



# **Aumento da produtividade na construção Lean<sup>1</sup> predial analisada pelo mapeamento de cadeia de valor na montagem das estruturas metálicas**

Cyro Alves Borges Jr.<sup>2</sup>

Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares<sup>3</sup>

Vanessa da Silva de Azevedo<sup>4</sup>

José Glenio Medeiros de Barros<sup>5</sup>

## **Resumo**

Este trabalho propõe um modelo de organização de processo de construção de prédio comercial, encadeando a logística de abastecimento do canteiro com a montagem das estruturas metálicas. Para enfatizar problemas críticos de processo e identificar suas soluções, foi estudado um anteprojeto de obra localizada no Centro da Cidade do Rio de Janeiro. A sincronização entre a atividade logística com o processo de montagem das estruturas seguem a lógica lean de redução de tempos de espera, de eliminação de estoques em canteiro e de criação de frentes simultâneas de fechamento dos andares, como

---

*Recebimento: 23/04/2008 • Aceite: 07/05/2008*

<sup>1</sup> O termo *Lean* é utilizado no sentido de esbelto e sem excessos.

<sup>2</sup> Professor Doutor do Deptº de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro). End: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica. São Francisco Xavier, 524, sala 5019, bloco A Maracanã 20550-013 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil E-mail: cyroborges@globocom

<sup>3</sup> Profa. Doutora do Deptº de Estruturas, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: etavares@uerj.br

<sup>4</sup> Mestranda do Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: vanessa\_eng2005@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Professor Doutor do Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional, Universidade de Taubaté. E-mail: glenio@unitau.br

condição para a melhoria de produtividade de toda a obra. É analisado o Mapeamento da Cadeia de Valor do fluxo de materiais e operações compreendidos entre o depósito de estruturas e a obra, verificando o balanceamento de atividades de produção e os possíveis ganhos de produtividade.

**Palavras-Chaves:** Construção Predial, Lean, Estruturas Metálicas.

## **Increase of the productivity in lean construction analyzed by the value stream mapping of the material flow in the assembly of steel structures**

### **Abstract**

This work proposes a model of process organization construction of a commercial building, chaining the logistics of provisioning of the site with the assembly of the metallic structures. In order to emphasize critical problems of process and to identify their solutions, it was studied a logistic proposal for the supply of the structures in a located work Downtown of Rio de Janeiro. The synchronization between the logistics activity with the structures assembly process follows the lean logic of wait time reduction, the elimination of stocks in construction site and the creation of simultaneous fronts, as condition for the improvement of productivity of the whole work. It is analyzed the value stream mapping of the materials flow and operations understood between the structures warehouse and the construction site, verifying the swinging of production activities and the possible productivity gains.

**Keywords:** building construction, lean construction, steel structures.

## Introdução

A produtividade da construção predial no Brasil é limitada pelas condições sociais da mão-de-obra e pelas restrições econômicas do mercado. A baixa qualificação dos operários e o longo período de desaquecimento na venda de imóveis dificultaram a incorporação de novas tecnologias de processo já implantadas nos países desenvolvidos. Nessa situação, as soluções que venham a incorporar aspectos da construção industrializada não têm respaldo dos fornecedores da cadeia produtiva do setor, nem suporte na remuneração de investimentos para o uso intensivo de equipamentos de obra; menos ainda na capacitação dos operários da obra. Contudo, apesar da dificuldade na implantação de soluções mais modernas, a obra predial apresenta oportunidades de melhoria de produtividade quando se identificam os desperdícios recorrentes aos processos ainda largamente adotados no país: o alto nível de descarte de materiais, o volume elevado de estoques em processo, o retrabalho, a espera na conclusão de fases de trabalho para iniciar a seguinte e assim por diante.

Identificar e reduzir desperdícios de processo tem sido a temática do Sistema Toyota de Produção (STP) - Produção *Lean* (WOMACK e JONES, 1998). O conceito *lean* se adapta com facilidade à situações onde o processo produtivo se dá com atividades repetitivas, com fabricação de peças iguais e intermutáveis (substituíveis entre si) e onde ocorra economia de escala de produtos acabados. Na construção civil, contudo, os componentes construídos (fabricados e montados) têm características estruturais e dimensionais únicas – tendo posicionamento particularizado no ambiente construído. Na construção não é usual haver intermutabilidade de peças principais (vigas colunas e lajes) – como também é incomum a ocorrência de obras idênticas – com ganhos de escala de produtos acabados. A obra e seus componentes tendem a serem únicos, como condição intrínseca da produção sob encomenda. Isso dificulta a composição de lotes de peças (intermutáveis) e a implantação da produção puxada.

A construção se torna *lean* quando se consegue identificar a repetição da seqüência de atividades características que podem ser padronizadas e seguir um ritmo constante de produção. Como consequência, é possível desenvolver um fluxo de atividades de construção e montagem com menor desperdício em esperas, estoques e movimentações desnecessárias. A redução dos desperdícios se dá a partir da análise e melhoria do mapeamento da cadeia de valor buscando o encadeamento de trabalhos repetitivos que venham a

obedecer o ritmo do *takt time* da obra (ROTHER e SHOOK, 2002). Como resultado, consegue-se aumentar a produtividade do processo.

O ambiente, ou tipo de obra em construção civil, onde é espontânea a ocorrência de repetição de atividades e de permanência de ritmo de produção é a construção predial. Tommelein e Weisseberger (1999) se anteciparam na modelagem da construção *lean* a partir da análise de um projeto predial relacionando as atividades que se iniciam nas decisões do contratante resultando em especificações que passam pelo escritório de projeto, pelas encomendas de aço usinado, pela fabricação das estruturas metálicas, pela logística de abastecimento e montagem da obra. Neste contexto, os autores sugerem um mapeamento de cadeia de valor, com uma seqüência de *kanbans*, visando eliminar desperdícios de tempo e acumulação de materiais por meio de um sistema de produção puxada.

Este trabalho visa aprofundar a proposta de Tommelein e Weisseberger (1999), agora especificando a seqüência de fluxo de cada peça a ser montada, desde o transporte das peças fabricadas para o depósito das estruturas metálicas, dimensionando os lotes a serem embarcados e transportados para a obra, até a movimentação logística das carretas e definição da seqüência de montagem. Seu objetivo é o de apresentar a lógica de padronização em lotes, associando a logística de abastecimento aos trabalhos de montagem da obra. Assim, é apresentado o mapeamento de cadeia de valor, como elemento descritivo da sincronização das fases que vai permitir a análise de ganhos de produtividade.

Para isto, foi estudado um anteprojeto de construção de um prédio comercial de 8 pavimentos, no Centro da cidade do Rio de Janeiro que, pela sua localização, apresenta grandes dificuldades logísticas pela falta de espaço para estocagem de peças e materiais, bem como limitações no uso de equipamentos de construção e montagem. Essas dificuldades foram um estímulo para análise da solução *lean* como alternativa viável e eficiente para obras em localizações que oferecem dificuldade de acesso e operação de equipamentos.

## **Embasamento Bibliográfico**

Constata-se que essa é uma área de pesquisa bastante promissora, quando se encontram trabalhos como o de Calmon e Moraes (2000) que discute as restrições ao uso de estruturas metálicas historiando seu emprego no Brasil. Os autores enfatizam o fato de que um planejamento deficiente na construção predial e o excesso de

desperdícios são pontos a serem melhorados para a difusão do uso do aço. Eles deixam antever que a construção *lean* seria o instrumento para contornar esses problemas.

Dos Reis e Picchi (2003) discutem a importância do uso do mapeamento de fluxo de valor como elemento necessário para o desenvolvimento do fluxo de negócios. Os autores identificam o atendimento das necessidades do cliente como ponto de demanda dos fluxos operacionais. O seu trabalho, contudo, não especifica os fluxos operacionais.

Fontanini e Picchi (2003) apresentam análise exploratória da utilização de macro-fluxos na cadeia de fornecedores. Os autores apresentam exemplo de utilização de armadura de aço na construção de apartamentos na região de Campinas e elaboram mapa de estado futuro de melhora das condições do fluxo entre produtores de aço e a obra. Identificam em sua análise um grande potencial para aprofundamento desses estudos.

Queiroz, Rentes e Araujo (2004) verificam a aplicação do fluxo de valor em situação real, determinando parâmetros do estado atual e propõe melhorias para o estado futuro. Infelizmente, como em outros estudos identificados na pesquisa bibliográfica, seu interesse se dá na produção industrial e não na construção civil.

Outro trabalho de Fontanini e Picchi (2004) apresenta estudo de mapeamento de cadeia de valor no fornecimento de janelas de alumínio para obra civil. Os autores estabelecem diretrizes de análise e apresentam mapeamento do estado atual e futuro, eliminando desperdícios de fluxo. O exemplo apresentado, apesar de sua importância no projeto de construção, não interfere no andamento das etapas fundamentais da construção da superestrutura da obra.

Polat e Ballard (2003) estudam a reconfiguração do fluxo da cadeia de valor, em estudo de caso do fornecimento de armaduras de aço para obra.

Adicionalmente, a revisão de bibliografia do tema recorreu em especial aos trabalhos de Tommelein. O primeiro deles, baseado nas propostas de Tommelein e Weissenberger (1999) para a construção civil, apesar de não detalhar as etapas da obra, norteou o presente trabalho. Outra referência é o trabalho de Tommelein e Li (1999) no estudo de mapeamento para o fornecimento de concreto. Verifica-se uma preocupação dos autores em estabelecer a lógica de comunicação entre os integrantes da cadeia de valor, não se preocupando em especificar o detalhamento da obra.

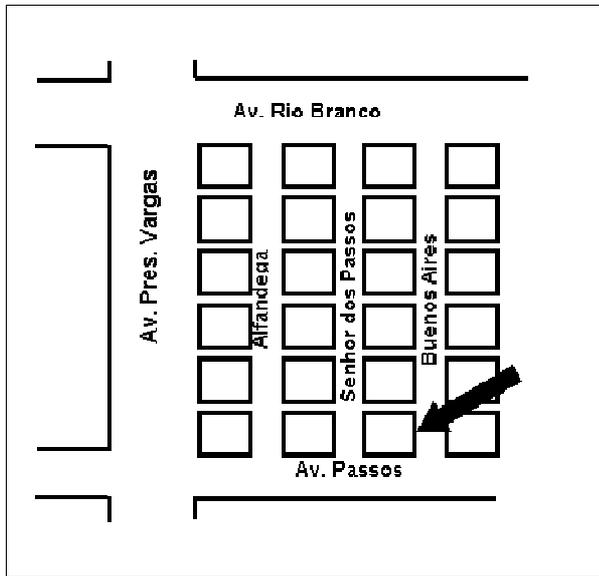
Esses trabalhos revelam que a discussão acadêmica se encontra em uma fase de identificação de procedimentos *lean* e sua adequação ao ambiente de construção. Nota-se alguma persistência na verificação pontual de quanto a prática *lean* na construção contribui para a melhoria do processo. Não foram encontrados trabalhos que apresentassem estudos comparativos significativos.

### **Localização da Edificação e Características do Projeto**

O polígono do Centro da Cidade do Rio de Janeiro circunda a interseção da Avenida Presidente Vargas com Avenida Rio Branco, configurando um espaço de poucos quarteirões que vai da Praça Mauá até o Museu de Arte Moderna – no sentido da Av. Rio Branco, e da Praça XV de Novembro até o Campo de Santana – no sentido da Av. Presidente Vargas. Nessa área, tem-se um aglomerado financeiro, com os mais importantes bancos do país, escritórios, comércio e as principais agências dos serviços públicos e instituições de governo, do legislativo e judiciário do Estado. É o centro geográfico de decisão e burocracia do Estado e do Município do Rio de Janeiro. Essa região dispõe de uma malha de transporte de ligação entre a Zona Sul e Norte, bem como ao subúrbio da cidade. Dispõe ainda de uma linha de metrô, e abriga o terminal de barcas para a cidade de Niterói. Em um extremo dessa área está localizado o Aeroporto Santos Dumont, que faz a principal ligação aérea entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo. É, portanto, uma área valorizada e privilegiada para incorporações imobiliárias comerciais.

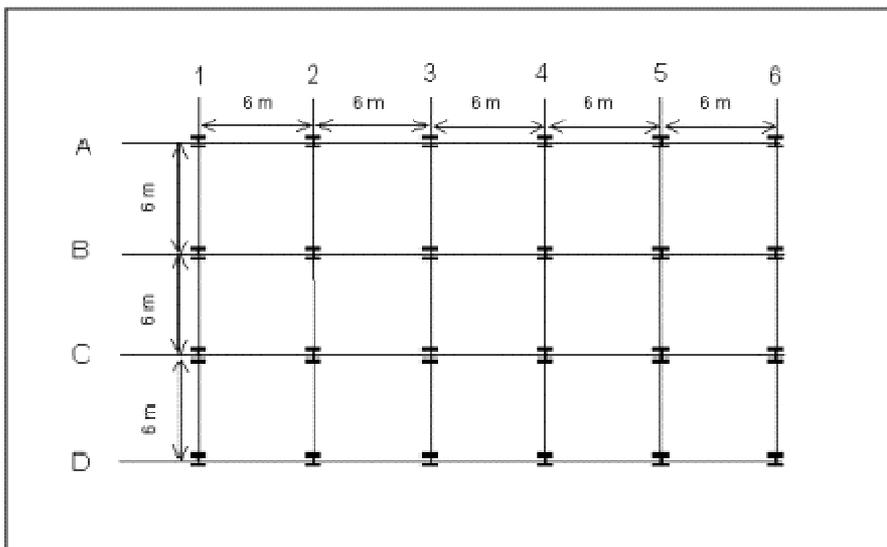
Esse polígono do Centro do Rio de Janeiro tem nos seus limites, próximo ao Campo de Santana, um conjunto de ruas de comércio popular, onde os prédios e construções são assobradadas (até 3 pavimentos), muito antigos e sem estilo definido, sem conservação, se revelando completamente obsoletos e degradados para o uso predial. Esses imóveis, por não estarem em faixa de Corredor Cultural, se apresentam como oportunidade para novas locações, quando do aquecimento da economia e com o crescimento de negócios no Estado.

O estudo de construção analisado se situa no quarteirão da Rua Buenos Aires com a Avenida Passos, conforme indicado na Figura 1. Numa avaliação preliminar foi feito um estudo de partido de construção (montagem) das estruturas de um projeto de 8 pavimentos, elaborado por Ildony Bellei (BELLEI, I. et alli, 2005).

**Figura 1:** Esquema de localização da obra

Como opção de anteprojeto a proposta de Bellei se adequa ao terreno disponível, ocupando uma área de 18 por 30 metros com estruturas projetadas em módulos (colunas e vigas) de 6 por 6 metros de área construída, conforme ilustrado na Figura 2..

**Figura 2:** Esquema do vigamento principal das estruturas metálicas: vista em planta



Fonte: Bellei et all. (2004).

Uma consideração bastante relevante do exemplo estudado é a ênfase no uso das estruturas metálicas, levando em conta dois aspectos desse material: (a) a possibilidade de um processo rápido e ágil de construção de componentes industrializados – reduzindo os defeitos do processo artesanal em concreto, eliminando retrabalho atendendo, portanto, uma premissa importante da concepção *lean* de produção; (b) a utilização de estruturas auto-portantes em aço, que vai permitir a abertura de frentes simultâneas de concretagem de laje e fechamento/acabamento dos andares, oferecendo uma flexibilidade maior na programação de atividades, com ganhos de produtividade para toda a obra.

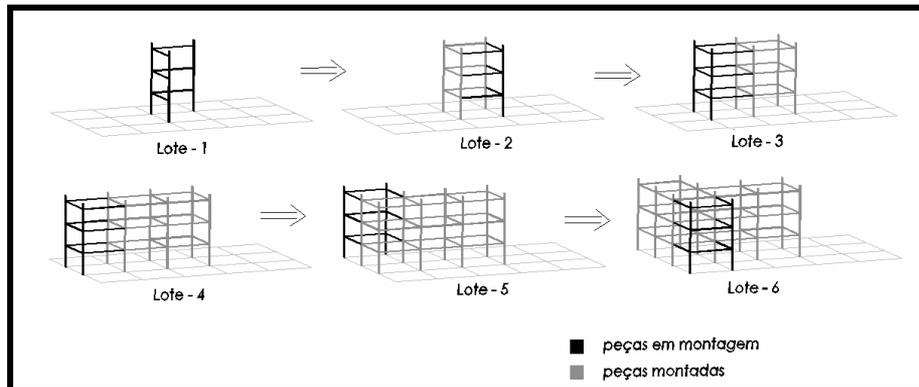
A elevação é dividida no projeto em três fases: (a) primeira fase – os dois primeiros pavimentos com altura de coluna de 6 metros e suas vigas; (b) segunda fase – os três pavimentos seguintes, com colunas de 9 metros; e (c) terceira fase – os três pavimentos finais e o suporte da caixa d'água, com colunas de 9 e 12 metros e suas vigas. A obra ainda dispõe de um complemento estrutural compreendendo os contraventamentos, as escadas, a estrutura do fosso dos elevadores, chapas de base, chumbadores e parafusos.

Construir nessa área, contudo, apresenta algumas dificuldades: as ruas são muito estreitas, impedindo o recuo para estacionamento permanente de descarga de material o que dificulta a movimentação e a parada dos caminhões nas obras. A logística de abastecimento deve levar em consideração o descarregamento rápido de cargas. Além disso, a operação dos equipamentos de içamento de cargas (torres) é obstaculizada por alguns prédios altos, nas imediações das obras, restringindo o giro de lança do equipamento.

### Partido de Montagem, Equipamentos e Transporte

As estruturas metálicas, por serem moduladas (6 por 6 metros de área construída), permitem um partido de montagem que se inicia no módulo central do fosso de elevadores e escada – de maior rigidez, e gradativamente vão sendo montados os módulos que se ligam ao módulo anterior, dando estabilidade (travamento) estrutural e dimensional ao conjunto. A Figura 3 apresenta o croquis de evolução de uma das fases de montagem:

**Figura 3:** Seqüência de montagem das estruturas (2ª fase)



Fonte: Araujo (2005).

Cada um desses lotes – transportados, içados e montados, compreende o carregamento da carreta, o trabalho do guindaste (torre) e a montagem da equipe, que além da uniformidade de quantidade de peças obedecem a um sincronismo de tempo. A obra tem um ritmo constante: a cada 5 horas (*takt time* da obra) é içado e montado um lote, assim como, a cada 5 horas é carregada uma carreta com peças de

um lote que são em seguida transportados para o local da obra. Essas atividades de transporte e montagem se dão simultaneamente.

Para a execução desses trabalhos de içamento e montagem, é conveniente que o equipamento seja adequado – capacidade de carga suficiente, e seja versátil – a lança consiga cobrir a área de içamento (carreta) e todos os pontos de montagem. Pelo menos no Rio de Janeiro, as obras civis em concreto armado utilizam para içamento de carga as torres de lança fixa. Esse tipo de equipamento é bastante limitado para uma obra em estruturas metálicas situada no Centro de cidade. É limitado pela capacidade de carga e limitado na movimentação da torre, que pode se chocar com as construções vizinhas à obra. Para a construção *lean* há que se inovar no equipamento – já que com uma performance superior o guindaste estabelece um ritmo da obra e de abastecimento logístico que interfere positivamente em toda a produtividade da cadeia.

Foi analisado o uso de torre de lança basculante, tendo em vista que esse equipamento é comum nos EUA e Europa. Existem vários fabricantes no mercado (Favelle-Favco, Kroll e Liebherr, entre outros) com modelos similares. Escolheu-se, para estudo de performance o equipamento da Liebherr-Werk Biberach GmbH – o modelo 112 HC – L. A Figura 4 mostra esse equipamento na obra.

**Figura 4:** Fotos da torre basculante



Fonte: <http://www.liebherr.com>

## Planejamento de Tempos de Içamento e Montagem

No estudo de içamento e montagem foram estimados tempos de operação para todas as 3 fases de montagem.

A capacidade e velocidade do equipamento estabelecem o ritmo de toda a obra. O planejamento das equipes de içamento e montagem, adequados à performance do guindaste, determina um ritmo de obra e uma demanda logística de um lote a cada 5 horas (*takt time*). Existe a possibilidade da obra trabalhar em 2 turnos de 8 horas, o que permite três ciclos de içamento e montagem (15 horas) por dia. Tem-se então uma demanda diária de 3 lotes de peças a serem transportados.

É apresentado na Tabela 1 o estudo de tempos da 2ª fase

**Tabela 1:** Previsão de Prazos das Atividades da 2ª Etapa de Preparação, Içamento e Montagem das Estruturas Metálicas

| Dia/Semana | Nº do Lote | Tempo em centésimos de hora   |                     |                       |          |                     |                       |          |                      |          |          | Tempo Total |
|------------|------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|---------------------|-----------------------|----------|----------------------|----------|----------|-------------|
|            |            | Preparação Torre <sup>1</sup> | Colunas             |                       |          | Vigas Principais    |                       |          | Vigas Intermediárias |          |          |             |
|            |            |                               | Quantidade de peças | Içamento <sup>2</sup> | Montagem | Quantidade de peças | Içamento <sup>3</sup> | Montagem | Quantidade de peças  | Içamento | Montagem |             |
| Seg 1      | 1          | 0,50                          | 3                   | 0,50                  | 1,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 0                    | 0        | 0        | 4,50        |
| Seg 2      | 2          | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Seg 3      | 3          | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Ter 4      | 4          | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Ter 5      | 5          | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Ter 6      | 6          | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Qua 7      | 7          | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Qua 8      | 8          | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Qua 9      | 9          | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Qui 10     | 10         | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Qui 11     | 11         | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Qui 12     | 12         | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Sex 13     | 13         | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 3                    | 0,25     | 0,75     | 4,00        |
| Sex 14     | 14         | 0,50                          | 2                   | 0,25                  | 1,00     | 9                   | 0,75                  | 2,25     | 0                    | 0        | 0        | 4,75        |
| Sex 15     | 15         | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 6                    | 0,50     | 1,50     | 5,00        |
| Sáb 16     | 16         | 0,50                          | 1                   | 0                     | 0,50     | 6                   | 0,50                  | 1,50     | 3                    | 0,25     | 0,75     | 4,00        |

**Nota<sup>1</sup>:** As atividades de preparação da torre basculante ocorrem quando do estacionamento da carreta, com a movimentação dos montadores e lança da torre para as posições de operação, com fixação de estropos nas peças, sinalização, etc. Incluem também as atividades de liberação da carreta e preparação para iniciar as atividades de montagem. Para todas essas operações foi previsto um tempo de 0,50 h (30 minutos).

**Nota<sup>2</sup>:** O tempo previsto para içamento de colunas considera 0,25 h (15 minutos) por peça do lote. A última coluna içada é desconsiderada nesse prazo, pois já é movimentada para operação de montagem.

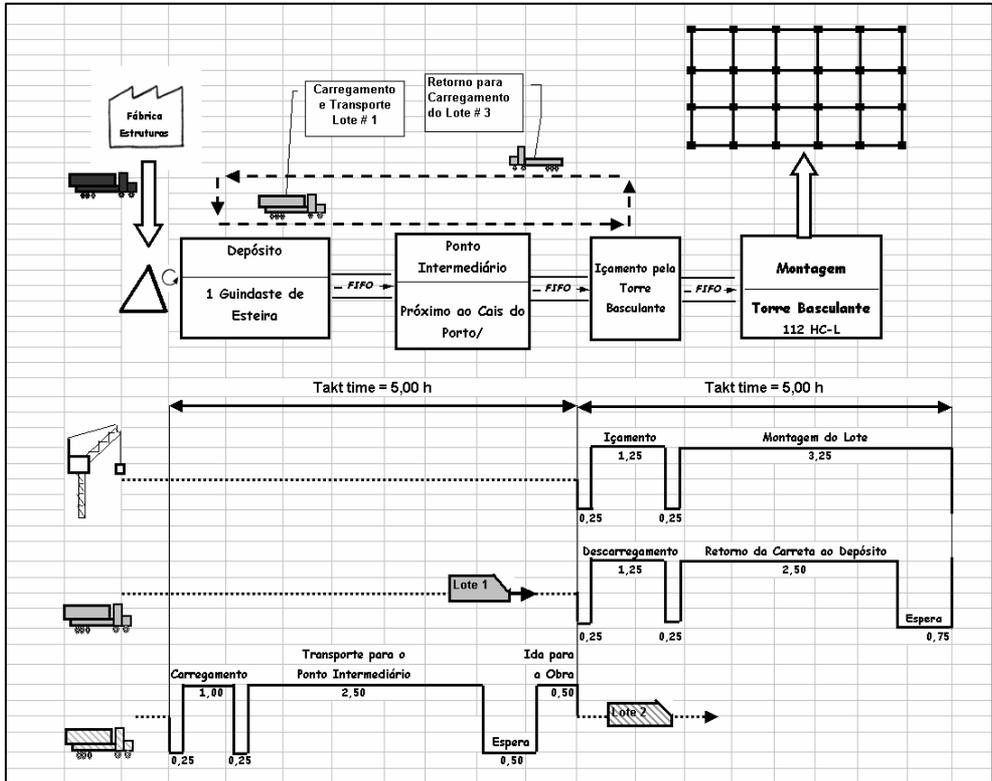
**Nota<sup>3</sup>:** As vigas são içadas em amarrados de 3 peças e depositadas sobre a estrutura já montada da fase anterior. O tempo de içamento e deposição foi previsto em 0,25 h (15 minutos) por conjunto de 3 vigas.

A integração das atividades e tempos de operação da logística de abastecimento (carretas que trazem as estruturas do depósito até a obra) e do içamento e montagem (operação do guindaste) é representada no mapeamento da cadeia de valor.

### **Mapeamento da Cadeia de Valor: Depósito, Logística de Abastecimento, Içamento e Montagem das Estruturas Metálicas**

A seqüência de atividades que relaciona o recebimento das estruturas fabricadas em uma central de abastecimento (depósito), o carregamento dos lotes, o transporte das carretas até um ponto intermediário de espera para posterior movimentação até a obra, o descarregamento e içamento das peças e a montagem dos módulos de estrutura metálica, é representado pelo mapeamento da cadeia de valor ilustrado na Figura 5. Os tempos de operação estão assinalados em centésimos de hora.

**Figura 5:** Mapeamento da cadeia de valor entre o depósito e a montagem das estruturas na obra



Em uma análise preliminar, verifica-se que a seqüência de atividades da torre basculante tem a duração total de 5 horas por lote içado e montado. Este tempo define o *takt time*. Nessas condições, duas carretas são suficientes para abastecer a obra. A cada 5 horas, uma carreta é carregada no depósito, movimentada até o ponto intermediário (distante poucos minutos da obra), onde espera o deslocamento para a obra quando da disponibilização da torre. Nesse mesmo período, a outra carreta de abastecimento já estacionou na obra para iniciar o descarregamento e içamento das peças, numa atividade que tem a duração de 1 hora e 45 minutos. Em seguida ela retorna ao depósito para novo carregamento. Enquanto a carreta retorna, a torre basculante executa os trabalhos de montagem no tempo de 3 horas e 15

minutos. Portanto, nas operações de içamento e montagem, a torre é ocupada por 5 horas de trabalho. Constata-se que há sincronização das operações de movimentação de carretas atendendo a demanda da torre basculante, num ciclo de um lote a cada 5 horas.

O ajustamento da atividade logística das carretas à capacidade de operação da torre, em uma produção puxada, é a característica de fluxo da construção *lean*: a carga de cada atividade é sincronizada no ritmo de demanda da torre basculante, estabelecendo o cadenciamento no mapeamento da cadeia de valor.

## Resultados Obtidos

O estudo da seqüência de atividades do anteprojeto do prédio comercial de 8 pavimentos no Centro da Cidade do Rio de Janeiro enfatizou algumas dificuldades na execução de obras nessa localização. O local da obra exigiu um estacionamento para as carretas com rápida movimentação de içamento. O estudo salientou o fato de que uma rigorosa implantação de ferramentas *lean* permite contornar os principais problemas de produtividade das operações de construção. A preocupação em estabelecer o fluxo de materiais em pequenos lotes, adequados à capacidade de operação da torre basculante e às equipes de montagem, elimina “gargalos”, reduzindo esperas e formação de estoques em processo. A ocorrência de fluxo, integrando a logística de abastecimento às atividades de montagem das estruturas, diminuiu ao mínimo a espera de veículos no local de descarregamento da obra.

A organização do fluxo de estruturas metálicas, até sua montagem definitiva, obedece uma seqüência de operações onde, a atividade anterior só é executada a partir da necessidade manifesta da atividade seguinte. Há, portanto, o estabelecimento de um sistema *kanban* (sem cartões), onde a movimentação de cargas é realizada pela autorização do movimento modal. Em consequência, há um seqüenciamento em *just-in-time* das cargas, sincronizado às operações da torre. Como resultado, com a estrita observância dessa concepção de produção, ocorre uma “*produção puxada*”, própria de uma construção de concepção *lean*.

O anteprojeto é constituído de 3 fases, com 16 lotes cada uma. Cada dia são montados 3 lotes; cada fase é montada em uma semana: de segunda-feira a sábado. Se planejou que, ao término (3 semanas) da montagem das peças principais, é iniciada a colocação das peças complementares: escadas, cobertura, finalização de torque de parafusos por mais uma semana. Dessa forma, do início ao fim da montagem, são previstas 4 semanas de trabalho.

## Considerações Finais

Este trabalho visou aprofundar os estudos de Toomelein e Weisseberger (1999), analisando as condições de implantação de procedimentos *lean* em um anteprojeto de construção predial. Foram apresentadas razões, consubstanciadas por base bibliográfica, para se prever o aumento da produtividade, mesmo sem a medição por indicadores numéricos de acompanhamento e de comparação. O fato de estar coerente com a linha de trabalho de Toomelein e Weisseberger (1999) se atém a preocupação em contribuir para as condições de implantação de um novo conceito de construção – a exemplo do que ocorreu na indústria de transformação.

Para a determinação do ganho de produtividade, quando comparado ao processo convencional, haveria necessidade de medida de produtividade da obra para se poder comparar com o processo convencional. Contudo, há que se considerar dois aspectos:

- a) Não é usual na construção, a ocorrência de situações de “antes” da implantação e “depois” da implantação, como é comum no setor industrial de produção seriada. É difícil se encontrar situações de mudança de rotinas de procedimentos na obra. Quando tal ocorre, existe um tempo de aprendizado e acomodação que não justificariam tal tipo de análise;
- b) Também é difícil imaginar a comparação entre obras, já que nesse setor não é comum a existência de duas ou mais construções iguais: sempre ocorrem particularizações de projeto, diferenças de calendário que interferem no rendimento.

Apesar dessas dificuldades, pode-se argumentar a favor de um aumento de produtividade da construção *lean* quando se considera que:

- a) O uso de concepções e procedimentos *lean* para eliminação de desperdícios de processo foi bastante eficiente em diferentes setores industriais: é possível imaginar que o mesmo ocorra em uma organização de produção da construção predial;
- b) O planejamento de um fluxo de operações, integrando a logística de abastecimento às atividades de montagem das estruturas metálicas, preocupou-se em eliminar “gargalos”, balanceando as atividades, o que significa a estrita eliminação de desperdícios de processos. Essa sistematização na identificação e eliminação de desperdícios induziu ao aumento de produtividade em outros setores de produção: é possível

- considerar que também aumente a produtividade da construção;
- c) A fase da construção estudada – montagem das estruturas metálicas – permite que as atividades posteriores de concretagem de laje e fechamento dos andares se dêem de forma simultânea. O uso de estruturas metálicas assegura um aumento na velocidade da obra e antecipa sua conclusão. Nesse caso, a integração entre o uso do aço e o processo *lean* permite ganhos mútuos de produtividade, não só da execução da montagem, mas principalmente, na obra como um todo.

Este trabalho, por outro lado, buscou a generalização da concepção *lean* em um tipo de construção predial. Ele contribui para a discussão sobre a construção *lean* quando detalha o planejamento da cadeia de valor, identificando todas as principais peças de estruturas metálicas, definindo lotes de movimentação, içamento e montagem, concebendo um fluxo *just-in-time*, estabelecendo procedimentos de produção puxada.

Nele foram fixados pressupostos que ainda precisam de confirmação, tais como: de que as estruturas metálicas são a melhor alternativa para tornar flexível a organização de fluxo em lotes sincronizados ao ritmo de montagem; que há necessidade em adotar equipamentos de içamento e montagem de maior mobilidade (torre basculante) e que é viável a programação de frentes simultâneas de trabalho a partir da montagem das estruturas. Outras questões ligadas à logística de abastecimento, também necessitam de melhores esclarecimentos.

Neste trabalho adotou-se a premissa de que as estruturas metálicas criam melhores condições para a implantação de metodologia *lean* de construção e também que a construção *lean* é talvez o ambiente mais favorável para a utilização das estruturas metálicas prediais, melhorando suas condições de viabilidade econômica.

É sabido que pesquisas dessa natureza precisam de maior aprofundamento. É conveniente, num primeiro momento, estender um pouco mais a cadeia de valor da construção predial *lean* incorporando outras fases: a colocação do *steel deck* e as atividades de fechamento, por exemplo. Também é necessário avaliar o uso de outros materiais – como a estrutura em pré-moldado de concreto – verificando sua compatibilidade a esse novo conceito de organização de produção.

As pesquisas em construção *lean*, das quais faz parte este trabalho, têm o objetivo mais amplo de apresentar soluções, criando rotinas e padronizações que seriam replicados na construção de edificações mais altas (prédios com mais de 30 pavimentos). Ela visa estabelecer procedimentos de maior eficiência para uma realidade brasileira, mais adequados às contingências de áreas centrais metropolitanas, mantendo ainda os pressupostos de redução de desperdício da construção *lean*. Há necessidade, portanto, de confrontar as propostas apresentadas com a opinião de outros especialistas, tanto no ambiente acadêmico quanto junto aos profissionais da área de construção. Essa discussão deve resultar em uma melhor configuração de restrições ao processo de implantação do *lean* na construção civil.

### **Referências bibliográficas**

ARAUJO, P. **Proposições Para a Integração Logística no Abastecimento das Estruturas Metálicas em Obra Predial em Centro de Cidade**. Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia Civil da UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

BELLEI, I. et alli. **Edifícios de Múltiplos Andares**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2004.

CALMON, J., MORAES, F. **Diagnóstico da Construção Metálica de Edifícios. Análise Preliminar à Luz dos Princípios da Lean Construction**. 8º ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, BA, 26 a 28 de abril de 2000.

DOS REIS, T. e PICCHI, F. **Aplicação da “Mentalidade Enxuta” ao Fluxo de Negócios na Construção Civil – III SIBRAGEC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, UFSCar, São Carlos, SP, 16 a 19 de setembro de 2003.

FONTANINI, P. e PICCHI, F. **Mentalidade Enxuta na Cadeia de Fornecedores da Construção Civil: aplicação de macro-mapeamento**. III SIBRAGEC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, UFSCar, São Carlos, SP, 16 a 19 de setembro de 2003.

FONTANINI, P. e PICCHI, F. **Value Stream Macro Mapping – A Case Study of Aluminum Windows For Construction Supply Chain**. IGLC12: Proceedings of The 12<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Copenhagen, August 2-6, 2004.

POLAT, G., and BALLARD, G. **Construction Supply Chains: Turkish Supply Chain Configurations For Cut And Bent Rebar**. IGLC11: Proceedings of The 11<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA, July 22-24, 2003.

QUEIROZ, J., RENTES, A. e ARAUJO, C. **Transformação Enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real**. XXIV ENEGEP: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 03 a 05 de novembro de 2004.

ROTHER, M. e SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor Para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

TOMMELEIN, I. and LI, A. **Just-in-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration**. IGLC7: Proceedings of The 7<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, July 26-28, 1999.

TOMMELEIN, I. and WEISSENBERGER, M. **More Just-in-Time: Location of Buffers in Structural Steel Supply and Construction Processes**. IGLC7: Proceedings of The 7<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, July 26-28, 1999.

WOMACK, J. e JONES, D. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.