

RELAÇÕES DE DEPENDÊNCIA ENTRE OS FLUXOS DE TRABALHO, MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NO CANTEIRO DE OBRAS DE EDIFÍCIOS ALTOS¹.

FAZINGA, W.R., Universidade Estadual de Londrina, email: wanessa@uel.br; PESCUMA, V.J., Universidade Estadual de Londrina, email: pescumavinicius@gmail.com; SAFFARO, F.A., Universidade Estadual de Londrina, email: saffaro@uel.br

ABSTRACT

One of the management challenges in construction is to maintain the continuity of the production flow under the process and operations perspectives. There are difficulties in keeping in sync between labor flows, referring to the performance of the labor resource, and the input flows, feed of materials and equipment. This article aims to describe the relationships of interdependence between these flows. The empirical investigation was conducted through a study case carried out in the execution of the reinforced concrete structure of a multi-storey building. The results have indicated that the flow of inputs can occur disconnected from the workflow, resulting in loss of capacity or production interruptions. The need to improve the means of communication among workers involved in the production proved to be essential to allow the flow of inputs and the continuity of the workflow.

Keywords: workflow; input flow; production flow.

1 INTRODUÇÃO

O entendimento de fluxo sob a ótica do Mecanismo da Função Produção (MFP) apresentado por Shingo (1996) e da teoria TFV proposta por Koskela, (2000) tem propiciado avanços na compreensão e gestão da produção na construção civil. Muita contribuição associada ao tema tem sido gerada pelo *International Group for Lean Construction* (BRODETSKAIA; SACKS, 2007; BERTELSEN et al, 2007; TSAO; LIDELLOW, 2017).

A manutenção da continuidade no fluxo do trabalho (operação) e, simultaneamente, no fluxo dos produtos produzidos (processo) é um desafio em termos de gestão (ISATTO; ZUCHETTI, 2014; MOURA; HEINECK, 2014). Este desafio é ainda maior ao considerar que existe também um fluxo de alimentação do trabalho envolvendo materiais, equipamentos, ferramentas e informações (BRODETSKAIA; SACKS, 2007) e a disputa pelo recurso espaço físico quando diferentes fluxos de trabalho convergem para um mesmo local (KOSKELA, 2000).

Assim, conhecer o comportamento dos variados fluxos que compõem o sistema de produção é premissa para ações gerenciais mais efetivas em busca de estabilidade de resultados nos canteiros. Estudos empíricos são

¹ FAZINGA, W.R.; PESCUMA, V.J.; SAFFARO, F.A. Relações de dependência entre os fluxos de trabalho, materiais e equipamentos no canteiro de obras de edifícios altos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

essenciais para embasar tais ações.

Este artigo tem como objetivo descrever como ocorrem as relações de dependência entre os fluxos de trabalho, de materiais e de equipamentos na construção de estruturas de concreto armado de edifícios altos.

2 CARACTERÍSTICAS DOS FLUXOS NA CONSTRUÇÃO

Bertelsen et al (2007) explicam o processo produtivo da construção como o desenvolvimento do produto ao longo do tempo propiciado pelo fluxo de trabalho que é alimentado por vários outros fluxos. Associam tais fluxos alimentadores aos *inputs* definidos por Koskela (2000): disponibilidade de materiais, equipes, equipamentos, informações, espaço físico, tarefas anteriores concluídas e condições externas favoráveis. Significa que o fluxo de trabalho requer estes *inputs* para que seja conduzido em condições favoráveis.

Ballard et al (2002) agruparam os sete *inputs* de Koskela (2000) em três categorias de fluxos alimentadores do trabalho: diretrizes, pré-requisitos e recursos. As diretrizes fornecem orientações sobre como a produção deve ser conduzida ou avaliada, como por exemplo, especificações técnicas e projetos. Os pré-requisitos referem-se aos materiais e ao trabalho anterior concluído. Os recursos correspondem a equipamentos, equipes de produção e espaço físico, aos quais se associa a ideia de capacidade. Segundo os referidos autores, os materiais não têm capacidade associada e, por este motivo, não são classificados como recursos, mas como pré-requisitos à produção.

Os recursos, por serem limitados em termos de capacidade, precisam ser devidamente utilizados quando disponíveis. Caso contrário, configura-se uma perda de capacidade no processo produtivo (BERTELSEN et al, 2007).

Arbulu, Koerckel e Espana (2005) destacam que são frequentes as deficiências no fluxo de materiais em canteiros, especialmente no que tange à quantidade e aos locais de armazenamento. O desafio é garantir que as equipes de trabalho recebam os materiais corretos, na quantidade suficiente, no momento adequado e posicionados em locais corretos. De outra maneira, as consequências são a má utilização dos recursos mão de obra, equipamentos e espaço físico e, ainda, a interrupção do fluxo de trabalho. Diante desta situação, diversos autores, entre eles Thomas et al. (2005) e Khalfan et al. (2008) destacam o gerenciamento de materiais como importante requisito para atingir continuidade e estabilidade no fluxo do trabalho e, conseqüentemente, dos produtos entregues.

O entrelaçamento dos fluxos torna difícil detectar no decorrer da produção a origem dos distúrbios. Porém, Bertelsen et al (2007) destacam que apenas um fluxo deficitário é capaz de perturbar todo o processo, independente de quão confiáveis sejam os demais fluxos.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Foi conduzido um estudo de caso no canteiro de obras de um edifício residencial de 20 pavimentos tipo, com foco na fase de estrutura de concreto armado, cujas características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do canteiro de obras

Duração do estudo	Processo construtivo empregado					Equipes
	Armaduras	Formas	Pilares	Vigas	Lajes	
5 semanas	Peças para pilares e vigas pré-montadas em uma central no próprio canteiro.	Painéis de chapa compensada de madeira, fabricada em central de produção do canteiro.	Uso de concreto usinado lançado com a grua.	Moldadas nos pavimentos.	Nervuradas moldadas no local (escoramento metálico, assoalho de madeira, formas plásticas e concreto usinado lançado com bombeamento).	Armadores: 1 líder e 4 operários. Carpinteiros: 1 líder e 12 operários.

Fonte: Os autores

Houve observação direta da produção com visitas do pesquisador em todos os dias dos ciclos de produção durante cinco semanas, além de questionamentos ao engenheiro gestor, mestre de obras e membros das equipes de produção.

A coleta de dados teve foco em compreender como as equipes se organizavam para a produção, a sequência das atividades, os recursos envolvidos, a existência de recursos compartilhados, monitoramento dos movimentos do equipamento grua e como os materiais eram transportados e disponibilizados no espaço físico. Além destas observações, os questionamentos feitos aos envolvidos na produção tiveram o objetivo de detectar o conhecimento da equipe sobre as metas vinculadas à produção, sobre as prioridades de atendimento da grua, detectar a percepção sobre a organização das áreas de estoques e sobre os problemas que interrompiam o fluxo de trabalho.

4 ESTUDO DE CASO

Os resultados serão apresentados com a descrição das ocorrências registradas em relação aos fluxos.

É necessário destacar que o fluxo de trabalho precisava do apoio da grua para a montagem de formas de pilares e armaduras, pelo peso elevado destes elementos.

Ocorrência 1: No primeiro dia do ciclo, o período da manhã era dedicado à locação dos pilares. Neste período, a grua ficava ociosa e materiais não eram enviados ao pavimento. A justificativa do operador era de que o estoque de armaduras e formas no pavimento impediria o posicionamento das linhas de eixo para locação. Desta maneira, a grua não poderia ser utilizada para fazer fluir tais materiais ao pavimento enquanto a locação era executada.

Ocorrência 2: Foram observados vários reposicionamentos de materiais que eram levados ao pavimento e estocados em locais que atrapalhavam o fluxo de trabalho. A grua era demandada novamente para reposicionamento dos itens.

Ocorrência 3: Quando o movimento da grua era direcionado pelo operador de cargas, ocorria o envio de materiais que não seriam utilizados naquele dia. O relato do operador era de que precisava sempre manter o abastecimento da grua para evitar ociosidade do equipamento, porém não eram selecionados os itens conforme a necessidade do fluxo de trabalho do dia. Além disso, era enviada grande quantidade de materiais, comprometendo a área livre para o avanço do fluxo de trabalho (Figura 1a).

Figura 1 – Transporte e depósito de materiais no pavimento



Fonte: Os autores

Ocorrência 4: A grua era requisitada pelo operador de carga antes que o lote a ser transportado estivesse organizado. Como exemplo, requisitava a grua antes de abastecer completamente a única caixa de transporte (Figura 1b) ou antes de agrupar os itens que seriam içados juntos. Esta situação colocava a grua em espera.

Ocorrência 5: A caixa de içamento (Figura 1b) era pequena para o transporte das formas plásticas de laje nervurada e, portanto, as poucas unidades transportadas a cada içamento não estavam em conformidade com a capacidade da grua e com a velocidade de instalação das formas pela equipe, causando interrupções no fluxo de trabalho.

Ocorrência 6: O operador de carga agrupava itens iguais (tipos de escora ou vigas do sistema de escoramento) para içamento. Porém, para a montagem do escoramento das lajes, havia necessidade de um *mix* destes materiais, sendo quatro tipos de escoras e vigas com variados comprimentos. A falta de um item e excesso de outro causava interrupção no fluxo de trabalho e

redirecionamento da grua para a busca dos itens em falta.

O quadro 2 demonstra as relações de dependência entre os fluxos a partir das ocorrências.

Quadro 2 – Relações de dependência entre os fluxos

Ocorrência	Característica	Efeito
Ocorrência 1	O fluxo de trabalho requer movimentação da equipe por toda a área de trabalho (espaço físico).	1. Recurso espaço físico tem sua capacidade comprometida pela movimentação da equipe.
		2. A ausência de espaço impede o fluxo de materiais e causa espera no fluxo da grua.
Ocorrência 2	O fluxo de materiais é iniciado sem avaliação do espaço físico disponível no local de trabalho.	1. Há fluxo duplicado da grua em função do reposicionamento dos materiais pela área de trabalho.
		2. O fluxo de trabalho sofre lentidão ou interrupção enquanto a grua efetua os reposicionamentos.
Ocorrência 3	Deficiência no fluxo de informações direcionado para os operadores que abastecem a grua.	1. Má utilização da grua transportando materiais que não estão vinculados ao fluxo de trabalho do dia, em decorrência da falta de instruções adequadas ao operador de cargas.
		2. O fluxo de trabalho sofre lentidão ou interrupção enquanto o fluxo da grua está dedicado a materiais que não são úteis para o dia corrente.
Ocorrência 4	Deficiência no fluxo de informações direcionado para o operador da grua.	1. Ocorrência de espera no fluxo da grua enquanto a carga é preparada.
Ocorrência 5	Deficiências na capacidade do meio de transporte (caixa).	1. Fluxo da grua ocorre abaixo de sua capacidade de carga e, portanto, com maior número de movimentos.
		2. Perda de capacidade no fluxo de trabalho em função da lentidão no fluxo de materiais.
Ocorrência 6	Fluxo de materiais não balanceado em termos de mix.	1. Ocorre interrupção no fluxo de trabalho em função da falta de materiais.

Fonte: os autores

Quando os materiais fluem para a área de trabalho de maneira antecipada podem comprometer o fluxo de trabalho por restringir o espaço físico. Porém, se o fluxo de materiais não acontecer, a grua tende a ociosidade.

Se os materiais fluem, mas os estoques na área de trabalho são mal planejados as consequências são a duplicidade de movimentos da grua e lentidão no fluxo de trabalho devido ao congestionamento do espaço físico.

É importante adequar o fluxo de materiais à capacidade de carga da grua, pois sem essa providência há sobrecarga no fluxo deste equipamento e possíveis interrupções no fluxo de trabalho em função da lentidão no fluxo dos materiais.

Para estruturas de concreto há grande variedade de materiais e componentes. Por esta característica é preciso avaliar qual a necessidade diária requerida pelo fluxo de trabalho com o objetivo de evitar que o fluxo de materiais ocorra com itens que não são imediatamente úteis ou que não se cumpra a necessidade de mix de materiais. Este aspecto incentiva a necessidade de estabelecer uma comunicação ágil no ambiente de trabalho.

5 CONCLUSÕES

Embora os dados sejam provenientes de um único canteiro de obras foi possível detectar a forte interdependência entre os fluxos.

É importante conhecer as necessidades diárias dos pré-requisitos e recursos, ou seja, não somente identificar os fluxos alimentadores requeridos ao processo de produção, mas sim reconhecer as necessidades do fluxo de trabalho diário. Para direcionar os fluxos alimentadores é relevante conhecer:

- a) Os tipos (mix), quantidades e formas de transporte dos materiais;
- b) Prioridades de uso da grua entre o apoio ao fluxo de trabalho ou ao fluxo de materiais;
- c) Disponibilidade ou restrições de espaço físico em função do fluxo de trabalho dia a dia.

Tais aspectos, quando destacados pela gerência às equipes de trabalho podem contribuir para manter a compatibilidade entre os fluxos alimentadores e o fluxo de trabalho.

As consequências de não observar tal compatibilidade são a perda de capacidade do fluxo de trabalho e do recurso espaço físico e interrupções no fluxo do produto. Mesmo diante destas consequências pode ser que o fluxo de materiais se mantenha ativo, ainda que não contribua com o fluxo de trabalho e leve à má utilização da grua.

A contribuição do artigo, ao explicitar as interdependências entre os fluxos de trabalho, materiais e equipamento é munir os gestores de canteiros de obra com informações que auxiliem na especificação das rotinas de trabalho e de transportes tendo em vista o alcance de resultados sistematicamente atrelados às metas de produção.

REFERÊNCIAS

- ARBULU, R.; KOERCKEL, A.; ESPANA, F. 'Linking Production-Level Workflow With Materials Supply. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13., 2005, Sydney. **Anais eletrônicos...** Sydney: 2005. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Conference/13>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I.; KOSKELA, L.; HOWELL, G. **Lean Construction tools and techniques**. In: *Design and Construction: Building in Value*. Oxford-England-UK: 2002, p 227-255.
- BERTELSEN, S.; HENRICH, G.; KOSKELA, L.; ROOKE, J. Construction Physics. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 15., 2007, East Lansing, Michigan. **Anais eletrônicos...** East Lansing: 2007. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Conference/15>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- BRODETSKAIA, I.; SACKS, R. Understanding Flow and Micro-Variability in Construction: Theory and Practice. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 15., 2007, East Lansing, Michigan. **Anais eletrônicos...** East Lansing: 2007. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Conference/17>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- ISATTO, E.L.; ZUCHETTI, M. Aplicação do mecanismo da função produção ao planejamento da produção seriada na construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2014.
- KHALFAN, M.; McDERMOTT, P.; OYEGOKE, A.; DICKINSON, M.; LI, X.; NEILSON, D. Application of Kanban in the UK Construction Industry by Public Sector Clients. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 16., 2008, Manchester. **Anais eletrônicos...** Manchester: 2007. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Conference/16>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.
- MOURA, S.L.M.; HEINECK, L. F. M. **Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras?** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2014.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- THOMAS, R.; RILEY, D.; MESSNER, J. **Fundamental Principles of Site Material Management**. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.131, n.7, p. 808-815, 2005.
- TSAO, C.C.; LIDELOW, H. Development of a Materials Management Strategy to Enable Continuous Work Flow on-Site. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 25., 2017, Heraklion. **Anais eletrônicos...** Heraklion: 2017. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Conference/25>. Acesso em: 22 mar. 2018.