

ANÁLISE DE COMO PUXAR A PRODUÇÃO EM CANTEIROS REPETITIVOS PLANEJADOS COM LINHA DE BALANÇO

Thaís M. Carneiro⁽¹⁾; Patrícia P. Gonçalves⁽²⁾ Luiz Fernando M. Heineck⁽³⁾

(1) Universidade Federal do Ceará, e-mail: thaismarilane@gmail.com

(2) Universidade Federal do Ceará, e-mail: patriciapg_d@hotmail.com

(3) Universidade Federal do Ceará, e-mail: freitas8@terra.com.br

Resumo

Os conceitos de produção enxuta assim como os de Linha de Balanço já estão bastante disseminados na prática da construção civil junto às principais empresas de edificação. No entanto, não há na literatura nenhum exemplo de como executar a puxada de atividades a partir da finalização das sucessoras em um ambiente de construção civil. Isto parece ser fácil de ser executado em uma linha de montagem, onde através de kanbans pode se puxar a atividade em cada posto de trabalho precedente através da finalização das atividades sucedentes. Como nos canteiros de obras não existe uma linha de montagem, há a necessidade de emular a sua existência através da programação por Linha de Balanço. O trabalho apresenta vários exemplos para as atividades que podem ser puxadas e aquelas que devem ser empurradas para canteiros com variadas unidades repetitivas, bem como com diferentes buffers (folgas) entre as atividades. O trabalho é desenvolvido em planilha Excel e seus resultados, são apresentados de forma gráfica.

Palavras-chave: Linha de Balanço, puxar, empurrar, Construção Enxuta.

Abstract

Lean construction and line of balance programming are well established practices among leading construction companies. However, pull mechanisms, one of the major concepts that might associate line of balance to lean concepts, are not dealt with by academic literature on site programming of works. Pull concentrates in material supply according to examples that were found in the lean construction literature review. As construction sites do not have an assembly line to make it straightforward to establish pulling mechanisms, from succeeding activities to the preceding ones, there is a need to emulate a production chain through the use of line of balance. This research work present different examples of line of balance programmes of work that would allow the determination of activities that might be pulled and the ones that necessarily must be pushed. Buffers between activities play a central role in determining the percentage of activities that preferably might be conducted according to the pull lean principle. Results are presented through the use of an Excel spreadsheet what allows to illustrate major findings in graphical terms.

Keywords: Line of Balance, pull, push, Lean Construction.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Tommelein e Ballard (1997), Mendes Jr. e Heineck (1998), a Linha de Balanço é uma técnica de programação que serve para a elaboração de planos de atividades repetitivas de empreendimentos da construção civil. Com o uso da Linha de Balanço é possível impor o ritmo de uma unidade básica que irá se repetir e identificar quais destas devem ser executadas. Desse modo, o gráfico gerado facilita a compreensão e determina "quem" estará fazendo "o quê" e "onde" (LOSSO E ARAÚJO, 1995).

Corrêa e Corrêa (2006) e Ohno (1997) tratam a respeito do mecanismo de puxar atividades e materiais na linha de produção. Womack e Jones (1998) consideram este mecanismo como

um dos princípios do *Lean Thinking*, uma vez que favorece a não produção de estoques, ou seja, só se produz quando realmente está sendo requisitado tal produto ou subproduto (*just in time*).

De acordo com Koskela (1992), o termo *Lean Construction* foi adotado para designar a aplicação dos conceitos e princípios da filosofia da Produção Enxuta (*Lean Production*) na Construção Civil. Como o *Lean Thinking* é a base destas filosofias, a utilização do mecanismo de puxar também é aplicado no canteiro de obras. Entretanto, a aplicação de tal mecanismo é utilizado apenas para o controle de materiais. Ainda não se encontrou na bibliografia esta prática aplicada a execução de atividades nesse setor.

De outro lado, sabe-se que a Linha de Balanço é uma ferramenta de planejamento que corrobora com a filosofia *Lean* (MONTEIRO *et al.*, 2011). Assim, pois, o presente trabalho busca a visualização da existência do mecanismo de puxar atividades através da programação por Linha de Balanço.

1. O MECANISMO DE “PUXAR”

Com base no sistema de abastecimento de prateleiras de supermercados, foi levada a ideia do *Just in Time* (JIT) para a linha de produção nas fábricas (OHNO, 1997). Nessa configuração, as atividades sucedentes requisitam o término das atividades antecedentes para a utilização dos produtos gerados por estas, em tempo e quantidade adequada. Para a operacionalização desse sistema dentro da linha de produção é utilizado o sistema de *Kanbans*, que, segundo Ohno (1997), impede a superprodução e controla o fluxo de materiais. Desse modo, o processo de produção é visto de trás para frente, ou seja, ao invés de empurrar produtos, estes são puxados quando requisitados por atividades sucessoras.

De acordo com o *Lean Construction*, o uso de *Kanbans* também é utilizado na Construção Civil (ROCHA *et al.*, 2009). São elaborados cartões de solicitação de materiais necessários para a realização de determinadas atividades. Rocha *et al.* (2009) citam exemplos de integração da obra com o setor de betoneira e transporte a partir do uso de *kanbans*. Além desse uso, os autores ainda citam a utilização do sistema JIT para materiais que não são produzidos no canteiro de obras. “Com a produção puxada, a confecção e o transporte das argamassas e materiais só se realizam com o pedido das equipes de produção, evitando assim a superprodução, estoque em processo e o desperdício” (ROCHA *et al.*, 2009).

Para o nivelamento da produção na construção civil, deve existir o controle dos cartões *Kanbans* por meio do *Heijunka-Box* (quadro porta *Kanbans*). Com o uso desse quadro, é possível controlar a distribuição dos pedidos de materiais de forma a manter todos trabalhando com estoque mínimo de material em um ritmo constante e estável (ROCHA *et al.*, 2009). Assim, pois, o mecanismo de puxar materiais, no canteiro de obras, é aplicável a partir do uso de *Kanbans*.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido com base na bibliografia que trata a respeito da existência do mecanismo de puxar e empurrar produtos ou partes do produto. Assim, fundamenta-se o objetivo deste trabalho na ideia de que é possível aplicar o mecanismo de puxar atividades no processo produtivo da construção civil por meio da Linha de Balanço. Assim, pois, será verificada a possibilidade de tal aplicação.

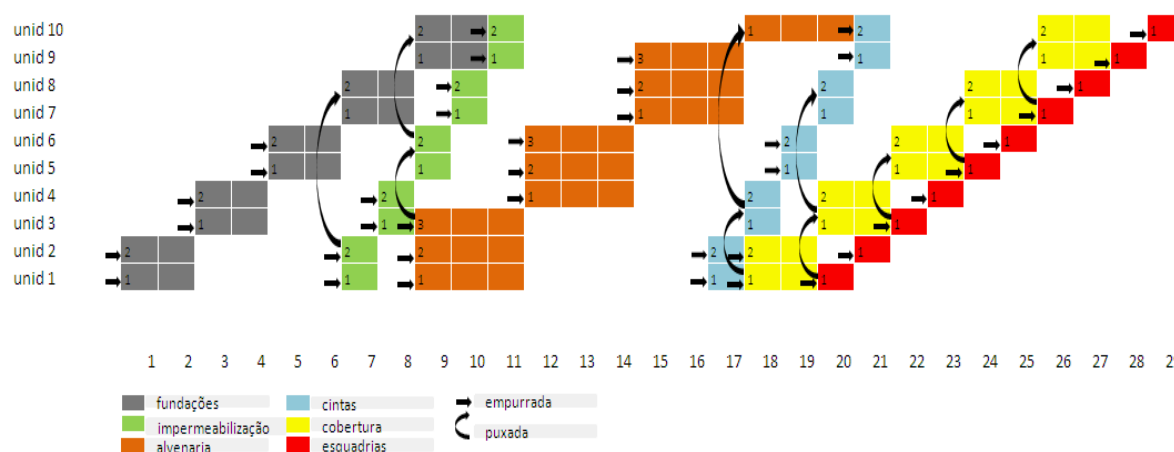
Foi feita uma análise a respeito da possibilidade da utilização destes mecanismos para serviços, sendo possível tal visualização a partir da linha de balanço. Desse modo, foram produzidos três exemplos de linha de balanço: um com número de equipes, folgas e durações diferentes; outro com número de equipes, durações e sem folgas; e outro semelhante ao segundo, porém

com adição de folga igual de um dia entre todas as atividades. Diante dos exemplos foi possível a discussão da utilização da linha de balanço para tal visualização, constatando-se, ao fim, que é possível tal aplicação.

3. DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

Para a construção da primeira linha de balanço, considerou-se a construção de dez unidades habitacionais (UH). Neste exemplo, utilizaram-se as atividades básicas para a construção das mesmas. Em cada atividade, considerou-se uma quantidade de dias diferentes para conclusão do serviço, bem como a quantidade de número de equipes. (Figura 1)

Figura1 – Linha de Balanço das atividades de construção de dez unidades habitacionais.

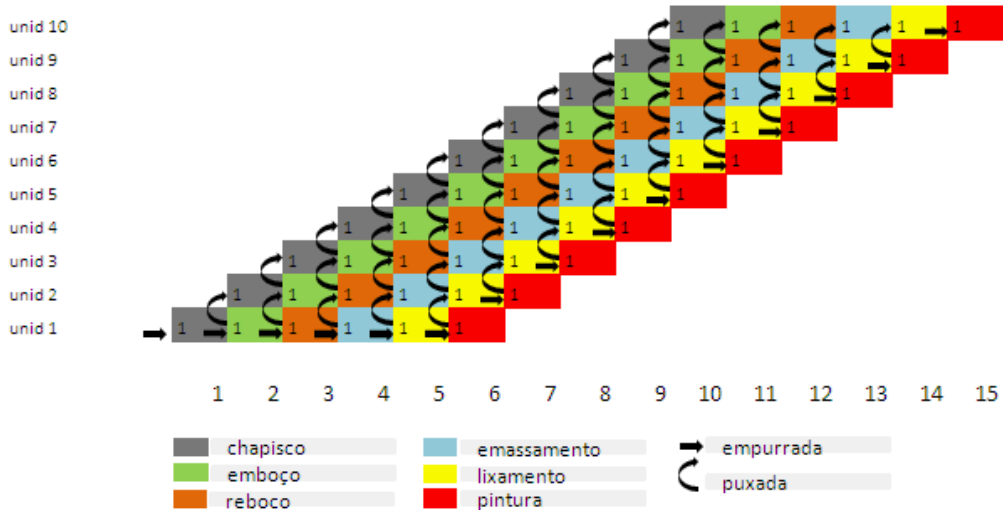


Verificou-se que a primeira atividade foi empurrada até a sexta UH, que foi quando se iniciou o trabalho de impermeabilização das duas primeiras UH's. Estas atividades começaram, então, a puxar a atividade de fundações das quatro últimas residencias. Quanto à atividade de impermeabilização, esta foi empurrada nas quatro primeiras unidades, pois a atividade de alvenaria começou, requisitando a conclusão desta. Já os funcionários da produção da alvenaria empurraram esta atividade até a nona UH, quando começou a ser puxada pela atividade de cintas superiores. Esta, por sua vez foi empurrada nas suas duas primeiras UH's, assim como aconteceu com a cobertura. Já a colocação das esquadrias teve todo o processo empurrado, uma vez que esta foi a última atividade da lista. Entretanto, pode esta última atividade ser considerada como sendo puxada pelos prazos estabelecidos pelo cliente.

Em relação às atividades que foram puxadas logo nas primeiras unidades e depois voltaram a ser empurradas, pode-se adotar o sistema de pacotes de trabalho, por exemplo: quando inicia a atividade de alvenaria das unidades 1, 2 e 3, simultaneamente são liberados *Kanbans* para o início da atividade de impermeabilização das unidade 5 e 6, bem como também podem ser liberados para os operários dessa atividade os *Kanbas* das unidades seguintes (7 à 10). Isso pode funcionar, visto que o início de nenhuma outra unidade vai solicitar diretamente a conclusão da impermeabilização das unidades 7 à 10. Desse modo, são liberados pacotes de trabalho para os mesmos operários, permitindo a estes a escolha de por quais unidades devem iniciar o serviço.

Na produção do segundo exemplo, consideraram-se os trabalhos de revestimento e pintura dessas dez unidades habitacionais. Neste caso, considerou-se a quantidade de equipes e quantidade de dias de cada serviço igual entre todos.

Figura2 – Linha de Balanço das atividades de revestimento/pintura de dez unidades habitacionais.

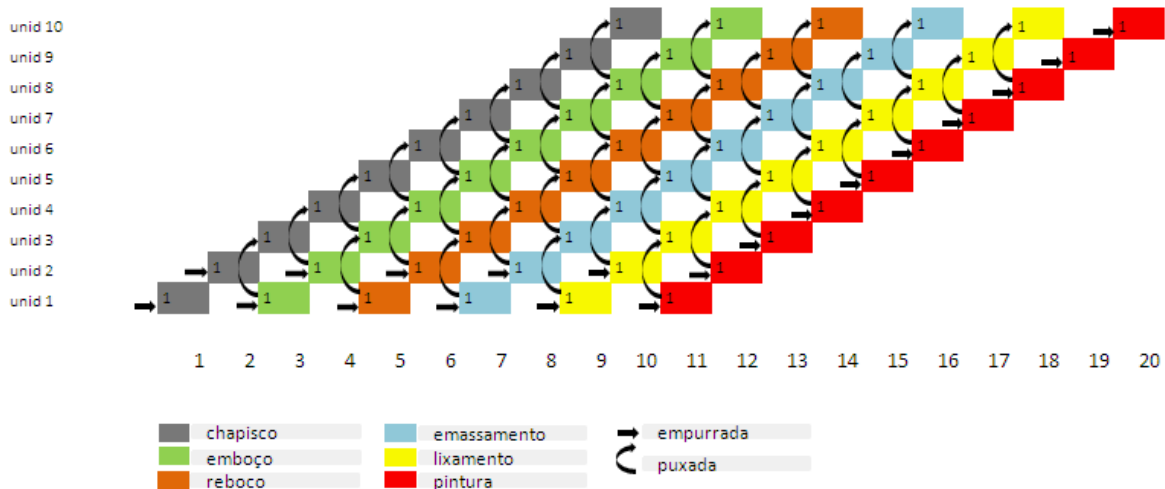


Neste segundo caso, tem-se as atividades muito mais engrenadas e sem folgas entre as mesmas. Somente são empurradas as últimas atividades da lista e as atividades referentes à primeira residência. Entretanto, pensando que a o clinete está no final da linha de produção, então esta última atividade não será empurrada, mas sim puxada por este.

Ainda se pode pensar em clientes solicitando as unidades por pacotes, por exemplo: pode existir três clientes solicitado logo o termino das três primeiras UH's, desse modo, a última atividade será puxada por lotes pelos clientes.

Já no terceiro caso, quando são colocadas folgas iguais de um dia entre as mesmas atividades do segundo caso, observa-se que todas as atividades da segunda unidade se tornam empurradas.

Figura3 – Linha de Balanço das atividades de revestimento/pintura (com *buffes*) de dez unidades habitacionais.



4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Diante dos três exemplos produzidos, constatou-se que é possível a visualização na linha de balanço do mecanismo de puxar/empurrar entre as atividades. A partir dessa visualização, observa-se que o início de uma atividade sucessora poderá puxar o início da atividade imediatamente anterior dentro de um canteiro de obras, permitindo, ao funcionário que irá executar, um controle dos prazos. Neste caso, tem-se um mecanismo de início-início das atividades de determinadas unidades.

No exemplo 1, a atividade de impermeabilização das UH's 1 e 2 solicita o início da atividade de fundações das UH's 7 e 8, ou seja há uma aviso que estas devem iniciar porque irá existir uma outra atividade que dependerá deste serviço executado para poder ser realizada. Agora, a realização das atividades de determinadas unidades podem ser vistas não apenas como consequência do término da unidade anterior, mas como requisito para a execução das atividades sucessoras.

Ainda se pode observar que a existência de folgas entre as atividades, bem como do maior número de equipes e de dias de duração das atividades, são fatores que influenciam diretamente no engrenamento de puxadas dentro da linha de balanço. Isso pode ser visualizado quando são colocados os exemplos 2 e 3. No segundo exemplo, no qual não há folgas entre as atividades, só existem atividades empurradas na primeira unidade e na última atividade da lista. Já no terceiro exemplo, no qual foi deixado um dia de folga entre as atividades, tem-se acrescidas como empurradas as atividades da segunda unidade. No exemplo 1, em que tanto o número de folgas quanto o número de dias e equipes são variáveis, não existe uma sequência lógica da quantidade de atividades puxadas e empurradas. Entretanto, é observado que pode haver alguma questão matemática envolvida nesse processo. Justifica-se tal discussão a partir de frequentes observações a respeito do número de empurradas aumentarem proporcionalmente ao aumento do número de folgas e/ou do número de equipes das atividades.

5. CONCLUSÕES

Com este trabalho, identificou-se a aplicação de mais um princípio *Lean* na Linha de Balanço: produção puxada. Com o uso desta, é possível a visualização de serviços puxados e empurrados na execução de uma obra.

A partir da linha de balanço, facilita-se o gerenciamento dos serviços por meio da distribuição de cartões para os funcionários que irão executar determinadas atividades, sendo estas puxadas por atividades sucessoras. As datas das “puxadas” são identificadas no gráfico e repassadas à administração para que a mesma comunique aos operários das atividades sucessoras e requisite os materiais necessários. Assim, do mesmo modo que se utiliza o mecanismo de puxar para o controle de insumos, também é possível o controle da execução de atividades na construção civil.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Technical Report #72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.

LOSSO, Iseu Reichmann; ARAÚJO, Hércules Nunes. Aplicação do método da linha de balanço : estudo de caso. Brasil - Rio de Janeiro, RJ. 1995. 6p. ENTAC 95, Rio de Janeiro, 1995. Artigo técnico. **Anais...** Rio de Janeiro, 1995.

MENDES JÚNIOR, R.; HEINECK, L.F.M. Dados básicos para programação de edifícios com Linha de Balanço: estudos de casos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 1998, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ENTAC, 1998.

MONTEIRO, José Márcio Feitosa; CRUZ, Anna Cristina de Moura; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos; CRUZ, Lidyci Thatielle Gurgel; MORORÓ, Mayra Soares de Mesquita; HEINECK; Luiz Fernando Mahlmann. Identificação gráfica de elementos da construção enxuta no planejamento de obras com Linha De Balanço. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO TRABALHO NO AMBIENTECONSTRUÍDO -SIBRAGEC, 7, 2011, Belém. **Anais...** Belém, 2011.

OHNO, Taiichi. **O sistema toyota de produção**: além da produção em larga escala. tradução: Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROCHA, Francisco Eugênio M.; HEINECK, Luiz Fernando M.; PEREIRA, Pedro Eduardo; LEITE, Madalena Osório. **Aplicação dos Conceitos Lean na Construção Civil**. Coletânea Edificar Lean, v.2. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2009, 56p.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Look ahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

WOMACK, J.P.; JONES, D.R. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**: Elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas de pesquisa.