer de uma forma simplificada que o MAB está para um Director Geral assim como o RMO está para um Director de Obra. No fundo é um documento que facilita a gestão do resultado libertado no mês e das previsões finais anuais da direcção geral a que se refere.

O MAB serve também de documento orientador para a área comercial definir as suas estratégias de angariação de novos contratos para cumprir os objectivos de carteira a contratar estabelecidos pela administração da empresa.

Todo este encadeamento de informação económica e de reporte mensal de resultados é de vital importância numa empresa como a do caso em estudo que tem obrigações com auditorias e com o mercado de valores mobiliários em que está cotada, a *Euronext Lisbon*.

Ilustra-se de seguida a relação entre os RMO's e o MAB e os seus intervenientes:

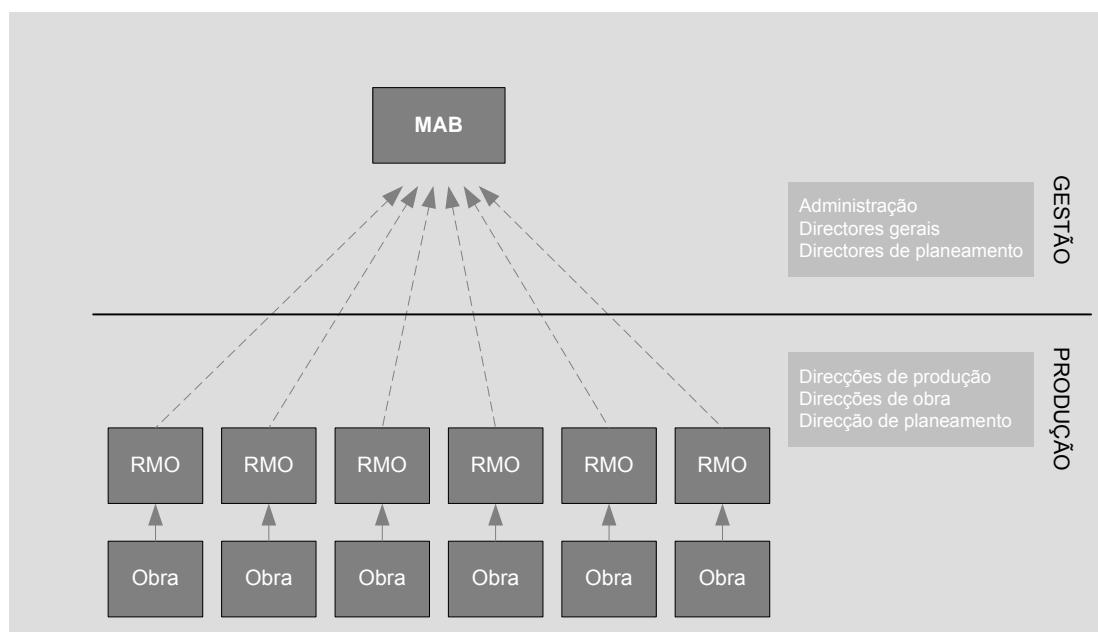


Fig. 10 – Elaboração do MAB

# 4

## APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION NA GESTÃO ECONÓMICA DE EMPREITADAS

### 4.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm vindo a ser apresentadas inúmeras propostas de aplicação dos princípios *lean* ao sector da construção. Muitos trabalhos apresentam experiências bem sucedidas de ferramentas *Lean Construction* em empresas.

O planeamento e controlo da produção têm sido a principal corrente de pesquisa da *Lean Construction*. Neste trabalho vai apresentar-se uma proposta de aplicação desta filosofia ao processo de Planeamento e Controlo de Custos (PLC).

É consensual dizer-se que os principais factores de sucesso de um projecto de construção são:

- Qualidade
- Satisfação dos clientes
- Cumprimento dos prazos
- Resultados financeiros

Vamos focar-nos nos 2 últimos factores, onde o Planeamento e Controlo de Custos tem um papel activo.

O Planeamento é um instrumento de Gestão e por inerência, de controlo, sendo esta função particularmente importante na fase de execução. Como é evidente, ela terá de ser exercida nas duas vertentes em que planeamento pode “intervir”, isto é, no plano físico e no económico. Analisemos a seguir estes dois procedimentos que decorrem em simultâneo.

## 4.2. SEGUIMENTO FÍSICO DA EXECUÇÃO

### 4.2.1. METODOLOGIA

O Planeamento é efectivamente um instrumento de gestão, mas na prática, só adquire esta importante dimensão se for adequadamente utilizado. A mais importante deste instrumento, na fase de execução, consiste em fornecer, em qualquer momento, o que até aí se executou e a projecção do que falta executar.

Podemos assim comparar estas duas realidades com um cenário provisional que se estabeleceu à partida e verificar em que medida estamos ou não no caminho certo.

Permite-nos ainda, detectar as causas dos eventuais desvios e procurar as soluções ou cenários alternativos para reconduzir o processo, se necessário.

### 4.2.2. PRECEITOS BÁSICOS

Para que assim seja, teremos de assegurar o cumprimento de alguns preceitos básicos que irão permitir utilizar esta ferramenta e tirar dela o maior partido possível.

Aprovação do Plano de Trabalhos: a 1ª condição que devemos garantir, será que o Planeamento em geral e os Programas de Trabalho em particular, tenham as condições necessárias e suficientes para serem aceites e consequentemente aprovados e integrados no Plano Global.

Criação do Referencial: o passo seguinte consiste em transformar os Planos de Trabalho e os Cronogramas Financeiros, adiante designados por PT e CF, em referenciais da execução real. Convém lembrar que um referencial é um ponto fixo que nos permite avaliar o movimento de outro ponto móvel, em relação ao primeiro. Daí resulta que a 1ª condição a assegurar é a fixação do PT e do CF em moldes tais que possam ser considerados inamovíveis e, por conseguinte, referenciais do “movimento” evolutivo do Projecto, pelo menos enquanto não houver razões de peso para lhes alterar essa condição.

Essa transformação é muito simples. Qualquer um dos programas informáticos executa essa operação, criando uma cópia do PT usualmente denominada *Baseline* ou *Target* que permanece assim como referencial estável enquanto for necessário. Essa cópia estável é representada conjuntamente com o programa “activo” ou *Schedule* ou *Tracking*, isto é, aquele ao qual se imputam os dados de seguimento e que, por isso mesmo, vai traduzindo a realidade. Deste modo temos a possibilidade imediata de comparar visualmente (mediante relatórios gráficos) ou através de relatórios específicos (em formato de tabelas), ambas as situações e aferir da sua sintonia ou divergência.

#### 4.2.3. RECOLHA DE DADOS

A terceira condição consiste em garantir uma recolha de dados que traduzam fielmente a realidade. As fontes dessa recolha são, naturalmente, as frentes de trabalho donde se está materializando o projecto, consubstanciadas em Actividades ou Unidades de Planeamento.

Essa recolha, consiste em registar as quantidades de trabalho que se produziu em cada uma das actividades, num determinado período de tempo, considerando dois aspectos:

- Os períodos de tempo a analisar devem ser iguais, para obter a progressão da evolução numa escala uniforme e a sua dimensão temporal deve ser estabelecida tendo em consideração a especificidade do Projecto, a sua dimensão e o rigor pretendido;
- A recolha pode ser feita por medição rigorosa dos trabalhos ou por estimativa percentual relativamente ao total previsto de cada actividade considerada, sendo esta última, a forma mais comum.

### 4.3. OPTIMIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DO CONTROLO DE CUSTOS

#### 4.3.1. IDENTIFICAÇÃO DE ACTIVIDADES NÃO ORÇAMENTADAS

Verifica-se, durante a fase de reorçamento, a necessidade de inclusão de diversos trabalhos, materiais ou equipamentos que não foram previstos na fase de orçamento. Estes recursos têm um custo associado, que vai inflacionar ainda mais o custo global da empreitada.

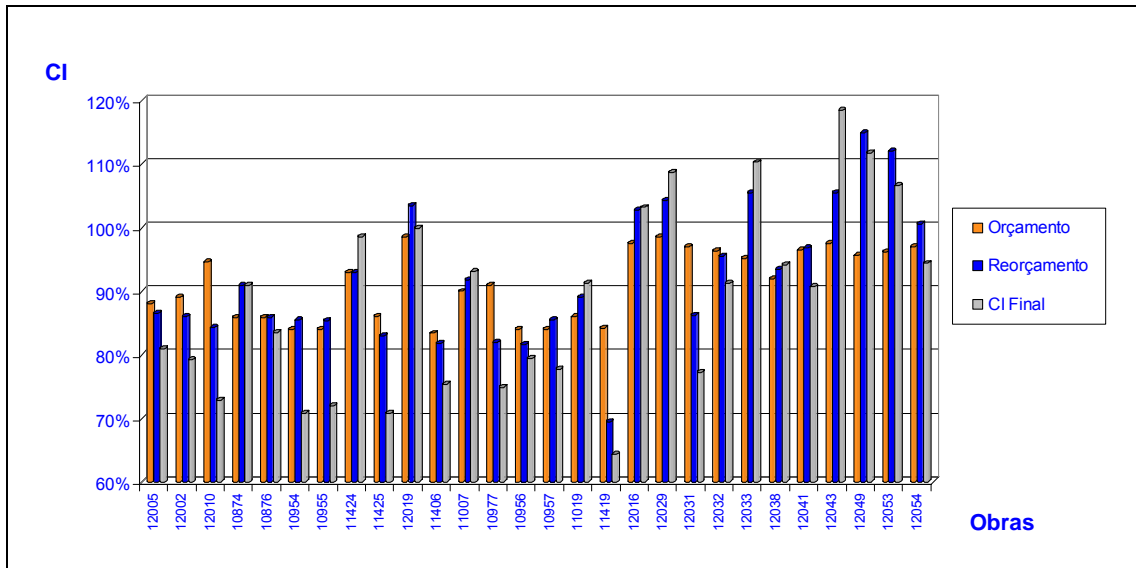


Gráfico 2 – Comparação Orçamento - Reorçamento - CI Final

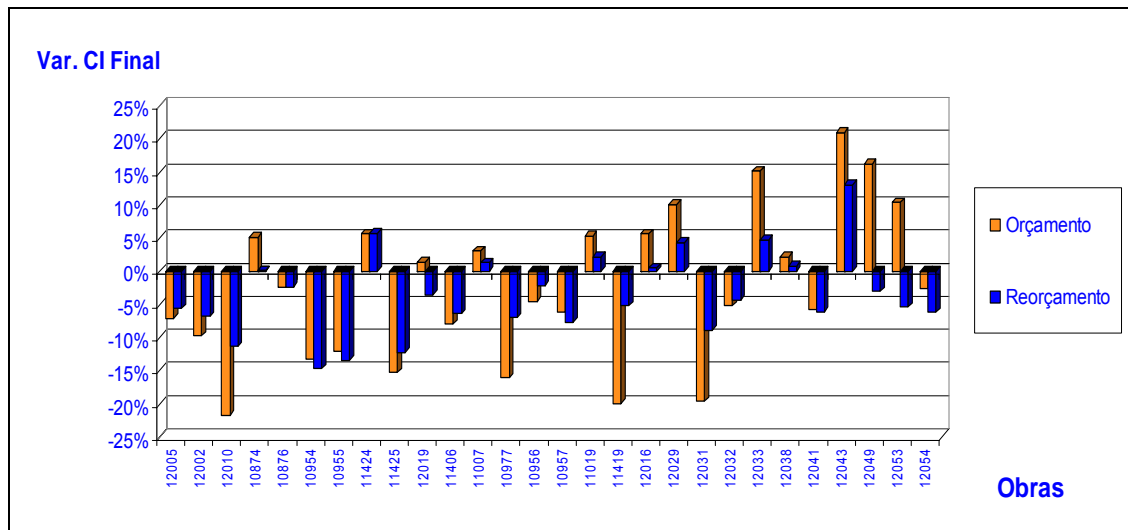


Gráfico 3 – Variação CI Orçamento /Reorçamento - Final

O primeiro passo é identificar essas actividades e determinar o seu custo.

Existem várias razões para se proceder à identificação das actividades não orçamentadas:

- a) **Visibilidade:** a identificação dessas actividades permite avaliar a eficiência alcançada pelo sistema de produção na utilização de recursos. Desta forma, obtém-se visibilidade em relação aos processos de produção, identificando os seus pontos fortes e fracos e estabelecendo prioridades para melhorias. Sobretudo, pode-se identificar situações nas quais existem oportunidades de melhorias, que podem levar a um aumento no grau de competitividade da empresa.
- b) **Controlo:** a empresa pode utilizar indicadores para definir padrões de desempenho dos seus processos, a partir dos quais os mesmos podem ser controlados. A medição do desempenho passa, então, a ser utilizada para a identificação de desvios e também para acompanhar a evolução do próprio desempenho da empresa ao longo do tempo.
- c) **Melhoria:** à medida que as empresas decidem intervir nos processos, os indicadores podem ser utilizados para estabelecer metas de melhorias, a partir de médias sectoriais ou de *benchmarks* obtidos em outras empresas. Neste caso, é possível avaliar o impacto das acções de melhoria sobre o desempenho do processo.

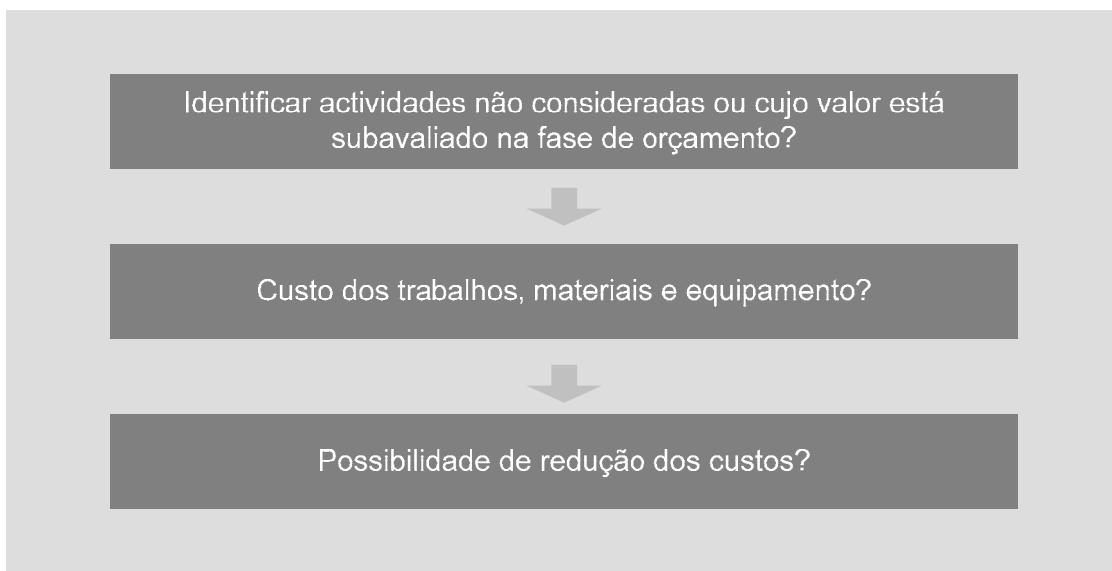


Fig. 11 – Identificação de actividades não orçamentadas

Estes custos não previstos aparecem em qualquer tipo de empreitada, mas são mais representativos em obras de construção civil, nomeadamente edifícios de habitação.

De seguida, apresentam-se alguns exemplos de trabalhos normalmente não previstos e a estimativa do “peso” que têm em termos de custo da empreitada, divididos por especialidades.

DESCRIÇÃO	UN	CUSTO ESTIMADO (€)
<b>Movimento de Terras</b>		
Aterros sapatas e muros suporte / Regularização de terras em fundações	m <sup>3</sup>	6,50
Necessidade aquisição solos empréstimo		
Limpeza do terreno / Desmatação e remoção de obstáculos		
Protecção de elementos a preservar		
Protecção de construções vizinhas		
Licenças especiais para escavação		
Drenagens (Muros Suporte; Envolventes; Freáticas)		
Ensaio compactação		
Areia no leito das valas		
<b>Cofragens / Betão Armado</b>		
Juntas water-stop em muros de suporte		
Esferovite em juntas de dilatação		
Execução de negativos	un	6,50
Colocação Nervometal em Paredes e Lintéis de Fundação	m <sup>2</sup>	6,50
Drenagens no tardo dos muros de suporte		
Cofragem no fundo dos lintéis de fundação		
Cofragem bordadura lajes		
Calços e Régua Fibrocimento		
Cortes de Rebarbas do Betão em Vigas de Coroamento e Paredes de	m <sup>3</sup>	6,50
Limpeza de paredes de betão do poço elevador	m <sup>2</sup>	3,50
<b>Fundações / Estacas</b>		
Remoção de lamas e terras de furacão		
Limpeza de sup. de betão e remoção a vazadouro	m <sup>2</sup>	6,50
Sem remoção a vazadouro	m <sup>2</sup>	4,60
Saneamento de cabeça das estacas	ml	0,33
Trepano		
Ensaio (sónicos, carga, etc.)		
Paredes Moldadas: - Muros Guia e Remoção de lamas		
<b>Pavimentos Térreos</b>		
Manga plástica		
Picagem e tratamento de juntas	ml	6,75
Pendentes (espessuras)		
Reforços de armaduras		
Juntas metálicas		
<b>Coberturas</b>		
Espessuras de betões de enchimento para formação de pendentes		
Vedações das chaminés		
Caixas de areia na recepção dos tubos de queda		
Revestimentos de caixa de escadas / chaminés		
Apoio de construção civil em caleiras	ml	25,00
Telhas passadeiras, tamancos, rincões, etc.		
Perfil de remate das telas		
Limpeza de coberturas para receber telas	m <sup>2</sup>	0,50

DESCRIÇÃO	UN	CUSTO ESTIMADO (€)
<b>Alvenarias</b>		
Tubos de escoamento (pingadeiras)		
Caleira na caixa de ar	ml	1,70
Forras das testas das lajes		
Peças de travamento entre panos de paredes duplas		
Diferenciar alvenarias com alturas superiores a 3 metros		
Alvenarias singulares (paredes de banheira, armários, nichos, muretes de	m <sup>2</sup>	12,50
Vergas, padieiras, pilaretes, cintas.	m <sup>2</sup>	7,50
Alvenarias para chaminés nas coberturas	un	50,00
Colocação de lajetas pré-fabricadas em quadros eléctricos	ml	26,00
Assentamento de lajetas em armários	un	75,00
Abertura e tapamento de roços	vg	250,00 € / hab.
Execução de courettes em alvenaria	m <sup>2</sup>	14,00
Execução do saco do fogão de sala	un	100,00
Barramento de paredes c/ cimento cola	m <sup>2</sup>	1,25
Abertura negativos em alvenaria	un	10,00
<b>Revestimento de Tectos</b>		
Aplicação de Sancas em gesso	ml	5,00
Aberturas para iluminação, ventilação, etc.		
Estrutura de suporte de armaduras nos tectos falsos		
Pintura das lajes de tecto das caixas de elevador		
Remates de portas corta-fogo, arrumos e entrada de habitações	un	25,00
Cravação de portas corta-fogo, arrumos e entrada de habitações	un	13,50
<b>Revestimento de Paredes</b>		
Estrutura de padieiras para vãos de grande dimensão		
Revestimento interior cisternas, tanques		
Cobrejuntas		
Assentamento de banheiras, incluindo remates laterais	un	33,00
Peças especiais de revestimento (cantos, L's, etc.)		
Revestimento interior de armários, contadores, nichos, etc.		
Rebocos interiores de caixa elevadores, arrumos, cisternas		
Pintura caixa do elevador	m <sup>2</sup>	1,50
<b>Revestimento de Pavimentos</b>		
Cerezites WC's e cozinhas	m <sup>2</sup>	3,00
Peças de remate em transição de tipos de pavimento diferentes		
Espessuras nas betonilhas / instalações hidráulicas		
Abertura de roços em pavimentos	vg	22,50 € / hab.
Fundos de armários roupeiros, contadores, nichos e outras bases		
Marmorites escadas, pavimentos e patamares		
Reboco de regularização para receber marmorites	m <sup>2</sup>	2,70
Área de pavimentos especiais com dobra às paredes / produtos especiais na		
Barramento de cimento-cola em escadas	m <sup>2</sup>	30,00

Fonte: Mapas Análise Semestral Preços de Serviços, Engil 2001-2002

Estes trabalhos devem ser identificados e incluídos nas fichas de custo na fase de orçamento.

**Vantagens:** A identificação e estimativa do seco destes trabalhos traduzindo-os em recursos permite à obra e aos sector de aprovisionamentos ter uma previsão mais realista dos recursos necessários para a empreitada e elaborar uma estratégia de compras e planeamento assente numa informação mais completa e realista.

Para tal é necessário criar uma ferramenta que permita à obra a identificação destes trabalhos, o seu registo e quantificação de uma forma simples e expedita, ou seja, um **Mapa de Controlo de Quantidades e Custos**.

Essa ferramenta deverá permitir, partindo do articulado comercial, acrescentar todos os trabalhos e materiais que não têm venda (ou seja, não representam um acréscimo de receita), mas têm um custo associado que deve ser quantificado e somado ao artigo onde este se insere.

O objectivo desse mapa é permitir, em qualquer fase da obra, saber qual é o custo previsto de todos os artigos da LPU e detalhar todas as alterações que surjam durante a empreitada.

Essa informação é posteriormente introduzida no CCS pelo PLC nas actualizações mensais.

Por último, a identificação e registo destes trabalhos “sem venda” e a sua quantificação permite a obtenção de uma base de dados mais rigorosa para a orçamentação de futuras empreitadas, ou no caso de obras de longa duração e com ciclos de produção repetitivos para a correcção de alguns pressupostos que sofreram alterações com vista a um planeamento assente em informação mais realista.

Ou seja, um dos objectivos deste **Mapa de Controlo de Quantidades e Custos** é permitir, para além de um controlo económico da empreitada mais rigoroso, e facilitar uma retroalimentação de informação da obra para os técnicos comerciais.

Artº	Descrição	Un.	PREÇO			QUANTIDADE			CUSTO			OBS.
			Seco	Real		Prevista	Mês	Acum.	Previsto	Mês	Acum.	
				Mês	Médio							
5	MOVIMENTO DE TERRAS											
5.1	Escavação											
5.1.1	Escavação geral em terrenos de qualquer natureza	m3	3.367		6715			22609.41				
	Transporte a Vazadouro	m3	0.6		2000			1200				Trabalho não previsto

Fig. 12 – Proposta de Layout do Mapa de Controlo de Quantidades e Custos  
(Registo de todas as alterações no Articulado)

#### 4.3.3. RETROALIMENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO ECONÓMICA DA EMPREITADA

Como foi referido no capítulo anterior, uma das vantagens da criação de um Mapa de Controlo de Quantidades e Custos seria um maior rigor no registo de alterações no decurso da empreitada e permitiria uma melhor retroalimentação dessa informação para a “fonte”, neste caso, o Departamento de Orçamentação e Apresentação de Propostas.

De facto, verifica-se que esta retroalimentação de informação acontece apenas no final do processo de Reorçamentação, aquando da conclusão do Planeamento Económico da Empreitada, não existindo, de uma forma sistemática, a actualização desses dados durante a empreitada, ou sequer após a conclusão da empreitada.

Um dos princípios fundamentais da filosofia *lean* é Introduzir uma **melhoria contínua no processo**, ou seja promover uma padronização de procedimentos, de forma a consolidar boas

práticas e servir de referência para futuras melhorias e ao mesmo tempo criar uma postura de identificação das causas reais dos problemas e implementação de acções correctivas.

Partindo deste princípio, torna-se evidente a necessidade de se criar um conjunto de procedimentos sistemáticos que permitam suprimir esta lacuna.

Assim, juntamente com os Relatórios Mensais Obra, devem ser elaborados e anexados **Relatórios Financeiros Mensais** (controlo de custos) da empreitada. Estes relatórios servirão como uma fonte de informação da *performance* da empreitada do ponto de vista económico-financeiro.

Devem apresentar a evolução da previsão do CI para final ao longo da empreitada, bem como o registo das principais alterações ao planeamento económico em actualização mensal.

No entanto a principal função deste relatório será verificar a existência de desvios, analisar a sua importância, identificar as causas dos desvios e definir acções correctivas.

O objectivo principal é melhorar a *performance* do planeamento ao longo da empreitada.

Este procedimento torna-se particularmente interessante e útil no caso de empreitadas de longa duração e onde ocorre uma repetição cíclica de actividades (p.e. diferentes troços de empreitada de vias; empreendimentos urbanísticos faseados).

Nestes casos, a obtenção de uma informação económica atempada, pode permitir às áreas de orçamentos e aprovisionamentos otimizar o seu trabalho com base em informação fidedigna.

Após a conclusão da obra, deve, à semelhança do que acontece na Produção, criar-se um **Relatório Económico da Empreitada**, que compile toda a informação que se foi gerando e onde se apresenta um série de Indicadores de Desempenho e Análise Estatística (sob a forma de rácios) do desempenho económico da empreitada.

Estes rácios resultam da análise integrada das variáveis envolvidas em cada projecto de construção, tais como o prazo de execução, área construção (p.e. bruta, ponderada), quantidade de materiais (p.e. aço, betão, cofragem), área pavimentação, entre outras.

Obra XXXXX					Rácios / Natureza Custo		
Data de início: dd-mm-aaaa							
DESCRIÇÃO	ÁREA POND. [m2]	ÁREA BRUTA [m2]	BETÃO [m3]	PRAZO [mês]	V. REAL [€]	V. PLANEADO [€]	CUSTO [%]
		27.647	13.009	20.0			
TOTAL MÃO-DE-OBRA INDIRECTA		28.46	60.49	39.346		786.913	5.86%
TOTAL MÃO-DE-OBRA APOIO E DIRECTA		14.66	31.15	20.258		405.168	3.02%
TOTAL MÃO-DE-OBRA		43.12	91.64	59.604		1.192.081	8.87%
TOTAL EQUIPAMENTO		17.85	37.93	24.669		493.377	3.67%
TOTAL MATERIAIS		99.64	211.75	137.734		2.754.689	20.50%
TOTAL SUBCONTRATOS INTEGRAIS		315.89	671.33	436.668		8.733.370	65.00%
TOTAL OUTROS ENCARGOS		9.51	20.20	13.140		262.794	1.96%
CUSTO TOTAL		486.00	1.032.85	671.815		13.436.310	100.00%
CUSTOS INDIR. / ESTALEIRO		49.10	104.34	67.868		1.357.363	10.10%

Fig. 13 – Mapa de Rácios / Natureza Custo (Análise Estatística)

Tal como já foi referido anteriormente, no caso em estudo, é feito apenas um controlo por natureza contabilística de custo.

Esta informação deve ser complementada por uma análise estatística de custos por actividade, o que permitiria estabelecer um paralelismo da análise dos custos por natureza às actividades executadas, incrementando a qualidade da informação fornecida aos órgãos de gestão.

Para tal, é realizar-se-ia uma divisão dos custos do articulado, fazendo corresponder cada capítulo do mesmo a uma actividade individual. Neste sentido torna-se possível proceder à análise dos rácios por actividade, permitindo obter uma base de comparação e/ou extrapolação em futuras empreitadas.

Para isso é necessário organizar o articulado (em CCS) por níveis de tal modo que seja possível individualizar todas as actividades executadas.

Desta forma, à semelhança do que ocorre no controlo por naturezas de custo, é possível proceder com uma análise estatística (sob a forma de rácios), dividida, porém, em actividades. Este controlo é possível a qualquer momento da execução da obra, bem como após a sua conclusão.

Obra XXXXX					Rácios / Actividade		
Data de início: dd-mm-aaaa							
DESCRIÇÃO	ÁREA POND. [m2]	ÁREA BRUTA [m2]	BETÃO [m3]	PRAZO [mês]	V. REAL [€]	V. PLANEADO [€]	CUSTO [%]
		14.985	6.984	12,0			
MOV. TERRAS / TERRAPLENAGENS		52.51	112.67	65.576		786.913	5.86%
FUNDAÇÕES		27.04	58.01	33.764		405.168	3.02%
REDES ENTERRADAS		79.55	170.69	99.340		1.192.081	8.87%
ESTRUTURA BETÃO ARMADO		32.92	70.64	41.115		493.377	3.67%
ESTRUTURA METÁLICA		183.83	394.43	229.557		2.754.689	20.50%
ACABAMENTOS		582.81	1.250.48	727.781		8.733.370	65.00%
ARRANJOS EXTERIORES		17.54	37.63	21.899		262.794	1.96%
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>896.65</b>	<b>1.923.87</b>	<b>1.119.692</b>		<b>13.436.310</b>	<b>100.00%</b>
CUSTOS ESTALEIRO		90.58	194.35	113.114		1.357.363	10.10%

Fig. 14 – Mapa de Rácios / Actividade (Análise Estatística)

Apresenta-se na *fig. 15* um esquema do sistema de retroalimentação de informação que se pretende implementar.

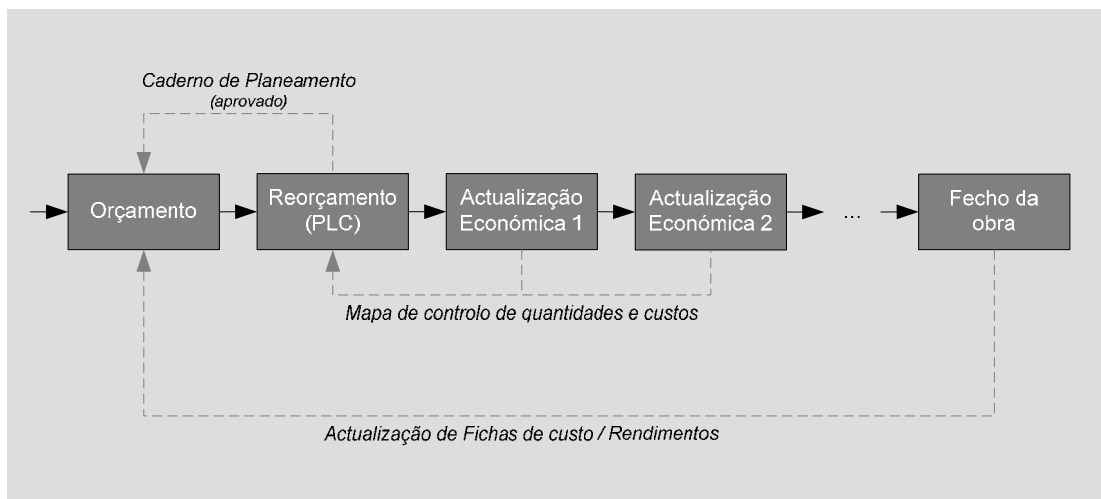


Fig. 15 – Retroalimentação de informação económica da empreitada

Recordando a *fig. 7*, onde se apresentava o processo de controlo de custos no caso em estudo, podemos agora completar esse processo o processo de retroalimentação de informação descrito anteriormente.

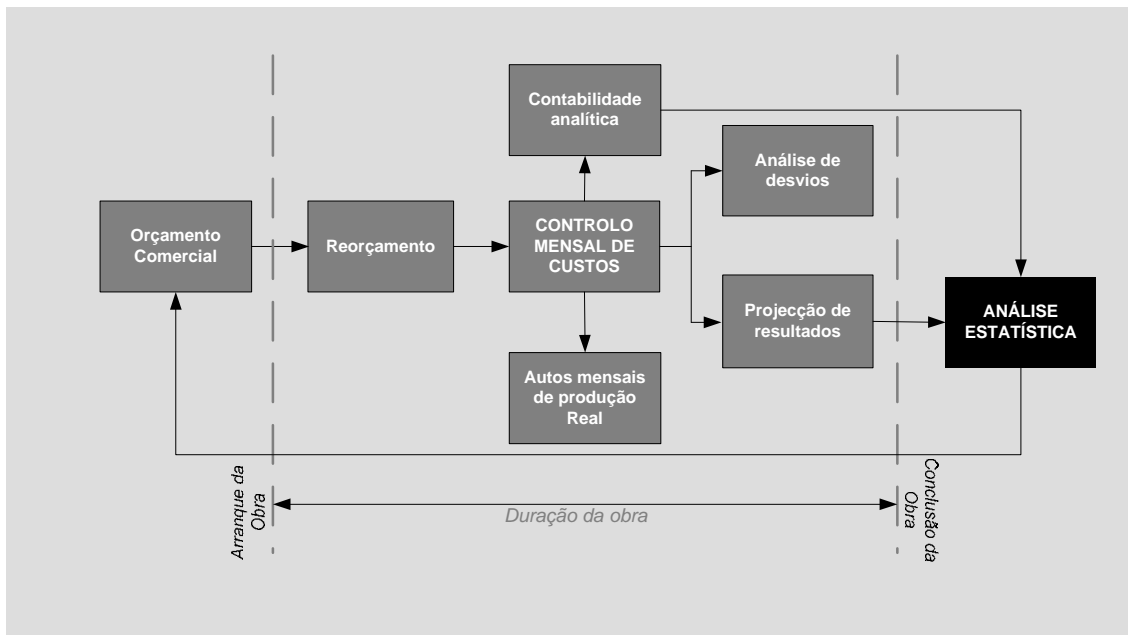


Fig. 16 – Processo de Controlo de Custos

#### 4.4. CONTROLO INTEGRADO DE PRAZOS E CUSTOS

Verifica-se que, na situação actual, o controlo de prazos e custos é feito de forma totalmente independente e desassociada.

O processo de planeamento e controlo económico apresenta procedimentos bem definidos e sistematizados permitindo efectuar um controlo eficaz das despesas e receitas de cada empreendimento. O controlo económico efectuado pode ser subdividido em dois níveis consoante o grau de pormenor da informação tratada – nível detalhado, para controlo em obra e, nível geral, dirigido à gestão da empresa. Neste segundo nível o objectivo é monitorizar os desvios principais face ao planeamento inicial e elaborar indicadores de desempenho económico que permitam ilustrar o estado da obra de uma forma sucinta e fácil de analisar.

Estes dois planos são complementares uma vez que fornecem a cada interveniente a informação adequada ao exercício das suas funções específicas. A dependência hierárquica e funcional do director de obra face ao director de produção implica que o último seja capaz de estabelecer, com base na informação disponibilizada, os objectivos a atingir pela obra e a conseguir analisar dados sobre a globalidade das obras que controla. Da parte do director de obra a existência de um controlo do desempenho económico da obra obriga-o a conter as despesas dentro dos limites estabelecidos, a identificar justificações para os desvios que possam ocorrer e tomar medidas correctivas.

Já ao nível do planeamento e controlo de prazos esta divisão entre diferentes níveis de intervenção não é identificável (fig. 17). Todos os mecanismos de controlo de prazos de um empreendimento estão centrados na obra, não existindo ao nível da gestão da empresa informação disponível para avaliar o estado de cada obra. Isto ocorre sobretudo por não existir um método de controlo de prazos ao nível dos departamentos de apoio às obras semelhante ao existente para os custos. Adicionalmente a disponibilização da informação é dificultada por não existirem processos uniformizados de controlo aplicados a todas as obras. As diferentes formas de executar o planeamento dificultam muito a obtenção de dados comparáveis sobre as diferentes obras em execução.

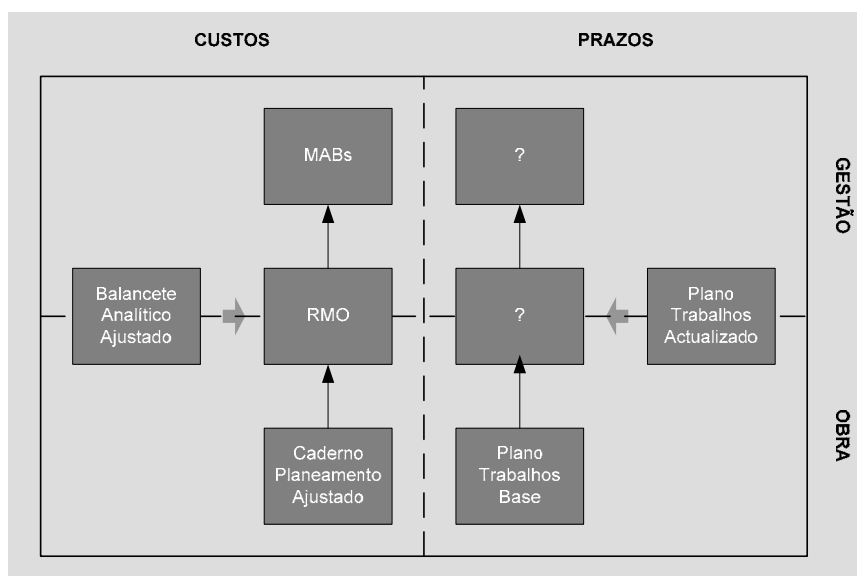


Fig. 17 – Síntese do processo de controlo de prazos e custos

Um dos princípios fundamentais da filosofia *lean* é focar o controlo no processo global, ou seja, “o processo como um todo deve ser medido e controlado”.

Aplicando este princípio ao Planeamento e Controlo de Custos, salienta-se a necessidade da integração dos elementos prazo e custo na gestão de um empreendimento de construção civil sendo para isso necessário determinar metodologias e procedimentos de gestão de prazos que permitam:

- 1º. Uniformizar os métodos de planeamento e controlo de prazos ao nível da obra;
- 2º. Determinar indicadores que permitam aos gestores da empresa acompanhar o cumprimento dos prazos das empreitadas;
- 3º. Promover a integração entre o controlo de prazos e de custos.

Assim, o objectivo é desenvolver um **Modelo de Controlo Integrado de Prazos e Custos**.

#### 4.4.1. O *EARNED VALUE MANAGEMENT*

O modelo escolhido foi desenvolvido em conformidade com as especificações da *Association of Project Management (APM)* que através do documento *EVM - APM Guideline for the UK* sistematiza o método de implementação do EVM.

A opção pela implementação do *Earned Value Management (EVM)* prende-se com dois factores fundamentais. As características do mercado da construção civil em Portugal evoluíram para uma situação em que as grandes empresas recorrem cada vez mais frequentemente a subempreitadas para a execução dos diferentes trabalhos. Adicionalmente existe um interesse cada vez maior em que as obras sejam executadas dentro do prazo previsto, reduzindo o risco de multas e penalizações por incumprimento. Assim importa controlar o factor tempo de cada empreitada, quer seja de forma global quer seja incidindo de forma particular no desempenho dos subempreiteiros. Com a implementação do EVM espera-se melhorar o controlo sobre os prazos da obra, permitindo efectuar previsões sobre o seu andamento futuro. A informação obtida, pela sua simplicidade e facilidade de interpretação será um elemento precioso para o Departamento de Planeamento e Controlo e para os directores de produção/gerais, permitindo ter informação sobre o estado de cada obra sem ter de se recorrer á análise dos longos planos de trabalhos e balancetes.

A segunda razão para a implementação do EVM na empresa prende-se com a própria filosofia que lhe está associada. Entender o EVM como um conjunto de passos que conduz ao cálculo de alguns indicadores de desempenho é uma visão muito redutora. À aplicação do EVM está associada a um conjunto de processos de gestão, conforme será apresentado mais à frente. Pretende-se que a aplicação desses processos conduza a uma padronização dos procedimentos ao nível do controlo do programa de trabalhos em obra.

A estrutura de controlo de custos existente na empresa, descrita acima, apresenta já rotinas de controlo capazes de fornecer a maioria dos dados necessários á aplicação do EVM. Note-se que a informação para dois dos “*inputs*” fundamentais á aplicação do método, a determinação dos custos exactos à data e das quantidades efectivamente executadas, já existe na empresa. É apenas necessário consolidar essa informação e introduzir um elemento que estabeleça a relação entre os factores tempo e custo de cada um dos empreendimentos.

Para tal é necessário criar um módulo de planeamento que permita efectuar uma calendarização das actividades e um acompanhamento dos trabalhos de forma semelhante à executada em *MSPProject*, com o acréscimo de permitir associar a cada actividade do programa de trabalhos os artigos do articulado de venda com os respectivos preços e quantidades. Isto permitiria definir um programa base em que representa os custos mensais associados a cada actividade do programa de trabalhos. Ao longo da execução da obra, através da introdução do progresso das actividades é possível actualizar as estimativas de custos dadas pelo programa, passando estas agora a espelhar não o programa base mas sim os custos estimados à data para a obra, tendo em conta a produção efectuada.

#### 4.4.2. A GESTÃO DE PROJECTOS COM O *EARNED VALUE MANAGEMENT*

O *Earned Value Management (EVM)* é um sistema de gestão de projectos que permite a monitorização integrada de custos e prazos, fornecendo indicadores de desempenho sobre o estado do projecto e estimativas para a sua conclusão. Este método baseia-se sobretudo na implementação de formas de quantificação do trabalho executado e dos custos associados. Tem como valor adicional permitir, com a sua implementação, a promoção de uma filosofia de planeamento que integre de raiz os elementos prazo e custo de um empreendimento, através da elaboração de um programa base, a *baseline* do projecto. Adicionalmente, a metodologia EVM constitui uma ferramenta adequada à identificação atempada de problemas no projecto e à *avaliação das soluções correctivas adoptadas*.

#### 4.4.3. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE EVM

Segundo a *Association for Project Management*, “*Earned Value Management* é o processo de avaliação do estado de um projecto com base na medição e monitorização comparativa, em termos de custo, tempo e realizações, entre o estado actual do projecto e um programa base preestabelecido” [APM, 2002].

A definição do estado de um projecto assenta sobretudo na resposta às questões:

- a) Que quantidades de trabalho foram efectivamente executadas?
- b) Qual o custo real dos trabalhos executados?
- c) Qual a previsão para o custo final do projecto?
- d) Qual é a data prevista para a conclusão do projecto?

Adicionalmente podem também ser formuladas questões sobre a comunicação interna e os processos da empresa:

- a) Posso confiar nos relatórios que recebo?
- b) Estão os recursos do projecto a ser aplicados de forma eficaz?

A aplicação da metodologia *Earned Value* a um projecto deverá proporcionar a resposta a estas questões.

Considere-se a *fig. 18* onde se representa a evolução esperada dos custos acumulados durante um projecto. Na generalidade dos casos os custos verificados no decorrer do projecto diferem dos estimados inicialmente. Assim importa ao gestor do projecto identificar os custos reais e compará-los com os previstos inicialmente.

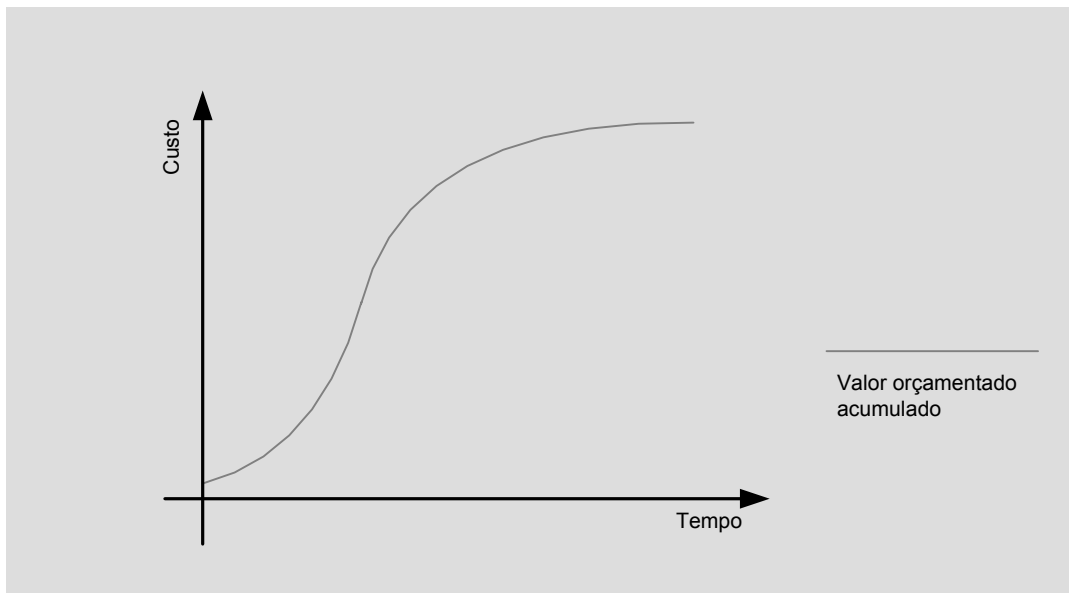


Fig. 18 – Custo acumulado previsto de um projecto

A *fig. 19* representa a vermelho os custos acumulados definidos inicialmente para o projecto e a azul os custos reais verificados até um dado instante.

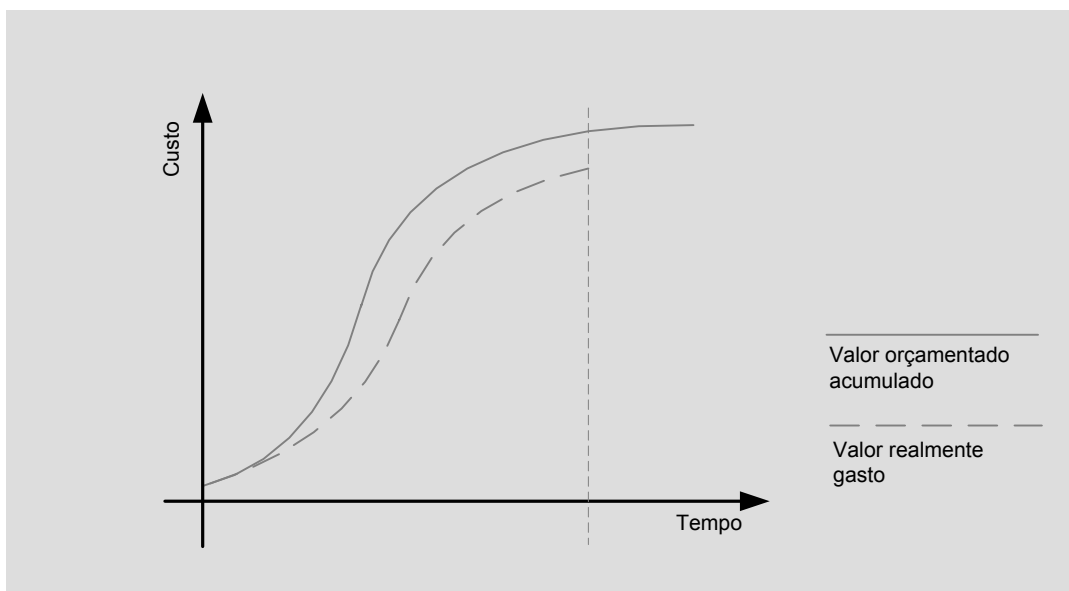


Fig. 19 – Custo acumulado real e previsto de um projecto

Analisando a *fig. 19* pode concluir-se que os custos do projecto estão a ser inferiores ao que inicialmente era esperado. Esta informação, por si só, pode dar a impressão de que o trabalho será executado a um custo inferior ao que inicialmente foi estimado. No entanto, o gestor do projecto terá muita dificuldade em determinar qual a quantidade de trabalho que foi

efectivamente executada. Os custos verificados até à data podem ser relativos a actividades que inicialmente não estavam previstas ou a um reduzido número de tarefas que foi executado de forma ineficiente.

Para ultrapassar esta situação de indefinição é necessária informação adicional. Esta informação é geralmente chamada de “*Earned Value*”. O *Earned Value* representa o valor (ou custo) associado ao trabalho executado, expresso nos valores previstos no projecto base. O *Earned Value* é representado a verde na *fig. 20*.

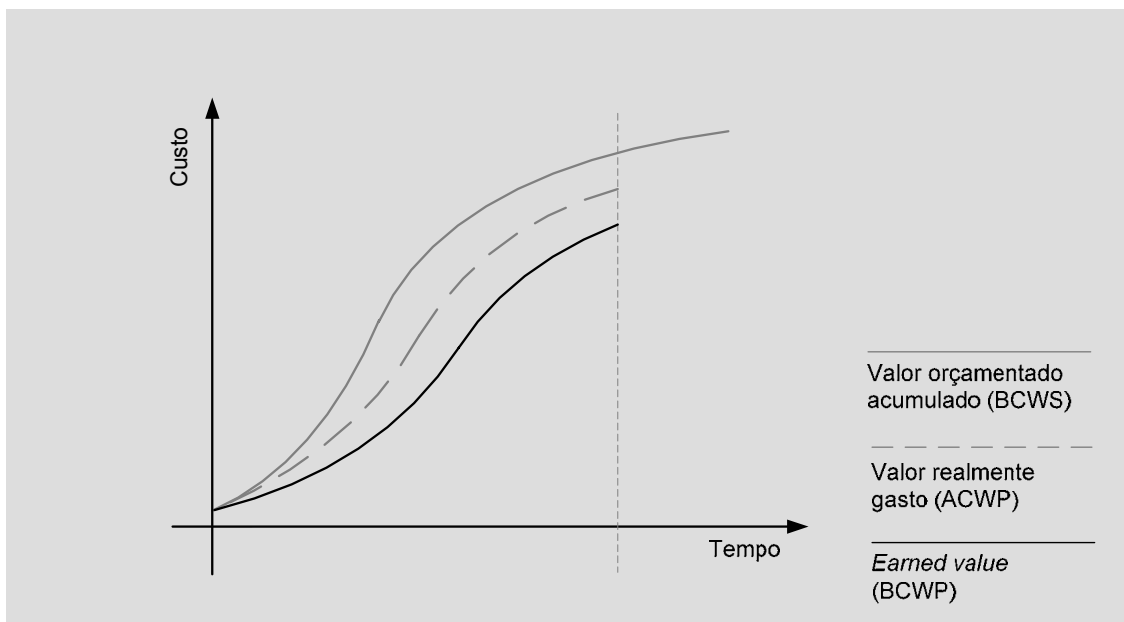


Fig. 20 – Custo acumulado real, acumulado previsto e o Earned Value de um projecto

A informação contida na *fig. 20* já permite identificar claramente o estado do projecto em termos de custo e prazo de execução. A curva do *Earned Value* está abaixo do custo actual (a azul). Isto significa que o projecto está a gastar mais do que inicialmente foi previsto, tendo em conta a quantidade de trabalho executada até à data, o que é o oposto do sugerido na *fig. 19*. A *fig. 20* demonstra também que o *Earned Value* está abaixo da distribuição de custo prevista no início do projecto (a vermelha), indicando que o projecto está a ser executado a um ritmo inferior ao que inicialmente era esperado. Denote-se que esta informação não poderia ter sido obtida da *fig. 19*.

Este exemplo ilustra a importância de se conhecer o *Earned Value* (linha verde) de um projecto, associado ao valor previsto inicialmente (linha vermelha) e ao valor real dos trabalhos executados (linha azul). Na teoria relativa ao EVM estes três elementos são denominados respectivamente por *Budgeted Cost of Work Performed* (BCWP) ou *Earned Value* (EV), *Budgeted Cost of Work Scheduled* (BCWS) ou *Planned Value* (PV) e *Actual Cost of Work Performed* (ACWP) ou *Actual Cost* (AC). Mais formalmente definem-se:

- *Budgeted Cost of Work Scheduled* (BCWS) é o somatório dos custos orçamentados associados a todas as actividades calendarizadas num determinado período de tempo.
- *Budgeted Cost of Work Performed* (BCWP) é o somatório dos custos orçamentados associados a todas as actividades realizadas num determinado período de tempo.
- *Actual Cost of Work Performed* (ACWP) é o somatório dos custos reais associados a todas as actividades realizadas num determinado período de tempo.

Associados a estas três variáveis podem ainda definir-se:

- *Budget at Completion* (BAC) — corresponde ao orçamento total do projecto. É o valor do BCWS na data de conclusão do projecto mais todas as reservas de dinheiro existentes e não afectas a nenhuma actividade, a ser aplicadas no processo de monitorização e gestão.
- *Schedule Variance* (SV) — é a diferença entre o custo orçamentado do trabalho executado (BCWP) e o custo orçamentado do trabalho previsto (BCWS). Corresponde à diferença, em custo, entre o trabalho realmente executado e o que estava previsto executar.

$$SV = BCWP - BCWS$$

- *Cost Variance* (CV) — é a diferença entre o custo orçamentado do trabalho executado (BCWP) e o custo real do trabalho executado (ACWP).

$$CV = BCWP - ACWP$$

Representando todas estas grandezas num gráfico tempo/custo, obtém-se a representação esquemática tradicional do EVM (ver *fig. 21*).

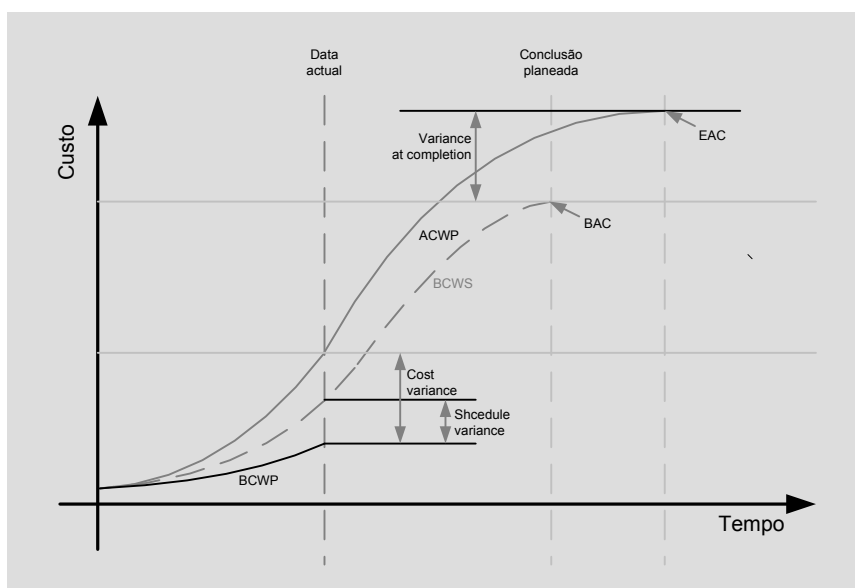


Fig. 21 – Representação do BCWS, BCWP e ACWP num instante de um projecto

Importa nesta fase fazer apenas uma nota relativamente às unidades utilizado na monitorização do EVM. De uma forma geral os três elementos acima apresentados referem-se aos custos do projecto. Esta é geralmente a unidade de medida de mais fácil monitorização e de maior importância. Contudo, para a aplicação do EVM o que é necessário é a existência de um recurso que possa ser medido de forma rigorosa antes e durante a execução do projecto. Assim, pode ser obtida uma avaliação do desempenho de um projecto contabilizando o número de horas gastas na execução de cada actividade, o consumo de um determinado recurso representativo ou as receitas provenientes do trabalho executado.

De seguida apresenta-se um resumo dos principais Indicadores de Desempenho que podem ser obtidos pela implementação de um sistema de gestão baseado no EVM.

#### 4.5. INDICADORES PARA MEDIÇÃO DE DESEMPENHO

O *Benchmarking* é o processo sistemático de medir o desempenho de processos ou produtos, comparando-os com aqueles identificados como as melhores práticas, levando, através da aprendizagem, à melhoria contínua da empresa. Esse processo visa também à obtenção e sustentação de níveis superiores de desempenho.

O *Benchmarking* interno é utilizado quando uma empresa realiza uma análise interna e foca as práticas existentes nas suas diversas unidades de produção (neste caso, obras).

O processo produtivo deve ser avaliado de forma a possibilitar a melhoria do processo para empreitadas futuras, ou para a mesma empreitada quando o seu período de execução for relativamente longo. Essa avaliação é possível com a introdução de indicadores de desempenho, não só da produção propriamente dita, mas de todos os intervenientes no processo produtivo.

Deve-se definir uma periodicidade dos ciclos de avaliação adequada, de forma a detectar falhas nas diversas etapas, criando-se, assim possibilidades de melhorias.

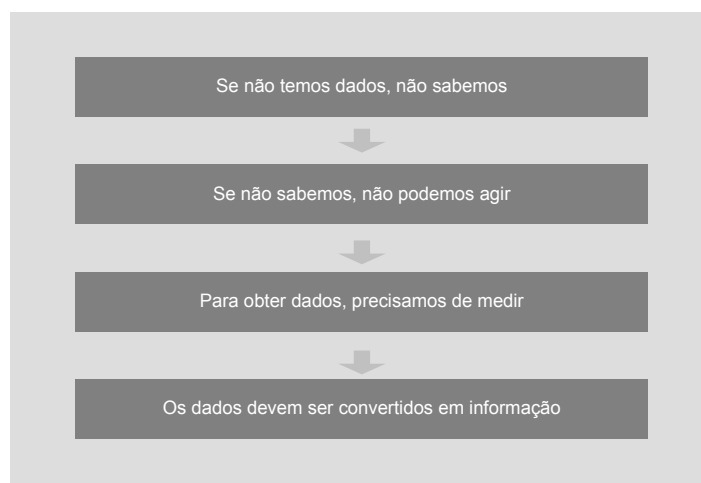


Fig. 22 – Avaliação da necessidade de Indicadores de Desempenho

Os Indicadores de Desempenho e Produtividade são medidas de factores críticos para a obtenção de sucesso, passíveis de serem utilizadas pela empresa para avaliar a sua actividade. Além de abordarem aspectos financeiros, os Indicadores de Desempenho abrangem também áreas ligadas à satisfação do cliente, motivação, aprendizagem organizacional, eficiência de processos internos, meio ambiente, avaliação de fornecedores, entre outros. Devem ser incluídos indicadores de eficiência técnica, permitindo algum diagnóstico do nível de qualidade dos trabalhos executados.

A ideia é avaliar cada obra através de um conjunto de indicadores, permitindo assim uma comparação objectiva das diferentes empreitadas.

Apresenta-se de seguida uma tabela resumo de indicadores de desempenho e produtividade agrupados em 6 grandes grupos (Produção e Segurança, Planeamento, Fornecedores, Qualidade, Pessoal e Cliente):

	INDICADOR	FÓRMULA DE CÁLCULO	PERIODICIDADE
PRODUÇÃO E SEGURANÇA	Desvio de Custo da Obra	$(\text{Custo real} - \text{custo orçamentado} / \text{custo orçamentado}) \times 100$	1x (Final Obra)
	Desvio de Prazo da Obra	$(\text{Prazo real} - \text{prazo previsto} / \text{prazo previsto}) \times 100$	Mensal
	Classificação do Estaleiro	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	Mensal
	Taxa de frequência de acidentes	$(\text{N}^\circ \text{ acidentes ocorridos no mês} / \text{N}^\circ \text{ horas trabalho pessoal obra})$	Mensal
PLANEAMENTO	Porcentagem de Trabalhos Concluídos	$(\text{N}^\circ \text{ trabalhos } 100\% \text{ concluídos} / \text{N}^\circ \text{ trabalhos planeados}) \times 100$	Semanal
	Projeção do Prazo da Obra	$(\text{N}^\circ \text{ dias atraso} - \text{N}^\circ \text{ dias antecipados}) / \text{Duração total actividade}$	Semanal
	Índice de requisições irregulares material	$(\text{N}^\circ \text{ requisições irregulares} / \text{N}^\circ \text{ total requisições}) \times 100$	Semanal
	Índice de entregas irregulares material	$(\text{N}^\circ \text{ entregas irregulares} / \text{N}^\circ \text{ total entregas}) \times 100$	Semanal
FORNECEDORES	Avaliação de Subempreiteiros	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	1x / Actividade
	Avaliação de Fornecedores de Materiais	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	1x / Adjudicação
	Avaliação de Fornecedores de Projectos	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	1x / Especialidade
QUALIDADE	Índice Não-Conformidade Auditorias Internas	$(\text{N}^\circ \text{ de não conformidades} / \text{N}^\circ \text{ de verificações})_{\text{INT}} \times 100$	1x / Auditoria
	Índice Não-Conformidade Auditorias Externas	$(\text{N}^\circ \text{ de não conformidades} / \text{N}^\circ \text{ de verificações})_{\text{EXT}} \times 100$	1x / Auditoria
PESSOAL	Índice de Satisfação Pessoal Obra	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	1x (Final Obra)
	Índice Satisfação Pessoal Apoio Obra	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	Anual
	Índice de Formação	$(\text{N}^\circ \text{ Total de horas de formação} / \text{N}^\circ \text{ médio horas trabalho})$	Anual
CLIENTE	Índice de satisfação do Dono de Obra	$(\sum \text{pontos obtidos} / \text{Total itens avaliados}) \times 100$	Após entrega obra

Tabela 3 – Mapa Resumo dos Indicadores de Desempenho (Fonte: Norie - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação)

#### 4.5.1. OBTENÇÃO DE INDICADORES DE CONTROLO DE PRAZO E CUSTO

O EVM permite a obtenção de vários indicadores de desempenho que caracterizam de forma simples o estado do projecto. Estes indicadores identificam possíveis variações de prazo ou custo no projecto, “constituindo avisos face ao surgimento de problemas e, fornecendo estimativas para o resultado final do projecto caso as medidas correctivas adequadas não sejam tomadas” [APM, 2002]. Deve no entanto ser tido em conta que estes indicadores de desempenho constituem apenas sinais, não devendo ser vistos como o único factor de análise. Deve procurar-se sempre contextualizar a informação por eles fornecida antes de se tomarem decisões.

Existem dois tipos de medidas de desempenho fundamentais: os índices de performance do projecto e as estimativas futuras.

#### 4.5.2. ÍNDICES DE PERFORMANCE

Os índices de performance permitem de uma forma sucinta caracterizar o estado actual do projecto, sendo os dois mais frequentemente utilizados o SPI e o CPI:

- *Schedule Performance Index (SPI)* — é a razão entre o BCWP e o BCWS, num período de tempo específico. Este índice representa a taxa a que o projecto está a ser executado face ao planeado inicialmente, sendo que um valor de SPI inferior a um significa um atraso no projecto. Este indicador converge para um à medida que o projecto avança para a sua conclusão.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$$

- *Cost Performance Index (CPI)* — é a razão entre o BCWP e o ACWP e representa a taxa de variação entre o custo orçamentado e o custo real do trabalho executado. Um valor de CPI inferior a um significa que o projecto está a exceder os custos inicialmente previstos.

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$$

Da combinação destes dois índices é possível obter uma caracterização do estado do projecto (ver *tabela 2*).

CPI>1	SPI>1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo dos trabalhos executados <i>inferior</i> ao orçamentado;</li> <li>• Projecto <i>adiantado</i>;</li> </ul>
CPI>1	SPI<1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo dos trabalhos executados <i>inferior</i> ao orçamentado;</li> <li>• Projecto <i>atrasado</i>;</li> </ul>
CPI<1	SPI>1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo dos trabalhos executados <i>superior</i> ao orçamentado;</li> <li>• Projecto <i>adiantado</i>;</li> </ul>
CPI<1	SPI<1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo dos trabalhos executados <i>superior</i> ao orçamentado;</li> <li>• Projecto <i>atrasado</i>;</li> </ul>

Tabela 4 – Relação entre o estado do projecto e os indicadores CPI e SPI

Numa análise de *Earned Value* de um projecto é frequente recorrer-se à representações gráficas do tipo *Bullseye Chart* para ilustrar a evolução do projecto ao longo dos períodos analisados (ver *fig. 23*). O gráfico representa os valores de CPI e SPI verificados em cada período, permitindo efectuar uma caracterização sumária da evolução da performance do projecto.

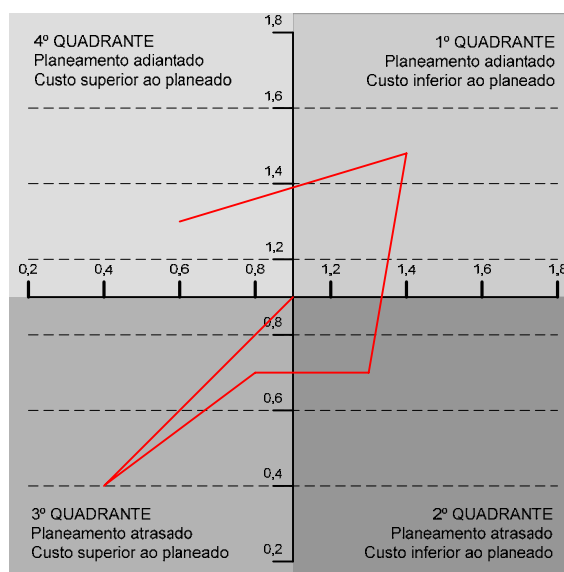


Fig. 23 – Representação gráfica da evolução do SPI e do CPI de um projecto

#### 4.5.3. LIMITAÇÕES DOS ÍNDICES DE PERFORMANCE

Na utilização dos indicadores de estado do *Earned Value*, especialmente no caso do CPI e SPI, deve ser tido em conta que os valores por eles apresentados podem ter alguma falta de exactidão numa fase inicial do projecto. Este fenómeno pode ocorrer mesmo que o método de avaliação do estado do projecto esteja bem aferido (obtenção de ACWP, BCWP e BCWS) e, pode ter duas origens distintas.

Em primeiro lugar, é bastante comum que numa fase inicial do projecto o trabalho progrida de forma um pouco menos eficiente do que foi previamente planeado. Este facto deriva tanto da necessidade de adaptação dos trabalhadores às especificidades do novo projecto como da noção de que “no início os atrasos são sempre recuperáveis”. Embora estes dois efeitos sejam conhecidos, geralmente não são considerados nas estimativas efectuadas no início do projecto para a duração das actividades.

A segunda razão para que os valores do SPI e CPI possam ser pouco exactos no início de um projecto resulta directamente da fórmula de ambos e funciona como elemento amplificador dos erros derivados da primeira causa descrita acima.

Considere-se por exemplo a fórmula do CPI. No início do projecto ambos os valores do BCWP e ACWP são pequenos. Se o valor de alguma destas variáveis for afectado por um pequeno factor de incerteza pode introduzir grandes variações no valor do CPI. Isto ocorre por as fórmulas do CPI e SPI terem uma estrutura fraccionária. À medida que o projecto vai evoluindo as variáveis ACWP, BCWP e BCWS tendem a crescer, diminuindo os valores relativos da incerteza e tornando os indicadores mais fiáveis.

Como exemplo [Christensen e Thayer, 2001], considere-se a situação em que os valores de BCWP e ACWP pertencem ao intervalo de valores compreendido entre 0 e 1 e que cada um apresenta uma variabilidade dentro do intervalo [-0,05;+0,05].

O calculo dos valores máximo e mínimo expectáveis para esta situação mostra que o valor de CPI pode estar compreendido entre:

$$\max\_CPI = \frac{(BCWP + 0,05)}{(ACWP - 0,05)}$$

e

$$\min\_CPI = \frac{(BCWP - 0,05)}{(ACWP + 0,05)}$$

Se os valores reais do ACWP e o BCWP forem 0,1 (foi executado 10 por cento do trabalho previsto) então:

$$CPI=0,1/0,1=1$$

$$\max\_CPI=0,15/0,05=3$$

$$\min\_CPI=0,05/0,15=0,33(3)$$

resultando uma incerteza relativa no CPI de mais de 200 por cento. Apesar destas circunstâncias serem excessivamente desfavoráveis, fica demonstrada a natureza do problema. Considerando uma fase mais adiantada da execução do projecto, para valores de ACWP e BCWP iguais a 0,5 (foi executado 50 por cento do trabalho previsto) as estimativas para o CPI são:

$$CPI=0,5/0,5=1$$

$$\max\_CPI=0,55/0,45=1,22$$

$$\min\_CPI=0,45/0,55=0,82$$

Comprova-se assim que o CPI se torna mais exacto à medida que o projecto evolui. O inconveniente desta situação é óbvio: quanto mais próximo do fim se encontra um projecto, menor utilidade terá a sua monitorização através da utilização do CPI e do SPI.

As únicas soluções são:

- Tornar todos os processos de recolha da informação associada ao EVM (sistema de contabilidade, medições do progresso executado) o mais exactos possível, de forma a eliminar erros como o apresentado no exemplo acima;
- Utilizar os índices em grupos de actividades ou actividades sumárias de forma a anular erros não sistemáticos.

#### 4.5.4. ESTIMATIVAS FUTURAS

Uma das mais-valias de uma análise *Earned Value* reside na possibilidade de efectuar previsões para o resultado final do projecto baseadas nos dados relativos à sua performance passada e no tempo restante até à sua conclusão.

As previsões efectuadas para a estimativa final de custos do projecto são geralmente denominadas na teoria do *Earned Value Management* por *Estimate at Completion* (EAC). Segundo APM, [2002], “o EAC é a soma dos custos reais verificados até à data (ACWP) com a melhor estimativa de custos futuros possível de efectuar com base na informação disponível na actualidade”. A estimativa dos custos futuros é geralmente designada por *Estimate to Completion* (ETC). Assim:

$$EAC = ACWP + ETC$$

No cálculo do EAC podem ser adoptadas diferentes abordagens consoante a realidade do projecto. As mais frequentemente utilizadas são:

- Assumir que as variações de custo verificadas até à data são atípicas, sendo expectável que variações semelhantes não venham a ocorrer no futuro do projecto;

$$EAC = ACWP + (BAC - BCWP)$$

- Assumir que as variações de custo verificadas até à data são expectáveis de ocorrer no futuro do projecto com o mesmo padrão de variação (CPI);

$$EAC = \frac{BAC}{CPI}$$

É frequente que se considerem outras hipóteses de cálculo do BAC associadas à separação entre custos cuja variação foi pontual e custos onde se prevê que ocorra uma variação sistemática. Esta abordagem é tanto mais eficaz quanto maior for o grau de desagregação dos custos do projecto e quanto melhor for a informação disponível sobre cada um deles. Nestes casos deverá ser adoptada uma combinação das duas fórmulas acima mencionadas:

$$EAC = \sum_{i=1}^n (ACWP_i + (BAC_i - ACWP_i)) + \sum_{j=1}^n (ACWP_j + \frac{(BAC_j - ACWP_j)}{CPI_j})$$

Onde *i* e *j* correspondem, respectivamente, ao universo dos trabalhos em que se considerou a variação de custo como pontual ou sistemática.

É importante compreender que estas estimativas derivadas dos valores de ACWP, BCWP e BCWS são grandemente influenciadas por factores de erro presentes nas medições. Por outro lado, os valores do BAC estão condicionados à perspectiva que o gestor tem do projecto, estando por isso sujeitos a erros de avaliação. Assim devem constituir meros avisos sobre potenciais riscos ou oportunidades, sendo a sua utilização integrada sempre no conjunto das seguintes três acções:

- Utilização da análise *Earned Value* juntamente com avaliações técnicas para identificar e compreender potenciais variações no custo no projecto;
- Aplicar medidas correctivas aos trabalhos em curso de forma a melhorar a sua performance;
- Avaliar as medidas aplicadas com base nos registos do *Earned Value* e avaliações técnicas.

Uma outra questão se pode colocar, quando verificamos que os índices de desempenho não são favoráveis: se quiser manter os valores do prazo e do custo acordados no início da empreitada, qual o é o tipo de desempenho que a equipa tem de ter até ao final do projecto?

A resposta a esta questão é dada pelo cálculo do denominado **Índice de Desempenho até Conclusão** (TCPI – *To-Complete Perfomance Index*). Este índice é o quociente do trabalho remanescente pela estimativa do custo remanescente e indica o nível de desempenho que a equipa terá de alcançar para atingir uma determinada estimativa na conclusão.

O TCPI é um índice que mostra a probabilidade de os custos do projecto satisfazerem um determinada previsão e é usado para testar a confiança na estimativa reportado para o trabalho remanescente do projecto. O TCPI é dado pela seguinte expressão:

$$TCPI = \frac{\text{Trabalho Remanescente}}{\text{Estimativa para Concluir}} = \frac{BAC - EV}{EAC - AC}$$

Uma previsão é provável se TCPI = 1. Se TCPI <1, isso indica um aumento no desempenho que torna a previsão estatisticamente improvável. Se TCPI > 1, isso indica uma diminuição no desempenho para o trabalho remanescente.

#### 4.5.5. EARNED SCHEDULE

A teoria do *Earned Schedule* (ES) é vista como uma extensão do EVM que permite colmatar algumas falhas associadas ao controlo de prazos do projecto. Tradicionalmente a análise baseada no *Earned Value* é efectuada em unidades de custo ou em horas de trabalho dispendido. Assim o valor obtido para o *Schedule Variance* (SV) apresenta geralmente unidades monetárias, o que é inconsistente com o seu nome. Segundo [Herderson, 2004], “o SV na teoria EVM é na realidade uma medida do volume de trabalho executado em oposição ao volume de trabalho que fora planeado executar”, não apresentando qualquer indicação sobre a variação do prazo do projecto.

Adicionalmente, o BCWP está algebricamente restringido pelo valor orçamentado inicialmente. Isto significa que o BCWP deverá necessariamente convergir para o valor do BCWS, independentemente do tempo decorrido na execução do projecto. Este facto dificulta muito o acompanhamento de projectos em fase de conclusão, uma vez que:

- Próximo da conclusão do projecto o valor do SV será necessariamente próximo de 0.
- O valor de SPI tenderá a convergir para 1.

Levando esta constatação a um limite, podem existir situações em que o SPI é aproximadamente 1, estando o projecto com uma duração muito superior ao que foi inicialmente previsto. Do mesmo modo, um projecto que esteja em fase de conclusão com um SPI de 0,95 poderá nunca ser considerado como um potencial problema.

Para solucionar este problema foi introduzido o conceito de *Earned Shedule*. Com o ES são renomeadas as duas grandezas tradicionais de controlo de prazos do EVM, o SPI e o SV. Estas apresentam unidades de tempo, distinguindo-se do SV(€) e do SPI(€) típicos do EVM. Conforme apresentado por Lipke, [2003], “o valor do ES é encontrado através da identificação no BCWS do tempo correspondente ao trabalho executado (BCWP). O ES corresponde ao número de unidades de tempo inteiras decorridas até ao instante correspondente ao trabalho executado, no BCWS, adicionado de uma fracção relativa ao excedente do BCWP face ao BCWS da última unidade inteira, dividido pelo BCWS planeado para esse período”.

De forma mais simples pode definir-se como sendo o instante da curva do BCWS em que se atinge o valor correspondente ao BCWP actual, ou seja:

$$ES = C + I ,$$

onde:

C = numero de incrementos de tempo para  $BCWP \geq BCWS$

e

$$I = \frac{(BCWP - BCWS_c)}{(BCWS_{c+1} - BCWS_c)}$$

Considere-se o exemplo da *fig. 22*. No mês actual o ES pode ser calculado projectando o valor do BCWP sobre a curva do BCWS e identificando a quantidade de unidades de tempo a que esse valor corresponde. Neste caso particular, o valor do ES corresponderá a C mais um excedente adicional I.

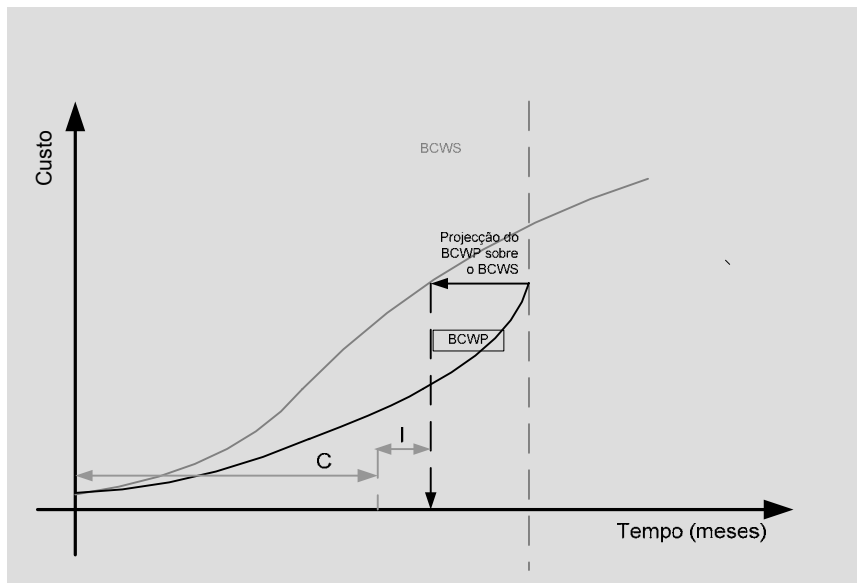


Fig. 24 – Obtenção do *Earned Schedule* com base nos dados do *Earned Value*

Com base no valor do ES e considerando a data actual do projecto (AT) é possível determinar:

$$SV(t) = ES - AT$$

e

$$SPI(t) = ES / AT .$$

Os valores assim obtidos para o SPI(t) e SV(t) apresentam a mais valia de não convergirem respectivamente para 0 e 1, permitindo uma adequada monitorização de projectos em fase de conclusão. O método tem também a vantagem de não necessitar de qualquer informação adicional aos três elementos já referidos para a aplicação do EVM (BCWP, BCWS e ACWP). Por fim saliente-se que a aplicação do ES permite efectuar estimativas para a duração do projecto análogas às apresentadas anteriormente para os custos. O equivalente do EAC para prazos é designado por *Independent Estimate of Duration* (IED) e corresponde a:

$$IED(t) = AT + \frac{(PD - ES)}{SPI(t)},$$

onde PD representa a duração planeada inicialmente (“*planned duration*”). Alternativamente pode também escrever-se:

$$IED(t) = \frac{PD}{SPI(t)}.$$

#### 4.6. EXEMPLO PRÁTICO DE APLICAÇÃO DO EVM

NESTE CAPÍTULO, PASSAREMOS A APRESENTAR UM EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EVM, NO ÂMBITO DO DESENVOLVIMENTO DE UM **MODELO INTEGRADO DE CONTROLO DE PRAZOS E CUSTOS**, BASEADO NAS PREMISSAS DE ANÁLISE FORNECIDAS POR ANTÓNIO MIGUEL [2006].

##### 4.6.1. CÁLCULO DO VALOR GANHO

Vamos supor que estamos a meio da empreitada e os custos do projecto estão 15% abaixo do orçamentado. Uma análise imediata ou menos prudente poderá transmitir a ideia que a empreitada está a ter um desempenho melhor do que o inicialmente planeado.

A *fig. 25* ilustra a situação do exemplo, mostrando que os custos reais são inferiores em 15% ao valor orçamentado.

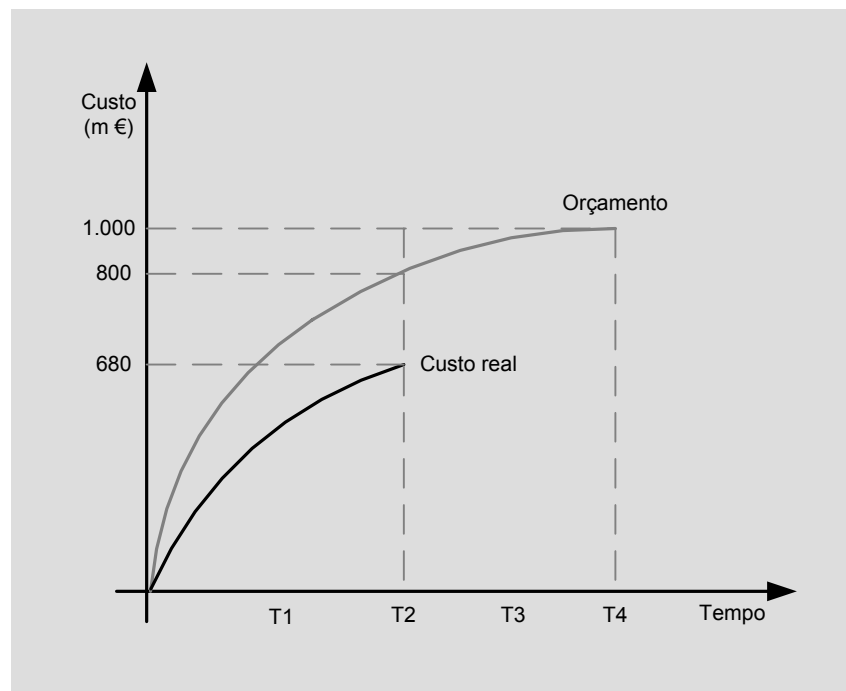


Fig. 25 – Custo Real versus Orçamento

Podemos ir ainda mais longe com este raciocínio. Se se fizesse para o final da obra poderíamos dizer que, com esta taxa de redução de custos, a empreitada iria ficar em 850.000€ e não em 1.000.000€, conforme planeado (*fig. 26*).

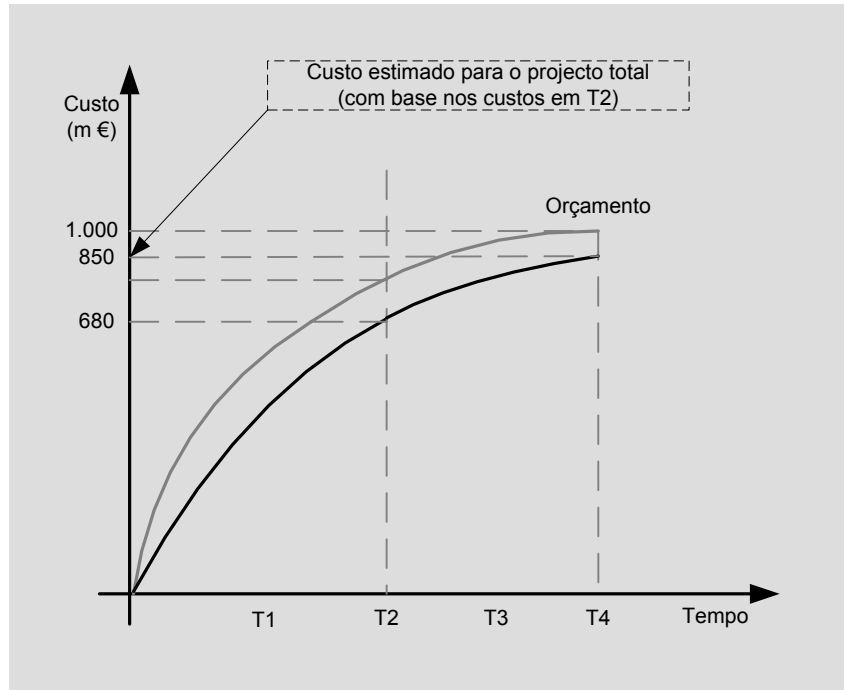


Fig. 26 – Resultado da simples projecção de custos

No entanto, quando se adiciona à análise a situação do trabalho, nomeadamente pela análise do valor ganho (*Earned Value*) poderemos chegar à conclusão de que foi realizada apenas metade do trabalho originalmente planeado. Se assim for, temos um projecto atrasado e o trabalho concluído custou muito mais do que o inicialmente planeado.

Ou seja, comparando apenas os valores das despesas planeadas com as despesas reais, o desempenho real do custo do projecto não pode ser determinado. Com apenas uma comparação entre um plano e os custos reais, não há qualquer forma de avaliar o volume de trabalho físico realmente realizado.

Sem o cálculo do valor ganho é impossível dizer se os custos reais são menores porque o trabalho está a progredir mais lentamente que o planeado, ou se os custos reais são inferiores ao orçamentado.

Suponhamos que, neste caso, se media o trabalho efectivamente realizado (*Earned Value*) e que este correspondia apenas a 70% do que estava planeado realizar.

Deste modo, como tínhamos planeado realizar trabalho no valor de 800.000€, o valor ganho é igual a 560.000€. A *fig. 27* ilustra esta situação.

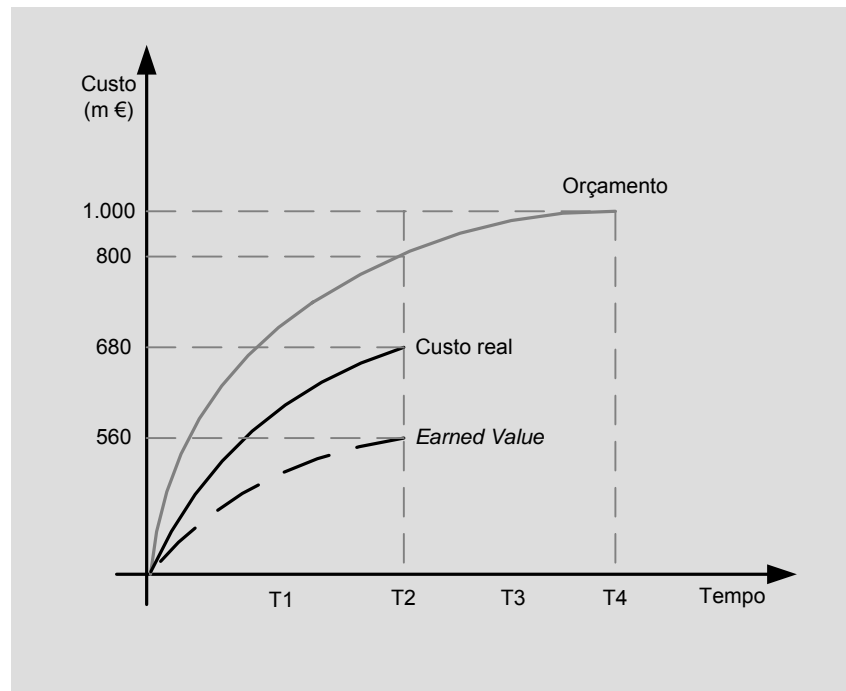


Fig. 27 – *Earned Value*, Custo Real e Orçamento

A conclusão a que se chega é muito diferente. Gastámos, de facto, menos 15% do que havíamos planeado, mas só realizámos 70% do trabalho que nos havíamos proposto executar.

## 4.6.2. DESVIOS DO PRAZO E DO CUSTO

A *fig. 28* mostra a diferença entre os dois modos de medir e avaliar o projecto: o método tradicional e o método do valor ganho. No topo desta figura, o desempenho do custo indica resultados superiores ao plano de despesas original. A utilidade deste tipo de visualização consiste apenas em mostrar se o projecto está dentro dos fundos autorizados pela gestão. Ou seja, este tipo de comparação apenas reflecte o financiamento, não o desempenho do custo.

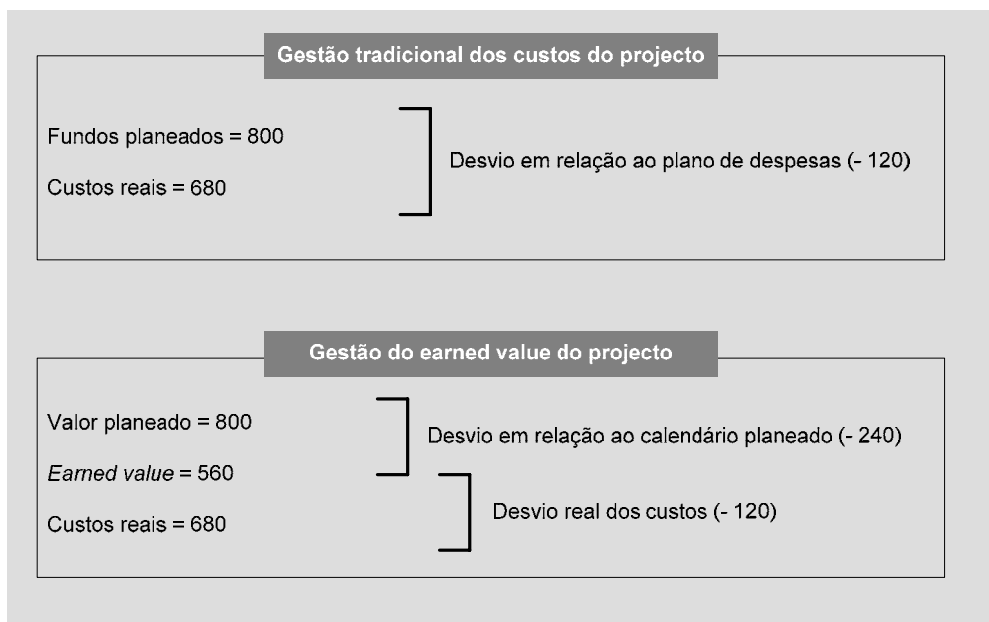


Fig. 28 – Modelos de gestão do projecto

Em contraste, como é evidenciado na parte inferior da *fig. 28*, o cálculo do valor ganho do projecto permite visualizar três dimensões dos dados: o valor planeado do trabalho, o valor do trabalho físico realizado (valor ganho) e os custos reais incorridos para realizar o trabalho físico.

Deste modo, com a metodologia do valor ganho, podem calcular-se dois desvios críticos para o projecto. O primeiro é a diferença entre o valor orçamentado do trabalho calendarizado (valor planeado) e o valor ganho (valor orçamentado do trabalho físico realizado). De acordo com a *fig. 28*, o projecto apresenta um desvio negativo no prazo no valor de 240.000€, relativamente ao trabalho que estava planeado realizar. Dito de outra forma, metade do trabalho que o projecto devia fazer no período considerado, não foi realizado. O projecto está claramente atrasado em relação ao plano.

O outro desvio medido é ainda mais preocupante, ou seja, a relação entre o valor do trabalho físico realizado (valor ganho) e os fundos realmente gastos para fazer esse trabalho (custo real). De acordo com o exemplo, foram gastos 680.000€ para realizar trabalho no valor de 560.000€. Isto significa que o projecto experimenta uma derrapagem nos custos de 120.000€.

O método do *Earned Value* permite-nos assim, determinar dois tipos de desvios num projecto:

- **Desvio do Prazo** (SV – *Schedule Variance*) – diferença entre o valor ganho e o valor planeado;
- **Desvio do Custo** (CV – *Cost Variance*) – diferença entre o valor ganho e o custo real do trabalho realizado.

A *fig. 29* mostra graficamente estes dois desvios, para este exemplo:

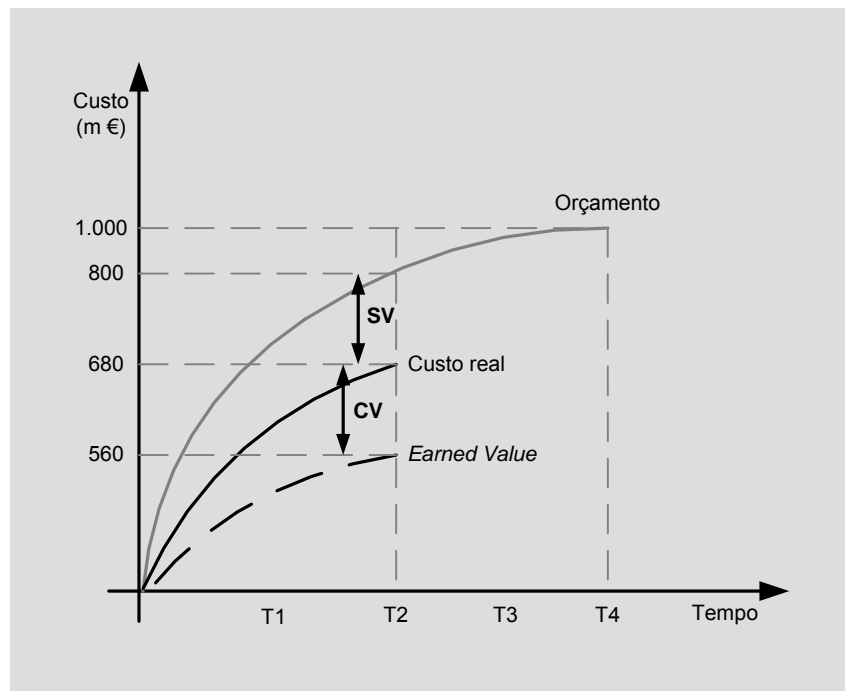


Fig. 29 – Desvio do Prazo (SV) e Desvio do Custo (CV)

#### 4.6.3. ÍNDICES DE DESEMPENHO DO PROJECTO

A 1ª situação a ser determinada a partir destes resultados é quanto tempo necessitará o projecto para concluir todo o trabalho acordado. O plano aprovado pelo cliente estabelecia um ano de duração. O que acontecerá na realidade, face aos resultados obtidos com a medição do valor ganho e do custo real?

A 2ª situação a ser igualmente determinada é: quanto dinheiro será necessário gastar para concluir o projecto? O cliente aprovou o orçamento de 1.000.000€. Ir-se-á chegar a este valor ou é previsível que seja ultrapassado e, neste caso, em quanto?

Os elementos extraídos na gestão do valor ganho – Valor Planeado (PV), Valor Ganho (EV) e Custo Real (AC) – permitem extrair dois indicadores de eficiência que possibilitam um nível adicional de análise:

Índice de Desempenho do Prazo (SPI – *Schedule Performance Index*)

$$SPI = \frac{EV}{PV} = \frac{560}{800} = 0,70$$

Significa que, por cada euro de trabalho físico que estava planeado executar no projecto, apenas 70 cêntimos foram realizados.

Índice de Desempenho do Prazo (CPI – Cost Performance Index)

$$CPI = \frac{EV}{PV} = \frac{560}{680} = 0,82$$

Significa que, por cada euro gasto no projecto, apenas foram realizados 82 cêntimos de trabalho físico.

A *fig. 30* mostra estas relações:

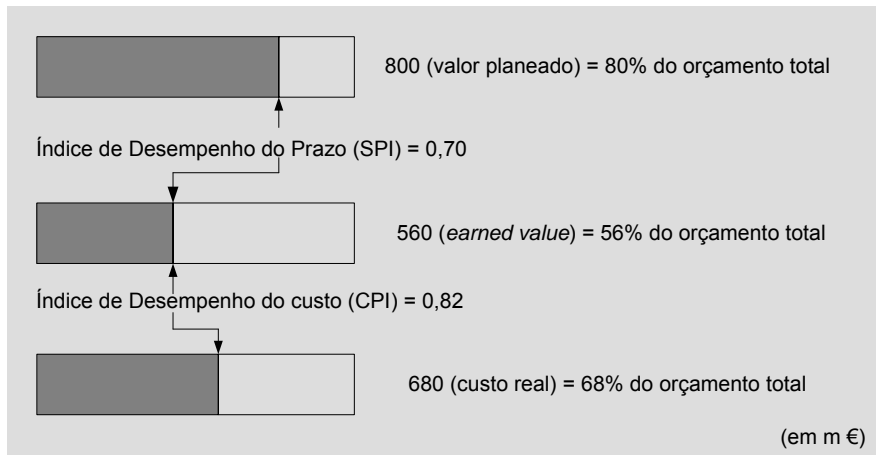


Fig. 30 – Índices de Desempenho de Custo e Prazo

As 3 curvas mostradas atrás na *fig. 27* transformaram-se num gráfico de gestão do tipo termómetro que reflecte três dimensões do desempenho do projecto, num dado momento:

- A 1ª barra mostra que o valor planeado (PV) era 800.000€, ou 80%;
- A 2ª barra mostra que o valor ganho (EV) foi 560.000€, ou 56%;
- A 3ª barra mostra que o custo real foi de 680.000€, ou 68%.

4.5.4. PREVISÃO ESTATÍSTICA DO RESULTADO FINAL

**Orçamento na Conclusão (BAC – Budget At Completion):** custo total estimado para o projecto, calculado no início da empreitada:

$$BAC = 1.000.000 \text{ €}$$

**Trabalho Remanescente (RW – Remaining Work):** quantidade de trabalho que falta para concluir o projecto:

$$RW = BAC - EV = 1.000.000 - 560.000 = 440.000 \text{ €}$$

**Estimativa na Conclusão (EAC – Estimate At Completion):** estimativa da quantidade de fundos necessários para financiar o projecto até à sua conclusão

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI_{\text{Acumulado}}} = 680.000 + \frac{440.000}{0,82} = 1.216.685 \text{ €}$$

**Estimativa para Conclusão (ETC – Estimate To Complete):** estimativa dos fundos necessários para concluir o que resta do projecto.

$$ETC = EAC - AC = \frac{BAC - EV}{CPI} = 517.647 \text{ €}$$

**Desvio na Conclusão (VAC – Variance At Completion):** diferença entre o orçamento na conclusão (BAC) e a estimativa de custo do projecto (ETC)

$$VAC = BAC - EAC = 1.000.000 - 1.216.685 = -216.685 \text{ €}$$

Em resumo, tendo em conta o historial de desempenho até ao momento, estima-se que o projecto irá custar 1.216.685€ (cerca de 21,7% a mais que o orçamento) e que, para financiar o trabalho remanescente sejam necessários ainda 517.647€. Por outro lado, ainda falta realizar trabalho no valor de 440.000€ (mais 240.000€ que o previsto no plano base, dado que se está a progredir a um ritmo mais lento que o estimado durante o planeamento do projecto).

Assim sendo, o cálculo da EAC deve-se basear não apenas no CPI, mas numa conjugação do CPI e do SPI.

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \times SPI} = 680.000 + \frac{440.000}{0,82 \times 0,70} = 1.446.551 \text{ €}$$

Este valor representa o pior caso para o projecto. Se acrescentarmos na *fig. 30* estes valores encontrados para as estimativas, ficamos com uma fotografia mais completa do projecto, conforme se representa na *fig. 31*.

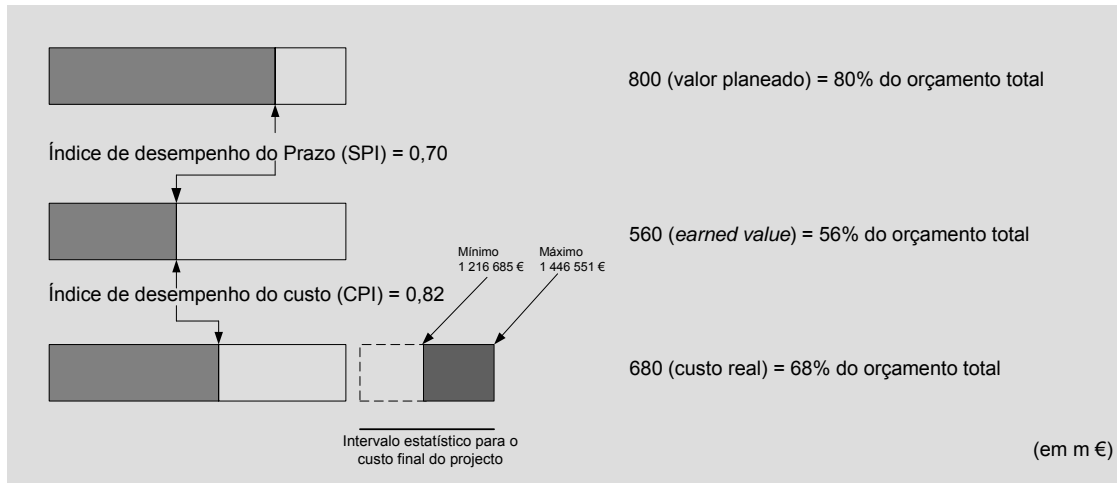


Fig. 31 – Projecção dos custos finais do projecto com base no desempenho actual

# 5

## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

### 5.1. SISTEMA DE GESTÃO DE EMPREITADAS BASEADO NO EVM

#### 5.1.1. DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo adoptado deve permitir gerar informação referente aos três dados fundamentais associados ao método EVM: *Budget Cost of Work Schedule* (BCWS), *Budget Cost of Work Performed* (BCWP) e *Actual Cost of Work Performed* (ACWP) e fornecer informações válidas sobre o estado dos trabalhos ao nível de custos e prazos. Adicionalmente, a montante da obtenção desses dados deverá permitir estruturar todos os procedimentos de planeamento e controlo de prazos que geram essa informação.

O BCWS representa a distribuição de custos prevista no programa de trabalhos base, efectuando-se a ligação entre o programa de trabalhos e o articulado de venda. Essa ligação deverá ser efectuada no início da obra.

O BCWP representa o valor gerado pelo trabalho executado até a um momento específico do projecto, é o “*Earned Value*” propriamente dito e pode ser obtido mensalmente ao efectuar a actualização do programa de trabalhos, com a introdução das quantidades executadas em cada artigo e das datas de início e tempo restante de cada actividade.

O ACWP corresponde aos custos reais da obra obtidos mensalmente através do balancete analítico ajustado já existente na empresa.

Com base nestes três valores pode ser aplicado um modelo de controlo de cada empreendimento com base no EVM (ver *fig. 32*). Pode dividir-se o método de controlo apresentado em três fases distintas:

- 1º. Integração do planeamento de prazos e custos;
- 2º. Actualização mensal do estado da obra e registo de custos;
- 3º. Obtenção de informação de controlo;

Desenvolve-se de seguida cada uma das fases apresentadas:

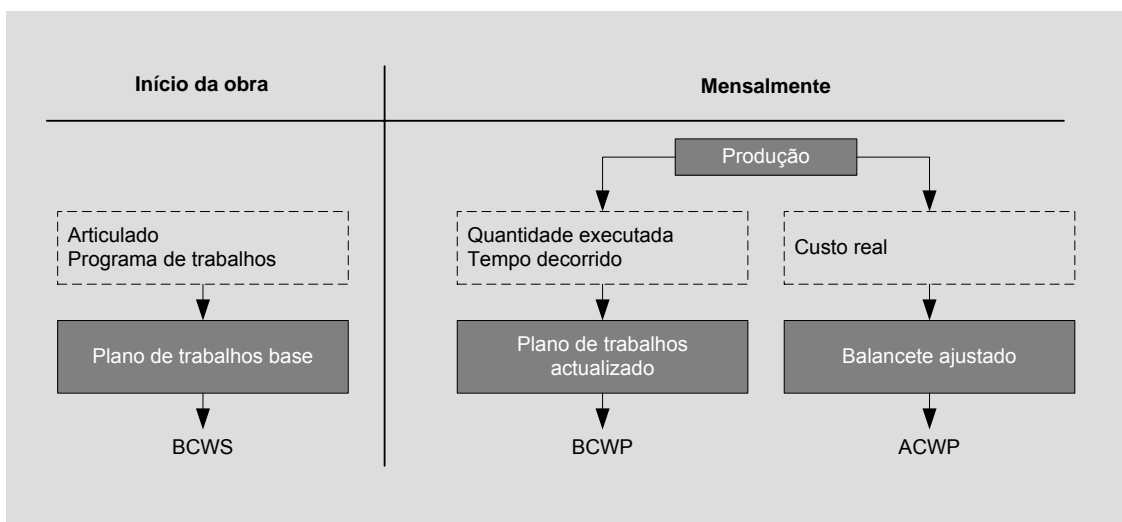


Fig. 32 – Obtenção da informação base do modelo de gestão baseado no EVM.

Apesar de o MSProject permitir realizar uma análise e controlo da *performance* das empreitadas recorrendo à técnica EVM, o software utilizado nas actualizações mensais e em todo o processo de controlo de custos é o CCS – Candy.

Este software tem um módulo de controlo de prazos denominado Planning *q* que permite a associação dos artigos do articulado às diferentes actividades e a sua representação num diagrama de Gantt à semelhança do que acontece no MSProject.

#### 5.1.2. ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA DE TRABALHOS

Cada actividade constituinte do plano de trabalhos é caracterizada por uma duração, introduzida sob a forma de data ou de dias de trabalho e pelo estabelecimento de relações de precedência com as outras actividades do plano de trabalhos. O programa de trabalhos é calendarizado através da aplicação do método do caminho crítico, podendo ser visualizado com o recurso aos diagramas de Gantt.

De uma forma geral podem resumir-se os procedimentos associados à elaboração de um programa de trabalhos para execução da obra de acordo com o esquema da *fig. 33*:

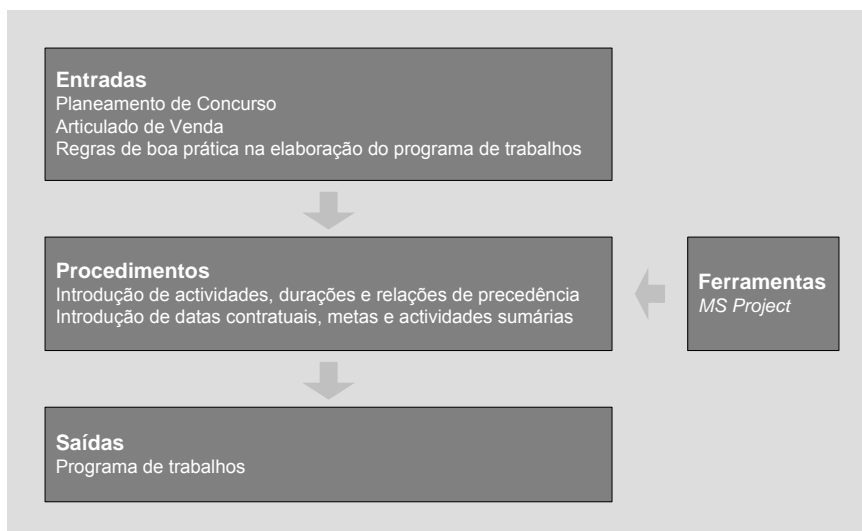


Fig. 33 – Resumo dos processos associados à elaboração de um Programa de Trabalhos

### 5.1.3. LIGAÇÃO DO PROGRAMA DE TRABALHOS AO ARTICULADO DE VENDA

Efectuar a ligação de forma adequada entre o planeamento físico da obra e os custos a ele associados é uma tarefa que exige coordenação entre os diferentes intervenientes. Necessariamente, a natureza das solicitações na execução de um orçamento conduz a que o articulado de venda seja elaborado fundamentalmente focando as quantidades e os preços de cada trabalho. Já ao nível do planeamento físico os factores tempo e espaço de execução são determinantes para a sequência da obra, sendo o conhecimento do custo de cada actividade geralmente negligenciado. Pode então concluir-se que devido a terem objectivos diferentes presentes na sua elaboração, a associação dos dois elementos pode ser difícil.

Com vista à criação de um PT que relacione prazo e custo, cada obra deverá preparar uma ficha de correlação actividade/artigo que contenha os seguintes elementos:

- Actividade;
- Artigos associados;
- Quantidades de cada artigo;
- Intervalo de tempo em que o artigo ocorre.

O preenchimento destas folhas deve ser feito na fase de reorçamentação, antes do arranque da obra. Deverá procurar-se coordenar as competências do técnico de planeamento e do director de obra, de forma a executar a ligação com base nas medições do projecto existente e nos conhecimentos relativos a natureza e sequência dos trabalhos a executar. Também deve ser feita a identificação de artigos/actividades não ligados ou com quantidades ainda por locar.

Esta correlação pode ser facilitada se existirem alguns cuidados na estruturação quer do articulado quer do programa de trabalhos e se forem seguidos os procedimentos apresentados de seguida.

A elaboração de um planeamento de prazos rigoroso e pormenorizado facilita grandemente o processo de integração que se pretende efectuar. Os erros ao nível do planeamento trazem inconvenientes para as diferentes fases de aplicação do EVM. No caso particular da ligação actividades/artigos, o grau de desagregação adoptado para as actividades deverá ser coerente com o adoptado para os artigos. Este tem de ser suficientemente pormenorizado ao ponto de permitir identificar inequivocamente quais os artigos a associar sem porém obrigar a dividir cada artigo por um número grande de actividades (ver *fig. 34*). É fundamental também que o programa de trabalhos englobe a totalidade dos trabalhos a executar, evitando a ligação de artigos a actividades com que não tenham uma correlação directa.

Ao nível do articulado do orçamento de venda existem três elementos fundamentais a ter em conta ao efectuar a ligação. Na fase de elaboração do articulado, sempre que possível, deverá adoptar-se uma divisão segundo as zonas físicas consideradas no programa de trabalhos. Uma vez que geralmente a base do articulado é elaborada pelo departamento comercial quando do processo de concurso, a realização deste objectivo está fortemente dependente de um bom planeamento de raiz elaborado nesse departamento, processo que é dificultado pelos reduzidos prazos existentes para a apresentação da proposta a concurso.

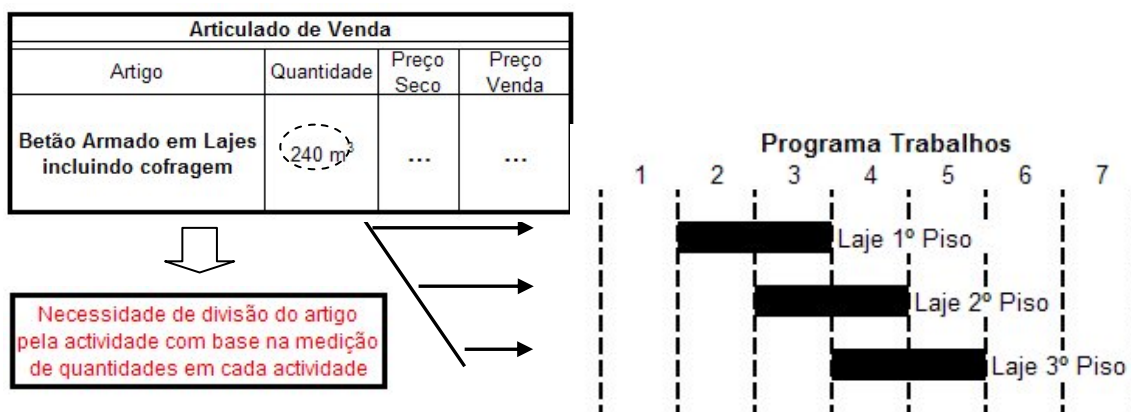


Fig. 34 – Divisão de um artigo por diversas actividades

Existem determinados artigos do articulado de venda que pelas suas características são difíceis de incluir numa qualquer actividade do programa de trabalhos. Estes correspondem geralmente a pequenos trabalhos, a produtos muito específicos, ou inversamente, a produtos de uso muito generalizado. É no entanto fundamental que se saiba onde estão locados esses artigos de forma a proceder à libertação dos seus custos no tempo correcto. Assim recomenda-se que todos os artigos que não tenham uma ligação directa com alguma das actividades do programa de trabalhos sejam incluídos numa actividade adicional denominada “Artigos Adicionais”. Essa actividade deverá ter a duração do projecto sendo cada um dos artigos associado no instante correspondente à sua ocorrência. Assim evita-se lançar o progresso nestes artigos de forma indevida, por estes estarem associados a actividades com as quais não têm qualquer relação.

Os artigos correspondentes ao que vulgarmente se denomina custos de estaleiro, por serem custos indirectos associados a elementos de apoio à execução de todo o empreendimento, não se relacionam com nenhuma actividade do programa de trabalhos. Deve então no programa de trabalhos ser criado um segundo grupo de actividades adicionais os quais são associados os custos correspondentes aos grupos de mão-de-obra, equipamentos, materiais e outros encargos presentes no estaleiro.

Existe um último cuidado a ter ao preparar a ligação entre o programa de trabalhos e o articulado de venda e que se prende com o factor tempo do projecto. É fundamental que os campos correspondentes à percentagem de início e de fim de cada artigo numa dada actividade sejam correctamente preenchidos. Adicionalmente deve existir o cuidado de cada artigo conter apenas recursos que ocorrem em simultâneo. Um artigo que contenha na sua constituição recursos a ocorrerem em instantes distintos não pode obviamente ser associado a um único instante em cada actividade onde ocorre. Nestas situações recomenda-se que o artigo seja dividido em dois ou mais, consoante a ocorrência temporal de cada um dos recursos que o constitui. Isto facilita também a libertação de custos nas naturezas correctas (ver *fig. 35*).

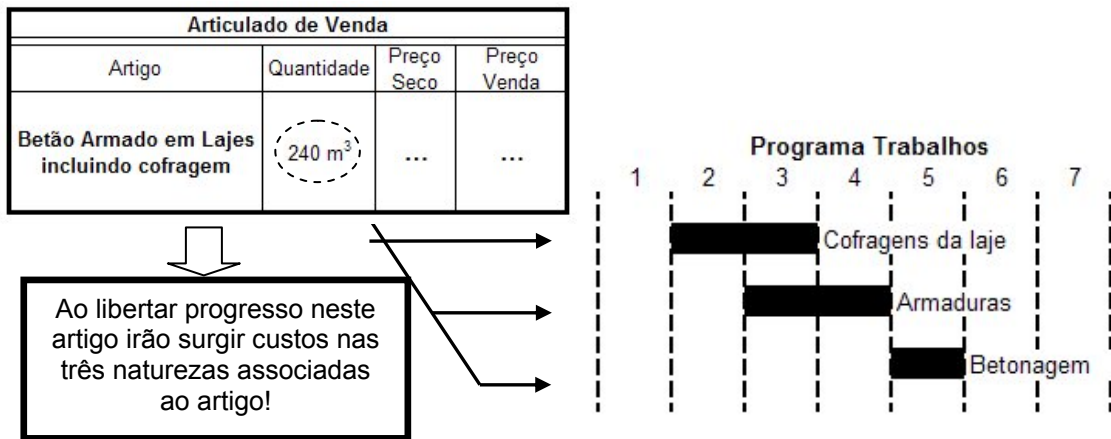


Fig. 35 – Divisão de um artigo por diversas actividades

De uma forma geral podem resumir-se os procedimentos associados à ligação de um programa de trabalhos ao articulado de venda de acordo com o esquema da *fig. 36*:

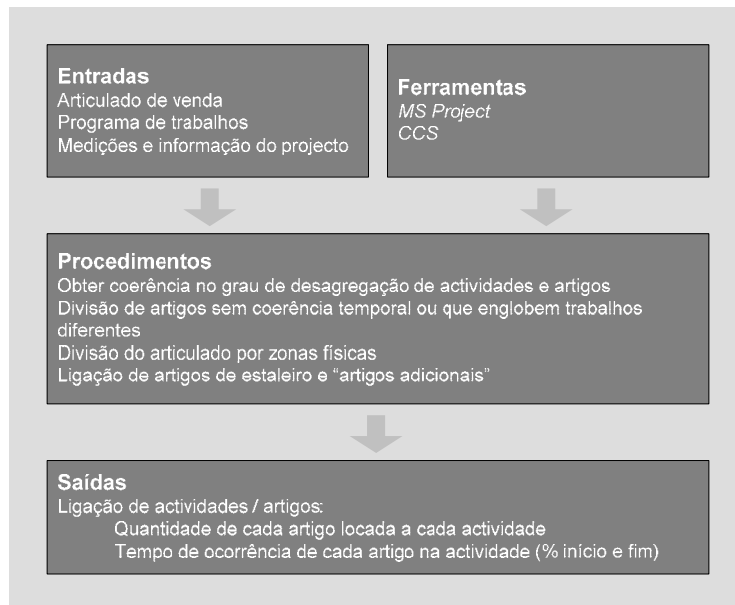


Fig. 36 – Procedimentos associados à ligação do articulado de venda ao Programa de Trabalhos

#### 5.1.4. ACTUALIZAÇÃO MENSAL DO ESTADO DA OBRA E REGISTO DE CUSTOS – INTRODUÇÃO DAS ALTERAÇÕES AO PROGRAMA DE TRABALHOS BASE

Define-se *baseline* de um projecto como “o plano base de execução, definido no início de um projecto, com dados referentes à calendarização das actividades, recursos, quantidades de trabalho e custos associados” [Christensen e Thayer, 2001].

Na execução de um empreendimento de construção surgem sempre situações que conduzem a alterações ao planeamento inicialmente realizado originando variações no custo e tempo despendidos. As alterações mais frequentes resultam de:

- Alteração de actividade do plano de trabalhos devido à adopção de processos construtivos diferentes do inicialmente previsto;
- Surgimento de trabalhos a mais ou a menos no projecto;
- Alteração das quantidades e/ou preços das fichas do articulado de venda;
- Alteração dos recursos associados a uma dada ficha do articulado de venda.

A forma como estas alterações são incorporadas na *baseline* do projecto é determinante para os resultados obtidos na aplicação do EVM, sobretudo ao nível da validade dos indicadores utilizados. Ao relativizar o BCWS alterando-o mensalmente, está-se a perder o referencial fixo contra o qual todo o projecto pode ser avaliado. Os indicadores calculados passam a ser válidos apenas para o mês em questão, não sendo comparáveis directamente com os meses anteriores, por se reportarem a BCWS diferentes. Também as estimativas de prazos e custos para a conclusão perdem validade, uma vez que os custos e a duração da *baseline* variam.

A situação é contudo incontornável uma vez que optando por não introduzir as alterações ao projecto se estaria a monitorizar uma situação inexistente. Alternativamente, a opção de se analisar cada alteração como um projecto separado é também desajustada na maioria dos casos, devido ao esforço necessário no processo.

Segundo a *Association for Project Management* “as alterações à *baseline* actual devem ser estritamente controladas de forma a manter uma base válida para a monitorização do projecto. Todas as alterações à *baseline* inicial devem ser documentadas e executadas em tempo oportuno de forma a manter um referencial base válido a que o projecto se referencia “.

No desenvolvimento do modelo surgiram duas abordagens alternativas para lidar com esta questão. Existia a hipótese de se actualizar mensalmente a *baseline* de acordo com as alterações verificadas ou optar por apenas efectuar uma actualização quando o grau de defasamento entre a *baseline* em termos de prazos ou custos fosse significativo. A segunda hipótese apresenta dois inconvenientes graves. Por um lado implica uma dificuldade adicional no apuramento dos custos, por haver a necessidade de distinguir entre os que se reportam a custos presentes na *baseline* e aos outros que dela ainda não constam. Adicionalmente, no desenvolvimento do método constatou-se que grande parte (senão todos!) os processos associados ao controlo económico deveriam ser mantidos para garantir um funcionamento eficaz do modelo. Uma vez que este controlo é efectuado mensalmente, não existe verdadeiramente um acréscimo de esforço na actualização mensal da *baseline*, uma vez que toda a parte correspondente à alteração de artigos do articulado (preços, quantidades) é coincidente com o processo actual.

Assim optou-se por proceder a uma alteração mensal da *baseline* que incluía as situações acima referidas. Como forma de, de um mês para o outro, se identificar o grau de variação da *baseline* e as repercussões nos indicadores optou-se por criar alguns indicadores de variação que serão apresentados mais à frente.

De uma forma geral podem resumir-se os procedimentos associados à “actualização” do programa de trabalhos base de acordo com a *fig. 37*:

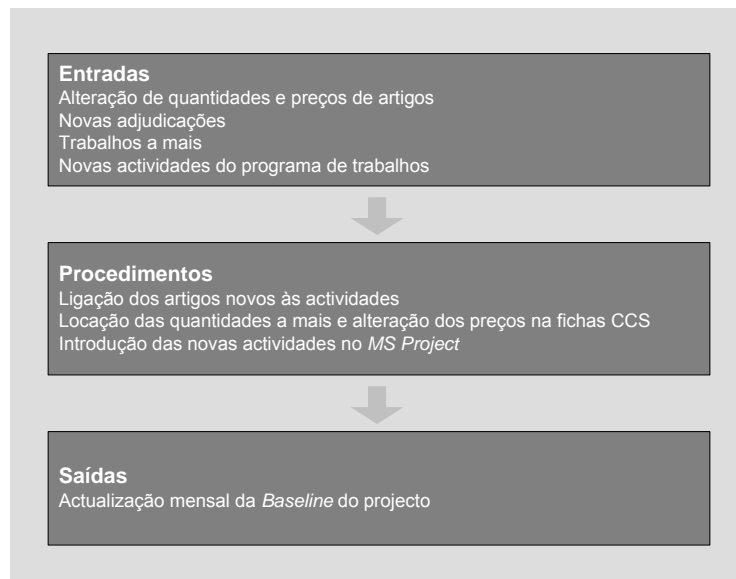


Fig. 37 – Procedimentos associados à actualização mensal da *baseline* do PT

Após efectuadas as alterações à *baseline* deverá efectuar-se a actualização do programa de trabalhos, registando as datas de início e o progresso efectuado nas actividades em curso. Pretende-se que esta actualização seja efectuada mensalmente pelo director de obra, que deverá compilar informação de forma a introduzir o progresso mensal do projecto.

A actualização mensal tem de ser efectuada em duas fases diferentes: introdução do progresso das actividades face à calendarização base; determinação das quantidades efectivamente efectuadas. A primeira fase refere-se a introdução dos parâmetros relacionados com o factor tempo do projecto e a segunda com o factor quantidade.

#### 5.1.5. INTRODUÇÃO DO PROGRESSO DAS ACTIVIDADES

A determinação do estado actual de cada actividade é efectuado através do registo da sua data real de início e da introdução da percentagem executada. Obviamente apenas se regista progresso nas actividades em execução ou naquelas que já foram concluídas.

De uma forma geral podem resumir-se os procedimentos associados à introdução de progresso nas actividades do programa de trabalhos de acordo com a *fig. 38*:

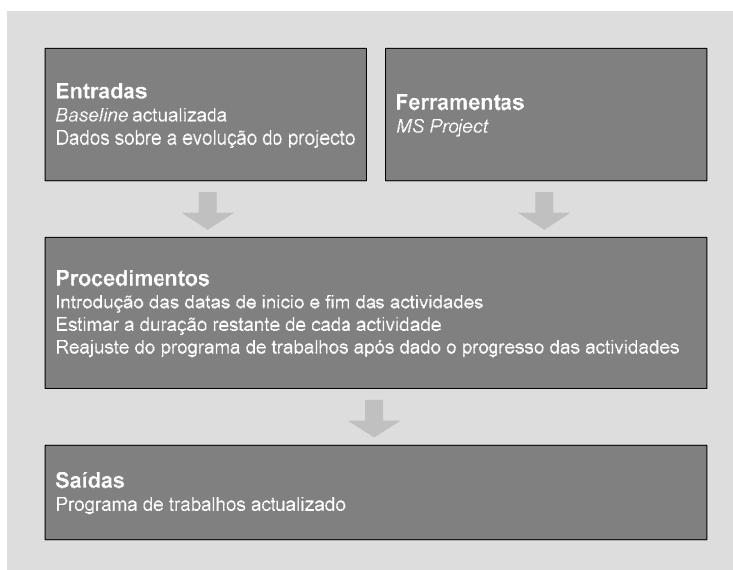


Fig. 38 – Procedimentos associados à actualização do PT

#### 5.1.6. DETERMINAÇÃO DAS QUANTIDADES DE TRABALHO PRODUZIDAS

Neste ponto existem duas formas de proceder distintas que se pretende avaliar com as aplicações práticas. A determinação das quantidades trabalho executadas pode ser efectuada artigo a artigo, conforme o processo actual ou baseando-se no progresso efectuado em cada actividade

A determinação das quantidades executadas com base no progresso das actividades apresenta a vantagem de requerer menos trabalho na determinação das quantidades executadas. Tem contudo dois inconvenientes principais que se pretende avaliar. Em primeiro lugar para o processo ser aplicável é essencial um bom ajustamento entre o articulado e o programa de trabalhos. Caso isto não se verifique e existam artigos indevidamente associados a actividades (quer em termos de tempo, quantidade ou da ligação propriamente dita), serão libertados custos indevidamente nas actividades. Adicionalmente, as estimativas do tempo restante podem não ter um paralelismo directo com as quantidades a executar, como seja o caso de se considerarem quebras de rendimento ou interrupções.

Alternativamente, pode optar-se efectuar medições mensais da obra, se possível coordenadas com as medições efectuadas para o dono de obra ou subempreiteiros, de forma a obter dados o mais exactos possível sobre a produção da obra.

Com base nesta informação é possível obter novas estimativas de custos considerando agora a produção realizada e o tempo decorrido para cada actividade.

## 5.1.5. RESUMO

No desenvolvimento da metodologia apresentada procurou-se estabelecer uma ligação adequada entre a implementação de inovações e as práticas correntes, de forma a combater a resistência à mudança e incentivar a sua aplicação.

Não se pretende uma substituição ou mudança radical do método de planeamento e controlo e custos em vigor na empresa, mas sim a evolução e melhoria dos procedimentos existentes.

Na tabela seguinte estão descritos as ferramentas propostas, bem como a sua constituição e função:

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO
Mapa Controlo Quantidades e Custos	Actualização informação Obra > Planeamento	- Actualização de preços e quantidades - Identificar e quantificar novas actividades
Relatório Económico Empreitada	Resumo da actualização económica mensal da obra	- Evolução CI - Registo alterações planeamento - Análise de desvios
Indicadores Medição Desempenho	Avaliação da <i>performance</i> da empreitada	- Avaliação da obra - Identificação de problemas - Previsão Resultado Final

Tabela 5 – Resumo das ferramentas propostas



# 6

## CONCLUSÕES

Este capítulo pretende sintetizar e resumir os aspectos essenciais das conclusões da investigação e sugerir recomendações para futuros trabalhos nesta área de conhecimento.

A exposição dos resultados desta pesquisa é também a descrição do processo aprendizagem pessoal do autor do trabalho, relativamente a toda a problemática *lean construction*.

### 6.1. LEAN CONSTRUCTION E GESTÃO ECONÓMICA DE EMPREITADAS

Com base na revisão bibliográfica e nos resultados obtidos ao longo do trabalho são apresentadas as principais conclusões relativas à filosofia *Lean Construction* aplicada à Gestão Económica de Empreitadas.

A filosofia *lean* nasceu na indústria como forma de minimizar os desperdícios durante o processo de produção, reduzindo as actividades que não agregam valor ao produto final. Embora existam diferenças significativas entre o ambiente industrial e o ambiente da construção, as investigações até agora realizadas mostram que as oportunidades de aplicação da filosofia *lean* na construção podem trazer ganhos significativos ao sector.

A *Lean Construction* deve ser encarada como uma nova forma de melhorar o sistema de produção, garantir a satisfação do cliente e aumentar a competitividade das empresas. Os principais benefícios de aplicação da *Lean Construction* traduzem-se na diminuição dos custos final e de gestão e na diminuição da necessidade de repetições de trabalho.

A aplicação de alguns dos princípios da filosofia *Lean Construction* ao método de Planeamento e Controlo de Custos resultou, no caso em estudo, na criação de uma série de ferramentas que permitem uma maior sistematização e identificação de indicadores de desempenho económico-financeiros das empreitadas, que permitam atempadamente, se for caso disso, corrigir eventuais desvios devidos a erros no planeamento ou situações imprevistas ao longo da empreitada.

Para além do controlo e actualização da previsão para final da *performance* económica da empreitada, pela aplicação dos princípios fundamentais da filosofia *lean* desenvolveu-se uma ferramenta (Mapa de Controlo de Quantidades e Custos), cuja função é garantir um registo contínuo das alterações efectuadas ao articulado no decorrer da empreitada e assim possibilitar, a qualquer altura, a consulta dessas alterações por parte do Dep. de Planeamento, Produção, Orçamentação, etc.

## **6.2. CONDICIONANTES DE APLICAÇÃO**

Da avaliação de algumas obras da empresa em estudo pode constatar-se que existem diferentes métodos de planeamento e controlo do programa de trabalhos. A escolha do método a adoptar está fundamentalmente dependente do grau de definição e da variabilidade da informação referente ao projecto a executar.

Na prática, generalizou-se a utilização do MSProject como o software de apoio à actividade de planeamento e controlo de prazos da empresa. Contudo, dada a grande variabilidade a que os programas de trabalhos estão sujeitos, a utilização do software de planeamento deixa de ser entendida como uma ferramenta de planeamento para passar a ser uma simples forma de apresentar a calendarização actual das diferentes actividades que facilite a comunicação entre os diferentes intervenientes da obra, sobretudo entre a empresa e o dono de obra.

Da análise aos diferentes planos de trabalho identificaram-se os seguintes problemas:

Ao nível do programa de trabalhos:

- Erros na organização do programa de trabalhos, com actividades fora de sequência;
- Grande disparidade na duração das actividades, enunciando graus de divisão diferentes;
- Não inclusão de forma explícita dos recursos no planeamento;
- Necessidade de individualização dos trabalhos correspondentes a subempreitadas integrais;
- Não inclusão de datas chave e programas de aprovisionamentos no planeamento inicial.

Ao nível da actualização do programa de trabalhos:

- Diferentes frequências de actualização do programa de trabalhos em cada obra;
- Actualização deficiente das quantidades executadas;
- Informação dispersa pelo Director de Obra e Encarregados – pouco conhecimento daquilo que correu mal e porquê.

## 6.2.1. SOFTWARE UTILIZADO

Neste sentido, relativamente ao software utilizado, colocam-se dois inconvenientes fundamentais que se relacionam, por um lado, com a dificuldade de tornar o software CCS (Candy/Planning) uma ferramenta utilizada directamente pelo director de obra e, por outro, com a impossibilidade de se conceber de raiz um programa de trabalhos estruturado que permita facilitar a coordenação com o articulado de venda.

Desta forma, constatou-se que, após o arranque das empreitadas, não existia disponibilidade por parte dos directores de obra para terem formação em CCS, sendo por isso impossível utilizar esta ferramenta no acompanhamento regular de cada empreendimento. Por outro lado, a execução de um novo programa de trabalhos para cada empreendimento não foi exequível, uma vez que os programas existentes já estavam amplamente difundidos por cada uma das equipas de trabalho, sendo também utilizados na comunicação com os donos de obra e equipas de fiscalização.

Neste contexto, optou-se por manter em obra os programas de trabalho iniciais, executados em MSProject, sendo o acompanhamento em Planning efectuado no departamento de planeamento e controlo. Para tal, procedeu-se à conversão do planeamento em MSProject num programa de trabalhos em Planning e à sua posterior actualização com base nos balizamentos enviados mensalmente por cada obra. Este procedimento tem como inconveniente obrigar a compatibilizar dois softwares com abordagens distintas em alguns pontos da execução do programa de trabalhos e na sua posterior actualização (ver *fig. 39*).

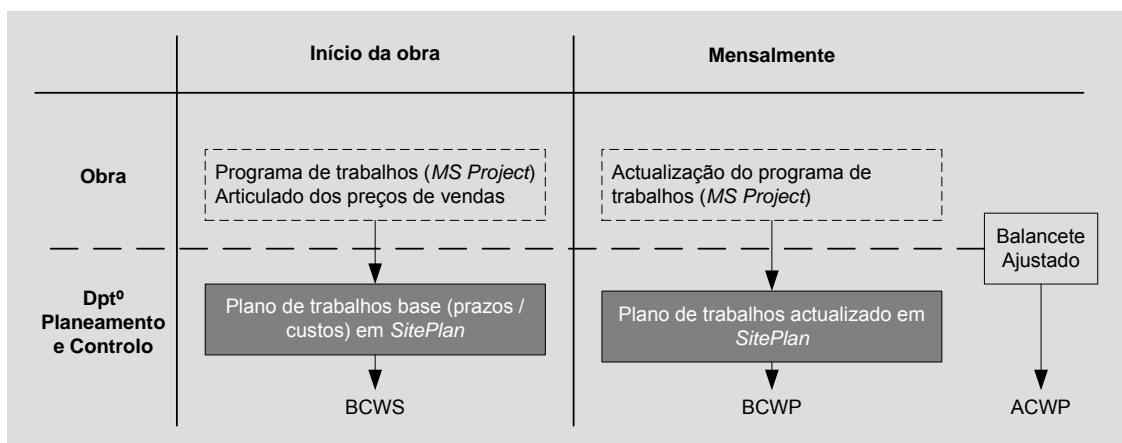


Fig. 39 – Alterações de procedimento resultantes da utilização do MSProject em obra

De facto, existe a possibilidade de efectuar uma exportação de programas de trabalhos elaborados em MSProject para Planning através da conversão do ficheiro MPD (*Microsoft Project Document*) num formato CSV (*Comma Separated Values*) e posterior importação deste ficheiro para o Planning.

Não obstante, esta exportação não é muito eficaz, sendo apenas possível converter com rigor a informação referente ao nome, sequência e duração de cada actividade e os diferentes níveis (e designação) das actividades sumárias. Toda a informação relativa às relações de precedência, apesar de ser exportada, não é muito fiável, uma vez que os programas têm lógicas diferentes.

Quase todas as relações de precedência existentes em MSProject podem ser executadas em Planning de duas maneiras distintas. Em contrapartida as relações do tipo “*Start-Finish*” não têm correspondência em Planning. Apesar de existir um algoritmo de conversão que associa a cada relação de precedência em MSProject um e um só tipo de precedência em Planning, surgem frequentemente erros na exportação devido aos dois factos referidos, comprometendo a veracidade do programa de trabalhos exportado. Adicionalmente, pelo facto de não ser possível efectuar em Planning relações de precedência com actividades sumárias, leva a que todas as ligações desse tipo existentes em MSProject sejam ignoradas na exportação, introduzindo um factor adicional de erro.

Assim, para cada um dos programas de trabalho houve a necessidade de refazer todas as ligações entre actividades, o que se revelou um trabalho muito moroso. Adicionalmente, como as relações de precedências permitidas em cada um dos programas não são directamente equivalentes constatou-se ser impossível ter dois programas de trabalhos exactamente equivalentes.

Este facto condiciona muito a utilização do Candy com software base para a implementação do EVM, uma vez que é impensável a utilização de um programa que não seja totalmente compatível com o MSProject, sendo este o formato mais difundido entre os diferentes intervenientes num empreendimento e que geralmente é requerido para a elaboração de programas de trabalho para o dono de obra.

Importa ainda mencionar que até à data ainda não foi apresentada uma solução para esta questão por parte da empresa fornecedora do software CCS.

#### 6.2.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DE CADA ACTIVIDADE

A associação entre as actividades do programa de trabalhos e os artigos do articulado de venda pode ser uma tarefa difícil. Mas, nos casos em que existam medições pormenorizadas da obra a tarefa fica bastante simplificada.

Contudo, caso o projecto não esteja bem definido esta ligação poderá demorar bastante mais tempo e ser um impedimento à aplicação do método, pelo que torna-se necessário criar um método simples mas rigoroso que permita identificar os custos de cada actividade obviando eventuais erros e imprecisões.

No caso em estudo, e de forma a ser possível continuar a utilizar as mesmas ferramentas informáticas propõe-se a utilização do CCS para orçamentação e controlo de custos e o MSProject para planeamento físico de tarefas.

Para que seja possível a utilização dos 2 softwares em simultâneo e de uma forma integrada, devem ser respeitadas algumas regras, nomeadamente:

- A cada actividade representada no MSProject deve corresponder um único capítulo do articulado em CCS;
- Os custos indirectos (Custos Estaleiros, Encargos Contratuais, etc.) devem estar identificados numa única actividade, com a duração total da empreitada;
- Qualquer alteração / actualização no planeamento das tarefas em MSProject implica a alteração correlativa do CCS.

### 6.3. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDIÇÃO DO VALOR GANHO

#### 6.3.1. ESTIMATIVAS DA PERCENTAGEM CONCLUÍDA

Este método permite que sejam feitas estimativas da percentagem de trabalho concluído, num dado período, pelas pessoas encarregues de um dado pacote de trabalho. Para facilitar a gestão do processo, essas estimativas são geralmente expressas como um valor acumulado relativamente ao valor total (100%) do pacote de trabalho.

São estimativas com uma forte base subjectiva, isto é, baseadas na opinião pessoal e profissional de quem as faz. Por isso, se alguém quiser distorcer o valor ganho reclamando mais valor do que realmente se realizou, este método possibilita, com certa facilidade, essa situação.

Ao longo dos anos, este método foi ganhando maior aceitação em muitas indústrias e domínios de aplicação, por um motivo simples: é o mais fácil de gerir de todos os métodos. No entanto, é o mais susceptível a pressões da gestão de topo e a alterações individuais.

#### 6.3.2. MARCOS PONDERADOS

Este método funciona bem e é tipicamente utilizado quando os pacotes de trabalho individuais excedem um período de duração estabelecido, eventualmente durando semanas ou meses. Os pacotes de trabalho de longa duração são convertidos em marcos objectivos, de modo a reflectirem divisões finitas do trabalho, no mínimo uma em cada período a ser medido.

A cada marco é atribuído um orçamento específico, o qual é ganho no momento de conclusão do evento. O orçamento total do pacote de trabalho é dividido tendo como base o valor ponderado atribuído a cada marco.

Este método é muito usado na medição do desempenho, embora seja o mais difícil de planejar inicialmente e depois de gerir. A sua implementação eficaz requer uma estreita relação de trabalho entre os diversos gestores de pacotes de trabalho, o planeamento e os responsáveis pela estimativa dos recursos necessários, para se poderem estabelecer marcos significativos para todo o trabalho.

#### 6.4. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo desenvolvido permitiu uma maior compreensão da filosofia *lean*, relacionando-a com os processos de planeamento e controlo de custos no caso em estudo. A análise efectuada à empresa permitiu aferir sobre a potencialidade de aplicação dos princípios *lean*, através do levantamento dos problemas reais enfrentados pelos técnicos de planeamento.

Verificou-se alguma unanimidade relativamente à necessidade de melhoria dos procedimentos implementados. Constatou-se ainda, que não é dispensada a devida atenção ao controlo do planeamento físico da obra e que a atenção está voltada essencialmente para o controlo de custos. Desta forma, o diagnóstico inicial efectuado na empresa orientou a pesquisa para o estudo de novas ferramentas de planeamento e controlo.

Deve salientar-se que se a necessidade de melhorar o planeamento e o controlo da construção foi identificada na maior e mais rentável empresa de construção portuguesa, então será ainda mais urgente nas restantes empresas do país.

Uma das principais dificuldades de aplicação da *Lean Construction* reside no facto de esta exigir um trabalho de melhoria contínua e não a aplicação de um conjunto rígido de regras ou procedimentos. Qualquer metodologia formulada para a introdução da filosofia *lean* em empresas de construção, deve ser entendida como um projecto dinâmico e inacabado, com a necessidade de constantes adaptações e melhorias.

No desenvolvimento deste trabalho foram encontradas algumas lacunas, que poderão ser encaradas como oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- Explorar a implementação dos princípios da *Lean Construction* na construção em Portugal;
- Estudar as mudanças no comportamento dos gestores da construção perante a introdução dos princípios *Lean Construction*;
- Desenvolver ou pesquisar ferramentas informáticas existentes no mercado que permitam o controlo integrado de prazos e custos.

## BIBLIOGRAFIA

ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. & ALVES, Thaís C.L., (2000) “*Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*”, SEBRAE/RS, Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5., Porto Alegre

KOSKELA, L., (1992) “*Application of the new production philosophy to construction*”, CIFE, Technical Report N° 72., Stanford – EUA

BERNARDES, M., (2003) “*Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil*”, LTC

ANTÓNIO MIGUEL, (2006) “*Gestão Moderna de Projectos – Melhores Técnicas e Práticas*”, FCA

J. R. NAVAS MARTÍN, (2008) “*Engenharia de Gestão de Projectos*”, FCA

Association for Project Management (APM), (2002) “*Earned Value Management- APM Guideline for the UK*”

Weaver, P., (2004) “*An introduction to Earned Value Performance Management*”, documento online ([www.mosaicprojects.com.au](http://www.mosaicprojects.com.au)), Novembro de 2007

<http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/benchmarking/>, Novembro de 2007