

# MODELANDO LINHAS DE BALANÇO COM RELACIONAMENTOS “INÍCIO-TÉRMINO”

**Ricardo Viana Vargas**

United Nations (UNOPS) / Universidade Federal Fluminense

**Felipe Fernandes Moreira**

Universidade Federal do Ceará

## ***Publicações***

**PMI Global Congress 2015 - EMEA**

Londres – Reino Unido – 2015

**AACE 2015 Annual Meeting**

Las Vegas – Estados Unidos – 2015

## Resumo

### Podcasts Relacionados

🎵 Você entende mesmo o significado das diferentes relações entre as tarefas? – Parte 1 de 2  
<http://rvarg.as/9v>

🎵 Você entende mesmo o significado das diferentes relações entre as tarefas? – Parte 2 de 2  
<http://rvarg.as/8j>

🎵 Entendendo o Controle pelo Empenho de uma Tarefa em um Projeto  
<http://rvarg.as/al>

🎵 Linhas de Balanço – Parte 1 de 2  
<http://rvarg.as/ek>

🎵 Linhas de Balanço – Parte 2 de 2  
<http://rvarg.as/el>

O uso do agendamento de atividades com Linhas de Balanço tem aumentado, especialmente na indústria da construção civil do Brasil, Finlândia e Austrália. O método atende às particularidades dos projetos de construção de maneira mais eficiente do que o Método do Caminho Crítico. Um obstáculo ao método tem sido a indisponibilidade de pacotes comerciais construídos com os fundamentos da Linha de Balanço. Estudos apontam esse como um importante fator que impede o uso mais frequente. Reconhecendo o potencial do método no gerenciamento de projetos de construção civil, o objetivo desse trabalho é propor metodologias para a modelagem de Linhas de Balanço usando softwares de Método do Caminho Crítico (MCC). Para essa modelagem, o trabalho demonstra o uso das relações “Início-Término” e sua contribuição para duas diferentes abordagens: Diagrama de Rede e Cronograma Linear. A primeira abordagem se utiliza do desenho de um diagrama de rede com o MCC, simulando a estrutura e função da Linha de Balanço e aproveitando os benefícios dos cálculos do MCC. A segunda abordagem deixa de lado os cálculos do MCC e foca apenas no desenho, refino e balanceamento individual do fluxo de trabalho a partir de marcos.

## Introdução

Parte do esforço de planejamento de um projeto é direcionado para determinar uma sequência de atividades de tal maneira que a execução se dá da maneira mais eficiente possível. Essa sequência é modelada ligando as atividades através de “relacionamentos”, chamados de dependências, que podem ser a “Término-Início” (“TI”), “Início-Início” (“II”), “Término-Término” (“TT”) e “Início-Término” (“IT”). Essas ligações estabelecem relações de dependências entre as atividades, onde uma assume o papel de “predecessor” (atividade que vem antes do ponto de vista lógico) e a outra o papel de “sucessor” (atividade que vem depois do ponto de vista lógico) [10].

A Linha de Balanço é uma técnica absente do Guia PMBOK® desde sua primeira publicação em 1996 até a atual edição de 2014, sendo o MCC discutido de maneira mais proeminente [12,13]. Essa omissão ignora uma tendência corrente na indústria da construção – empresas de construção civil do Brasil, Finlândia e Austrália vêm satisfatoriamente usando essa técnica [3]. O emprego dessa técnica está relacionado a intentos de se incorporar conceitos do Lean Construction nos sistemas de gerenciamento de projetos, mais precisamente com o uso do Sistema de Produção Last Planner®, desenvolvido por Glenn Ballard e Greg Howell, fundadores do Lean Construction Institute® (LCI) [1].

A Marinha Americana utilizou pioneiramente os conceitos de Linha de Balanço como uma técnica de planejamento e execução de atividades da indústria em 1942 [5]. Em seguida, a General Electric, prestando serviço para a Marinha Americana, utilizou a técnica também como uma ferramenta de controle. Esse método foi adotado posteriormente pela Nation Building Agency, órgão oficial do Reino Unido.

De acordo com Shaikh, a ampliação do uso da Linha de Balanço tem se dado nos últimos anos, quando uma demanda crescente por controle de custos e otimização de recursos tem forçado cronogramas (e planejadores de cronogramas) a focar em âmbitos que vão além do caminho crítico. O autor atribui o ainda limitado uso da técnica à inexistência de aplicativos “poderosos e conviviais”. Insiste ainda que os pacotes computacionais mais comumente aceitos são baseados no MCC, usando o método do diagrama de precedência como algoritmo para a análise de rede [12].

Mubarak, escrevendo sobre Métodos de Cronogramas Lineares (MCL), reconhece o mesmo fenômeno de falta de aceitação da Linha de Balanço na indústria da construção apesar de suas vantagens analíticas. O autor considera como impedimento também a falta de softwares habilitados para o MCL. Mubarak prevê, todavia, que o recente lançamento de aplicativos pode impulsionar o uso do MCL

[7]. Zack Jr. e Collins, em uma pesquisa na indústria da construção do Reino Unido, revelam que apenas 1% dos pesquisados usam a Linha de Balanço, enquanto 54% usam diagramas de barras [13].

A preferência pela Linha de Balanço para cronogramas em projetos de construção civil se dá por causa da configuração “unidade de produção x tempo”, em vez da usual configuração “atividades x tempo” dos gráficos de barras, já que aquela oferece melhor visualização das conexões entre o fluxo de trabalho de diferentes equipes de trabalho [1]. Isso permite uma diferente perspectiva para o controle das atividades do projeto – na Linha de Balanço, o foco do controle é a taxa de produção das equipes de trabalho e não o controle individual de atividades discretas, que acaba sendo o foco do MCC, amplamente utilizado [5].

## Objetivos

A Linha de Balanço oferece uma nova perspectiva pra projetos de construção e um potencial para aprimoramento do desempenho. Levando em consideração o diagnóstico de autores citados anteriormente, o objetivo desse trabalho é o de propor a modelagem de linhas de balanço através de softwares baseados no MCC, vastamente disponíveis no mercado, como o Microsoft<sup>®1</sup> Project. Para demonstrar essa proposta, é importante o estudo de como essa técnica funciona.

No intuito de se modelar uma Linha de Balanço numa estrutura baseada em MCC, a dependência tida como mais incomum entre as atividades, “Início-Término” (“IT”), deve ser utilizada. Kerzner classifica o relacionamento “IT” como a “o tipo menos comum de precedência” [6]. Em referência à indústria da construção, Mubarak considerou a lógica do relacionamento “IT” incomum e “quase inexistente”, reconhecendo todas as outras três dependências como “úteis” e “comuns” [7].

O Guia PMBOK<sup>®</sup> (2013) define o relacionamento lógico “IT” como “o fim do sucessor depende do início do predecessor” [10]. O mesmo cita que essa dependência é listada apenas para apresentar toda a lista de relacionamentos lógicos possíveis, já que é de uso raro. A primeira e a segunda edições do PMBOK, inclusive, recomendam que gerentes de projetos não usem relacionamentos diferentes do mais usual (“TI”) pois isso pode gerar “resultados inesperados” [9].

É importante notar que, quando trabalhando com as relações lógicas “IT”, o predecessor não é a atividade que se dá cronologicamente antes, enquanto o sucessor não é a atividade que acontece cronologicamente após. O predecessor é a atividade que transmite o relacionamento lógico e o sucessor é o que está subordinado ao relacionamento lógico [10].

1 Microsoft<sup>®</sup> ou é uma marca registrada ou marca comercial da Microsoft Corporation nos Estados Unidos e / ou outros países.

Portanto, o objetivo primário desse trabalho é o de propor como se modelar a Linha de Balanço, enquanto o objetivo secundário é o de investigar os “resultados inesperados” das abordagens de modelagem.

## Linha de Balanço

Zack Jr. e Collins [13] definem Linha de Balanço como uma exibição gráfica de unidades agendadas ao longo de pontos de controle num dia em particular. Shaikh define Linha de Balanço como uma variante dos cronogramas lineares que considera a localização de uma atividade como uma dimensão de planejamento, permitindo dessa forma o balanceamento das operações para assegurar a continuidade e o uso eficiente [12]. Essa definição se assemelha com a dada por Kenley e Seppänen [5].

A técnica da Linha de Balanço propõe que o planejamento de atividades deve se dar de acordo com a taxa de produção, ou o ciclo das atividades, que significa o número de unidades entregues por uma equipe dentro de um certo período de tempo [4]. Esse conceito é similar ao conceito de takt-time do Sistema Toyota da Produção, uma medida de tempo entre duas saídas de um processo de produção [8].

Um exemplo que mostra a comparação de um gráfico de Gantt e uma Linha de Balanço de um cronograma de três atividades que se repetem continuamente ao longo de quatro pavimentos é apresentado nas Figuras 1, 2 e 3. A premissa é que a atividade seguinte inicia quando a equipe de trabalho finaliza a atividade atual.

TASKS	DURATION	PREDECESSOR
Task 1	4	-
Task 2	2	Task 1
Task 3	3	Task 2

**Figura 1** – Lista de Atividades

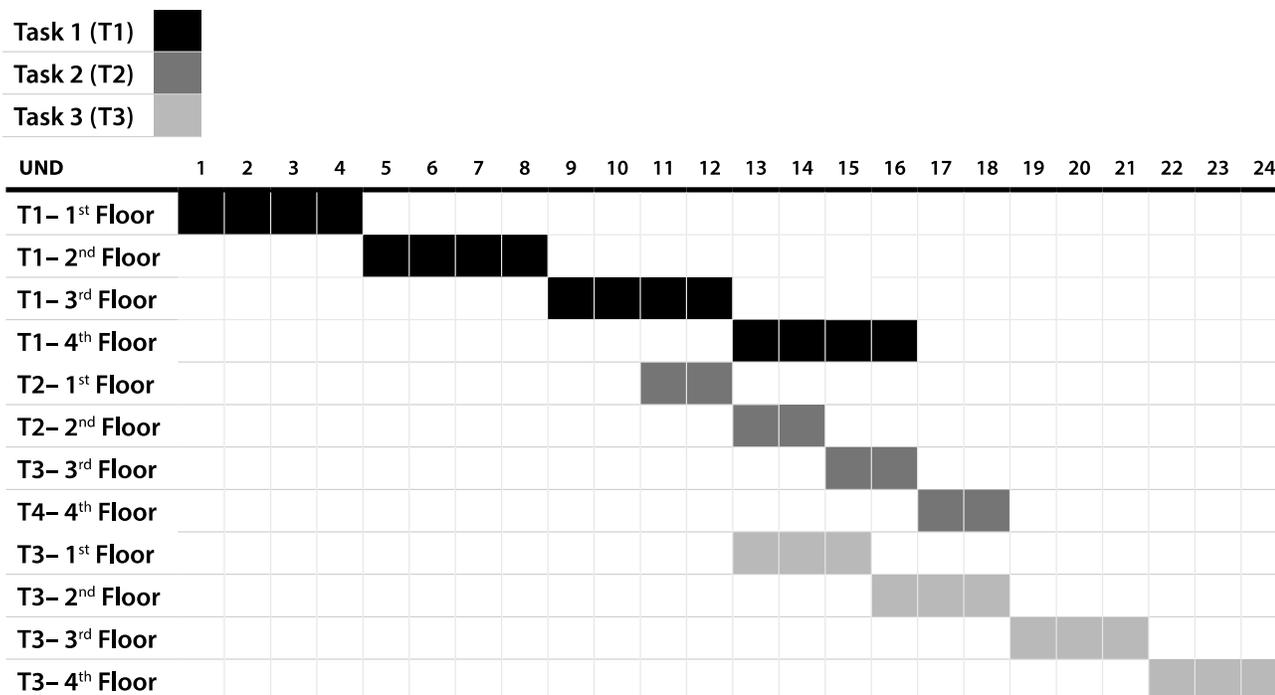


Figura 2 – Cronograma usando o Gráfico de Gantt

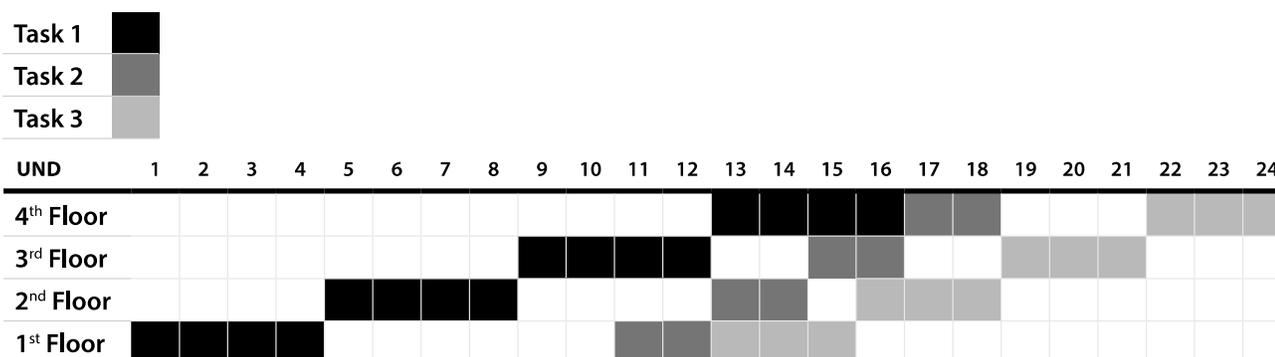


Figura 3 – Cronograma usando a Linha de Balanço

A taxa de produção, ou ciclo, é a inclinação de cada linha (Figuras 2 e 3). Para a Atividade 1 o ciclo é de 0,25 unidades por unidade de tempo, para a Atividade 2 o ciclo é de 0,50 unidades por unidade de tempo e para a Atividade 3 o ciclo é de 0,33 unidades por unidade de tempo. A análise desses tempos de ciclo permite à equipe de gerenciamento o balanceamento das linhas para otimizar o uso de recursos e atingir uma redução do tempo necessário para finalizar o projeto. A Figura 4 demonstra o resultado da redução do número de recursos na Atividade 2 pela metade (em outras palavras, reduzindo sua taxa de produção para 0,25, o mesmo valor da Atividade 1, e aumentando a duração das Atividades 2 de 2 para 4 dias por pavimento).

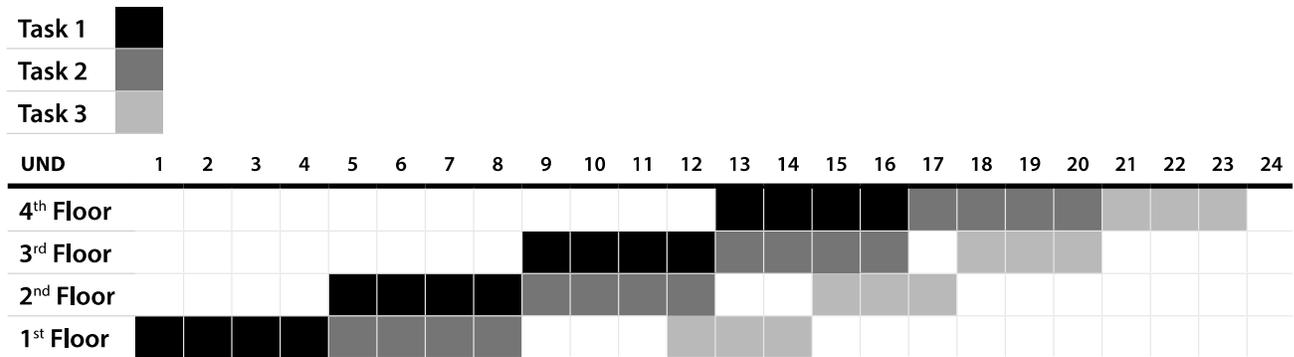


Figura 4 – Balanceamento de linha para reduzir a duração

O balanceamento das linhas dessas duas atividades permite a finalização do projeto um dia antes com uma redução no número de recursos aplicados na Atividade 2 – com as duas outras linhas deixadas como estavam. A comparação do gráfico de Gantt com a Linha de Balanço também mostra uma redução significativa no número de linhas apresentadas no cronograma (passando de 12 linhas para 4 linhas). Essa grande redução no exemplo apresentado mostra o potencial para se simplificar o cronograma de um projeto real que contém diversos processos repetitivos, como por exemplo um edifício com 100 apartamentos com “n” diferentes atividades distintas em cada apartamento. O Fator de Simplificação corresponde ao número de atividades dentro de cada processo repetitivo (unidade de produção). Caso um projeto tenha 100 km de rodovia e um total de 20 atividades para cada quilômetro, o uso da Linha de Balanço irá reduzir o número de linhas do cronograma em 20 (Eq. 1).

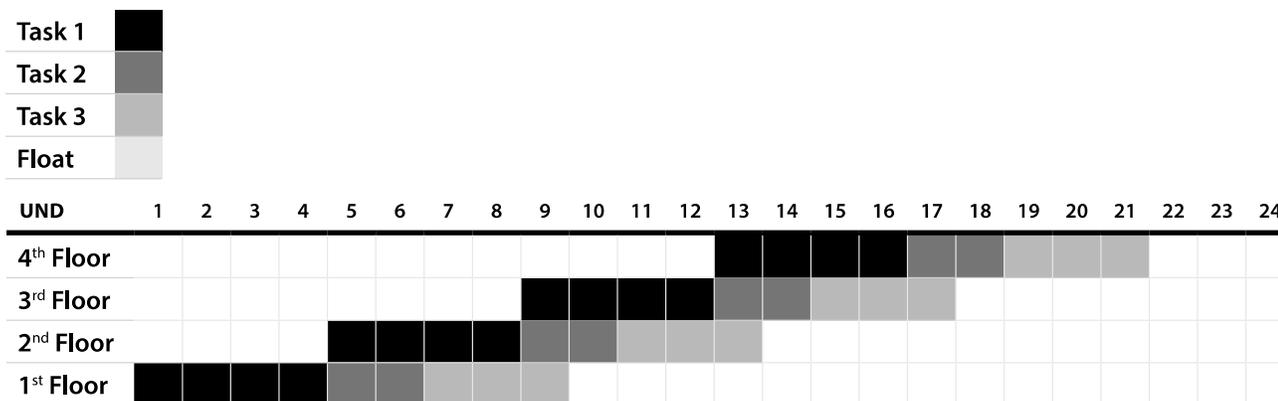
$$\text{Simplification Factor} = \frac{\text{Number of Lines in a Gantt Chart}}{\text{Number of Lines in a LOB}}$$

$$\text{Simplification Factor} = \frac{100 \text{ units} \times 20 \frac{\text{task}}{\text{unit}} \times 1 \text{ line/task}}{100 \text{ units} \times 1 \text{ line/unit}} = 20$$

EQ 1 – Fator de Simplificação

É importante notar que apesar do exemplo usar ciclos de atividades, é possível modelar uma Linha de Balanço com processos, entregáveis e sub-redes de diagramas de precedências [5]. Adicionalmente, o exemplo usa pavimentos no eixo Y, mas pode-se utilizar casas, apartamentos, localizações em um pavimento de um prédio, seções lineares de uma rodovia ou tubulação e etc.

Na indústria da construção, a repetição de atividades é comumente agendado continuamente [5]. A Figura 5 apresenta o conjunto de atividades da Figura 1 modelada sem a restrição de repetição contínua.



**Figura 5** – Linha de Balanço Sem a Repetição Contínua

Na Linha de Balanço resultante (Figura 5), a sequência de atividades está sendo finalizada no 21º dia (3 dias antes da primeira configuração). Isso acontece devido à falta de continuidade nas linhas das atividades 2 e 3. A nova configuração apresenta uma taxa de produção de 0,250 unidades/dia para a Atividade 1, 0,286 unidade/dia para a Atividade 2 e 0,267 unidade/dia para Atividade 3. Como apresentado anteriormente, o balanceamento de linhas resultou na redução da duração do projeto.

Entretanto, deve-se salientar que essa não é sempre uma boa prática. Por exemplo, num projeto de construção onde um grande edifício é o produto, ou em um projeto imobiliários de menor escala, a entrega não pode ser transferido em uma rotina de “first in-first out”. Eles são transferidos para o(s) cliente(s) em um único lote. Assim, a medida apresentada pela Figura 5 aumenta o estoque de produtos acabados. É possível ver, com o exame da Figura 5, que o primeiro pavimento iria aguardar por 12 dias, enquanto o segundo e o terceiro esperariam por 8 e 4 dias respectivamente – num total de 24 dias de espera. A Linha de Balanço da Figura 3 tem uma espera total de 18 dias, 25% a menos.

Outra consequência relevante da quebra na continuidade é que os recursos permanecem mobilizados para o projeto por um período de tempo maior. Na Figura 5, os recursos da atividade 2 ficam dedicados ao projeto por 14 dias, enquanto na linha da Figura 3, esse tempo é de 8 dias (43% a menos). Para a Atividade 3, o padrão da Figura 5 resulta em 15 dias de alocação, enquanto no modelo da Figura 3, resulta em 12 dias (20% a menos). Isso implicaria num maior custo de recursos humanos para o projeto devido duas razões principais:

- Subutilização dos recursos, já que a equipe alocada na atividade 2 iria ficar parada por 6 dias no total. No Brasil, a média do custo de mão-de-obra para a construção residencial é da ordem de 50%, de acordo com indicadores publicados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC [2]. Já

Popescu, Phaobunjong e Ovararin informam que esse custo em projetos de construção podem variar de 30% a 50% [11];

- Desmobilização e uma nova mobilização de equipes, descrito por Kenley & Seppänen [5] como uma origem de incertezas nos custos (e provavelmente no cronograma) de projetos de construção, especialmente quando a quantidade de tempo em que a atividade fica inativo é custo (uma ou duas semanas). Essa ineficiência resulta num cronograma mais arriscado.

O time de gerenciamento precisa estudar cuidadosamente as consequências de se quebrar a continuidade das sequências no intuito de decidir qual é a melhor opção para o cronograma do projeto. O tradeoff entre uma menor duração e uma cronograma com maior risco deve ser levado em consideração.

É relevante apontar que descrever todo o potencial da técnica de Linha de Balanço não é o propósito desse artigo. Os exemplos apresentados aqui são aplicações extremamente simplificadas para que seja possível demonstrar um método de agendamento de tarefas ainda desconhecido e como este pode ajudar a otimizar cronogramas.

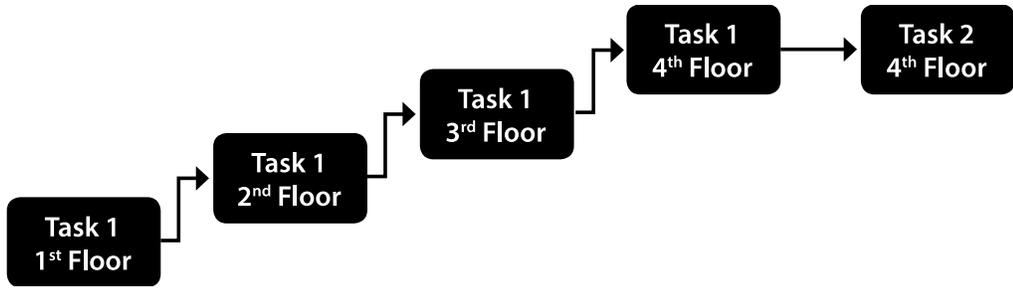
Agora que foi estudado como a técnica funciona, é possível propor dois direcionamentos para a modelagem ocorrer: a abordagem do diagrama de rede e a abordagem do cronograma linear. A diferença entre as duas abordagens é o uso dos cálculos do diagrama de rede do MCC, o primeiro se utiliza dos cálculos do MCC enquanto o segundo não.

## Abordagem do Diagrama de Rede

É importante observar na Figura 3, onde duas sequências de atividades possuem diferente taxas de progresso. A Atividade 1 dura 4 dias e sua sucessora, a Atividade 2, dura 2 dias, o que implica que a sequência de atividades 1 possui uma inclinação menor que a sequência de atividades 2 (ou seja, é mais lenta). Modelar<sup>2</sup> o ciclo contínuo de atividades 1 pode ser feito com uma conexão usual "TI" ("Término-Início"), já que a próxima atividade acontece imediatamente após a equipe de trabalho finalizar a atividade na unidade de produção predecessora.

Para garantir a mesma continuidade para a Atividade 2, é necessário basear a modelagem de seu ciclo de acordo com a última repetição da Atividade 1. A Atividade 1 no quarto pavimento conecta-se através da relação "TI" com a Atividade 2 no mesmo pavimento. Assim, a data de início da Atividade 2 no quarto pavimento fica bem definida no tempo. Essa sequência descrita é apresentada na Figura 6.

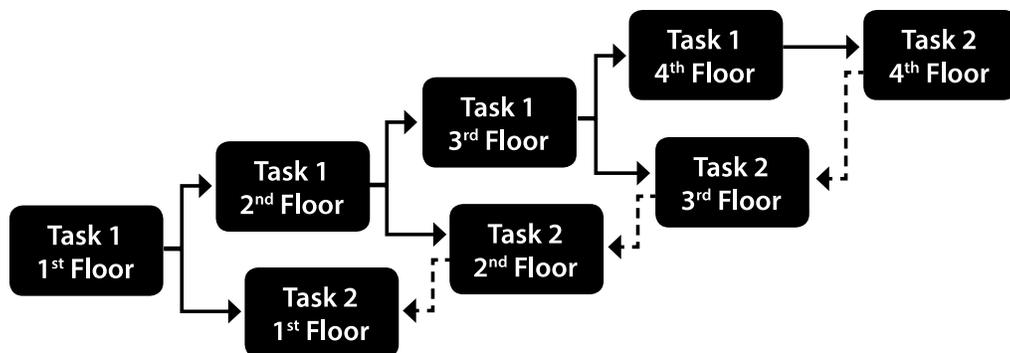
<sup>2</sup> Quando não mencionado o contrário, a restrição aplicada às atividades para a modelagem da rede COM é a "O Quanto Antes", que é a padrão dos mais utilizados softwares de gerenciamento de projetos (tal qual o Microsoft Project).



**Figura 6** – Diagrama de Rede com os Relacionamentos Lógicos Entre Atividades

Modelar as repetições da Atividade 2 em pavimentos inferiores usando o relacionamento “TI” não é suficiente para assegurar que o trabalho se dê de maneira contínua e eficiente. A única forma de se garantir isso é utilizando uma ligação lógica distinta, que possa transferir a restrição definida pela linha da Atividade 1 “para baixo” desde a Atividade 2 no quarto pavimento até o primeiro pavimento. Daí, de acordo com a definição do Project Management Institute® (PMI®), a predecessora no caso é a Atividade 2 no quarto pavimento, apesar do fato de que ela é na realidade a última repetição da sequência – ela oferece a restrição de tempo para as primeiras repetições da sequência. A atividade sucessora é, então, a Atividade 2 no terceiro pavimento – uma atividade que acontece antes [10].

Esse relacionamento entre as duas atividades é diferente: o início da atividade que acontece depois é conectado com o fim da atividade que acontece imediatamente antes. Essa é um legítimo relacionamento “início-término”. O resultado é que o início da Atividade 2 no quarto pavimento está ligada ao fim da Atividade 2 no terceiro pavimento, que por sua vez tem seu início ligado ao fim da Atividade 2 no segundo pavimento e, finalmente, tem seu início ligado ao fim da Atividade 2 no primeiro pavimento (Figura 7). Note que a Atividade 2 no segundo pavimento tem dois predecessores, um “TI” com a Atividade 1 no segundo pavimento e uma “IT” com a Atividade 2 no terceiro pavimento.



**Figura 7** – Relacionamento “IT” Entre as Repetições da Atividade 2

Conforme a modelagem do diagrama de rede continua, o quarto pavimento não é mais o ponto em que reside a restrição de tempo para a próxima linha de atividades. Da Figura 3 é possível perceber que a progressão das Atividades 3 possui

uma inclinação inferior à linha de Atividades 2 (em outras palavras, é mais lenta). Para manter a continuidade da progressão das Atividades 3, deve-se proceder a partir da Atividade 2 no primeiro pavimento com a transferência “para cima” (do primeiro ao quarto pavimento) das ligações. Essa sequência pode, portanto, ser modelada com o uso do relacionamento “TI”, conectando o fim da Atividade 3 no primeiro pavimento com o início da Atividade 3 no segundo pavimento, que terá seu fim ligado ao início da Atividade 3 no terceiro pavimento e que, por sua vez, terá seu fim ligado ao início da Atividade 3 no quarto pavimento.

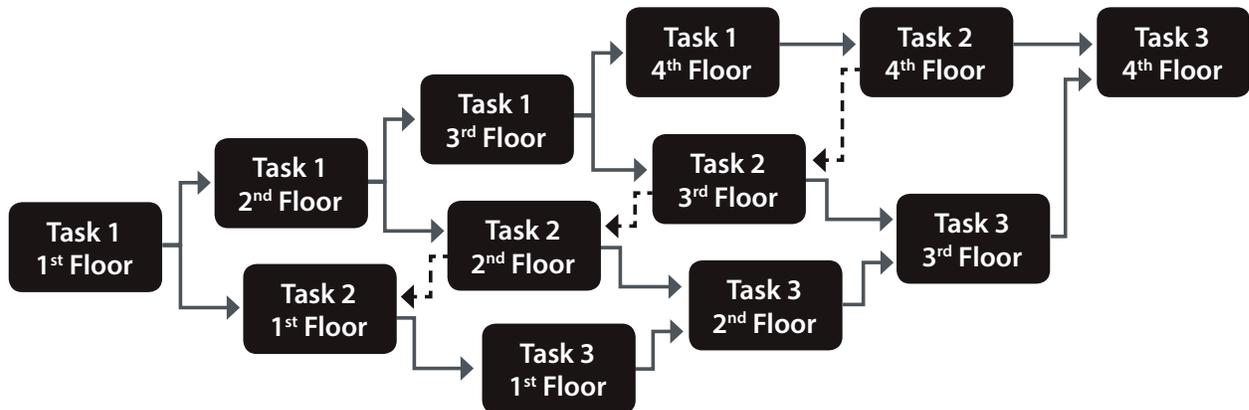


Figura 8 – Diagrama de Rede do Exemplo Completo

Uma peculiaridade pode ser observada durante a modelagem dessa rede com softwares de gerenciamento de projetos no tocante ao caminho crítico. O resultado apresentado pelo Microsoft® Project, por exemplo, mostra todas as atividades como sendo parte do caminho crítico. Analisando a progressão de atividades 2, é correto afirmar que qualquer atraso sofrido irá atrasar a atividade seguinte. Porém, é notável, a partir da Figura 9, que não haverá qualquer atraso no fim do projeto caso a Atividade 2 no segundo pavimento atrase um dia. Da mesma forma, a Atividade 2 no terceiro pavimento pode absorver um atraso de dois dias e a Atividade 2 no quarto pavimento pode absorver um atraso de três dias sem afetar a data de término do projeto.

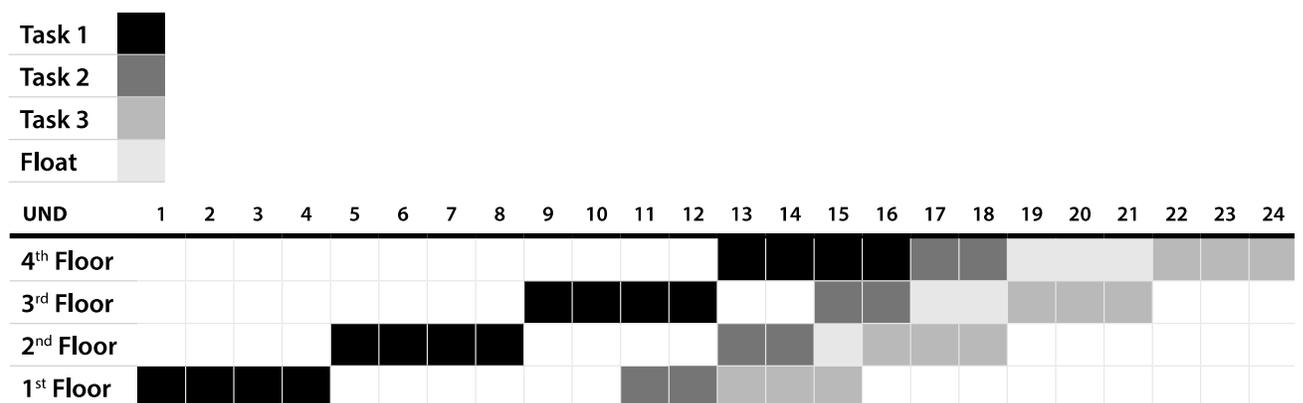


Figura 9 – Folga Total para a Linha de Atividades

No PMBOK (9), encontramos que o caminho crítico é “normalmente caracterizado por uma folga total igual a zero”, enquanto a definição de “folga total” é “a quantidade de tempo que uma atividade pode ser atrasada ou estendida a partir do seu início mais cedo sem atrasar o projeto ou violar uma restrição de cronograma”. Mubarak (7), por sua vez, considera o caminho crítico como uma “cadeia contínua de atividades críticas que vai do início do projeto até o seu fim”, definindo “atividade crítica” como atividades que não podem sofrer qualquer atraso sem atrasarem o projeto também. O mesmo pode ser encontradas nas definições dadas por Kerzner (6): “não existe tempo livre em nenhum dos eventos de um caminho crítico”.

Não existe dúvidas de que o caminho apresentado pelo software é, de fato, crítico, tendo em vista que a duração do caminho resultante é igual à duração do projeto (essa é também uma característica dado pelos autores citados para o caminho crítico). Todavia, é importante perceber que a inclusão da relação “IT” no diagrama de rede revela um “resultado inesperado”. Apesar do Microsoft® Project ter apresentado um caminho crítico em termos de duração de projeto, existem folgas “escondidas” na rede. Assim, o ponto negativo dessa abordagem é que os cálculos do CPM no tocante às folgas não serão suficientes, demandando por parte da equipe uma análise manual das folgas presentes no cronograma e como elas podem ser usadas.

Existe uma diferença entre modelar esse cronograma com o relacionamento “IT” e com o relacionamento “TI” juntamente com a restrição “O Mais Tarde Possível” (“OMTP”). A Figura 10 mostra o resultado de um cronograma modelado com a segunda opção.

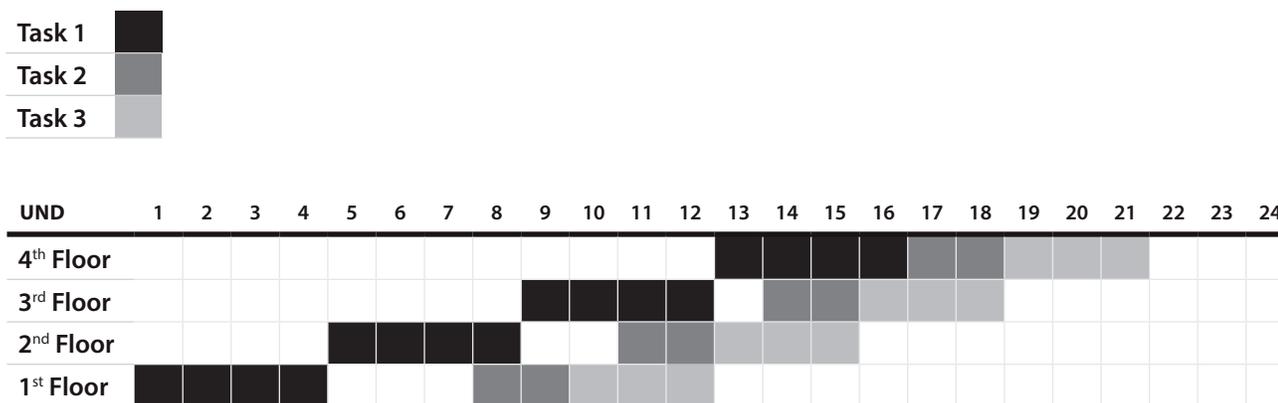


Figura 10 – Linha de Balanço resultante do Relacionamento “TI” + “OMTP”

É possível perceber que a Linha de Balanço é semelhante ao que se mostra na Figura 5 em termos de duração, mas apenas com uma linha descontínua. O risco no cronograma e no custo permanece em menor magnitude e a linha da Atividade 2 permanece com alocação de recursos por um maior período. Adicionalmen-

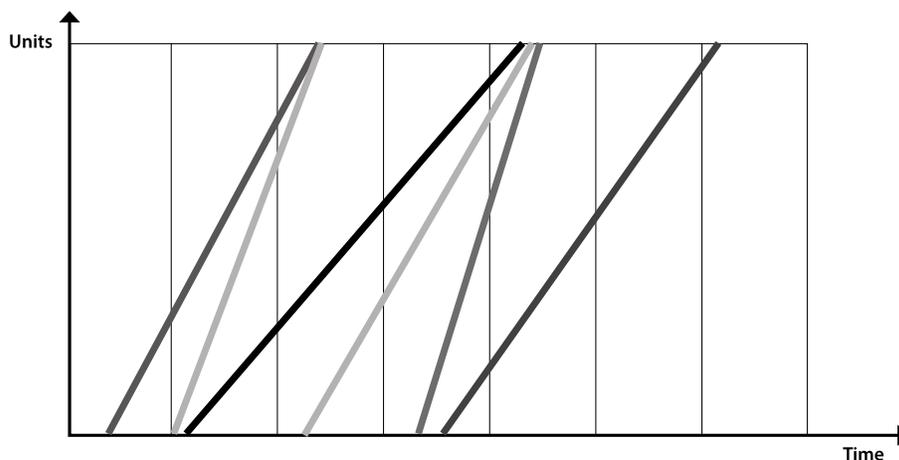
te, a Linha de Balanço acima possui o mesmo estoque de trabalho acabado que a Linha de Balanço na Figura 3.

Importante notar que a estrutura lógica aplicada nas Linhas de Balanço pode resultar em diferentes contextos. A estrutura construída com o uso do relacionamento “IT” é a de linhas contínuas, resultando num cronograma não susceptível a riscos relacionados a descontinuidade. A outra estrutura lógica, construída com relacionamentos “TI” + “OMTP”, irá resultar num cronograma com um trade-off de menor duração e um cronograma mais exposto a riscos. Em suma, ambas estruturas são válidas para a modelagem de Linhas de Balanço com um software com o MCC.

A equipe de gerenciamento, sabendo dessas particularidades presentes em cada modelo, terá de decidir qual se encaixa melhor no contexto do projeto. Se o risco associado à descontinuidade das atividades compensarem a redução na duração do projeto, a estrutura “TI” + “OMTP” deve ser empregada. Em casos em que esses riscos não compensam para o projeto, a estrutura “IT” deve ser preferida. De fato, em projetos muito grandes, é possível que um cronograma seja construído com uma estrutura mista.

## A Abordagem do Cronograma Linear

Essa abordagem usa o software com o MCC apenas como uma ferramenta gráfica para o desenho das linhas do cronograma e para o controle do projeto ao longo de seu ciclo de vida, focando apenas nos fundamentos do método: a taxa de produção de cada linha e o balanceamento entre elas. O resultado, em vez de uma rede, é um gráfico similar ao que se apresenta na Figura 11.



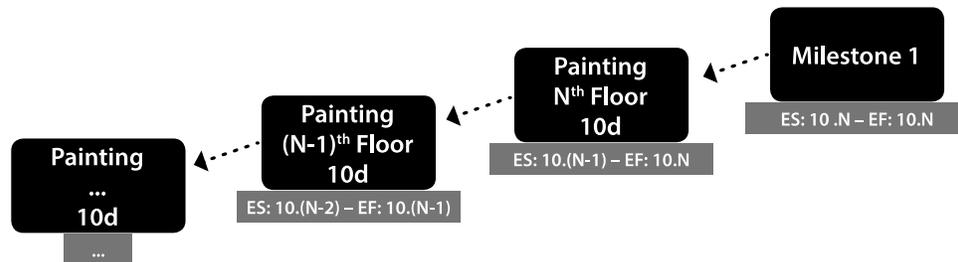
**Figura 11** – A Abordagem do Cronograma Linear

A Figura 11 mostra cada linha representando o progresso de seis atividades repetitivas num projeto de construção. Essa metodologia ignora a criação de um

diagrama de rede completamente conectado, focando apenas no desenho das linhas e o afinamento delas numa configuração eficiente – ou seja, ajustando a distância entre as linhas e continuamente balanceando-as. Essa proposição não é em si desconectada da realidade do gerenciamento de projetos na indústria da construção, já que pesquisas realizadas no Reino Unido, revelam que apenas 14% das empresas consultadas responderam que trabalham com cronogramas em que as atividades são completamente conectadas numa rede do MCC [13].

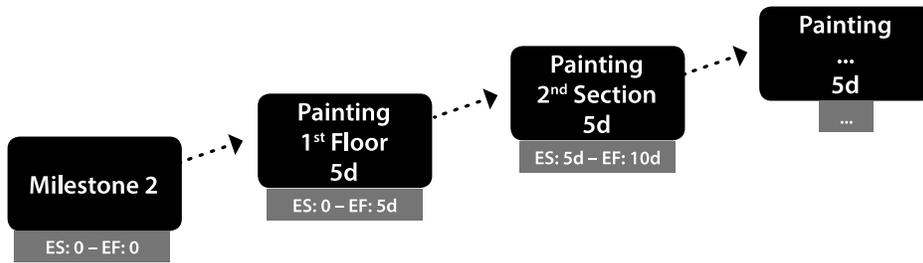
Essa utilização é, em verdade, uma consequência da definição da técnica de Linha de Balanço. Adicionalmente, ela beneficia-se da ideia principal por trás da primeira abordagem de rede, que é a subordinação das sequências de atividades a uma restrição temporal imposta. No exemplo dado anteriormente, o fim da sequência de Atividades 1 impõe uma data de início para Atividade 2 no quarto pavimento (e por sua vez ao fim da sequência de Atividades 2), conectando as linhas “no topo”. Essa abordagem foca em subordinar as linhas a um marco.

No tocante a marcos, um exemplo prático seria finalizar uma sequência de atividades de pintura de um edifício ao fim do sexto mês de um projeto, ou o fim dos trabalhos de planejamento do projeto no terceiro mês após a aprovação do projeto. Assumindo que marcos em uma rede do MCC são atividades de duração zero e com uma data fixada, a modelagem se dá de acordo com a Figura 12.



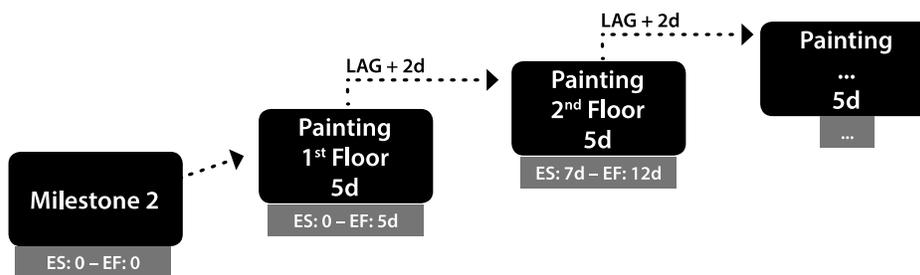
**Figura 12** – Marcos e o Relacionamento “IT”

A Figura 12 mostra que o Marco 1 subordina o fim do fluxo de trabalho das atividades de pintura. Dessa maneira, a contínua utilização dos relacionamentos “IT” entre as repetições das atividades “de baixo para cima” irá resultar na duração necessária para o início da primeira repetição. Igualmente, a sequência podia ser iniciada em um marco que representa o início dos trabalhos, com a modelagem acontecendo por sua vez “de baixo para cima” com o usual relacionamento “TI”. O exemplo dessa segunda forma de modelagem está apresentada na Figura 13.



**Figura 13** – Marcos e o Relacionamento “TI”

Se a equipe de gerenciamento decidir que o cronograma não deve ser contínuo, depois de se considerar todas as incertezas e potenciais consequências negativas, a linha pode ser modelada usando atrasos e adiantamentos. Se a equipe fosse modelar o esquema da Figura 13 com intervalos de dois dias entre si, poderia fazer isso da maneira apresentada na Figura 14.



**Figura 14** – Linhas não contínuas

Assim, um cronograma de marcos, definido pela experiência, lições aprendidas e históricos de projetos passados ou opinião especializada, por exemplo, pode ser utilizado para iniciar o processo de modelagem.

Nessa abordagem, o controle do cronograma tem como foco impedir o choque entre linhas adjacentes. Esse choque representa uma ruptura no fluxo de trabalho. Apesar do fato de que essa modelagem rejeita a existência de ligações entre atividades diferentes, o relacionamento “hard-logic” permanece. Dessa maneira, caso uma linha “invada” o espaço da outra, uma das equipes deverá permanecer parada até que essa situação seja remediada ou deverá ser transferida caso possível. Isso pode acontecer seja com linhas que progridem com uma velocidade mais rápida do que o antecipado ou com uma atividade que segue de maneira mais lenta do que o esperado.

Sem os cálculos do MCC, o controle é feito, em outras palavras, apenas pela análise do fluxo de trabalho do projeto de construção como um todo. Esse choque é uma consequência de uma execução desbalanceada, com progressões de atividades saindo do controle. Uma outra consequência de não se ter os cálculos do MCC é, evidentemente, não possuir um caminho crítico. Essa é uma considerável quebra de paradigma. O MCC entrega uma sequência de atividades que repre-

senta uma clara prioridade para a equipe. A perspectiva do fluxo de trabalho atribui à linha a mesma prioridade. O foco das atenções da equipe de gerenciamento irá derivar das informações colhidas da execução das atividades.

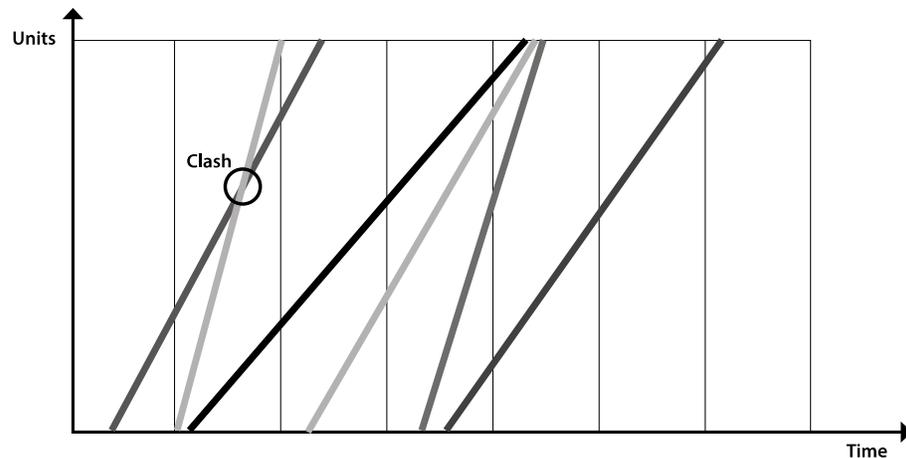


Figura 15 – Choque entre Linhas

## Conclusão

Esse trabalho propõe a utilização de softwares baseados no MCC (como visto, os mais utilizados) como uma ferramenta para modelagem de Linhas de Balanço, compensando a falta de soluções apropriadas. Inerentemente, o CPM e a Linha de Balanço são diferentes entre si. O MCC, de acordo com o exposto por Kenley e Seppänen (5), foca em como as atividades discretas conectam-se entre si para que seja possível identificar o caminho crítico. A Linha de Balanço, por sua vez, foca na perspectiva de fluxo do trabalho, com o planejamento do cronograma levando em consideração o processo produtivo por trás das unidades de produção em particular (semelhante à estruturação de uma “fábrica”). A motivação vem da escassez de soluções comerciais para o uso da técnica da Linha de Balanço, tida como uma barreira para a implementação em maior escala do método. O uso de softwares com o MCC pode suprir essa demanda como uma solução preliminar.

Para a modelagem, o trabalho propôs que o uso do relacionamento “IT” pode ser valioso. A Linha de Balanço, seu comportamento e peculiaridades foram discutidos inicialmente e assim duas abordagens foram propostas: a abordagem do Diagrama de Rede e a abordagem do Cronograma Linear.

A primeira abordagem permitiu a modelagem da Linha de Balanço como uma rede MCC. A progressão contínua das atividades, como demonstrado, pode ser representada com o uso de relacionamentos “IT” quando as linhas são “conectadas no topo”. Por outro lado, esse uso incorre em “resultados inesperados” no tocante ao caminho crítico, demandando uma investigação mais profunda por parte do time sobre a situação das folgas entre as linhas. As linhas podem ser mo-

deladas também como o relacionamento “TI” combinado com a restrição “O Mais Tarde Possível”, mas o resultado não garante uma continuidade entre as atividades da linha, expondo o projeto a riscos relacionados à quebra de continuidades do trabalho. Por outro lado, a Linha de Balanço resultante apresenta uma duração menor do que aquela inteiramente contínua obtida com o relacionamento “IT”. Ambas possuem estruturas consistentes que são aplicáveis a diferentes contextos e podem, inclusive, serem combinadas em casos de cronogramas mais complexos. É tarefa da equipe de projeto decidir qual situação é mais favorável ao projeto em questão.

A segunda abordagem comporta-se de acordo com a definição da Linha de Balanço. Os cálculos do MCC são ignorados completamente e o software serve como uma ferramenta gráfica para a representação das linhas do cronograma e para o controle das mesmas ao longo do ciclo de vida do projeto. O relacionamento “IT” ofereceu um meio para subordinar as sequências de atividades a marcos de projeto. Conectar essas sequências a marcos permite à equipe de gerenciamento, ao montar o cronograma, mover as linhas na escala de tempo com o intuito de se ajustar o cronograma e fazer um contínuo balanceamento.

## Bibliografia

Nº.	DESCRIÇÃO
1	Bernardes, M, M, S, 2011 Planejamento e Controle da Produção Para Empresas de Construção Civil First Edition Pages(s)190 LTC, Rio de Janeiro CBIC 2014, 24 January.
2	CUB Médio Brasil - Custo Unitário Básico de Construção por m <sup>2</sup> Retrieved on 14 January of 2015 <a href="https://www.dropbox.com/s/ntc7zvdthq8ocg/CBIC%20-%20%5B2%5D.pdf?dl=0">https://www.dropbox.com/s/ntc7zvdthq8ocg/CBIC%20-%20%5B2%5D.pdf?dl=0</a>
3	Henrich, G, and Koskela, L, 2005 Production Management in Construction – Requirements and Methods Second Scottish Conference for Postgraduate Researchers of the Built & Natural Environment-PRoBE Glasgow, Scotland

Nº.	DESCRIÇÃO
	Henrich, G, and Koskela, L, 2006
4	Evolution of Production Management Methods in Construction Construction in the XXI Century: Local and Global Challenges ARTEC, Rome, Italy
	Kenley, R, and Seppänen, O, 2010
5	Location-Based Management System for Construction: Planning, Scheduling and Control First Edition Pages(s) 584 Spon Press, New York.
	Kerzner, H 2009
6	Project Management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling Tenth Edition Pages(s) 1122 John Wiley & Sons, Inc., New York
	Mubarak, S. 2010
7	Construction Project Scheduling and Control Second Edition Pages(s) 456 John Wiley & Sons, Inc, New Jersey
	Ohno, T, 1997
8	O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala First Edition Pages(s) 149 Bookman, Porto Alegre
	PMI 1996-2008
9	A guide to the project management body of knowledge First through Fourth Edition Pages(s) 182-506 Newtown Square, PA: Author

Nº.	DESCRIÇÃO
	PMI
	2013
10	A guide to the project management body of knowledge
	Fifth Edition
	Pages(s) 589
	Newtown Square, PA: Author
	Popescu, C, M, Phaobunjong, K, and Ovararin, N,
	2003
11	Estimating Building Costs
	First Edition
	Pages(s) 707
	Marcel Dekker, Inc., New York
	Shaikh, G M
	2010
12	Line of Balance (LOB) Scheduling for Projects with Repetitive Work
	AACE International Transactions
	Zack Jr, J G and Collins, S A,
	2013
13	Forensic Schedule Analysis – Chapter 2: Delay Analysis on Non CPM Scheduled Projects
	Cost Engineering, pp 4-14, vol. 55, n. 6/November/December
	Morgantown, WV