



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **AÇÕES PARA IMPLEMENTAR FLUXO CONTÍNUO NA MONTAGEM DE ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA**

**Iamara R. Bulhões (1), Flavio Picchi (2), Alex T. Folch (3)**

(1) Doutoranda em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, GTE – Grupo de Gestão e Tecnologia em edificações,

[iamara@fec.unicamp.br](mailto:iamara@fec.unicamp.br)

(2) Diretor, Lean Institute Brasil, Rua Topázio 911, São Paulo/SP, Brasil, CEP 04105-063, Tel.: +55 11/5571-6887, FAX: 11/5571-0804, [fpicchi@lean.org.br](mailto:fpicchi@lean.org.br)

(3) Eng., Diretor de tecnologia e qualidade, MUNTE Construções Industrializadas Ltda. São Paulo, Brasil, [atf@munte.com.br](mailto:atf@munte.com.br)

### **RESUMO**

Os sistemas de produção da construção civil são caracterizados por diversas interrupções das equipes, que geram desperdícios. Estas interrupções podem ocorrer devido às variabilidades nos sistemas produtivos e à falta de sincronização entre processos. Dentro desta ótica, o artigo discute a implementação de fluxo contínuo no processo de montagem de estrutura pré-fabricada em obra, localizada no estado de São Paulo. O processo de implementação baseou-se nos princípios da Mentalidade Enxuta, que envolve o uso de ferramentas para criação do fluxo contínuo. A pesquisa-ação foi usada como estratégia de pesquisa no desenvolvimento do estudo, dividido em duas fases principais: (a) análise do processo de montagem da estrutura da obra A e proposição de ações para implementar o fluxo; (b) implementação na obra B das ações, como por exemplo, definição de sequência e ritmo de montagem, baseado em lotes pequenos e repetitivos. A implementação foi considerada bem sucedida em função do aumento da produtividade na montagem das peças, da redução dos desperdícios no uso dos equipamentos de montagem e, principalmente, do aumento da estabilidade no processo.

Palavras-chave: Mentalidade Enxuta, fluxo contínuo, lotes pequenos de trabalho e estabilização da produção.

### **ABSTRACT**

Most production systems in the construction industry have a large number of interruptions in the work of gangs, resulting in waste. Such interruptions are typically caused by variability in the production system and lack of synchronization of processes. This article discusses the implementation of continuous flow in the process of assembling the pre-fabricated concrete structure of an industrial building, located in the State of São Paulo. The implementation process was mostly based on Lean Thinking principles, involving tools for creating continuous flow. Action-research was the research strategy adopted for developing this study, which was divided into two main stages: (a) analysis of the assembly process on job site A and the proposal of actions to implement the flow; (b) implementation on job site B of the actions, as for example, definition of sequence and rhythm of assembly based on small repetitive batches. The implementation was successful in terms of reducing the cycle time, improving the productivity in the assembling process, reducing waste in the utilization of cranes, and, specially, increasing stability of the assembly process.

Keywords: Lean thinking, Continuous flow, small batch e increasing stability

### **1. INTRODUÇÃO**

Na construção civil, principalmente no sub-setor de edificações, observam-se baixos níveis de qualidade e de produtividade, sendo elevada a incidência de desperdícios de recursos como mão-de-obra, equipamentos e materiais. Um dos fatores que impacta na produtividade das obras são as

interrupções nos fluxos de trabalho, que podem ocorrer devido às variabilidades nos sistemas produtivos, à falta de sincronização entre processos e à falta de estabilidade no processo de produção.

Em paralelo, na indústria da manufatura, tem-se utilizado conceitos, princípios e ferramentas da Mentalidade Enxuta (WOMACK e JONES, 1996), desenvolvida a partir do Sistema Toyota de Produção (STP), para melhorar o desempenho de suas fábricas, no que diz respeito à eliminação de desperdícios, incluindo os estoques da produção. Trabalhar com pequenos lotes torna este sistema mais flexível e eficiente, pois alterações nas demandas de mercado e nos padrões de qualidade dos produtos são mais rapidamente identificados. No ambiente da construção civil, a aplicação da Mentalidade Enxuta está sendo chamada de Construção Enxuta e vem sendo estudada principalmente por um grupo de pesquisadores participantes do IGLC (Grupo Internacional pela Construção Enxuta). Uma importante contribuição do grupo foi a introdução do conceito de fluxo no sistema de produção da construção civil, que tradicionalmente era visto apenas como atividade de transformação (KOSKELA, 1992, SANTOS, 1999).

Um dos princípios da Mentalidade Enxuta apresentado por Womack e Jones (1996) diz respeito à implementação de fluxo contínuo nos processos de produção, ou seja, produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado de um processo para o processo seguinte sem interrupção entre eles (ROTHER e SHOOK, 1999). No ambiente da manufatura pode-se visualizar a produção de itens unitários numa linha de produção de forma razoavelmente simples: automóveis, canetas, embreagens, celulares, etc. Apesar dessa visualização aparentemente fácil, implementar fluxo em empresas de manufatura não é algo trivial e envolve a implementação de uma série de ações no chão de fábrica e, principalmente, mudanças de comportamento dos envolvidos, desde produção até a diretoria da empresa (LIKER, 1996).

Transferir o conceito do fluxo contínuo para o ambiente da construção é então o grande desafio. Se já é complexo implementar fluxo na manufatura como fazer isso na construção civil? A resposta a essa questão não é simples, mas, apesar das dificuldades, o presente trabalho propõe que os conceitos e princípios básicos da Mentalidade Enxuta podem ser utilizados em qualquer ambiente de produção, seja ele de produtos ou serviços (KOSKELA, 2001; WOMACK e JONES, 1996). Contudo alguns conceitos relacionados ao fluxo, originados na indústria automobilística, necessitam ser adaptados ou traduzidos para as obras.

Dentro desta ótica, este artigo apresenta os resultados preliminares de um estudo empírico de implementação de fluxo contínuo no processo de montagem de estrutura pré-fabricada, através da introdução de pequenos lotes de trabalho e padronização do trabalho. Além disso, o artigo analisa os benefícios que essa implementação trouxe à empresa. Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla, cujo objetivo é implementar fluxo contínuo em canteiros de obras usando como base o modelo apresentado na Mentalidade Enxuta. Este estudo foi realizado em dois canteiros de obra da empresa Munte Construções Industrializadas Ltda, especializada em fabricação e montagem de peças industrializadas, localizada no Estado de São Paulo.

## **2. FLUXO CONTÍNUO**

O modelo de implementação de fluxo contínuo proposto por Rother e Shook (2000) e Rother e Harris (2002) é dividido nas seguintes etapas: a) Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) do processo de produção atual e de uma proposta de mudança no mesmo, na qual incluem melhorias necessárias para reduzir perdas, principalmente aquelas devido às atividades que não agregam valor; b) implementação do fluxo contínuo, do balanceamento das operações do trabalhador, de células de trabalho e, também, introdução de sistema de controle de produção puxado; c) uso do trabalho padronizado pela definição dos ritmos e seqüências de produção, para estabilizar os processos; e d) melhoria contínua do trabalho padronizado através de sucessivos *kaizens*.

A partir desse modelo de implementação, realizou-se um estudo exploratório no qual a proposta foi testada e analisada. A aplicação apontou para a combinação do MFV com a linha de balanço (LB), uma técnica de planejamento bastante disseminada na construção civil. O MFV é utilizado tanto em nível do empreendimento como de processos. Numa proposta preliminar para implementação de fluxo contínuo em obras, recomenda-se como ponto de partida a avaliação do fluxo de valor do empreendimento seguido pela análise do processo. Como na construção o prazo do empreendimento

geralmente já é estabelecido, deve-se então estudar e definir os ritmos dos processos, que por sua vez afetam o tempo *takt*<sup>1</sup> equivalente de cada processo. É importante existir uma interação entre as análises do fluxo de valor e dos processos, durante o planejamento das atividades de implementação. Esta interação pode ajudar a extrair MFV futuro e a planejar o processo de melhorias, que deve ser seguido por planos e ações de implementação. Na proposta sugere-se, também, a utilização das ferramentas Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO) e Tabela de Combinação do Trabalho Padronizado (TCTP) no nível de análise do processo, que auxiliam na criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em dois canteiros de obras no estado de São Paulo e teve como estratégia a pesquisa-ação, definida com um tipo específico de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada através de uma ação e que os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2005).

O trabalho foi planejado para ocorrer em três fases. Na primeira fase foi realizada a análise do processo de montagem da estrutura pré-fabricada na obra A, localizada na cidade de São Paulo. Os objetivos desse diagnóstico foram a identificação dos problemas que ocorriam na obra e a proposição de ações para implementação de melhorias na obra B, visando à resolução dos problemas identificados. A segunda fase foi denominada de implementação da proposta. Para facilitar o processo da pesquisa, a obra B foi sub-dividida em etapas (1, 2 e 3). Periodicamente foram feitas análises parciais dos resultados obtidos, que serviram de base para definição de novas diretrizes para a realização da pesquisa-ação. A fase três da pesquisa, ainda não concluída, é a análise dos dados. No momento em que este artigo foi escrito, a obra ainda estava em andamento. Pretende-se realizar entrevistas com os principais funcionários da empresa envolvidos nos processos estudados na pesquisa.

#### 3.1. Descrição da empresa e caracterização das obras A e B

A empresa, na qual se realizaram os estudos empíricos, foi fundada em 1975, e pelo critério do número de funcionários é considerada de grande porte na área de construção. É especializada em obras que utilizam peças em concreto pré-fabricado. Possui duas fábricas para produção das peças localizadas no estado de São Paulo, nas cidades de Itapevi e Rafard. É certificada pelo ISO90001 desde 2002 e atualmente tem obras espalhadas na capital e interior de São Paulo. No Quadro 1 está apresentado um resumo com as principais características das obras. Observa-se que ambas se referem a montagem de estrutura em concreto pré-fabricado com tipos de peças semelhantes, o mesmo tamanho de equipe e equipamentos semelhantes. Contudo as dimensões (volume, área, número de peças) da obra B são bastante superiores à obra A.

**Quadro 1. Caracterização das obras A e B**

Características	Obra A	Obra B
<b>Localização</b>	Cajamar/SP	São Paulo/SP
<b>Descrição da obra</b>	Montagem da estrutura em concreto pré-fabricado de um galpão composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e escada.	Montagem da estrutura em concreto pré-fabricado de um shopping composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e painéis de vedação laterais.
<b>Área da obra (m²)</b>	3.072,25	178.000,00
<b>Volume da obra (m³)</b>	832,03	10.130,73
<b>Nº de peças</b>	578	8.741
<b>Equipe disponível</b>	1 engenheiro em tempo parcial, 1 apontador, 1 encarregado, 5 montadores e um operador de guincho.	1 engenheiro em tempo parcial, 1 apontador, 1 encarregado, 5 montadores e um operador de guincho.
<b>Equipamento disponível</b>	1 caminhão guincho tipo American em tempo integral e 1 caminhão guincho tipo Tadano (esporadicamente).	1 caminhão guincho tipo American (tempo integral) e 1 caminhão guincho tipo TL300 (esporadicamente).
<b>Prazo da obra</b>	25 dias	250 dias

<sup>1</sup> Significa o ritmo de produção necessário para atender a demanda do cliente.

É importante salientar que as obras utilizam peças de uma nova fábrica, localizada na cidade de Rafard, com muito pouco tempo de implantação e com alguns problemas, tais como alta variabilidade nos tempos de produção, equipamentos em fase de testes com muitas paradas e equipe de transporte entre a fábrica e as obras sendo formada.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Obra A – Análise do processo de montagem**

Inicialmente havia um plano de carga (datas, seqüência e quantidades das peças por carga de transporte) de montagem das primeiras peças da obra, mas a fábrica não obedecia ao plano. Isso fez com que o engenheiro da obra não atualizasse mais o plano das peças subseqüentes, fazendo com que o planejamento do processo de montagem da obra fosse informal.

Para auxiliar na análise do processo de montagem da obra A, foi elaborado o Mapa do Fluxo de Valor (MFV), que apontou para uma diferença de **164,5h** (262h – 97,5h) entre o tempo total de construção e o tempo gasto realmente em processamento. Essa diferença ocorreu, principalmente, devido a:

- a) **Estoque de peças:** existiam em vários momentos estoques de peças. Isso ocorria porque algumas delas não podiam ser montadas devido à interdependência com outras que ainda não tinham sido montadas. Outro problema era que a instalação de algumas peças impediria a movimentação do guindaste, e impossibilitaria a montagem de outras peças;
- b) **Estoques de produtos em processamento:** observou-se que algumas peças montadas (vigas e pilares) teriam de esperar muito tempo pela montagem das lajes e telhas. Isso ocorreu em função da falta de definição de seqüência de montagem que levasse em conta a interdependência entre as peças e, também, da falta de definição lotes pequenos de montagem.
- c) **Atrasos na entrega das peças pela fábrica:** isso causou uma sub-utilização dos recursos, tanto do guindaste quanto da equipe de montagem. Nessa obra trabalhou-se com um equipamento de capacidade de montagem de cerca de oito viagens<sup>2</sup> por dia e, em média, realizou-se cerca de três cargas de transporte por dia. Isso acarretou uma ociosidade no equipamento de cerca de 66%, comprovado pela utilização de 802 horas efetivas de equipamento em relação a 370 horas orçadas. Em termos de produção significa 1,04m<sup>3</sup> (reais) em relação a 2,24m<sup>3</sup> (orçado) por hora de equipamento.
- d) **Mudança de projeto:** foram identificadas mudanças de projeto pelo cliente e o setor de projeto da empresa demorou muito para intervir e resolver o problema. Existia também um fluxo de informação no processo muito fracionado. Isso também foi uma das principais causas do atraso na entrega das peças pela fábrica.

### **4.2. Proposta de Implementação**

A partir do diagnóstico apresentado no item 4.1. , foi realizada a seguinte proposta de intervenção para implementação de fluxo no estudo empírico 2:

1. Aumentar a estabilidade do processo através da implementação de um planejamento hierarquizado e formalizado;
  - a. **Plano de longo prazo:** deveria ser gerado um cronograma informatizado (no fechamento da obra) pelo setor de planejamento e controle da fábrica. A partir desse cronograma, a obra deveria ser sub-dividida em grandes etapas que, em linhas gerais, definiria a seqüência com que a estrutura seria montada. Essa divisão deveria ser feita pelo engenheiro responsável da obra em acordo com o cliente, numa visita no canteiro de obra.
  - b. **Plano de médio prazo:** a partir da subdivisão realizada no planejamento de longo prazo, cada grande etapa deveria ser ‘quebrada’ em pequenos lotes de trabalho, menores, repetitivos (de preferência) e passíveis de controle. Para isso sugeriu-se o uso da Linha de balanço. Ao fim dessa definição de lotes e com informações mais detalhadas sobre os prazos, deveria ser discutido, com os responsáveis, as restrições no processo (engenheiro responsável e representantes do setor de planejamento da empresa, projeto e suprimentos).

---

<sup>2</sup> Neste trabalho o termo “viagem” se refere a cargas dos equipamentos de transportes (caminhões).

- c. **Plano de carga:** este plano já fazia parte do sistema da empresa e devia ser, a partir dessa proposta, realizado e discutido com os intervenientes do processo (obra, representantes pela produção e transporte das fábricas Rafard e Itapevi). Além disso, periodicamente esse plano deveria gerar informações quanto a problemas/causas que ocorreram e impossibilitaram a execução do plano.
2. Implementação do Trabalho Padronizado (1º Nível): como o processo de estabilização ocorreria ao longo do tempo, a proposta contemplou dois níveis de implementação do trabalho padronizado. Neste nível ocorreria um processo de criação de um fluxo contínuo entre as fábricas e a montagens. O importante nessa fase era a criação de sistema fábrica-transporte-montagem confiável, no qual os problemas fossem identificados e resolvidos.
3. Implementação do Trabalho Padronizado (2º Nível): nesse nível deveria ser feito um estudo de todos os elementos de trabalho da montagem para elaboração do Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO) e por fim seria proposta a Tabela de Combinação do Trabalho Padronizado (TCTP). Através do uso dessas ferramentas se estabeleceria o trabalho padronizado da montagem.

#### 4.3. Obra B – Implementação da proposta

##### 1.1.1 ESTABILIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Como ponto de partida foi elaborado um plano de longo prazo, no qual se utilizou o *software MSProject*. Esse plano foi elaborado no período de fechamento do contrato com o cliente e as informações contidas neles são relacionadas aos principais prazos do processo de contratação da obra, como projeto, fabricação e montagem das peças. Nesse plano, a obra teria dois prazos de entrega, referentes a duas partes distintas, uma do Eixo 26 ao 36 (vertical) e do Eixo A ao J (horizontal), com prazo para outubro de 2005 e a outra parte, do Eixo 1 ao 26 (vertical) e do Eixo A ao J (horizontal), com o prazo para março de 2006. A obra completa compreendia na vertical do Eixo 1 ao 36 e na horizontal do Eixo A ao J.

Inicialmente tentou-se planejar a execução da obra por trechos delimitados por dois eixos verticais. Contudo, em função do projeto do Eixo 26 ao 33 entre os Eixos A e B, e do eixo A ao J entre os eixos 33 ao 36, correspondentes ao mezanino da obra, não estar concluído na data prevista para o início da montagem, essa etapa necessitou ser subdividida em duas partes, nas etapas 1 e 2 (Figura 1). A etapa 1 compreenderia a área entre os Eixos 26 ao 33 e os Eixos C e J. A etapa 2 compreenderia as áreas entre os Eixos 26 ao 33 e os Eixos A ao C e entre os Eixos 33 ao 36 os Eixos A e J. O restante da obra, do Eixo 1 ao 26 foi denominada de etapa 3 (Figura 1). Essa divisão foi realizada de forma simples e rápida, numa planta baixa da obra, em uma reunião entre pesquisadora, engenheiro de obra e representantes do planejamento e da diretoria técnica da empresa. A partir dessa decisão, foi estudada cada etapa individualmente, para se definir a sequência da montagem em cada etapa, os ritmos de montagem, o lote de trabalho.

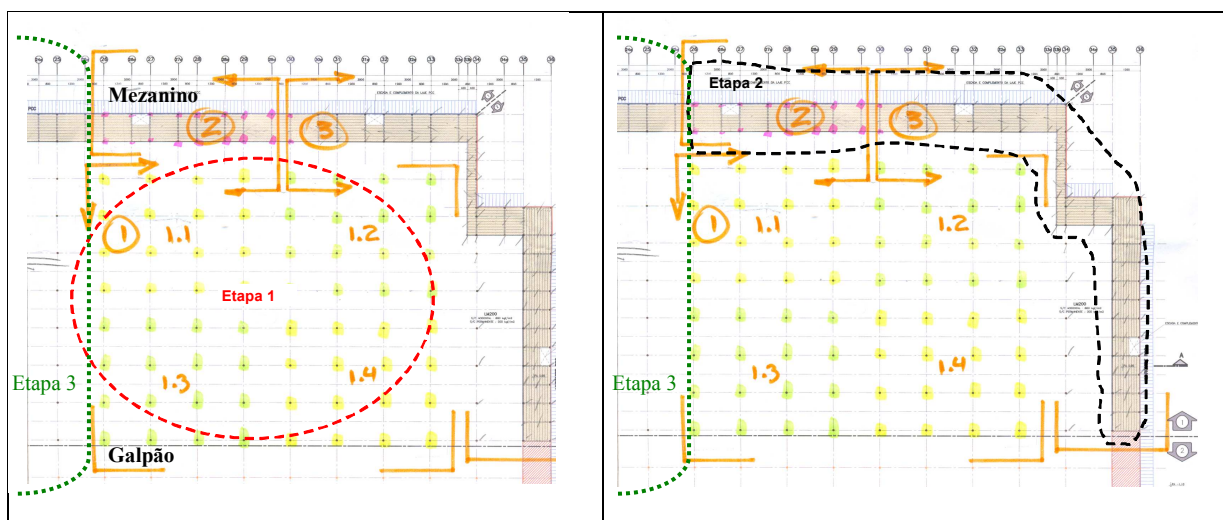
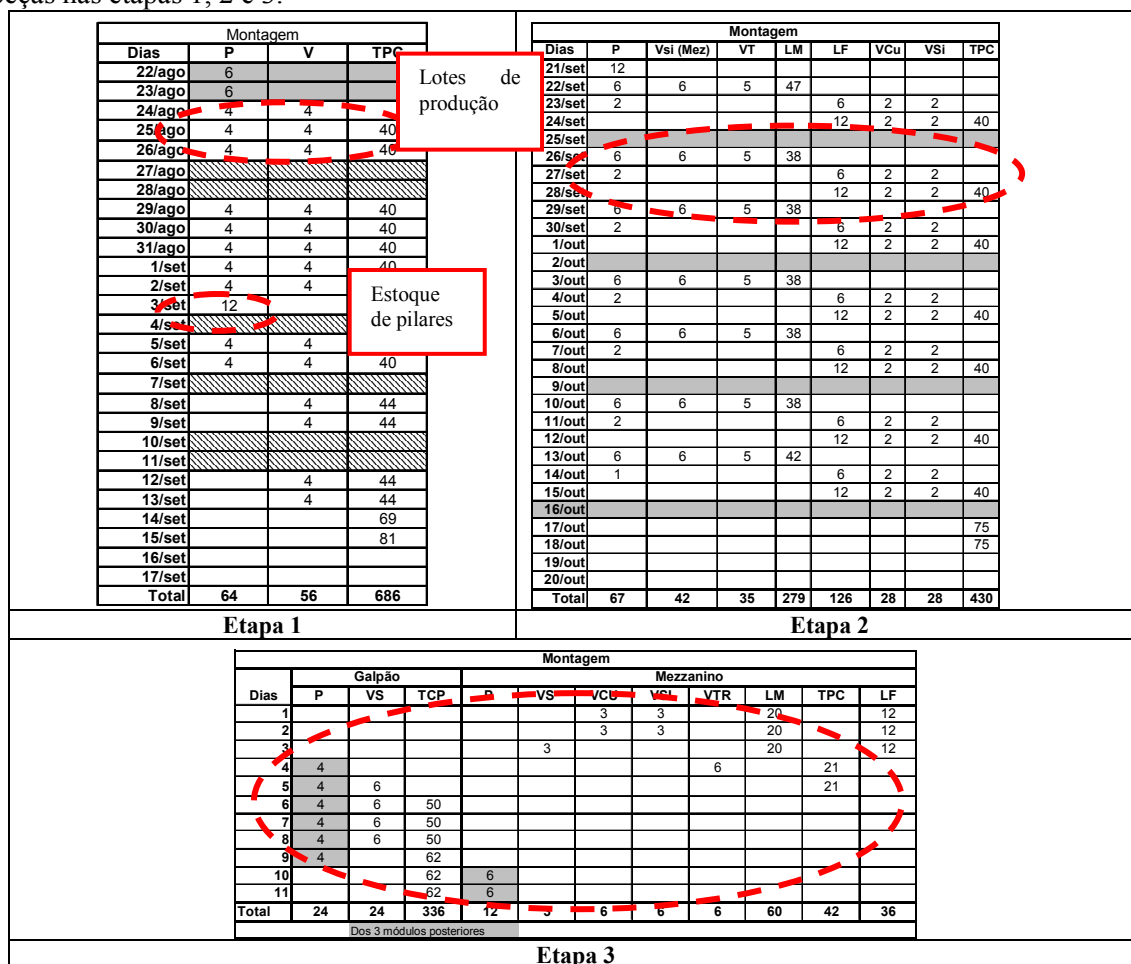


Figura 1. Croquis das etapas da obra

Tradicionalmente se faria essa obra colocando um grande número de pilares, para depois colocar as vigas e depois as telhas. Além de gerar problemas na fábrica, pois seria necessário em determinados dias transportar cerca de cento e vinte telhas (peças estruturais leves e de montagem rápida) e isso provocaria uma super-ocupação de equipamentos de transporte na fábrica, esta estratégia causaria um elevado nível de estoque de produtos em processamento. Em função disso a obra foi dividida em pequenos lotes para se obter um sistema equilibrado e contínuo, facilitando a montagem, pois se poderia reduzir a necessidade de movimentação do equipamento e facilitar o planejamento e controle, tornando-o transparente. Na Figura 2 estão apresentados planilhas com a sequência de montagem das peças nas etapas 1, 2 e 3.



**Figura 2. Resumo da montagem da estrutura**

Na Figura 2, observa-se o lote de produção da etapa 1 (a), composto por quatro pilares, quatro vigas e quarenta telhas e o estoque de doze pilares criado. Esse estoque foi criado para absorver problemas que poderiam ocorrer no período, tais como, por exemplo, chuvas, transporte e atrasos na fábrica. Segundo o engenheiro supervisor das obras, a montagem das vigas estava com defasagem de apenas um dia dos pilares e, caso ocorresse algum problema e a montagem dos pilares fosse comprometida, isso impossibilitaria a montagem das outras peças, o que geraria parada na obra. Em função disso foi criado o supermercado<sup>3</sup> de pilares.

Na Figura 2, destaca-se, também, o lote de produção da etapa 2. Nesta etapa o processo de padronização, com criação de pequenos lotes repetitivos de trabalho, se deu de forma diferente da etapa 1, em função da dificuldade dessa parte da obra. Enquanto na etapa 1 a montagem, apenas galpão, envolvia três tipos de peças (pilares, vigas e telhas), na etapa 2, mezzanino, trabalhou-se com oito tipos diferentes de peças. Nesse caso obteve-se o lote de trabalho repetitivo num ciclo de três dias: (a) no primeiro dia, dois pilares, seis lajes de fechamento (painéis), duas vigas calhas, duas vigas

<sup>3</sup> Estoque controlado de produto em processamento.

suportes; (b) no segundo dia, doze lajes de fechamento (painéis), duas vigas calhas, duas vigas suportes e quarenta telhas; e (c) no terceiro dia, seis pilares, seis vigas suporte (mezanino), cinco vigas de travamento e trinta e oito lajes (mezanino). Na etapa 3 obteve-se o lote de trabalho repetitivo num ciclo de onze dias, nos quais se montaria módulos de trabalhos compostos por três Eixos. A sugestão de se trabalhar com os três Eixos foi para se otimizar o transporte das peças pequenas, que comporiam o mezanino.

Após a definição geral do seqüenciamento da obra, da definição dos lotes de trabalhos, e das prováveis datas de montagem de cada etapa foram realizadas reuniões para discussão das restrições com a engenharia da empresa (engenheiros, planejadores, direção técnica, coordenador de projetos, e projetista). Apesar disso, ocorreram problemas relacionados à não eliminação de restrições, principalmente de projetos. A falta de projetos gerou a necessidade de mudanças na seqüência de montagem da Etapa 2.

Em relação ao plano de carga, esse continuou sendo utilizado pela empresa. Contudo, acrescentaram-se na planilha as seguintes colunas: data realizada, problema, causa, solução e responsável (Figura 3). A nova configuração da planilha foi discutida em reuniões com os envolvidos no processo e sua apresentação final também foi feita em reunião. Nessa reunião acertou-se que semanalmente, na segunda-feira, os engenheiros gerariam o plano de quarta a terça-feira (da semana seguinte) e enviariam para o setor de planejamento da empresa verificar se o plano era exequível em termos de fabricação das peças e, para o setor de expedição verificar a disponibilidade de transporte. Até a quarta-feira, esses setores juntamente com o engenheiro de obra, gerariam o plano final.

Carga	PEÇAS TRANSPORTADAS	TIPO Com./Ext.	Volume (m³)	DATA PREVISTA	DATA REALIZADA	PROBLEMA	CAUSA	SOLUÇÃO	Resp.
1	P38A, P39A	Extensível	8,36	28/11/05	28/11/05				
2	P38A, P9A	Extensível	8,29	28/11/05	28/11/05				
3	P42A, P10C, P10C, P10C	Extensível	8,76	28/11/05	28/11/05				
4	P41A, P11A	Extensível	8,29	28/11/05	30/11/05 01/12/05	pilar 11A Saiu da forma no dia 29/11/05			
5	P38A, P39A	Extensível	8,36	28/11/05	29/11/05				
6	P38A, P9A	Extensível	8,29	29/11/05	29/11/05				

**Figura 3. Extrato do Plano de carga**

Após a implantação do novo formato da planilha, o plano era avaliado e se geravam as seguintes informações: Percentual de Viagens Executadas Conforme Plano (PVECP), relação entre número de viagens realizadas versus planejadas e problemas que ocorreram no período.

### 1.1.2 TRABALHO PADRONIZADO – NÍVEL 1

Paralelamente às ações para estabilização do sistema de produção, implementou-se a padronização nível 1 na etapa 1 da obra através da realização de estudos do fluxo de peças das fábricas para a obra. Neste estudo tentou-se sincronizar e estabilizar o fluxo, envolvendo principalmente o setor de expedição das fábricas e o pessoal de transporte. Na Figura 4 está apresentado o quadro que contém as informações relativas ao fluxos de montagem na etapa 1.

Caminhões	Carreteiro	Origem	Peças	Início	Fim	Duração	Descarga Montagem
Carr 1	José Carlos	I	Pilares (2)	07:00	07:20	00:20	D
			Set up	07:20	07:40	00:20	
Carr 2	João	R	Telhas (10)	07:40	08:20	00:40	M
Dolly 1	Walderez	R	Telhas (10)	08:20	09:00	00:40	M
Dolly 2	Donizete	I	Telhas (10)	09:00	09:40	00:40	M
			Set up	09:40	10:00	00:20	
Carr 3	Terc	I	Vigas (2)	10:00	10:20	00:20	D
			Set up	10:20	10:40	00:20	
Carr 1	José Carlos	I	Pilares (2)	10:40	12:00	01:20	M
			Almoço	12:00	13:00	01:00	
			Set up	13:00	13:20	00:20	
Dolly 2	Donizete	I	Telhas (10)	13:20	14:00	00:40	M
			Set up	14:00	14:20	00:20	
Carr 3	Terc	I	Vigas (2)	14:20	15:40	01:20	M
			Vigas (2)	15:40	16:40	01:00	M
			Set up	16:40	17:00	00:20	
			Pilares (2)	17:00	18:00	01:00	M

**Figura 4. Fluxo de montagem na obra – Etapa 1**

Pela observação da Figura 4 nota-se que diariamente existiriam oito viagens de peças para a obra, e para isso seriam usados cinco caminhões para o transporte das peças, sendo que alguns desses caminhões retornariam à fábrica e depois voltariam para obra. Além disso, definiu-se os carreteiros que estariam envolvidos no transporte para a obra. A idéia foi criar um clima de equipe e aumentar o comprometimento das pessoas com o trabalho.

Outros aspectos importantes introduzidos no estudo de fluxos e, também, apresentados na Figura 4, foram: a definição da origem das peças, que poderiam sair das fábricas de Rafard (R) ou de Ipapevi (I); a definição de quais peças deveriam ser transportadas e em que ordem; informações relativas à horário de início e fim de cada atividade, que poderia ser apenas descarga (D) ou montagem (M); e a duração das atividades, fornecida pelos engenheiro e encarregado da obra. Para a montagem do quadro foram realizadas reuniões entre pesquisadora, engenharia de planejamento e de obras da empresa.

Na Figura 5 está apresentado um exemplo do quadro que contém as informações relativas ao transporte das peças da etapa 1, com informações, como por exemplo, tempo de viagens fábricas-obras. Esse quadro serviu de base para discussão com os encarregados pelos transportes e caminhoneiros.

<b>Caminhões</b>	<b>Peças</b>	<b>Saída Usina</b>	<b>Trajetos Ida</b>	<b>Chegada Obra</b>	<b>Descarga Montagem</b>	<b>Trajetos Volta</b>	<b>Chegada Usina</b>	<b>Carga Usina</b>	<b>Final Carga</b>
<b>Carr 1</b>	Pilares (2)	6:00	1:00	07:00	07:20	1:00	08:20	1:00	09:20
<b>Carr 2</b>	Telhas (10)	5:40	2:00	07:40	08:20	2:00	10:20	1:00	11:20
<b>Dolly 1</b>	Telhas (10)	8:20		08:20	09:00	2:00	11:00	1:00	12:00
<b>Dolly 2</b>	Telhas (10)	8:00	1:00	09:00	09:40	1:00	10:40	1:00	11:40
<b>Carr 3</b>	Vigas (2)	9:00	1:00	10:00	10:20	1:00	11:20	1:00	12:20
<b>Carr 1</b>	Pilares (2)	9:40	1:00	10:40	12:00	1:00	13:00	1:00	14:00
<b>Dolly 2</b>	Telhas (10)	12:20	1:00	13:20	14:00	1:00	15:00	1:00	16:00
<b>Carr 3</b>	Vigas (2)	13:20	1:00	14:20	15:40	1:00	16:40	1:00	17:40

**Figura 5. Exemplo do fluxo de transporte – Etapa 1**

A partir da estabilização do processo de montagem e da implementação da Padronização Nível 1, planejou-se trabalhar com a padronização do nível 2. Contudo, a não ser na 1ª etapa da obra, nas outras etapas não se atingiu o patamar de estabilização necessário para se introduzir a padronização real das operações dos trabalhadores.

#### **4.4. Avaliação dos resultados**

Nesse item são apresentadas duas avaliações do trabalho, uma delas em relação às ações propostas para implementar fluxo na obra B e a outra em relação aos benefícios que a implementação trouxe para a empresa. Contudo no momento em que o artigo foi escrito, a obra B ainda estava em execução e esta análise é ainda parcial. As ações para implementação de fluxo conforme proposta apresentada no item 4.2. estão resumidas no Quadro 2.

**Quadro 2. Ações x implementação**

<b>Ações</b>	<b>Implementação</b>
<b>1. Estabilização da produção</b>	<b>Parcial</b>
<b>1.1. Plano de longo prazo</b>	Total
<b>1.2. Plano de médio prazo</b>	Parcial
<b>1.3. Plano de carga modificado</b>	Parcial
<b>2. Trabalho Padronizado – Nível 1</b>	<b>Parcial</b>
<b>3. Trabalho Padronizado – Nível 2</b>	<b>Não implementado</b>

Conforme observado no Quadro 2, percebe-se que a estabilização da produção foi implementada parcialmente, em função dos problemas que existiram na sistematização das ações, principalmente em relação à realização e controle do plano de carga. Um dos problemas observados foi a falta de aderência entre o que se planejava ao que se realizava de fato, principalmente em relação às datas de envio das peças. Outro problema diz respeito às causas, que basicamente eram relacionadas à falta de peças produzidas e falta de caminhões de transporte. Isto indica que apesar do plano de carga estar sendo feito, este não era analisado pelos setores de planejamento e expedição da empresa e pelo engenheiro da obra. Por fim abandonou-se o controle e análise de causas. Apesar disso, algumas reuniões foram realizadas para tentar resolver os problemas.



Os lotes pequenos de trabalho foram totalmente implementados nas etapas 1 e 2 da obra, contudo na etapa 3 da obra passou-se a trabalhar com lotes maiores, formados por seis Eixos, sendo que nesta etapa planejou-se trabalhar com lotes formados por três Eixos. A padronização nível 1 foi implementada apenas parcialmente na etapa 1 da obra, devido às deficiências que ainda persistem no processo de estabilização da produção. Em função disso os esforços foram direcionados no sentido de reduzir a variabilidade da produção através da sistematização do plano de carga, no qual se colocou como meta a obtenção de PVECP de 80% para dar seqüência na implementação das ações no que se refere à padronização dos trabalhos. Nas etapas 2 e 3 não houve padronização do trabalho em nenhum nível.

Outros problemas pontuais foram observados na obra e afetaram a implementação das ações, mas que serviram para redirecionar os trabalhos ou para realizar pequenas intervenções. A seguir alguns desses problemas são citados:

- A falta de informação sobre o modelo de montagem que estava sendo implementado ao pessoal da expedição e da obra. Houve inclusive reuniões antes do começo da montagem (19/08) com toda a equipe envolvida, mas parece que não ficou claro para alguns, principalmente em relação à seqüência de envio e de montagem de peças, em especial aquelas que envolviam ida e volta do caminhão à fábrica.
- Substituição do engenheiro que estava trabalhando nas definições de seqüência, lotes, transporte por outro sem grande conhecimento sobre a pesquisa que estava em desenvolvimento. Em função disso houve várias outras reuniões para discussão do sistema de montagem que seria implementado. Algumas sugestões do novo engenheiro foram incorporadas na proposta;
- Os projetos não foram entregues no prazo e, no fim da segunda etapa, foi realizada uma reunião com a gerência de projetos da empresa. Nessa oportunidade utilizou-se a técnica dos ‘5 Porquês’ para melhor identificar as causas dos problemas de projeto. Ao fim dos ciclos de perguntas, chegou-se à seguinte causa: o projetista não foi envolvido no processo de tomada de decisões.

Em relação aos benefícios que a implementação trouxe para a empresa, observou-se a formalização do processo de planejamento e controle da obra, que gerou informações acerca dos problemas que ocorreram no processo de montagem. Outro problema observado na obra A foi em relação a diferença entre o tempo total de construção e o tempo gasto realmente em processamento. Na obra B esse dado não pôde ainda ser obtido, pois esta se encontra ainda em andamento, mas alguns dados parciais apontam para os seguintes aspectos:

- a) **Estoque de peças:** havia peças em estoques na obra B, mas diferentemente da obra A, essas peças eram estocadas para proteger a produção quanto a incertezas que existia no envio de peças da fábrica localizada em Rafard;
- b) **Estoques de produtos em processamento:** esse problema basicamente não ocorreu nessa obra, pois os lotes de produção foram definidos buscando-se a sua redução. Na etapa 3 da obra o lote foi maior que o planejado inicialmente, mas foi previsto antes do início da montagem da etapa. Em alguns momentos da obra existiam estoques por problemas de fabricação de peças;
- c) **Atrasos na entrega das peças pela fábrica:** a fábrica também atrasou o envio de peças. Contudo, como os lotes de produção eram pequenos esses atrasos não tiveram grandes impactos na montagem. Isso pôde ser observado pela grande utilização dos recursos, tanto do guindaste quanto da equipe de montagem. Nessa obra trabalhou-se com equipamento semelhante ao da obra A, na qual se utilizou 1.420 horas (reais) de equipamento em relação a 2.915 horas de equipamento (orçadas). Em termos de produção significa 4,64m<sup>3</sup>, (reais) em relação a 2,26m<sup>3</sup> (orçado) por hora de equipamento. Nesta obra havia a previsão de se trabalhar com dois equipamentos, mas com apenas um equipamento obteve-se a produção planejada;
- d) **Mudança de projeto:** foram identificadas também mudanças de projeto pelo cliente e o setor de projeto da empresa demorou para intervir e resolver o problema. Contudo o fluxo de informação no processo passou a ser menos fracionado.

## 5. CONCLUSÕES PRELIMINARES

Como conclusão do trabalho, constatou-se que as ações para criação de fluxo foram implementadas parcialmente, em função de problemas principalmente relacionados às dificuldades de mudanças organizacionais. Contudo a formalização dessas ações, com controle efetivo, gerou um sistema de identificação de problemas que ajudou a empresa, em alguns casos, a realizar ações corretivas. O trabalho também possibilitou discussões acerca do papel da estabilização da produção no sentido de criar um ambiente propício para a implementação do modelo de fluxo. Outro ponto que não foi muito bem tratado na pesquisa foi a questão de motivação pessoal das pessoas envolvidas, pois em vários momentos constatou-se resistências a mudanças e falta de priorização nas suas ações individuais.

Com relação à proposta preliminar para implementação do fluxo, apresentada no item 2. , constatou-se a necessidade de um maior refinamento e ajuste das ferramentas, principalmente no MFV. Nesse trabalho utilizou-se a ferramenta, apenas no estado atual, para auxiliar na análise do processo de montagem da obra A, não sendo proposto seu estado futuro. A Linha de balanço foi utilizada para definição dos ritmos de montagem em função do prazo acordado com o cliente. Não se usou também a ferramenta em nível de processos, pois não existia uma estabilidade mínima que permitisse estudos detalhados dos processos, aspecto esse não abordado na proposta. O GBO e TTPC não foram usadas, pois a padronização nível 2 não foi implementada.

Contudo os benefícios obtidos pela empresa como a formalização do processo de montagem, através de estudos de seqüência, definição de lotes, gerenciamento de restrições e controles das viagens efetuadas resultaram em melhorias substanciais na eficiência do processo. Por outro lado, o aumento em cerca 105% na produtividade do guindaste aponta que a estratégia utilizada para melhorar o desempenho da empresa foi eficaz e viável.

Os resultados da pesquisa são incentivadores e mostram a importância da estabilidade no processo de produção como pré-requisito para a implementação de fluxo contínuo em obras. Os próximos passos da pesquisa será a implementação do modelo em outro canteiro de obra, porém se focando no trabalho padronizado e nos *kaizens*.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- LIKER, J. K. **The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer.** 1 ed. United States of America: McGraw-Hill, 2004. 330 p.
- PICCHI, F.A.; GRANJA, A. D. Construction Sites: Using Lean Principles To Seek Broader Implementations. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction , 12, 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo:** um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute, 2002.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** São Paulo: Lean Institute, 2002.
- SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management of construction sites,** 1999, Thesis (Ph.D.), School of Construction and Property Management, The University of Salford.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 14 ed. São Paulo: Cortez, 2005. 132 p.
- WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPESB (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia) pelo apoio financeiro e a empresa Munte Construções Industrializadas Ltda. e a todos os funcionários, em especial ao Sr. Frederico Machado, pela colaboração no decorrer da pesquisa.