



Produto & Produção, vol. 16 n. 3p. 56-65, mês. 2015

RECEBIDO EM 25/08/2015. ACEITO EM 25/08/2015.

O impacto da variabilidade no fluxo de trabalho

Luiz Filipe Tomazi

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

filipetomazi@gmail.com

Ramon Roberto Deschamps

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

ramon@rdo.com.br

Rodrigo Marques Rossetto

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

rodrigorossetto.8@gmail.com

Rafael Reis Esteves

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

rafa.esteves19@gmail.com

Glauco Garcia Martins Pereira da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

glauco.silva@ufsc.br

RESUMO

Alta rotatividade de pessoas, a falta de previsibilidade e singularidade em cada projeto, esses são apenas alguns dos vários fatores que compõem a variabilidade nos processos produtivos da indústria da construção civil. A estabilidade das atividades no fluxo de trabalho é fundamental para que uma empresa do setor tenha um planejamento eficiente e eficaz. Este artigo busca evidenciar o impacto da variabilidade no planejamento da construção através da utilização da simulação de Monte Carlo. Desenvolveu-se uma Linha de Balanço (LOB) de um projeto fictício e gerou-se dez mil simulações da sua execução com base na distribuição de probabilidade da produtividade de cada uma das atividades. Atrasos ocorreram em todos os dez mil eventos de simulação e o tempo de ociosidade também mostrou-se significativo. Ambos os resultados podem ser entendidos como efeitos da variabilidade nos fluxos de trabalho e em seus tempos de processamento.

Palavras-chave: *Lean construction*, variabilidade, Linha de Balanço.

ABSTRACT

Singularity, lack of predictability, turnover, making do, these are only a few factors that compose the process-variability in the construction industry. The knowledge of stability in activities workflow is fundamental to allow a construction company to have accurate planning. This paper evidences the impact of variability into the construction planning by using Monte Carlo simulation. It was developed the Line of Balance (LOB) of a project and generated ten thousand lead times based on the probability distribution measured on gemba for these activities. According to the simulation, the variability has a high impact on projects process time. Moreover, the delays occurred in all ten thousand events of simulation and the average delay was 12 days. In addition, the average idle time observed was 10 days and it occurred because of process-time and flow variability. According to the study, the model proves the negative impact of variability in workflow.

Keywords: Lean construction, variability, Line of Balance.

1. Introdução

O cenário da indústria da construção civil mudou na última década. Até 2011, a indústria viveu um forte crescimento com o aumento da demanda de imóveis, acrescido ao fato de que o poder aquisitivo da população e incentivo do governo também aumentou. A indústria da construção civil se tornou mais representativa no Produto Interno Bruto (PIB) do país. Para os construtores isso significou mais receita e para os empreendedores mais negócios.

Entretanto, com o aumento da inflação e desconfiança dos investidores, a construção civil diminuiu suas atividades no último ano em torno de 2,6% (CBIC, 2015). Frente a essa redução, há uma necessidade ainda maior de aumentar a produtividade e reduzir custos, levando em conta ainda à estagnação das vendas e redução de preços dos imóveis e o aumento da representatividade da mão-de-obra para 57% do custo total do projeto (SINDUSCON-SC, 2015).

A fim de obter um melhor desempenho, muitas construtoras têm reorganizado seus processos baseado nas técnicas desenvolvidas na Toyota Motor Company®, que é uma inspiração para muitas empresas devido ao seu sistema de produção, mais conhecido como *lean thinking*. Este se originou na indústria automotiva, e tem se mostrado eficaz também em outros tipos de indústrias, como: serviço, gestão pública, hospitais e construção (LIKER, 2008).

Na indústria da construção civil, variabilidade no processo é inerente e um grande problema quando o cliente final está esperando para receber seu imóvel na data acordada. Por este motivo, o Planejamento e Controle da Produção ganhou força na última década, onde as construtoras começaram a utilizar as filosofias e ferramentas para aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios.

Em construções com unidades de repetição (apartamentos similares ou repetição de andares), criar fluxo é importante e um desafio. Para absorver a variabilidade, *buffers* de tempo entre as atividades são uma opção muito utilizada, mas também considerados como desperdício.

O propósito deste artigo é de investigar a influência da variabilidade nos processos de planejamento da indústria da construção civil utilizando a simulação Monte Carlo. O estudo foi realizado em parceria com uma construtora (RDO Empreendimentos) que vêm utilizando os princípios da construção enxuta há dois anos.

2. Referencial teórico

2.1. Fluxo, variabilidade e buffering

O fluxo de trabalho é dividido nas dimensões: operacional e de processo, e é definido como todo tipo de trabalho conduzido nas horas trabalhadas - exceto obstruções como ociosidade, retrabalho e outras formas de trabalho subtraídas (KALSAAS, 2013). Ballard (1999) afirma que o Percentual de Planejamento Concluído (PPC) é uma medida para fluxo de trabalho, e também o conceito de “*Shielding Production*” (Proteção do trabalho) deve aumentá-lo.

Koskela intitulou redução da variabilidade no processo como um princípio do *Lean Construction* e afirmou que a redução de variabilidade no fluxo de processamento deve ser considerada como um objetivo intrínseco para isso acontecer, isso significa achar as causas raízes da variabilidade (KOSKELA, 1992, 2000).

Existem dois tipos de variabilidade nos fluxos de produção: variabilidade no processamento e variabilidade no fluxo. O primeiro é variabilidade no tempo requerido para processar uma tarefa em uma estação de trabalho, o segundo significa a variabilidade nos trabalhos de “chegada” para a estação de trabalho (KOSKELA, 2000).

Portanto, esses conceitos são aplicados neste trabalho de forma que variabilidades no processamento e no fluxo causam falta de fluxo de trabalho, o que leva a desperdícios causando atrasos e faz com que as atividades fiquem desbalanceadas.

Para absorver a variabilidade no processo, *buffers* (folgas) são necessários (KOSKELA; 2000; BØLVIKEN, 2014; SAKAMOTO, 2002; KEMMER, 2006; YANG, 2001). Todavia, folgas possuem custo elevado, são difíceis de dimensionar e difíceis de gerar uma solução ótima (BALLARD; HOWELL, 1994). Porém, para preservar a independência de uma atividade considerando a interdependência dela com outras os *buffers* têm um propósito essencial.

Salvo que o *Lean* afirma que *buffers* são estoques em processo, e um tipo de desperdício que esconde outros desperdícios, e deve ser minimizado para expor esses outros desperdícios. Usar *buffers* se faz necessário nos processos produtivos, e é considerado um mal necessário, contudo deve ser bem dimensionado. Sakamoto (2002) estudou o relacionamento entre atividades em três projetos de centros comerciais, e desenvolveu um método para dimensionar pequenos *buffers* entre atividade para aumentar o desempenho do processo como um todo.

Bølviken (2014) afirma que *buffers* são um paradoxo: “é um desperdício para garantir um nível de fluxo, um projeto sem *buffers* é um projeto de risco”. Claro que as empresas com boa experiência e previsibilidade podem trabalhar com *buffers* reduzidos.

2.2. Linha de balanço e desperdícios no fluxo

Bølviken (2014) sustenta a ideia que desperdícios em fluxo são divididos em dois grupos: fluxo do produto, onde seria como o produto, ou edificação, fluiria no processo como um todo; e fluxo de trabalho relacionado ao fluxo nas operações.

Considerando um plano de médio a longo prazos usando uma Linha de Balanço (LOB), os desperdícios que podem ser evitados na fase de planejamento seriam no grupo do fluxo do produto:

1. Frentes de trabalho não sendo processadas;
2. Material não sendo processado.

Além disso, como consequência a LOB reduz movimentações desnecessárias (de pessoas) no grupo do fluxo de trabalho. Outro desperdício, é o polêmico *making-do*. Apresentado por Koskela em 2004, basicamente consiste em começar uma tarefa sem que todas as restrições fossem eliminadas. Bølviken (2014) afirma que o *making-do* é outro paradoxo, e de fato é um desperdício que deve ser eliminado. Mas na realidade, é senso comum que a produção no canteiro de obras não pode parar em virtude do altíssimo custo. Todavia, o que seria pior: parar a produção, ou começar uma tarefa sabendo que nem todas as restrições foram removidas? Nem sempre é viável alocar trabalhadores em atividades-pulmão. Por isso, as consequências no planejamento devem ser dimensionadas.

Um exemplo é a falta de material. Se um gestor de obras dá o aval para começar uma atividade que não possui material suficiente para terminar aquele lote, ele tem a opção de não começar o lote, ou pode começar e ter esperança que o material “prometido” chegue a tempo. O mesmo pensamento funciona com erros no projeto, EPI’s, equipamentos e outros.

É de senso comum que o cenário perfeito prevê que tudo deve estar no lugar certo e na hora certa. Mas a experiência empírica dos gestores de obras e diretores sugerem que a produção não deve parar, e tudo deve ser feito para não causar outros desperdícios, como espera e materiais não sendo processados.

Kemmer (2006), Seppanen (2005) e Bernardes (2001) afirmam que a Linha de Balanço é a técnica certa para se construir edificações altas e com repetição. A ferramenta permite uma visualização melhor do fluxo das atividades, e variáveis como tamanho do lote e tempo de ciclo podem ser mais bem estimadas.

Seppanen (2005) afirma que a Linha de Balanço é uma técnica gráfica usada para administrar fluxo de trabalho, reduzir riscos e aumentar a produtividade. Uma deficiência da técnica é dada pelo fato de que fica explícito o fluxo de trabalho, mas não o fluxo de materiais (BERNARDES, 2001). Já Kemmer (2006) entende que a Linha de Balanço pode ser usada, também para definição de planos de ataque, modificando variáveis e analisando as consequências no médio e longo prazos.

A Linha de Balanço é demonstrada na figura 1, onde no eixo vertical estão descritas as unidades de repetição, e no eixo horizontal está descrito o tempo (em semanas ou dias). No gráfico estão descritas as atividades que devem ser feitas no devido momento e lugar. As inclinações das retas representam o *takt-time* (ritmo de produção), e podem variar para todas as atividades baseado nos requisitos do projeto e recursos da empresa. Mudando o *takt-time* nas atividades, o planejador é forçado a inserir ineficiências no processo, como: estoque de materiais e WIP’s demonstrados aqui como *buffers*.

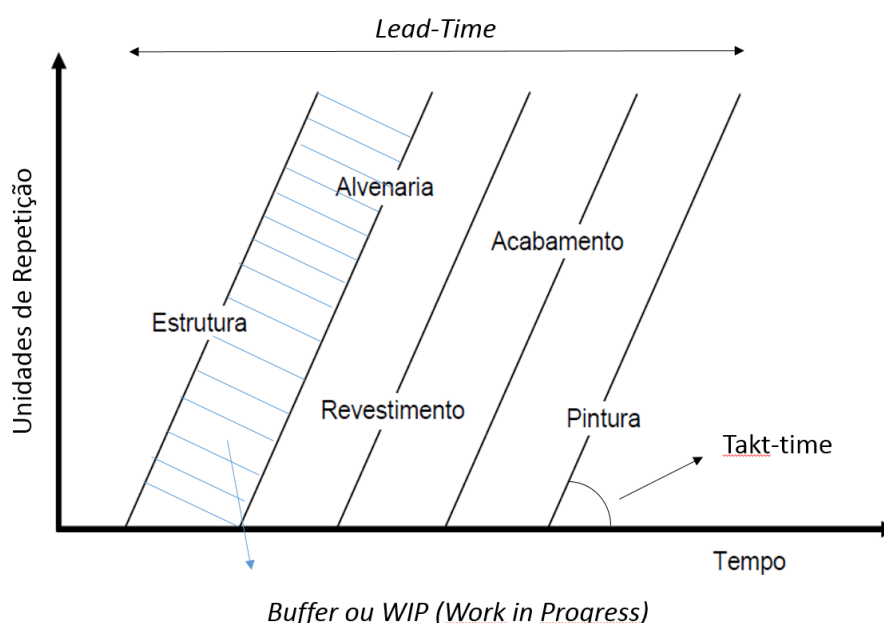


Figura 1 - Linha de Balanço

Fonte: Adaptado de Kemmer (2006)

3. Problemática da pesquisa

A análise da variabilidade das atividades foi desenvolvida em uma construtora de Florianópolis chamada RDO Empreendimentos. A empresa tem a *expertise* em construir edifícios residenciais e comerciais com média de 12 pavimentos. Já produziu 46

empreendimentos, 2.000 apartamentos, e mais de 330.000 m² de edificação. Atualmente, a empresa tem seis obras em andamento, totalizando mais de 70.500 m².

A RDO investe na implementação de ferramentas de planejamento e controle da produção há dois anos, utilizando Linha de Balanço e uma adaptação do Sistema *Last Planner*. Hierarquicamente, o gerente de obras dá suporte para todas as obras, gerindo equipes e equipamentos. O planejador, por sua vez, também é requerido em todas as obras, planejando as LOBs e operando o sistema *Last Planner*. Cada engenheiro é responsável por executar em média dois projetos simultaneamente, com a função de gerenciar empreiteiros, suporte técnico e gerenciamento das solicitações de compras.

Para gerenciar as obras, semanalmente há uma reunião na obra com todas as equipes, engenheiros, e planejador para ajustar atividades operacionais. Mensalmente, há reuniões no escritório administrativo da empresa com o engenheiro da obra, o gerente de obras, o coordenador de projetos, e o comprador, onde o objetivo é fazer um *Look-ahead* de oito semanas, e planejar e gerenciar a remoção de restrições.

Todavia, analisando a empresa em questão - mesmo com o sistema de planejamento e controle de obras funcionando em um nível aceitável e de bom aprendizado - problemas recorrentes ainda persistem. A problemática foi identificada está relacionada com a dificuldade de executar o plano, e sincronizar as atividades planejadas do tempo correto planejado. Primeiramente, o planejador define um grande *buffer* no final do projeto, em outras palavras, a data de entrega do empreendimento era planejada muito antes da data acordada com o cliente, e o *buffer* era consumido de forma incremental. Por causa da variabilidade, estava ocorrendo alguns desperdícios como: (i) estoque de material - baseado no atraso no começo de cada atividade; (ii) espera - gerado pela complexidade de gerir suprimentos para todas as frentes de trabalho; (iii) perda de produtividade - causada pela quebra de fluxo e *making-do*.

Em seguida, o planejador começou a inserir pequenos *buffers* entre atividades - dimensionados empiricamente, e como consequência, reduziu alguns desperdícios, pelo fato de que esses pequenos *buffers* passaram a absorver a variabilidade, problema inerente na construção. Todavia, a variabilidade ainda era um problema. O planejador observou que se inserisse mais *buffers*, menos problemas aconteciam, por outro lado, muitas “frentes sem processamento” apareceram. Em alguns casos, o *takt-time* na fase final de um projeto teve de ser mudado para garantir que o prazo fosse cumprido.

Também foi observado que algumas atividades possuíam maior variabilidade que outras, causadas pela complexidade das suas restrições, produtividade variável na mão de obra, falta de mão de obra qualificada, falta de comprometimento de empreiteiros, climatologia, e modificações de clientes finais.

Foi verificada a necessidade de desenvolver um método real para determinação de *buffers* entre atividades na concepção do plano de ataque. Para isso, uma análise estatística sob dados coletados na empresa foi realizada para que fosse medida a variabilidade de algumas atividades e com isso, dimensionar *buffers* em uma LOB.

3.1. Metodologia

Para investigar o impacto da variabilidade no planejamento da construção, o presente trabalho utiliza a simulação de Monte Carlo aplicado a um projeto planejado com a LOB, e analisa a diferença entre o prazo previsto e os resultados observados nas simulações, que contém a variabilidade.

Os procedimentos metodológicos foram divididos em cinco etapas: (i) coleta de dados, (ii) cálculo produtividade, (iii) planejamento de projeto, (iv) simulação de Monte Carlo, (v). Resultados e análises. Cada uma dessas etapas está detalhada nas seções seguintes.

3.1.1. Coleta de dados

Os dados utilizados para a simulação referem-se aos índices de produtividade de sete atividades executadas pelas equipes da RDO Empreendimentos. Para gerar estas informações, calcularam-se as distribuições de probabilidade de cada índice com base em dados reais coletados em campo. A seção longitudinal observou o período de 2013 a 2014 e utilizou como

amostra cinco projetos residenciais com características e complexidades similares, na mesma região e com uma média de doze andares cada. Foram escolhidas sete atividades precedentes para a análise dos dados e cálculo dos índices de produtividade. As atividades escolhidas têm a seguinte descrição:

- a) Estrutura - a qual está incluída a colocação das formas, colocação da armadura, concretagem e retirada das formas;
- b) Alvenaria externa - a qual comporta a marcação e elevação com vergas e contravergas da alvenaria externa;
- c) Revestimento de argamassa do teto – o que está contido o chapisco do teto, aplicação do emboço e posteriormente do reboco;
- d) Alvenaria interna – a qual comporta a marcação e elevação com vergas e contravergas da alvenaria interna;
- e) Instalações sanitárias e pluviais – o que inclui a instalação de redes de coleta de água da chuva e de esgoto;
- f) Instalações de água fria e quente – instalação de redes de tubulação para circulação de água fria e quente;
- g) Revestimento de argamassa interno – O qual se refere ao chapisco, aplicação do emboço e reboco da alvenaria interna.

Os dados foram coletados semanalmente, através de *check-list* e armazenados no sistema ERP (*Enterprise Resources Planning*) da empresa. Para as análises do presente estudo, buscaram-se os dados no sistema de planejamento da empresa (*PPS report*), onde os mesmos estavam armazenados. As informações extraídas foram referentes ao tempo de ciclo de cada unidade de repetição, o quanto se produziu neste tempo, e o número de equipes necessárias para a execução de cada uma das atividades descritas anteriormente.

A saída desta coleta foi um número de vinte amostras por atividade. No campo, foram observadas variabilidades de tempo de processo e variabilidade de fluxo que tiveram influências de eventos em comum, tais como: (i) curva de aprendizado; (ii) falta de compromisso dos últimos planejadores; (iii) *making-do*; (iv) condições climáticas; (V) erros inesperados (vi) superprodução e (vii) espera.

3.1.2. Cálculo da produtividade

Para calcular o índice de produtividade por equipe para cada atividade, foi utilizado a abordagem Fator Model (SOUZA, 2000), onde a taxa de unidade de produção (RUP) é adotada para medir a produtividade das atividades. RUP é a divisão do Homem-Hora pela quantidade de trabalho: $RUP = mh / QT$. Neste trabalho, a maioria das unidades foram medidas por pés quadrados (ft²): $RUP = mh / ft^2$.

3.1.3. Elaboração do plano de projeto

Depois de obtidos os índices de produtividade, foi criado um projeto fictício que foi dado ao planejador da empresa para planejá-lo com sua experiência de campo. O planejador utilizou a LOB para estabelecer o ritmo de atividades, buffers de tempo e prazos. A Tabela 1 apresenta todas as atividades e os seus dados.

Tabela 1 - Características do Projeto fictício e Cálculo do Takt-time

Atividades	Quantidade por andar (ft ²)	Produtividade (m.h/ft ²)	Número de equipes	Duração (horas)	Duração (dias)
Estrutura	5.242	58,45	30	88,14	10,02
Alvenaria Externa	4.477	2,28	1	88,08	10,01
Revestimento de	5.166	3,92	2	87,49	9,94

argamassa de teto					
Alvenaria interna	13.454	2,28	3	88,22	10,02
Instalações sanitárias	Banheiros		1	88,63	10,07
Sistema de água quente e fria	Banheiros		2	89,81	10,21
Revestimento de argamassa interno	22.604	1,83	4	89,36	10,15

Fonte: Autores

A LOB foi planejada com um buffer de uma semana entre as atividades, respeitando o tempo de cura de concreto. Também foi definido um *takt-time* de 10 dias úteis, e prazo de entrega 160 dias úteis. A figura 2 ilustra a LOB planejada.

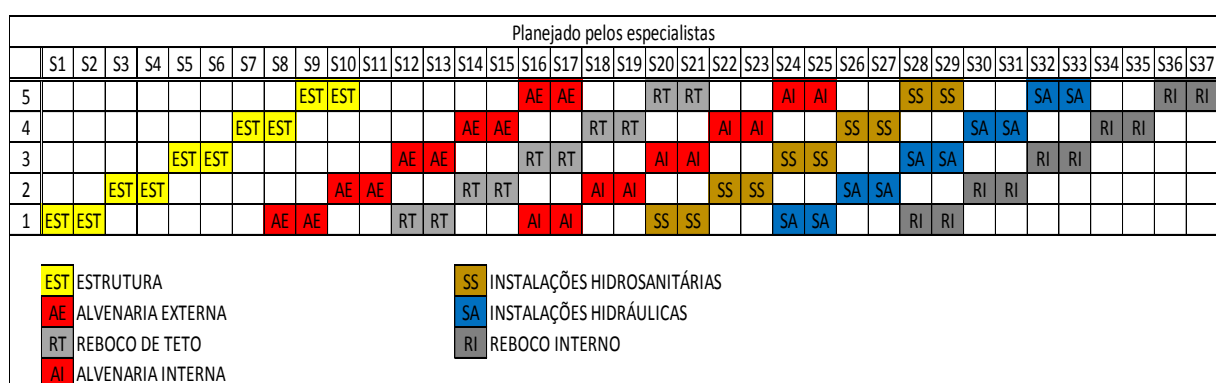


Figura 2 - LOB pelo planejador da empresa

Fonte: Autores

3.1.4. Simulação Monte Carlo

O primeiro passo da Simulação Monte Carlo foi encontrar as distribuições de probabilidade para as taxas de produtividade de cada equipe, e suas respectivas expressões algébricas. Para tanto foi utilizada a ferramenta *Input Analyser* do software *Arena*®. Nesta ferramenta foram carregadas as taxas reais de produtividade para as atividades, e como resposta obteve-se a distribuição que melhor se ajusta aos dados, e respectiva expressão algébrica. A tabela 2 resume os resultados obtidos neste passo.

Tabela 2 - Distribuições de probabilidades e expressões de cada atividade

Atividade	Distribuição de Probabilidade	Expressão algébrica
Estrutura	Beta	$4.37 + 1.99 * \text{BETA}(0.61, 0.703)$ $0.16 + 0.13 * \text{BETA}(0.991, 0.738)$
Alvenaria interna	Beta	$0.12 + \text{WEIB}(0.0732, 2.59)$
Alvenaria externa	Weibull	
Sistema de água fria e quente	Logonorma	$6 + \text{LOGN}(11.1, 11)$
Revestimento de argamassa de teto	Beta	$0.19 + 0.45 * \text{BETA}(1.88, 2.97)$
Revestimento de argamassa interno	Beta	$0.12 + 0.13 * \text{BETA}(3.69, 5.7)$

No segundo passo, foram gerados 10 mil dados de taxas de produtividade por equipe por atividade. Considerando que o projeto possui cinco pavimentos, foram geradas cinco séries de 10 mil dados para cada equipe e atividade a partir das respectivas distribuições de probabilidades e expressões algébricas obtidas. Com isso, cria-se a variabilidade de execução das atividades a fim de estabelecer maior ajuste à realidade possível.

De posse das taxas de produtividade os dados foram simulados na Linha de Balanço Empírica, com o objetivo de verificar as diferenças entre as datas simuladas e as planejadas pelo especialista. Os tempos de cada atividade em cada pavimento foram encontrados dividindo-se as taxas de produtividade simuladas pela quantidade de trabalho a ser realizada e multiplicando-se pelo número de pessoas planejadas para cada equipe em cada atividade. Isto foi feito para todos os 10 mil dados de cada atividade em cada pavimento, possibilitando então gerar a execução de 10 mil projetos simulados, a fim de compará-los com a LOB planejada e verificar o impacto da variabilidade do processo no planejamento.

4. Resultados e discussões

Através da simulação de Monte Carlo foi possível gerar dez mil execuções de projeto com as combinações de início e conclusão das atividades, respeitando o tempo das execuções geradas aleatoriamente. A figura 3 ilustra um dos milhares de projetos combinados.

Como pode ser observada na figura 3, a conclusão deste projeto ultrapassou a linha do prazo final estipulado no planejamento empírico. A data final planejada era de 32 semanas, porém a variabilidade das atividades simuladas levou à conclusão deste projeto em 40 semanas, o que significa oito semanas, ou 25%, de atraso.

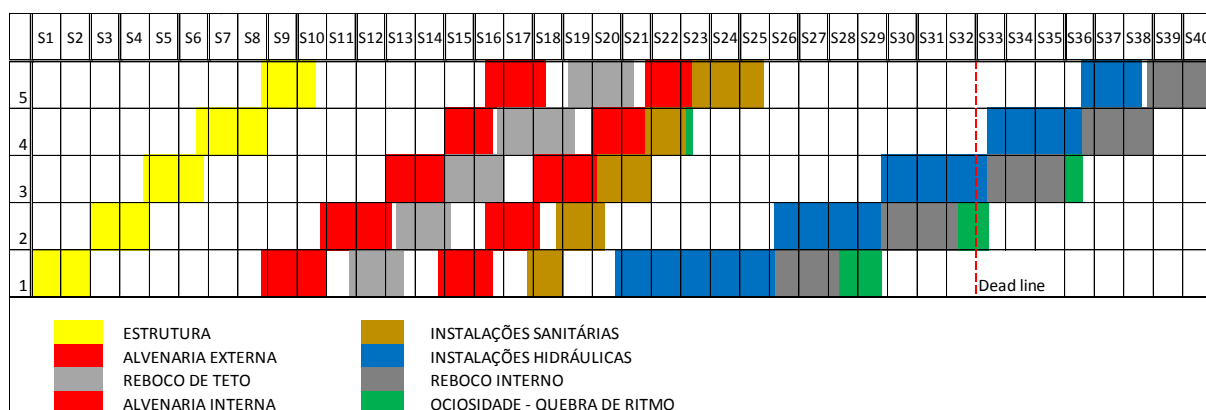


Figura 3 - Exemplo de projeto simulado

Fonte: Autores

Através da combinação de todas as simulações utilizando o método de Monte Carlo foi possível verificar o impacto das taxas de produtividade estocásticas para todo o desempenho do projeto, considerando principalmente o prazo de entrega e ociosidades dentro da execução dos projetos.

No que se refere ao prazo de entrega do empreendimento é possível verificar através da figura 4, no gráfico de frequência e na curva de probabilidade acumulada, que todas as dez mil simulações excederam o prazo máximo de entrega planejado para o projeto, e o prazo máximo de atraso foi de 48 dias, ou quase 10 semanas.

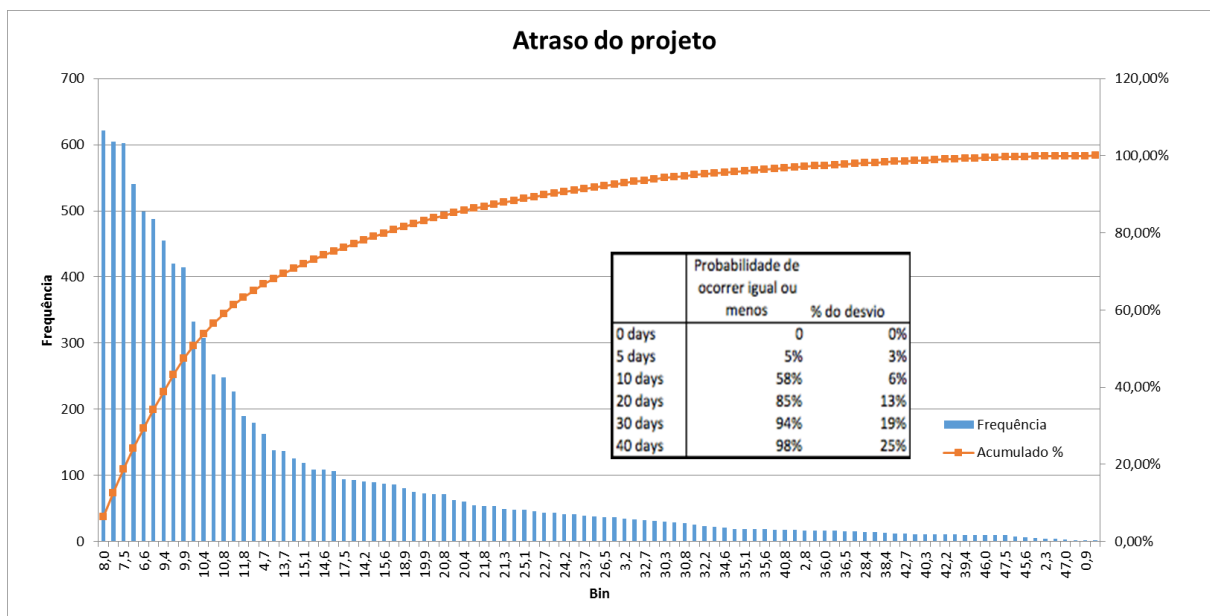


Figura 4 – Gráficos de lead time do projeto
 Fonte : Autores

Em relação às ociosidades durante a execução dos projetos, a figura 5 apresenta o gráfico de frequência e a curva de probabilidade acumulada das ociosidades. Como pode ser observado, somente 6% de todas as simulações não apresentaram ociosidade entre as tarefas durante os projetos simulados. A média de ociosidade nos projetos foi de dez dias, e a ociosidade máxima observada foi de 74 dias.

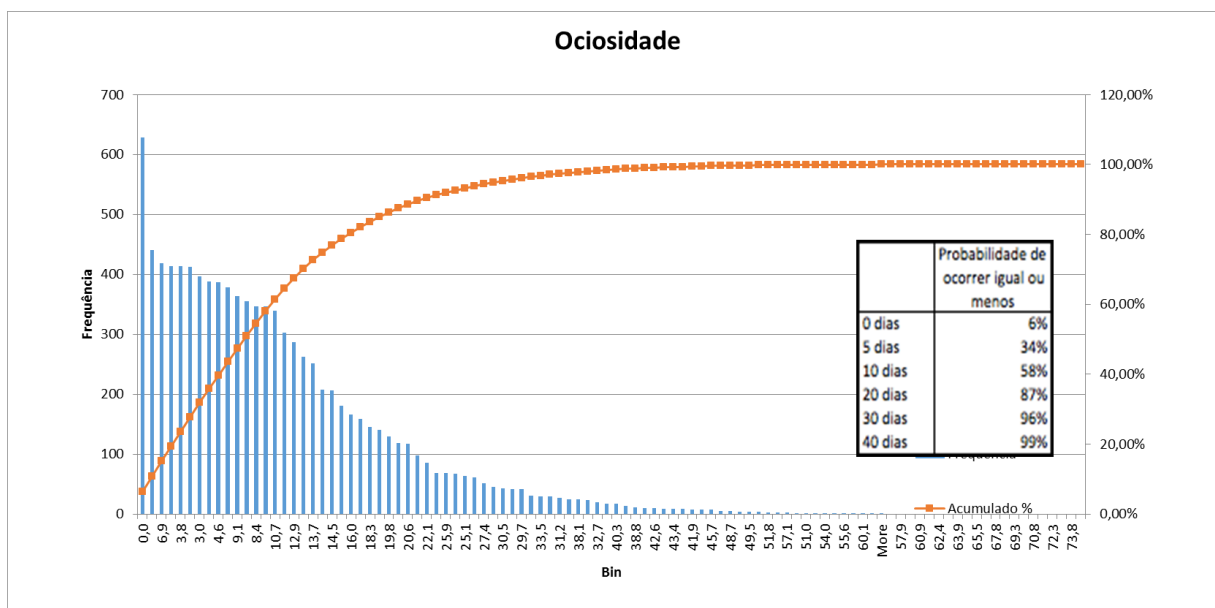


Figura 5 – Gráfico de Ociosidades nos projetos simulados
 Fonte : Autores

As análises da simulação de Monte Carlo utilizando distribuições de probabilidade reais para a execução das atividades, permitem afirmar que a variabilidade de processo afeta drasticamente o desempenho de projetos de construção civil. Na simulação apresentada todos os casos apresentaram atrasos no prazo de entrega, e 94% tiveram ociosidades das equipes durante sua execução.

Estes resultados indicam que apesar de haver estoques dimensionados entre as atividades para absorver variações no processo, considerando a combinações de variabilidades possíveis das atividades, fica difícil administrar as mudanças em nível estratégico. Neste aspecto as

ferramentas de *Look Ahead Planning* e *Last Planner* ganham importância para integrar os planejamentos, com o objetivo de coordenar todas as equipes de trabalho e suas variabilidades de processo para reduzir atrasos e ociosidades.

5. Conclusão

A linha de balanço vem se tornando uma comum ferramenta de planejamento nas construtoras brasileiras, e se mostra eficaz em seu propósito. Entretanto, quando a variabilidade não é considerada na fase de planejamento, ou é desconhecida, os planejadores acabam super dimensionando os *buffers*, o que leva a mais desperdícios no projeto.

O estudo foi realizado para pequenos projetos e poucas atividades. Em projetos mais complexos, o impacto da variabilidade tende a ser mais intenso e a probabilidade de atrasos e ociosidades aumentar.

Também, não foi considerada nenhuma ação para aumentar o fluxo de trabalho e estabilizar a produção nessa simulação. O *Last Planner* entra então em ação, nesse caso, para eliminar as causas raiz e reduzir a variabilidade.

Para estudos futuros, propõe-se o desenvolvimento de um modelo para dimensionamento de *buffers* entre atividades considerando as variabilidades. Este modelo dever ser investigado e testado no *gamba*, com o objetivo de diminuir a probabilidade de atrasos e ociosidades nos projetos.

Referências

BALLARD, G. HOWELL, G. **Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation.** In: PROCEEDINGS OF THE 2TH INTERNACIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 2). Santiago, Chile, 1994.

BALLARD, G. **Improving Work Flow Reliability.** In: PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNACIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 7). Berkeley, United States, 1999.

BØLVIKEN, T., ROOKE, J., KOSKELA, L. **The Wastes of Production in Construction – A TFV Based Taxonomy.** In: PROCEEDINGS OF THE 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 22). Oslo, Norway, 2014.

BRODETSKAIA, I., SACKS, R. **Understanding Flow and Micro-Variability in Construction: Theory and Practice.** In: PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC15). Michigan, USA, 2007.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC), 2015. Disponível em: <<http://migre.me/q28vl>>. Acesso em: 25 maio. 2015.

KEMMER, Sérgio L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifício de múltiplos pavimentos.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford. Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, USA. Technical Report n. 72, 1992.

KOSKELA, L. **Management of Production in Construction: A theoretical View**. In: PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 7). Berkeley, United States, 1999.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 298 p. Tese (Doutorado), Helsinki University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

LIU, M., BALLARD, G., IBBS, W. 2011. **Work Flow Variation and Labor Productivity: Case Study**. Journal of Management in Engineering, v. 27, n. 4, Outubro. 2011.

SEPPÄNEN, O., AALTO, E. 2005. **A Case Study of Line-of-Balance Based schedule Planning and Control System**. In: PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 13). Sydney Australia, 2005.

SAKAMOTO, M., HORMAN, M. J., THOMAS, H. R. **A Study of the Relationship Between Buffers and Performance in Construction**. In: PROCEEDING OF THE 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 10). Brasil: Gramado, 2002.

SHEN, L.J., CHUA, D. K. H. **Impact of Variability on Construction Schedules**. In: PROCEEDING OF THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION (IGLC 13). Sydney, Australia, 2005.

SOUZA, U. E. L. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA GRANDE FLORIANÓPOLIS (SINDUSCON), 2015. Disponível: <<http://migre.me/q27XY>>. Acesso em 22 Maio 2015.