

# LINHA DE BALANÇO - UMA NOVA ABORDAGEM AO PLANEAMENTO E CONTROLO DAS ACTIVIDADES DA CONSTRUÇÃO

*LINE OF BALANCE - A NEW APPROACH TO SCHEDULE AND CONTROL OF CONSTRUCTION ACTIVITIES*



**ANDRÉ MONTEIRO**  
*Investigador*  
SIGABIM, FEUP  
[agcm@fe.up.pt](mailto:agcm@fe.up.pt)



**JOÃO POÇAS MARTINS**  
*Professor Auxiliar*  
GEQUALTEC, FEUP  
[jppm@fe.up.pt](mailto:jppm@fe.up.pt)

---

## Resumo

O planeamento da execução dos trabalhos de construção é uma tarefa delicada. Sendo a construção um encadeamento sucessivo de tarefas, é importante articulá-las da melhor forma possível de modo a assegurar a eficiência e fluidez dos processos. Trata-se, no entanto, de uma tarefa bastante complicada dada a alta imprevisibilidade associada à construção, quer a nível dos produtos, pelo carácter singular que ostentam, quer a nível dos procedimentos, onde se verifica uma fragmentação considerável entre as várias equipas que actuam sobre a obra.

A técnica da Linha de Balanço foi recuperada nos últimos tempos para procurar dar resposta à necessidade de métodos de planeamento e controlo de produção mais flexíveis. Integrada com inovadoras metodologias de planeamento e controlo Lean, a nova arquitectura de processos que envolve a Linha de Balanço apoia-se na ligação com sistemas de informação, nomeadamente aplicações Building Information Modeling (BIM).

Neste artigo de revisão do estado da arte é apresentada a técnica da Linha de Balanço, são comparadas, são distinguidas as metodologias baseadas em Linha de Balanço das metodologias CPM baseadas em gráficos Gantt, e é discutida a interação entre as ferramentas de planeamento e os modelos BIM.

**Palavras-chave:** Linha de Balanço - LOB, Planeamento Baseado em Localizações, Lean, BIM

---

## Abstract

Planning and scheduling of construction activities is a complex task. The correct and rational linkage between construction activities is an indispensable requirement to assure the fluidity and efficiency of the construction process. However, to develop a reliable and accurate schedule is very hard, mainly due to the high unpredictability associated with the construction process, given, among other reasons, the singularity of each product and the lack of teamwork between different construction teams from different domains.

Having been recovered from early 20th century, the Line of Balance (LOB) technique is seen as an answer to the need for more flexible production planning and control methods. The recently developed innovative methodology to apply the Line of Balance technique involves a comprehensive system that relies on Lean methods and BIM applications.

In this general review article, the Line of Balance technique is presented and a comparison between LOB-based methods and CPM-based Gantt charts is made. The interaction between scheduling tools and BIM models is also subject of discussion.

**Keywords:** Line of Balance - LOB, Location Based Planning, Lean, BIM

---

## 1. Introdução

A optimização completa de um planeamento de trabalhos é uma tarefa quase impossível [8]. Este pressuposto fundamental do planeamento de trabalhos na construção justifica-se pela grande diversidade de factores que influenciam uma obra, a muitos dos quais se associa um elevado grau de incerteza. Certos factores, como por exemplo, acidentes de trabalho, avarias ou condições atmosféricas inesperadas, entre outros, são imprevisíveis, no entanto, a maioria dos factores de incerteza fica a dever-se a factores humanos resultantes de uma deficiente gestão do tempo e dos recursos. Um estudo sueco englobando sete projectos retrata bem este paradigma [20], tendo-se chegado a percentagens na ordem dos 35% do tempo total de obra despendido na correcção de erros, atrasos, desperdícios, reconstrução, etc.

Actualmente, na elaboração do planeamento da obra, a generalidade das equipas de direcção de obra procede à simples indexação no tempo das actividades de construção obtidas com base no articulado. Para tal, a aposta principal, nas últimas décadas, tem incidido sobre o Método do Caminho Crítico (CPM) materializado em gráficos de barras (Gantt) [19]. Sendo um método muito popular no meio técnico, tem no entanto sido alvo de críticas por parte de vários autores, por se revelar bastante limitado [6,13,19,27,31].

O aparecimento dos modelos tridimensionais de informação integrada - Building Information Modeling (BIM) - motivou uma nova abordagem ao planeamento das actividades da construção, o 4D BIM, isto é, a associação da variável tempo, materializada nas actividades de construção, a elementos de um modelo 3D "inteligente" [25]. Deste modo, pretende-se simular graficamente a sequência das operações de construção por meio de visualizações 4D, obtendo-se representações mais simples do desenvolvimento do projecto, tornando o processo mais acessível aos participantes da obra, independentemente do nível de conhecimento e experiência [10].

Embora o 4D BIM seja visto como uma abordagem ao planeamento mais útil e eficaz que a tradicional [9,17], não se tem registado uma adopção generalizada [34].

Entretanto, nos últimos anos, uma nova filosofia de planeamento baseada em localizações, e não em actividades como o CPM [19], vem ganhando força ao mesmo tempo que é desenvolvida uma ferramenta informática para aplicar o método.

As mais recentes aplicações informáticas da metodologia de planeamento baseado em localizações adoptam uma abordagem social e processual com base em filosofias Lean, das quais se destaca o Last Planner System, e uma aplicação prática com base na Linha de Balanço (LOB), a mais bem sucedida aplicação gráfica do planeamento baseado em localizações. Entre outras funcionalidades, os gráficos LOB permitem identificar rapidamente a localização das equipas de trabalho para uma determinada data, o intervalo de tempo que separa as diferentes equipas de produção e os seus ritmos de trabalho [13].

## 2. Retrospectiva histórica

A Linha de Balanço é uma técnica bastante antiga. Os primeiros registos encontrados da aplicação desta técnica remontam para o início dos anos 30 durante a construção do Empire State Building em Nova Iorque, EUA. O planeamento das actividades seguiu uma filosofia de produção em linha de montagem contínua e alinhada. O piso era a unidade de controlo. As quantidades nos locais eram monitorizadas diariamente e as equipas de trabalho verificadas três vezes por dia para assegurar que se encontravam no local certo, o que revela bem a ênfase dada ao controlo da produção. O sistema funcionou de tal maneira que um edifício desta envergadura, com 102 andares, levou apenas 18 meses a ser concluído. Apesar das devidas diferenças a nível de segurança e na assemblagem da estrutura metálica, ainda hoje é difícil atingir níveis de performance tão elevados.

Desde os anos 40 que têm surgido várias variantes da Linha de Balanço, incluindo [14,29,30,32]: Flowline, Construction Planning Technique, Vertical Production Method, Time-Location Matrix Model, Time-Space Scheduling Method, Disturbance Scheduling, Velocity Diagrams, Linear Scheduling Method, Repetitive Project Model e Horizontal and Vertical Scheduling Logic for Multi-Story Projects.

A formalização conceptual da técnica foi realizada mais tarde, nos anos 40, no âmbito da aplicação à indústria naval americana, onde o objectivo era obter um meio de avaliar o ritmo do fluxo das linhas de produção em massa.

Na construção, são poucos os registos da aplicação da Linha de Balanço e suas variantes, com diversos autores [4,24,30] a apontarem a resistência à mudança e à adopção de novas tecnologias na indústria da construção, assim como a falta de software de aplicação do método, como os principais motivos.

### 3. Planeamentos baseados em actividades

Na concepção do planeamento das actividades da construção, os métodos mais frequentes baseiam-se numa estrutura dividida por actividades. Por actividades entende-se os trabalhos de execução de cada elemento construtivo.

#### 3.1. Método do caminho crítico (CPM)

O método do caminho crítico (CPM) é a técnica mais comum para organizar planeamentos desta natureza. Trata-se de um simples processo de encadeamento de actividades, onde é estabelecida a sucessão lógica e especificadas as relações de dependência entre as actividades. Habitualmente, a representação gráfica da aplicação do método é feita com base num gráfico de Gantt ou gráfico de barras cuja unidade de medida é simplesmente o tempo.

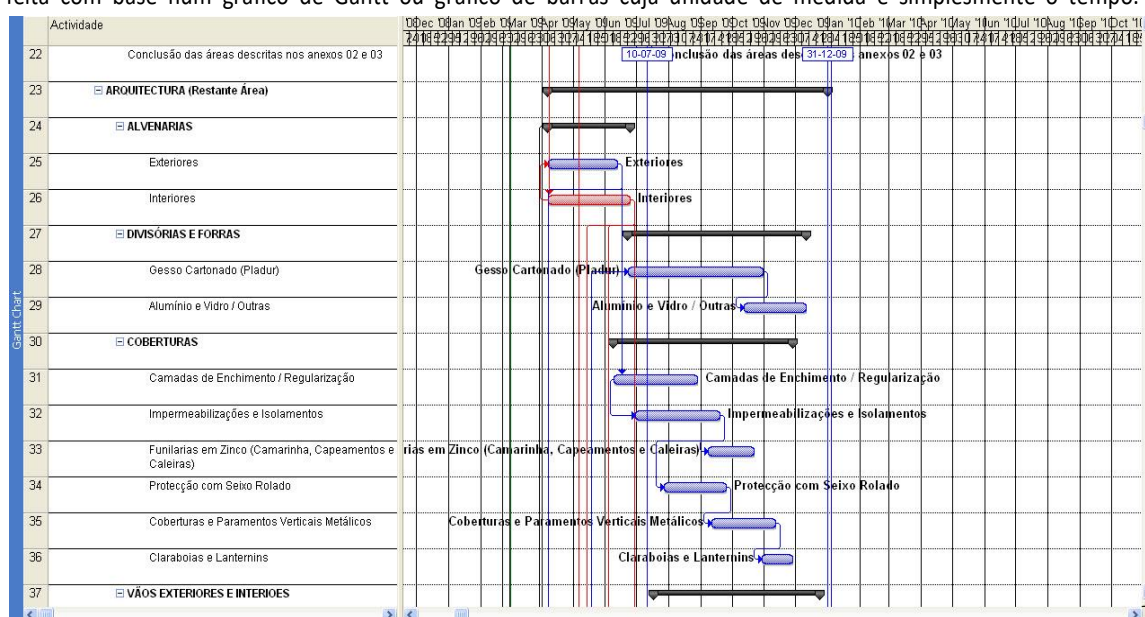


Fig. 1 - Método do caminho crítico representado num gráfico de barras.

Os gráficos de Gantt são actualmente o padrão da indústria na representação de planeamentos de actividades. As tarefas são dispostas em função do tempo de forma directa o que torna a leitura bastante simples. Por outro lado, podem ainda ser relacionadas mais informações, incluindo variadas escalas temporais, disponibilidade de recursos, custos por quantidade, entre outras. Os gráficos são contudo omissos na representação de localizações, na representação da continuidade das tarefas, na visualização de dependências, na optimização do programa, na movimentação das equipas e na percepção completa da obra.

A simplicidade da técnica é um dos factores que torna o CPM apelativo, no entanto, certos aspectos são tidos como pressupostos e outros são desconsiderados para que o resultado seja mais elementar. O processo de planeamento foca-se sobretudo na divisão das actividades, sendo o fluxo de trabalho e a gestão da cadeia de fornecimento pressupostos tidos como garantidos [19], ou seja, o método toma o pressuposto de que as actividades da construção do planeamento correspondem à forma como o fluxo de trabalho da construção se processa [11]. Por outras palavras, com o CPM são desconsiderados os aspectos espaciais, os ritmos de produção e a passagem entre actividades. Por outro lado, o processo desenvolve-se ao contrário do que seria mais indicado na medida em que se parte das plantas para identificar os trabalhos no CPM [19], limitando deste modo a identificação de potenciais erros ou possíveis optimizações e tornando o processo susceptível a diferentes interpretações.

### 3.2. 4D BIM

BIM ou Building Information Modeling representa o conceito de modelação e integração de grande parte da informação de projecto num modelo virtual tridimensional do edifício. O conceito vem ganhando cada vez maior popularidade à medida que as empresas de software apostam no desenvolvimento de modelos cada vez mais completos e robustos, e dedicam um esforço cada vez mais significativo na divulgação e promoção dos seus produtos.

Um dos vectores de desenvolvimento nas ferramentas BIM standard é a introdução da dimensão tempo nos seus modelos. Em termos da produção na construção, esta dimensão pode ser vista na perspectiva de um planeamento de actividades. Através da integração deste tipo de funcionalidade num modelo tridimensional BIM, surge o 4D BIM.

Os modelos 4D BIM trazem uma nova abordagem ao planeamento e controlo de obra. Sendo considerada uma abordagem superior aos métodos mais tradicionais [5], é ao nível da visualização que se registam as melhorias mais significativas, com os modelos 4D BIM a contribuírem para a clarificação da sequência de construção e para a diminuição da ambiguidade na percepção de constrangimentos espaciais. A exploração de cenários "what-if" antes da execução dos trabalhos, isto é, a experimentação de diversas soluções, é outra aplicação possível para a funcionalidade 4D [19].

O 4D BIM tem sido utilizado por projectistas, engenheiros e equipas de direcção técnica de obra para analisar e visualizar projectos como forma de apoio à decisão, na análise de viabilidade do projecto e nas operações de construção [12], para desenvolver estimativas e gerir recursos [3,28], e para comunicar e colaborar com clientes e outros stakeholders [21,26]. Possíveis aplicações do 4D BIM em estudo incluem a optimização de layouts de estaleiro [36], a optimização logística e espacial do estaleiro [2,17], a avaliação de várias alternativas de calendarização de tarefas [33], e a formação de trabalhadores e planeadores inexperientes [27].

A implementação do 4D BIM é objecto de análise em [7,15,16,22]. Em vários estudos [15,25,35] argumenta-se que é possível obter benefícios significativos em termos de tempo e custos através da utilização sistemática de modelos 4D BIM. A eliminação de buracos na ponte entre técnica e conhecimento entre os trabalhadores, o aumento do controlo de custos, a detecção de conflitos espaço-temporais e a diminuição das taxas de reconstrução e de RFIs são outros possíveis benefícios reportados [24].

Das aplicações descritas, algumas representam benefícios comprovados enquanto outras descrevem potenciais aplicações vantajosas, no entanto, o 4D BIM não é uma funcionalidade perfeita, pelo que existem algumas contrariedades relacionadas com a utilização deste tipo de modelos. Segundo a definição adoptada até agora, um 4D BIM não é mais do que um BIM standard - ou 3D BIM - mais o método CPM, o que significa que como os modelos BIM standard se processam à volta de actividades discretas, também os modelos 4D não irão produzir informação sobre localizações, isto é, informação sobre a configuração espacial do projecto [25]. Assim, um modelo 4D é utilizado sobretudo como ferramenta de visualização e comunicação essencialmente a nível macro, isto é, para assinalar o trabalho já realizado e o que se encontra por fazer [19].

Por outro lado, é complicado utilizar modelos 4D para planear na medida em que são necessários modelos 3D e CPMs muito detalhados de modo a espelhar a estrutura real do processo de obra [18]. Modelos 3D muito detalhados são difíceis de manipular devido ao grande número de pequenas ligações paramétricas entre os elementos do modelo, logo, seria penoso actualizar o modelo 3D para corresponder ao CPM em fase de obra, resultando num constrangimento em vez de uma optimização [19].

Num estudo sobre optimização de modelos 4D [5], são apontadas quatro grandes deficiências características deste tipo de modelos. Primeiro, a visualização de um planeamento num modelo tridimensional é realizada de forma contínua, estilo filme, o que não permite visualizar todo o planeamento numa única janela. Segundo, a duração das actividades não é apresentada de forma quantitativa, sendo antes representada pela duração do tempo de simulação da actividade. Terceiro, a relação entre as entidades não é clara na medida em que se encontra limitada pela sequência de visualização, negligenciando a distinção clara das actividades a executar ao mesmo tempo e a concretização das relações entre actividades antecessoras e sucessoras. Por fim, é difícil comparar o ritmo de

produção real com o ritmo de produção planeado, na medida em que é complicado representar tridimensionalmente a comparação entre duas escalas temporais.

#### 4. Planeamentos baseados em localizações

Na última década, registou-se uma evolução assinalável na formalização dos princípios do planeamento baseado em localizações à medida que os mesmos iam sendo aplicados no desenvolvimento de ferramentas informáticas.

O grande ponto forte deste tipo de abordagem está na forma como se aproxima da evolução real do fluxo de trabalho numa cadeia de produção na construção. O fluxo de recursos através de localizações e a capacidade de controlar a passagem entre actividades por localização, isto é, saber exactamente onde as equipas se localizam a dada altura, otimiza consideravelmente a gestão da construção em relação aos processos actuais [23]. A grande maioria dos métodos de planeamento baseados em localizações processa-se em torno da Linha de Balanço (LOB - Line of Balance).

Resumidamente, a indexação de actividades, quantidades e localizações numa escala temporal resulta num planeamento com maior rigor e detalhe, que possibilita a redução do risco de possíveis atrasos, a optimização da calendarização de tarefas e um aumento generalizado da eficácia no controlo da produção.

##### 4.1. Linha de Balanço

A Linha de Balanço é um método gráfico de calendarização que permite ao planeador levar explicitamente em conta o fluxo de trabalho do projecto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de actividades, executadas pelas várias equipas de trabalho em diferentes localizações [32]. A utilização desta técnica permite um maior entendimento da relação entre actividades na medida em que é bastante simples perceber rapidamente o que está a acontecer no projecto e fazer a comparação com o avanço real dos trabalhos. A técnica representa sobretudo uma mais-valia na optimização e controlo da produção.

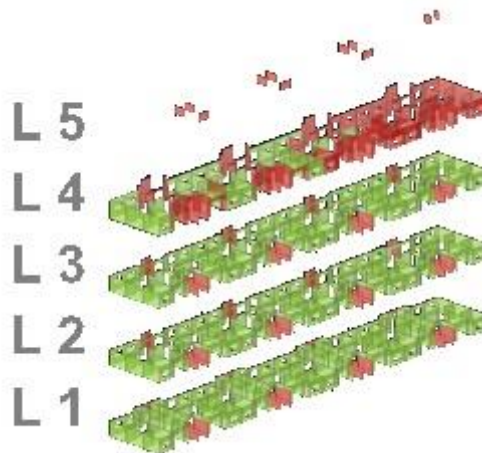


Fig. 2 - Divisão de um projecto em localizações - divisão por pisos.

A aplicação do LOB começa pela divisão do projecto em localizações, seguida da divisão das actividades da construção em tarefas mais específicas. O processo de divisão do projecto por localizações é uma das dificuldades maiores da aplicação do método na medida em que a configuração espacial é única para cada projecto, sendo susceptível a diferentes interpretações [1]. A divisão do projecto contempla habitualmente uma divisão por pisos (ver Fig. 2), no entanto, o tipo de divisão pode também ficar ao critério do utilizador. O nível de detalhe pode chegar à divisão de um elemento numa série de sub-elementos (ver Fig. 3).

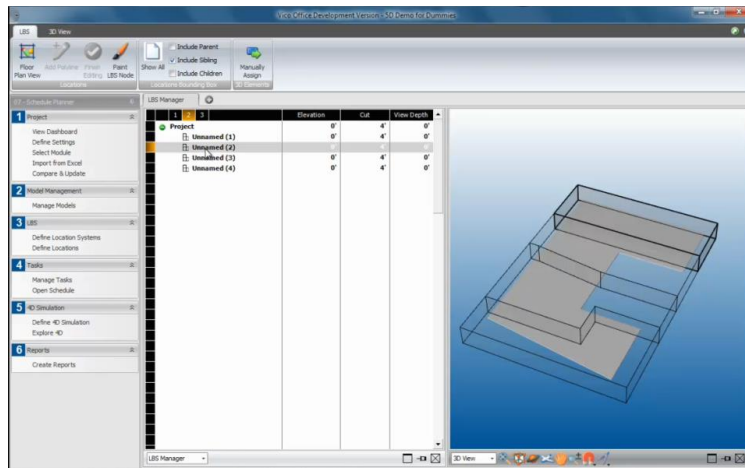


Fig. 3 - Divisão de um projecto em localizações - divisão em sub-elementos.

Um diagrama de Linha de Balanço consiste num gráfico onde se dispõe a escala temporal ou calendário no eixo das abcissas (X) e as localizações no eixo das ordenadas (Y). São depois traçadas linhas representando as actividades em função das variáveis referidas. A inclinação das linhas representa o ritmo de produção ou produtividade.

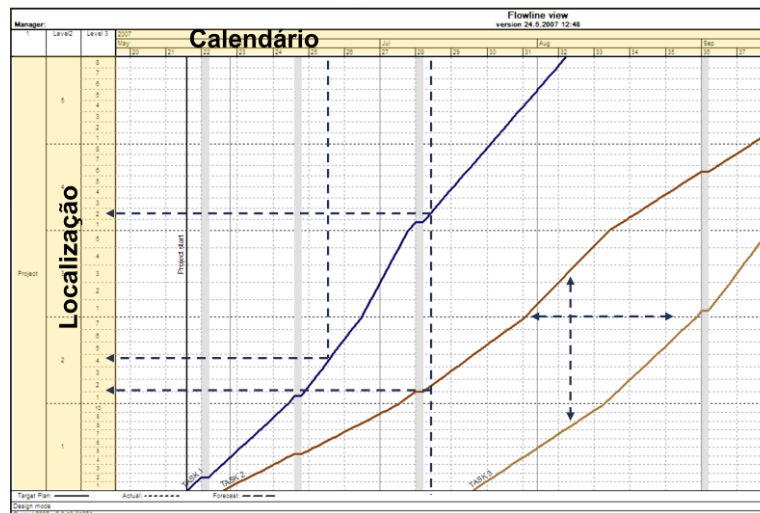


Fig. 4 - Gráfico de Linha de Balanço.

Com uma Linha de Balanço, o utilizador tem rapidamente acesso a uma série de informações:

- Actividades programadas para determinada data ou localização;
- Intervalos temporais ou espaciais entre actividades;
- Ritmo de produção;
- Comparação visual entre os ritmos de produção das várias actividades;
- Descontinuidades nas actividades;
- Dependências entre as actividades;
- Alarmes e avisos - datas limite que convêm não ultrapassar dispostas no gráfico sob a forma de pontos;
- Comparação entre as actividades conforme planeado, conforme verificado e conforme previsto.

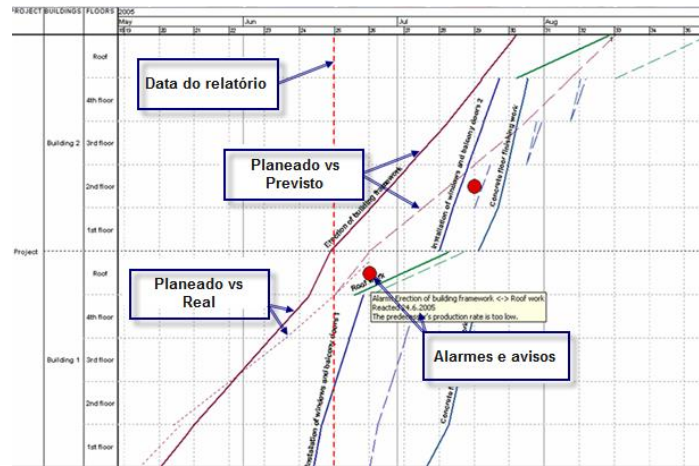


Fig. 5 - Informação retirada após inspeção visual.

A interpretação da Linha de Balanço permite identificar uma série de deficiências no planeamento (ver Fig. 6) [19]:

1. Mesma actividade a ocorrer em diferentes localizações;
2. Diferentes actividades a decorrer ao mesmo tempo na mesma localização;
3. Actividades diferentes com prazo de finalização na mesma data e na mesma localização;
4. Diferentes actividades a começar ao mesmo tempo na mesma localização;
5. Localizações com elevados períodos de tempo sem qualquer actividade a decorrer;
6. Localizações com elevados períodos de tempo sem qualquer actividade a decorrer.

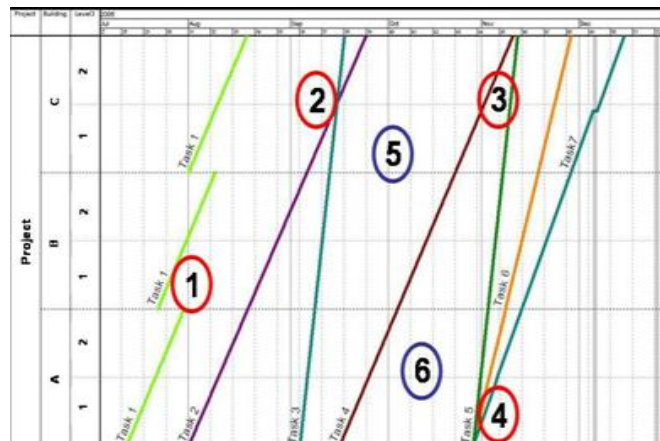


Fig. 6 - Identificação de deficiências de planeamento através da Linha de Balanço [19].

A Linha de Balanço possibilita uma optimização simples e eficaz do planeamento. Existem sobretudo dois princípios a seguir na minimização dos desvios numa Linha de Balanço. Estimular a continuidade das tarefas, ou seja, não ter a mesma actividade a decorrer em diferentes localizações ao mesmo tempo, e sincronizar os ritmos de produção para as várias tarefas, isto é, obter o máximo número de linhas paralelas. Um diagrama optimizado em Linha de Balanço (ver Fig. 7) caracteriza-se pela continuidade das tarefas, pelo ritmo de produção constante, pelos períodos temporais e espaciais adicionais para compensar eventuais atrasos, pelas folgas no início e fim das tarefas e pela divisão equitativa dos trabalhos no tempo.

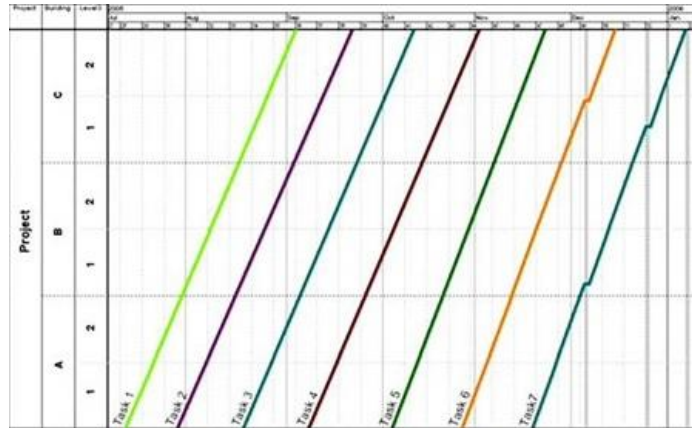


Fig. 7 - Optimização de um planeamento em Linha de Balanço [19].

Os dados da Linha de Balanço podem ser dispostos numa matriz onde se assinalam as alterações com um código de cores (ver Fig. 8). Esta abordagem favorece o controlo de projecto na medida em que simplifica a visualização do ponto da situação.



Fig. 8 - Matriz de controlo de produção a partir de uma Linha de Balanço.

A Linha de Balanço também pode ser integrada como a quarta dimensão de um modelo BIM. O 4D BIM é um suplemento valioso à Linha de Balanço na medida em que permite ao utilizador perceber a configuração espacial do edifício para as actividades a planear. O desenvolvimento de um fluxo de trabalho sustentável com base num 4D BIM deve, contudo, obedecer a alguns critérios, sobretudo a nível da modelação que deverá ser orientada desde logo para o processo de planeamento, isto é, a forma de organizar a informação a nível de identificação, designação e numeração dos elementos e dos layers, deverá ser compatível com a desagregação do modelo com vista à aplicação da Linha de Balanço.

A Linha de Balanço é, de um modo geral, é um bom mecanismo para planear como realizar uma tarefa, no entanto, não mostra se estão ou não reunidas as condições para dada tarefa poder ser iniciada. Assim, é necessário aplicar a Linha de Balanço no contexto de um programa abrangente de planeamento e controlo da produção, e não como um método isolado [19]. Nos últimos estudos realizados nesta área procura-se encontrar a melhor forma de integrar a Linha de Balanço com a abordagem mais social e generalista do Last Planner System, uma filosofia de planeamento da produção, desenvolvida para a construção, a partir dos conceitos aplicados nas indústrias de produção em massa. O método tem como objectivo a minimização do desperdício de recursos, sejam humanos ou materiais, através do aumento da flexibilidade dos planeamentos e de um controlo mais apertado e direccionado para a criação de condições para o início das tarefas sucessoras.



#### 4.2. Comparação entre a prática actual e a Linha de Balanço

Nos gráficos de Gantt, tal como na Linha de Balanço, as actividades podem ser organizadas por localizações, no entanto, ao contrário deste método, a gestão da produção, isto é, a manipulação do gráfico, é consideravelmente mais complexa devido ao facto da finalidade do Gantt ser a simples disposição de tarefas e não a sua optimização. Considere-se o seguinte exemplo:

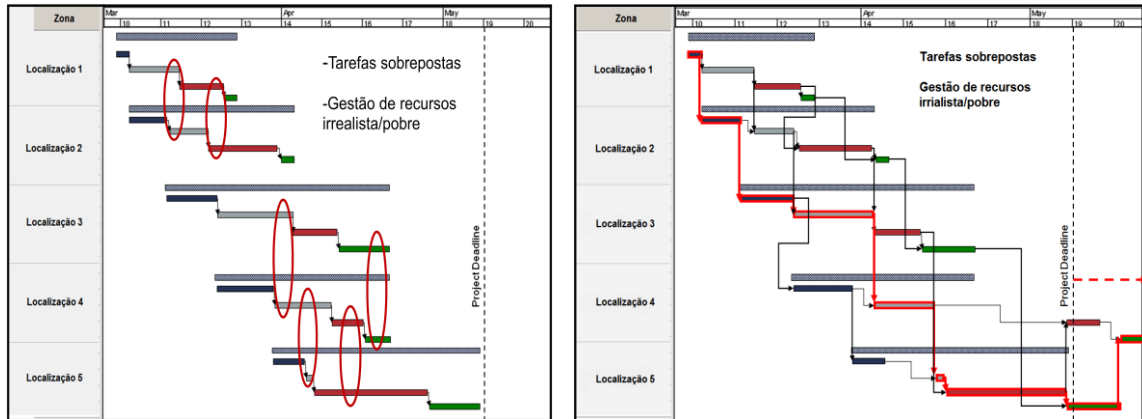


Fig. 9 - Planeamento baseado em localizações num gráfico de Gantt.

As tarefas foram agrupadas por localizações e foram identificados conflitos, com uma mesma tarefa a realizar-se ao mesmo tempo em diferentes localizações. Ao solucionar o problema, o prazo de conclusão acabou por ser estendido e ultrapassado. Numa Linha de Balanço ter-se-ia verificado a discrepância nos ritmos de produção, o que iria permitir optimizar o planeamento para cumprir o prazo estabelecido.

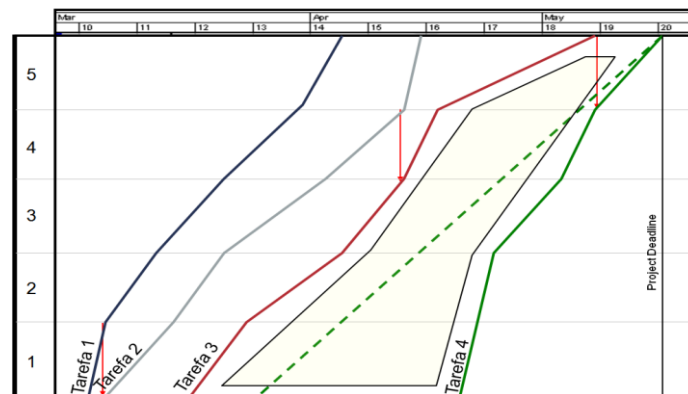
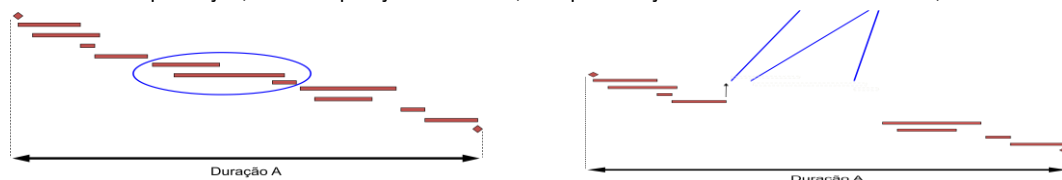


Fig. 10 - Optimização de um planeamento em Linha de Balanço.

A alteração dos planeamentos em fase de obra é muitas vezes evitada devido ao facto de o planeamento apresentar um número de tarefas e ligações tal que a alteração de uma única actividade aumenta o risco de incumprimento do prazo estabelecido para a conclusão dos trabalhos. Com a Linha de Balanço, é possível alterar o planeamento sem aumentar o risco, visto que com a alteração se tem imediatamente percepção das implicações, seja nos ritmos de produção, na sobreposição de tarefas, na aproximação das datas de início ou fim, etc.



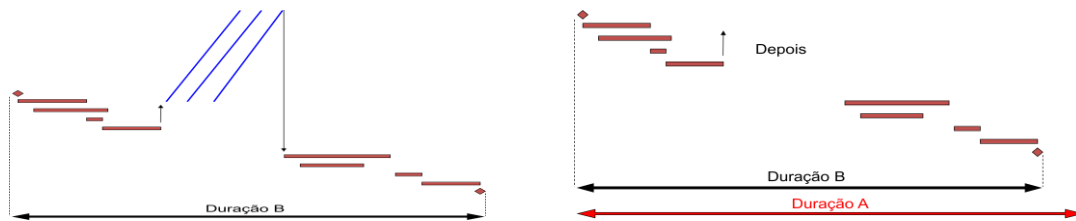


Fig. 11 Comparação entre Gantt e LOB: redução do projecto sem aumentar o risco.

A quantidade de informação necessária para representar o mesmo planeamento através dos dois métodos é outro termo de comparação particularmente ilustrativo. Considerando o exemplo real de um planeamento da execução da superestrutura de um edifício de 30 andares, onde se pode dividir em 4 as actividades principais, chegou-se aos seguintes resultados:

- PLANEAMENTO BASEADO NA ACTIVIDADE (GANTT)
  - Cofragem – armadura – aplicação de betão no mesmo andar = 60 ligações
  - Aplicação de betão – cofragem andar seguinte = 28 ligações
  - Aplicação de betão – acabamento dos dois andares inferiores = 28 ligações
  - Ligações internas no trabalho de acabamento para evitar sobreposição de recursos = 28 ligações
  - 30 andares, 4 actividades em cada local = 120 actividades + 264 ligações
- COM BASE NO LOCAL (LINHA DE BALANÇO)
  - 4 tarefas fluindo através dos locais
  - 4 ligações entre actividades
  - 30 andares, 4 actividades em cada local = 4 tarefas + 4 ligações

Concluí-se, deste modo, que a utilização da Linha de Balanço não se traduz apenas na redução do tempo de execução da obra mas também no tempo de execução do planeamento.

A comparação entre os métodos é resumida na tabela seguinte:

Fig. 12 Resumo da comparação entre Gantt e LOB.

CPM - GANTT	LINHA DE BALANÇO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada actividade escrita individualmente com informação do local</li> <li>• Muitas actividades e locais = calendários enormes</li> <li>• Recursos acrescentados a todas as tarefas</li> <li>• Consomem muito tempo</li> <li>• Maior susceptibilidade a erro humano</li> <li>• Escala elevada desmotiva a realização do planeamento</li> <li>• Pertence a quem fez o planeamento</li> <li>• As dependências estendem-se por várias páginas</li> <li>• É difícil ver a relação entre tarefas</li> <li>• A correcção de um fluxo vai perturbar outro, sendo difícil a sua percepção</li> <li>• Não foi concebido considerando a continuidade de recursos</li> <li>• Má utilização do local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tudo numa só vista</li> <li>• Ver relação entre tarefas e proximidade no espaço e no tempo</li> <li>• A correcção provoca perturbações, mas é imediatamente visível o impacto sobre todas as tarefas</li> <li>• Melhor gestão de recursos</li> <li>• Melhor utilização no local</li> <li>• Possibilidade de reduzir a duração dos projectos sem aumentar o risco</li> <li>• Uma só tarefa comum a muitos locais</li> <li>• Calcula taxa de produção uma vez</li> <li>• Continuidade</li> <li>• Vista única do planeamento</li> <li>• Adiciona-se os recursos uma vez</li> <li>• Trabalho em Flowline e/ou Gantt = dinâmico</li> <li>• Funcionalidade de importação e exportação para Excel e MS Project</li> <li>• Despende mais tempo a rever o calendário e</li> </ul>

	<p>planeamento em vez de ficar preso a administrar milhares de actividades – falta de visão global</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparente</li> <li>• Pertence a todos</li> </ul>
--	---

## 5. Interação da Linha de Balanço com modelos BIM

As actuais ferramentas informáticas de aplicação da Linha de Balanço são baseadas em modelos 5D BIM. A juntar às 3 dimensões do espaço euclidiano que configuram um modelo virtual do edifício, acrescenta-se uma quarta dimensão para a indexação dos elementos do modelo numa escala temporal, e uma quinta correspondente à estimativa orçamental obtida directamente a partir das quantidades.

Um modelo 5D não se limita a uma simples agregação da informação de modelação, planeamento e orçamentação numa base de dados única. O grande objectivo passa pela automatização da produção de informação. Por este motivo, é necessário um modelo "inteligente" BIM com informação integrada e ligações paramétricas entre os elementos, em vez de um simples modelo de desenho CAD.

O desenvolvimento do planeamento de actividades num modelo 4D processa-se através da identificação e da listagem automática dos elementos em modelos BIM. Às listagens é acrescentada informação sobre quantidades e ritmos de produção - produtividade - dando origem às durações. A informação sobre quantidades é também retirada directamente a partir dos modelos BIM, através da funcionalidade de extracção automática de quantidades. Esta funcionalidade identifica elementos, propriedades e definições espaciais, para efectuar vários tipos de medições, incluindo área, perímetro e volume, entre outras. A partir da extracção automática de quantidades e através da associação de custos unitários, consegue-se realizar uma estimativa orçamental por elementos de construção.

A aplicação de um fluxo BIM - LOB num quadro de utilização rápido, consistente e eficaz encontra-se dependente de uma série de regras com vista à normalização de procedimentos. Estas regras destinam-se a criar rotinas de trabalho que optimizem as ferramentas à disposição, minimizando conflitos de software, conflitos de modelação e conflitos de interoperabilidade, de modo a manter a integridade e consistência da informação partilhada durante o processo de desenvolvimento do planeamento.

## 6. Conclusões

A Linha de Balanço foi apresentada como uma ferramenta de planeamento e controlo de actividades produtivas que fomenta a optimização destes processos através de uma organização e apresentação mais correcta e intuitiva das tarefas da construção. A maior facilidade de criação do planeamento, a diminuição do risco, a optimização do programa, a melhoria a nível de controlo do projecto e a geração de valor acrescentado são as bandeiras da Linha de Balanço.

A Linha de Balanço segue uma abordagem de estruturação do planeamento baseada em localizações e não em actividades como nos métodos mais correntes como o Método do Caminho Crítico representado em Gráficos de Gantt. A abordagem por localizações destina-se a diminuir consideravelmente a quantidade de informação necessária para representar as actividades da construção e a optimizar os processos de planeamento e controlo, na medida em que segue uma abordagem bastante que se aproxima mais da forma como os trabalhos de construção realmente se processam.

Com a evolução dos modelos BIM de representação da informação da construção surge uma nova abordagem ao planeamento da construção: o 4D BIM. Tradicionalmente, o 4D BIM representa a interacção entre um modelo BIM e um planeamento CPM. Esta abordagem, é no entanto bastante limitada na medida em que o método CPM é pouco compatível com a filosofia estrutural de modelação BIM, ou seja, a desagregação de um modelo BIM é pouco compatível com a desagregação das actividades num planeamento CPM.

As novas ferramentas informáticas de aplicação da Linha de Balanço foram desenvolvidas de raiz para se incorporarem num fluxo BIM - LOB, isto é, para partirem da ferramenta de modelação do edifício, e beneficiando da

estrutura interligada dos modelos BIM, baseada em ligações paramétricas, produzirem automaticamente uma parte substancial da informação necessária para desenvolver o planeamento em LOB.

A implementação bem sucedida de um fluxo BIM - LOB requer a aplicação de normas e regras de modelação e troca de informação para assegurar a consistência e viabilidade dos modelos.

## 7. Bibliografia

- [1] R. Akbas, Geometry-based modeling and simulation of construction processes, PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University (2004).
- [2] B. Akinici, M. Fischer, Automated generation of spaces required by construction activities using 4D production models, Proceedings of the Construction Congress VI, Orlando, Florida, Feb. 19–23, ASCE (2000) pp. 1–10.
- [3] B. Akinici, K. Tantisevi, E. Ergen, Assessment of the capabilities of a commercial 4D CAD system to visualize equipment space requirements on construction sites, Construction Research Congress, March 19–21, 2003, Honolulu, Hawaii (2003).
- [4] P. Barrett, Construction management pull for 4D CAD, Proceedings of the Construction Congress VI 2000, ASCE, Reston, VA (2000) pp. 977–983.
- [5] V. Benjaoran, S. Bhokha, Enhancing visualization of 4D CAD model compared to conventional methods, Engineering, Construction and Architectural Management 16 (4) (2009) 392–408.
- [6] A. Björnfort, R. Jongeling, Application of line-of-balance and 4D CAD for lean planning, Construction Innovation Vol. 7 (No. 7) (2007) pp. 200–211.
- [7] E. Collier, M. Fischer, Four dimensional modelling in design and construction, CIFE Technical Report No. 101, CIFE Stanford University, CA (1995).
- [8] J.A. Faria, Apontamentos das aulas de Gestão de Obras e Segurança, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2011).
- [9] M. Fischer, T. Hartmann, E. Rank, F. Neuberg, M. Schreyer, K. Liston, J. Kunz, Combining different project modelling approaches for effective support of multi-disciplinary engineering tasks, P. Brandon, H. Li, N. Shaffii, Q. Shen (Eds.), INCITE 2004 — International Conference on Information Technology in Design and Construction, Langkawi, Malaysia (2004) pp. 167–182.
- [10] M. Fischer, J. Kunz, The scope and role of information technology in construction, CIFE Technical Report No. 156, CIFE Stanford University, CA (2004).
- [11] G.H. G. Ballard, An update on last planner, J.C. Martinez, C.T. Formoso (Eds.), 11th International Group for Lean Construction Conference, Virginia Tech, Virginia, USA (2003).
- [12] A.A. Ganah, N.B. Bouchlaghem, C.J. Anumba, VISCON: computer visualization support for constructability, ITCon 10 (2005) 69–73.
- [13] D. Gleason, Location-based Flowline Scheduling Using Vico Control, Vico Software, Inc. (2009).
- [14] R.B. Harris, P.G. Ioannou, Scheduling projects with repeating activities, J. Constr. Eng. Manag. 124 (1998) 269–278.
- [15] T. Hartmann, J. Gao, M. Fischer, Areas of application for 3D and 4D models on construction projects, ASCE Journal of Construction Engineering and Management 134 (10) (2008) 776–785.
- [16] J. Haymaker, M. Fischer, Challenges and benefits of 4D modelling on the Walt Disney Concert Hall project, CIFE Working Paper No. 64, CIFE, Stanford, CA (2001).
- [17] D. Heesom, L. Mahdjoubi, Trends of 4D CAD applications for construction planning, Constr. Manag. Econ. 22 (2004) 171–182.
- [18] B. Huber, P. Reiser, The marriage of CPM and lean construction, J.C. Martinez, C.T. Formoso (Eds.), 11th International Group for Lean Construction Conference, Virginia Tech, Virginia, USA (2003).
- [19] R. Jongeling, T. Olofsson, A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD, Automation in Construction 16 (2) (2007) 189–198.
- [20] P.E. Josephson, Byggfel och andra icke värdeadderande aktiviteter, Byggekostnadsforum seminar: från no-tech till hi-tech, Stockholm, Sweden (2005).
- [21] K. Kähkönen, J. Leinonen, Advanced communication technology as an enabler for improved construction practice presentation given to Workshop on 4D Modelling, Experiences in UK and Overseas, organized by The Network on Information Standardization, Exchanges and Management in Construction, 17 October, Milton Keynes (2001).
- [22] C. Kam, M. Fischer, PM4D final report, CIFE Technical Report No. 143, CIFE, Stanford, CA (2002).
- [23] R. Kenley, Project micromanagement: practical site planning and management of work flow, S. Bertelsen, C.T. Formoso (Eds.), IGLC-12, 12th Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingor, Denmark (2004) pp. 194–205.
- [24] A. Khanzode, S. Staub-French, 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned, ITcon 12 (2006) 382–407.
- [25] B. Koo, M. Fischer, Feasibility study of 4D CAD in commercial construction, J. Constr. Eng. Manag. 126 (2000) 251–260.
- [26] K. Liston, M. Fischer, T. Winograd, Focused sharing of information for multidisciplinary decision making by project teams, Electronic Journal of Information Technology in Construction 6 (2001) 69–81.
- [27] A. Mahalingam, R. Kashyap, C. Mahajan, An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects, Automation in Construction 19 (2) (2010) 148–159.

- [28] K. McKinney, M. Fischer, 4D analysis of temporary support, Proceedings of the 4th Congress, Philadelphia, PA (1997) pp. 470–476.
- [29] W.E. Mohr, Project Management and Control 5th edition, Department of Architecture and Building, University of Melbourne, Melbourne, Australia (1991).
- [30] T. Saker, The Line of Balance Scheduling Technique, The American University in Cairo The Professional Program in Project Management (2010).
- [31] O. Seppänen, Empirical research on the success of production control in building construction projects, Department of Structural Engineering and Building Technology, Helsinki University of Technology, Faculty of Engineering and Architecture, 2009.
- [32] O. Seppänen, J. Kankainen, Empirical research on deviations in production and current state of project control, S. Bertelsen, C.T. Formoso (Eds.), IGLC-12, 12th Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingor, Denmark (2004) pp. 206–219.
- [33] F. Vaugn, 3D and 4D CAD modelling on commercial design-build projects, J. Vanegas, P. Chinowsky (Eds.), Computing in Civil Engineering Congress 3, Anaheim, California. (1996) pp. 390-396.
- [34] R.M. Webb, J. Smallwood, T.C. Haupt, The potential of 4D CAD as a tool for construction management, Journal of Construction Research 5 (1) (2004) 43-60.
- [35] V.E. Whisker, A.J. Baratta, S. Yerrapathruni, J.I. Messner, T.S. Shaw, M.E. Warren, E.S. Rotthof, Using immersive virtual environments to develop and visualize construction schedules for advanced nuclear power plants, Proceedings of the International Congress on the Advances in Nuclear Power Plants, ICAPP, Cordoba, Spain (2003).
- [36] J. Zhang, M. Anson, Q. Wang, A new 4D management approach to construction planning and site space utilization, 8th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ASCE, Stanford University California, USA (2000) 14-17.