

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Marcelo Zuchetti

**EXECUÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO COM
ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS: PROPOSTA DE MÉTODO
PARA ORGANIZAÇÃO DOS PROCESSOS VISANDO
REDUÇÃO NO TEMPO DE CICLO**

Porto Alegre
novembro 2013

MARCELO ZUCHETTI

**EXECUÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO COM
ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS: PROPOSTA DE MÉTODO
PARA ORGANIZAÇÃO DOS PROCESSOS VISANDO
REDUÇÃO NO TEMPO DE CICLO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
novembro 2013

MARCELO ZUCHETTI

**EXECUÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO COM
ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS: PROPOSTA DE MÉTODO
PARA ORGANIZAÇÃO DOS PROCESSOS VISANDO
REDUÇÃO NO TEMPO DE CICLO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 27 de novembro de 2013

Prof. Eduardo Luis Isatto
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Engº Marcelo Nogueira
Especialização em Processos da Qualidade pela Universidade Estadual de Campinas

Engº Paulo Humberto Hartmann
Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Engª Lucila Sommer
Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Carlos Humberto e Iracema, por todo apoio prestado durante o período do meu Curso de Graduação. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, a Deus, que me reservou esse caminho repleto de realizações, aprendizados, conquistas e alegrias. Sou grato também pelos dissabores, que têm me tornado um ser cada vez mais forte e preparado para os passos que virão a seguir.

Agradeço ao Prof. Eduardo Isatto, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos, pela dedicação integral e por conseguir me transmitir seu entusiasmo durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por ter sido mais um dos mestres de minha vida. Agradeço também à professora Carin, cujo apreço pela perfeição contribui diretamente para o elevado padrão de qualidade da nossa Universidade.

Agradeço profundamente à minha família. Especialmente meus pais Carlos e Iracema, meu irmão Guto, minhas madrinhas Altair e Berna, meu padrinho Benato, meus tios Silvio e Ivete, Jura e Nica, Edi e Coletti, que durante toda minha vida, mas especialmente durante meu curso de graduação, foram meu apoio, através de ensinamentos, gestos e auxílio prestados. Serei eternamente grato.

Agradeço à Rossi Residencial, por toda estrutura que proporciona para meu crescimento profissional, e, especialmente, pelas pessoas com quem me permite conviver, as quais servem de inspiração e referência profissional e pessoal. Gostaria de nomeá-los, mas não caberiam todos aqui.

Agradeço a todos meus amigos, que durante minha trajetória sempre foram minha essência. Especialmente ao Pedro, Fiabani, Guego, Hoppe, Tomazini e a galera do Baturité. Grandes momentos vividos.

Agradeço aos professores da UFRGS e desejo toda sorte e sucesso nessa belíssima tarefa de conduzir os talentos para o sucesso.

Por fim, agradeço à vida e a tudo que ela me proporciona.

Para cultivar a sabedoria, é preciso força interior.
Sem crescimento interno, é difícil conquistar a
autoconfiança e a coragem necessárias.
Sem elas, nossa vida se complica.
O impossível torna-se possível com a força de vontade.

Dalai Lama

RESUMO

O presente trabalho visa auxiliar aos engenheiros, planejadores e gestores de obra no que tange a organização do processo de produção de estrutura de concreto armado com elementos pré-fabricados em edifícios. Esse tipo de tecnologia tem características repetitivas, onde a regularidade dos ciclos de produção é determinante para assegurar o prazo de produção estabelecido. Aliado a este fato, a produção destas estruturas ocorre via de regra com o emprego de equipes multifuncionais, onde a organização do trabalho dentro da equipe é realizada diretamente pela mesma, nos moldes de grupos semi-autônomos, dificultando a padronização do trabalho ao nível individual de cada trabalhador. Isso se dá através da análise do processo e posteriormente das operações que o compõem. Partindo da revisão da literatura relacionada ao tema, particularmente quanto ao Sistema Toyota de Produção (STP) e ao Mecanismo Função Produção (MFP), o presente trabalho emprega conceitos de processo, operação, tempo de ciclo e ritmo para elaborar uma proposta de método para o planejamento da produção deste tipo de estrutura. O estudo realizado adotou a pesquisa construtiva como estratégia de pesquisa, e partindo do caso de um empreendimento de uma empresa construtora de grade porte, foi analisada em profundidade a natureza do problema de planejamento da produção deste tipo de estrutura de concreto. Partindo das deficiências identificadas, e com base na literatura acerca do STP, foi elaborada uma primeira proposta do método de planejamento da produção, o qual foi implementado com sucesso em uma segunda fase do mesmo empreendimento. Com base nos resultados obtidos na empresa e apoiado na literatura, o método utilizado foi generalizado na forma de uma proposta de método para o planejamento da produção de estruturas de concreto armado com elementos pré-fabricados em edifícios. Além do método proposto o trabalho apresenta duas importantes contribuições: o emprego dos conceitos relacionados ao MFP e nas noções de processo, operação, ritmo e tempo de ciclo, aplicados à situação prática de planejamento da produção em obras de construção civil; e o emprego da padronização do trabalho no contexto de equipes semi-autônomas, preservando assim a autonomia da equipe para organizar livremente a atribuição das tarefas aos seus integrantes.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção. Pré-fabricação. Sistema Toyota de Produção. Padronização. Organização Semi-autônoma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa	18
Figura 2 – Diagrama casa do Sistema Toyota de Produção	22
Figura 3 – Mecanismo da Função Produção	24
Figura 4 – Os 14 princípios do Modelo Toyota	26
Figura 5 – Projeto do Sistema de Produção.....	31
Figura 6 – Fluxo de valor	35
Figura 7 – Produção em lotes	36
Figura 8 – Produção em fluxo contínuo	36
Figura 9 – Ciclo PDCA	40
Figura 10 – Símbolos de Gilbreth para gráficos do fluxo do processo	53
Figura 11 – Diagrama homem-máquina	54
Figura 12 – Perspectiva da obra estudada	56
Figura 13 – Divisão da laje em trechos	57
Figura 14 – Central de formas da obra estudada	59
Figura 15 – <i>Layout</i> central formas	60
Figura 16 – Detalhamento formas grade, painel e travamento do pilar	61
Figura 17 – Detalhamento formas painel, grade e fundo do pilar	62
Figura 18 – Montagem pré-fabricados	65
Figura 19 – Vantagens e desvantagens do sistema de pré-vigas e pré-lajes	66
Figura 20 – Cronograma de pesquisa.....	67
Figura 21 – Representação tempo de ciclo planejado para o processo.....	71
Figura 22 – PCP da obra estudada.....	72
Figura 23 – Representação da rede do processo por trecho.....	73
Figura 24 – Sequência de produção anterior ao plano de organização.....	74
Figura 25 – Gastalho fixado.....	75
Figura 26 – Grade primária com aprumadores.....	78
Figura 27 – Posicionamento do aço no pilar	78
Figura 28 – Travamento dos pilares.....	80
Figura 29 – Rede detalhada processo execução pilares/trecho.....	81
Figura 30 – Rede detalhada processo execução lajes/trecho.....	82
Figura 31 – Montagem de pré-fabricados.....	83
Figura 32 – Montagem pré-lajes.....	84
Figura 33 – Eletrodutos distribuídos na laje.....	86

Figura 34 – Posicionamento barras nas vigas, tubos de passagem hidráulica, formas <i>shaft</i> e borda.....	88
Figura 35 – Confecção malha armadura negativa laje na central de armação.....	88
Figura 36 – Fluxo de operações do processo.....	91
Figura 37 – Sequência execução gualhos trecho 1.....	95
Figura 38 – Pacotes de pilares trecho 1.....	96
Figura 39 – Sequência concretagem pilares trecho 1.....	102
Figura 40 – Sequência de produção pilares T1 novo arranjo.....	103
Figura 41 – Sequência gualhos trecho 2.....	104
Figura 42 – Pacote pilares trecho 2.....	105
Figura 43 – Sequência concretagem pilares trecho 2.....	106
Figura 44 – Sequência montagem pré-vigas, dividida em etapas	110
Figura 45 – Pacote de montagem pré-lajes, dividido em etapas.....	112
Figura 46 – Sequência e identificação formas de borda laje.....	116
Figura 47 – Sequência de produção no novo arranjo.....	119
Figura 48 – Ficha de verificação Concretagem e Desforma.....	121
Figura 49 – Ficha de inspeção Montagem de Fôrma e Armação.....	122
Figura 50 – CPP proposto para execução estrutura em pré-viga e pré-laje.....	123
Figura 51 – Rotina de operações detalhada Equipe A.....	127
Figura 52 – Montagem pré-fabricados etapa 1, trecho 2, concluída	127
Figura 53 – Distribuição dos eletrodutos na laje, etapa 1, trecho 2	126
Figura 54 – Ciclo de concretagem da estrutura da obra estudada	128
Figura 55 – Detalhamento da unidade-base dentro do PSP	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Gráfico de atividade gastalhos.....	93
Quadro 2 – Gráfico de atividade grade primária	97
Quadro 3 – Gráfico de atividade fixação painéis primários e fundos.....	99
Quadro 4 – Gráfico homem-máquina posicionamento aço pilar.....	100
Quadro 5 – Gráfico de atividade fixação painéis e grades secundárias e travamento pilar	101
Quadro 6 – Comparativo entre estágios operação pilares.....	107
Quadro 7 – Comparativo entre estágios operação laje.....	118

LISTA DE SIGLAS

IGLC – International Group of Lean Construction

JIT – Just-in-time

LIB – Lean Institute Brasil

MFP – Mecanismo da Função Produção

PCP – Planejamento de Curto Prazo

POP – Plano Operacional Padrão

PPTD – Productivity Press Development Team

PSP – Projeto do Sistema de Produção

PTP – Padrão Técnico de Processo

STP – Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	16
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	16
2.2.1 Objetivo Principal	16
2.2.1 Objetivos Secundários	16
2.3 PRESSUPOSTO	17
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 GESTÃO DA PRODUÇÃO	21
3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ORIGEM E PRINCÍPIOS	21
3.1.1 O Modelo Toyota	25
3.1.1.1 Filosofia	26
3.1.1.2 Processos	26
3.1.1.3 Funcionários e parceiros	27
3.1.1.4 Solução de problemas	27
3.1.2 O DNA Toyota	28
3.2 STP NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
3.3 PRODUÇÃO ENXUTA	32
3.3.1 Valor	33
3.3.2 Fluxo de Valor	34
3.3.3 Fluxo Contínuo	35
3.3.4 Produção Puxada	37
3.3.5 Melhoria contínua	38
3.4 PADRONIZAÇÃO	41
3.4.1 Meta	44
3.4.2 Restrição	45
3.4.3 Método	46
3.5 EQUIPES SEMI-AUTÔNOMAS	47
3.5.1 Planta de Kalmar	49
3.5.2 Planta de Uddevala	49
3.6 ESTUDO DE TEMPOS E DE MOVIMENTOS.....	50

3.6.1	Análise do processo produtivo.....	52
3.6.2	Gráficos de atividade e gráficos homem-máquina.....	53
4	MÉTODO DE PESQUISA.....	55
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DA OBRA.....	55
4.2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO E DOS PROCESSOS.....	58
4.2.1	Sistema Asshai de formas de madeira.....	58
4.2.2	Sistema de pré-vigas e pré-lajes.....	62
4.3	FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS.....	66
4.3.1	Análise de documentos.....	67
4.3.2	Observação participante.....	67
4.3.3	Entrevistas.....	68
4.3.4	Registro de imagens.....	69
5	ESTUDO DE CASO.....	70
5.1	ANÁLISE DO ESTÁGIO INICIAL DE PRODUÇÃO.....	70
5.1.1	Análise do processo.....	71
5.1.2	Análise das operações.....	75
5.2	PLANO DE ORGANIZAÇÃO ELABORADO.....	90
5.3	IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ELABORADO.....	124
6	DEFINIÇÃO DO MÉTODO.....	130
6.1	SERVIÇO	131
6.2	EQUIPE	134
6.3	OPERÁRIO	136
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
	REFERÊNCIAS	141

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o cenário nacional da construção civil tem enfrentado diversos desafios para atender a disponibilidade de investimento nesse mercado. Processos tradicionalmente utilizados estão se mostrando ineficazes devido à necessidade atual de atender à demanda com maior velocidade e menor custo. Embasado nessas necessidades, um tema permeia as discussões em torno dos próximos passos da construção civil na busca da melhoria de seus processos: a industrialização. A utilização crescente de pré-fabricados de concreto, na execução da estrutura de obras, reflete esta tendência de industrialização na construção e consequente diminuição no prazo do ciclo de produção, redução de entulhos e desperdícios, menor variabilidade dos processos, encolhimento dos custos e da dependência da mão de obra.

O esforço de industrializar traz à tona diversas dificuldades inerentes aos processos na construção civil, vistos por muitos como pouco eficientes e geradores de desperdícios. Esses têm, como principais particularidades: a produção local, produto único e organização temporária para a produção (KOSKELA, 1992). Estes fatores podem ser combinados com a característica de produção artesanal e às falhas dos gestores que, para Sommerville e Sulaiman (1997), são decorrentes da postura conservadora, da falta de visão estratégica e sistêmica e na predominância da visão de curto prazo.

Porém, a industrialização na construção, não se apoia somente na adoção de novas tecnologias de processo produtivo, materiais ou equipamentos. É preciso também que haja uma evolução no gerenciamento dos processos como um todo (controle, inspeção, execução, projetos, transporte), para que seja garantida a continuidade no fluxo de produção, que a padronização dos processos esteja presente e que exista integração entre os diferentes níveis do processo global de produção da obra. Aliado a isso, a repetitividade que caracteriza a construção industrializada passa a oferecer novos desafios à gestão de produção, particularmente no que se refere à necessidade de controle do ritmo e da variabilidade de eventos interdependentes (GOLDRATT; COX, 2002).

A partir da década de 1990, a literatura acerca da industrialização da construção se torna cada vez mais presente, sendo que diversos autores abordam diferentes tipologias para sua implantação no que tange a construção civil. O Sistema Toyota de Produção, por desafiar o paradigma até então vigente, torna-se um dos principais modelos para o desenvolvimento dos sistemas de produção (KOSKELA, 1992).

A produção através de equipes de trabalho é uma forte característica observada nas operações dentro da construção civil. De acordo com Marx (1992, p. 37-38), o trabalho em equipe é caracterizado por proporcionar o envolvimento dos trabalhadores em atividades variadas dentro da produção, e pela consideração desses como os elementos inteligentes dentro do processo, capazes de contribuir para a sua melhoria. Diferente do que era concebido em conceitos anteriores de produção, nos quais o aspecto mais valorizado dos operários era a força física.

Para as empresas construtoras se tornarem competitivas dentro desse novo cenário, em que a industrialização se confronta com particularidades do setor, faz-se necessária uma abordagem sistêmica dos processos perante essas novas tecnologias, para que sejam implantados modelos de produção mais eficientes. Além disso, os gestores de obra devem possuir o conhecimento necessário para saber como organizar os recursos disponíveis, de maneira que façam o processo atingir o desempenho preconizado.

Tendo em vista a necessidade de uma construtora implantar, de maneira eficaz, um modelo de produção de estrutura em concreto armado com utilização de pré-fabricados, surge a oportunidade de se realizar um estudo que vise estabelecer um modelo de organização das equipes de modo o processo tenha o seu desempenho otimizado. Por se tratar de um novo modelo de produção, existe uma lacuna de conhecimento a ser preenchida.

O capítulo 3 do trabalho é uma revisão bibliográfica que busca um entendimento profundo dos modelos utilizados para organização dos processos de produção. No capítulo 4 é desenvolvido o método de pesquisa, apresentando a abordagem de pesquisa e como foram obtidos os dados que compuseram o estudo. Além disso, insere o leitor na realidade da empresa e da obra estudada, e realiza um detalhamento dos sistemas construtivos empregados no processo de execução da estrutura.

O próximo capítulo descreve as etapas de acompanhamento do processo para entender o seu funcionamento, definição do plano de organização e implementação do novo modelo organizacional. Durante esse capítulo é descrito todo o estudo que permeou a elaboração do novo plano organizacional. Ao final são apresentados os resultados obtidos com a implementação do novo plano de organização dos processos.

O capítulo 6 trata da generalização do plano elaborado. Embasado na aplicação do que fora elaborado foi estabelecido um método de abordagem, pesquisa e desenvolvimento que direcione ao desenvolvimento de um plano organizacional para processos da construção civil. E no último capítulo encontram-se as considerações finais do trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: como organizar adequadamente processos e recursos de produção de forma a reduzir o tempo de ciclo na execução de estruturas de concreto que empreguem elementos pré-fabricados?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a proposição de um método para planejamento da produção de estruturas de concreto que empreguem elementos pré-fabricados, a partir do planejamento dos lotes de produção e transferência e da organização das equipes e equipamentos visando à redução do tempo de ciclo do processo.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) identificação dos benefícios para a produtividade da equipe devido à implantação do método proposto;
- b) elaboração de instrumentos de coleta de dados que permitam registrar os ciclos das operações de maneira a permitir sua posterior análise e proposição de melhorias quanto à organização do trabalho;
- c) proposição de ferramenta para controle da qualidade do processo produtivo que esteja alinhada ao fluxograma do processo.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a redução no tempo de ciclo do processo repercuta positivamente na abreviação do tempo de execução da estrutura. Também se pressupõe que as peças pré-fabricadas são recebidas antes de seu momento de aplicação, e que o estoque prévio é equivalente a, no máximo, um pavimento.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à somente uma obra, localizada em Porto Alegre, que emprega um sistema construtivo de pré-vigas e pré-lajes.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) os elementos pré-fabricados estão disponíveis no canteiro para utilização;
- b) durante o processo de execução da estrutura foi disponibilizada somente uma grua para atender as atividades de montagem e transporte que constituem o processo;
- c) para montagem dos elementos pré-fabricados é utilizada equipe específica para esse serviço;
- d) as formas utilizadas para concretagem dos pilares são do sistema Asshai de formas de madeira.

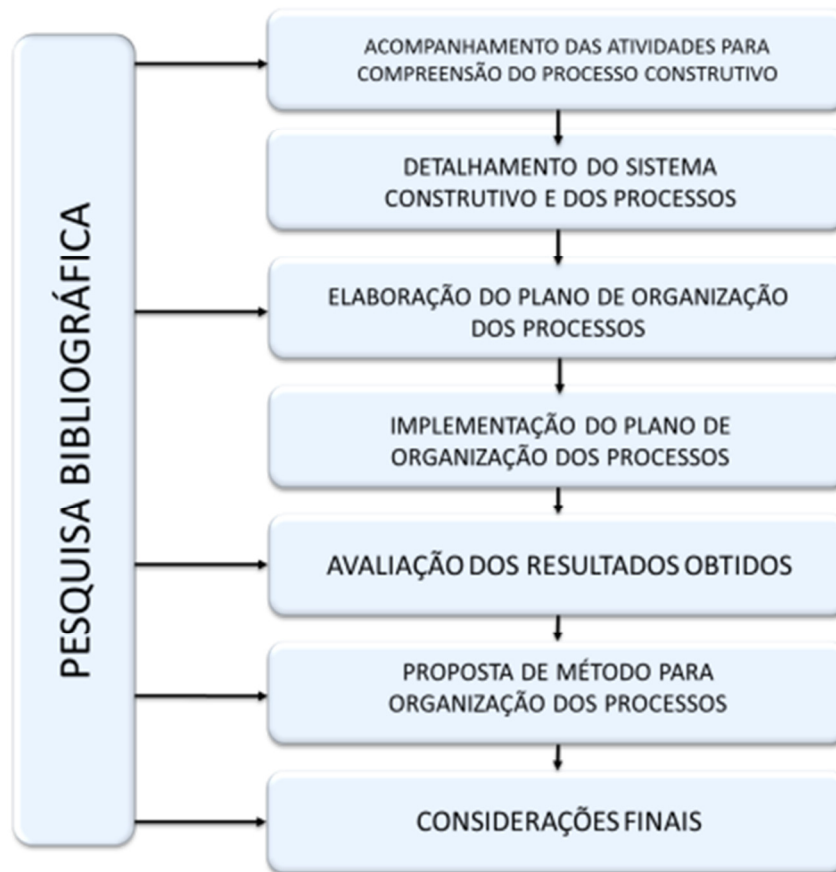
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) acompanhamento das atividades para compreensão do processo construtivo;
- c) detalhamento do sistema construtivo e dos processos;
- d) elaboração do plano de organização dos processos;
- e) implementação do plano de organização dos processos;
- f) avaliação dos resultados obtidos;

- g) proposta de método para organização das equipes de trabalho e equipamentos;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A **pesquisa bibliográfica** consiste no estudo da gestão da produção, padronização, fluxo contínuo, equipes semi-autônomas e produção enxuta. Descreve e analisa os conceitos, abordagens e aplicações possíveis de serem introduzidas no contexto do trabalho.

O objetivo desta etapa é a obtenção de embasamento para a elaboração do plano de organização das equipes de trabalho e equipamentos, aplicado no processo de execução da estrutura com pré-fabricados. Posteriormente é realizada a avaliação dos resultados obtidos que são confrontados com o que é preconizado na literatura, assim como na elaboração das diretrizes para a organização do processo produtivo e nas considerações finais.

Para que o método estabelecido se torne válido, é preciso um intenso **acompanhamento das atividades para compreensão do processo construtivo** no estágio em que se encontrava anteriormente a implantação do plano de organização. Através de observações, registros,

testes e testemunhos dos envolvidos foram referendadas informações que auxiliaram na elaboração do plano de organização dos processos, viabilizando assim a sua implementação.

Por se tratar de um sistema construtivo diferenciado, frente a outros utilizados usualmente, ele possui algumas peculiaridades que devem ser consideradas no objetivo da pesquisa, por isso se torna necessário o **detalhamento do sistema construtivo**. São detalhados também os **processos e operações** dentro do sistema, para que sejam levantadas oportunidades de melhoria e assim obter respaldo para a definição das diretrizes.

Através do conteúdo relacionado nas etapas anteriores foi **elaborado o plano de organização dos processos**, procurando atingir os objetivos preconizados. Procurou organizar os recursos (equipes e equipamentos), garantir o fluxo contínuo, definir os métodos e o tempo de ciclo adequados para os processos de execução da estrutura. Portanto, ele deveria encaminhar o processo produtivo para o *takt time*¹.

Depois de definido o novo plano de organização, desenvolvido em conjunto com os gestores da obra, ele foi **implementado**. Todos os envolvidos na execução e controle de qualidade dos processos foram apresentados às metas, métodos e rotina de atividade que deveriam seguir, em todas as operações que compõem o processo produtivo. Foram criadas ferramentas para a divulgação e controle das variáveis dos processos, como metas e parâmetros desejáveis, que também possibilitaram o registro do cumprimento das tarefas e auxiliaram no envolvimento de todos em busca do tempo de ciclo desejado para a execução de cada pavimento da estrutura.

Com o plano de organização das equipes e equipamentos implementado, foi realizada a **análise dos resultados obtidos**. Foram analisadas as melhorias obtidas, bem como as dificuldades encontradas. Com base na literatura estudada, foi feita uma relação do que a mesma preconiza como benefícios de suas aplicações com o que foi obtido no canteiro de obras.

Através de uma generalização do que foi estudado, criado e implementado no trabalho foi proposto um **método para a organização do processo** de execução de estrutura com elementos pré-fabricados. Embasado no resultado obtido com a implementação do plano de

¹ O *takt time* indica o tempo em que cada processo deve estar finalizado de modo que atenda a demanda exigida, seja ela um novo processo ou o cliente final (ROTHER; HARRIS, 2002)

organização e estudos realizados, o método deve auxiliar os gestores de produção durante o planejamento e execução da obra.

Na etapa de **considerações finais** foram citadas nessa última etapa da pesquisa observações que se façam importantes. Além de recomendações para trabalhos futuros.

3 GESTÃO DA PRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada a contextualização do Sistema Toyota de Produção (STP), balizador dos modelos de gestão da produção. A partir disso, a pesquisa aborda os modelos de produção advindos da generalização do STP e, então, é discutida a validade para implantação no contexto da construção civil, mais precisamente na elaboração do plano de gestão a ser implementado.

3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ORIGEM E PRINCÍPIOS

No período pós Segunda Guerra Mundial, agravado com a crise do petróleo de 1973, muitas fábricas japonesas estavam passando por problemas, numa realidade econômica de crescimento zero. Neste cenário ficou evidente que as empresas não conseguiriam se manter competitivas lançando mão do sistema convencional americano, que por muito tempo havia funcionado muito bem (OHNO, 1997, p. 23).

Os Estados Unidos tinham um conceito de produção em massa caracterizado pelo pequeno número de modelos, o que facilitava a tarefa de redução dos custos. A realidade japonesa era outra, em que o mercado demandava por um grande número de modelos, porém numa quantidade pequena. Essa situação fez os japoneses se confrontarem com dificuldades, pois, ao contrário dos americanos, para continuarem competitivos deveriam desenvolver um modelo de produção que baixasse consideravelmente os custos (OHNO, 1997, p. 23-24).

Taiichi Ohno (1997, p. 25) relata que, terminada a Segunda Guerra Mundial, o então presidente da *Toyota Motor Company*, Kiichiro Toyoda, lançou o desafio de alcançar o Estados Unidos em três anos ou senão a indústria automobilística do Japão não sobreviveria. Ao se confrontar com o desafio, se deparou com informações de que a razão entre as forças de trabalho americana e japonesa seria de um para nove. Então Ohno (1997, p. 25) perguntou para si mesmo se dez trabalhadores americanos seriam capazes de fazer as vezes de cem trabalhadores japoneses. Chegou à conclusão de que estavam havendo desperdícios, e se pudessem ser eliminados a produção da indústria japonesa iria se multiplicar. Foi a partir disso que nasceu o Sistema Toyota de Produção.

A partir daí o foco da Toyota passou a ser a eliminação do desperdício de tempo e de material em cada passo do processo de produção (LIKER, 2005, p. 46-48). Para Ohno (1997, p. 45) quando se analisa o fluxo de produção de forma contrária, fica evidenciado que o processo posterior busca somente o componente exato nas quantidades necessárias. Finalmente, Ohno (1997, p. 26) expõe que cada processo deve receber o item exato, quando for necessário e na quantidade necessária. Isso é denominado como *just-in-time* (JIT), um dos pilares do STP. O outro pilar é automação, ou automação com um toque humano.

Na figura 2, é apresentado o diagrama casa do STP, proposto por Liker (2005, p. 51-52). O autor explica como esse é estruturado e mostra os pilares (JIT e automação) sustentando os objetivos do sistema: melhor qualidade, menor custo, menor *lead time*², mais segurança e moral alto. No centro do sistema, encontram-se as pessoas, que devem ser estimuladas a eliminar problemas e reduzir as perdas, buscando assim a melhoria contínua. O autor destaca que cada elemento da casa por si só é crítico, porém cita que o mais importante é o modo como os elementos reforçam uns aos outros.

Figura 2 – Diagrama casa do Sistema Toyota de Produção



(fonte: LIKER, 2005, p. 51)

² O *lead time* é o período no qual um produto percorre seu fluxo de valor, desde sua matéria-prima até que esteja acabado (ROTHER; SHOOK, 1999).

Segundo Liker (2005, p. 42-43), o JIT caracteriza a formação de um fluxo contínuo de produção, no qual a produção é puxada pelo próximo processo e a partir da demanda do cliente, ou seja, deve-se produzir somente o que é solicitado pelo cliente. Neste sentido, Shingo (1996, p. 60-61) destaca que os estoques na produção devem ser totalmente eliminados do processo, buscando assim a eliminação de perdas.

De acordo com Rother e Shook (1999, p. 41,85), acontece o fluxo contínuo, quando se consegue produzir uma peça de cada vez, de modo que se faça isso escalonando o processo de produção em etapas, passando de um estágio, diretamente ao próximo estágio sem haver interrupção entre os níveis. Com isso, é possível extirpar o excedente da produção. Mas para tanto, há que se padronizar o processo de produção para que este venha a ser consistente e previsível, porque esta mesma produção deve ser estipulada através da demanda de mercado e estipulada pelo *takt time*, que age de tal modo que o fluxo contínuo não pare, eliminando, assim, as esperas.

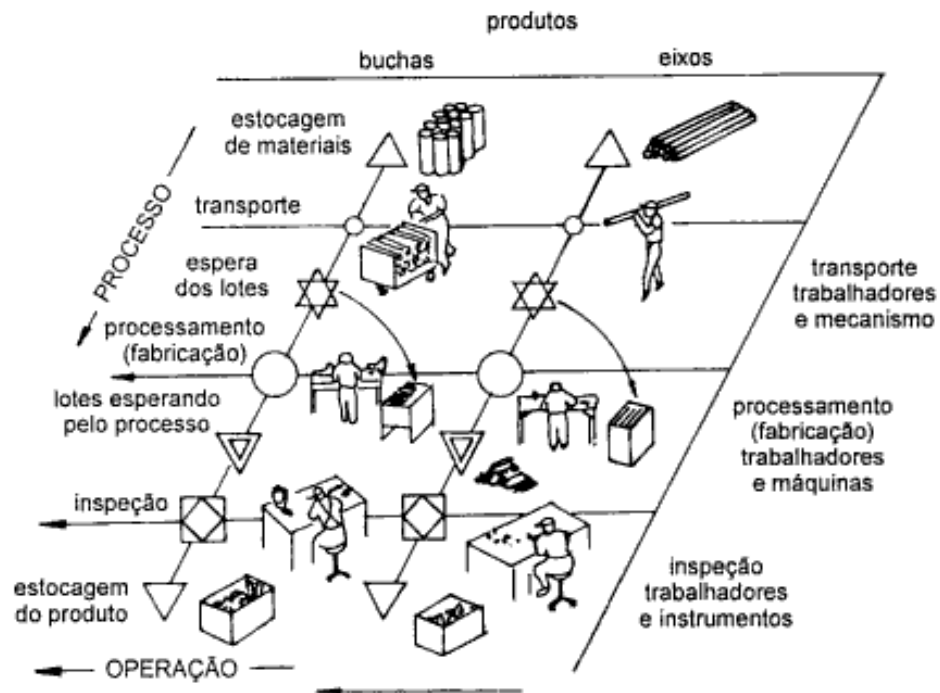
Shingo (1996, p. 37-38) cita que um processo é o fluxo de materiais no tempo e no espaço que resulta em um produto acabado, enquanto operação é uma série de trabalhos realizados para efetivar esse processo em produto acabado. Para que se tenha uma maximização na eficiência da produção é preciso, primeiramente, analisar e melhorar o processo, para depois tentar melhorar as operações.

O fato de o tempo passar a ser visto como um dos recursos para a produção, juntando-se aos outros componentes do processo produtivo, fica evidenciado através do que propõe o Mecanismo da Função Produção (MFP). No modelo taylorista, os processos e operações eram percebidos como pertencentes ao mesmo eixo de análise. Já o MFP preconiza que a produção é uma rede de processos e operações, não somente uma soma de operações (SHINGO, 1996, p. 37-41).

De acordo com Shingo (1996, p. 39), pode ser identificado no fluxo de produção da figura 3 que o processo possui os seguintes elementos:

- a) **processamento**: mudança de estado ou qualidade do material;
- b) **inspeção**: verificação através de um padrão estabelecido;
- c) **transporte**: movimentações dos materiais ou produtos;
- d) **espera**: período no qual não há processamento, inspeção ou transporte.

Figura 3 – Mecanismo da Função Produção



(fonte: SHINGO, 1996, p. 38)

Ainda como resultado do que preconiza o MFP, puderam ser identificados alguns tipos de perdas, que são quaisquer atividades que não contribuem para a operação e não agregam valor, como: movimentos desnecessários, ocorrência de espera, estoques acumulados desnecessariamente, desperdício da criatividade dos funcionários, transporte ineficiente, superprodução, superprocessamento, produtos com defeitos e retrabalhos (SHINGO, 1996).

Para que o JIT seja garantido é necessário buscar a eliminação das perdas nos processos e operações através de melhorias (SHINGO, 1996, p. 103). Na função processo, podem ser aplicadas melhorias na inspeção, transporte e esperas. Já as melhorias operacionais constituem-se em melhoria do *setup*, em operações auxiliares, das folgas de trabalho e entre operações. Todas essas melhorias são consideradas positivas e permanentes (SHINGO, 1996, p. 39-95).

Como apresentado anteriormente, o outro pilar de sustentação do STP é a automação (*jidoca*). Esse sistema faz com que a máquina, ao se deparar com um defeito pare automaticamente, necessitando de uma intervenção humana para sanar o problema. Este tipo de dispositivo evita que sejam produzidos lotes com defeitos, diferente do que pode acontecer

na automação, em que um simples fragmento em seu interior possa resultar nessa situação. Desta forma inteligência humana é dada às máquinas (OHNO, 1997, p. 27-28).

Liker (2005, p. 53) conclui que o STP “Não é apenas um conjunto de ferramentas enxutas como o JIT, células, 5S (classificar, organizar, limpar, padronizar e disciplinar [...]), *kanban*, etc. É um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para o todo.”.

Na sequência são expostas duas abordagens que analisam a estrutura de funcionamento das fábricas Toyota. De maneira geral, buscam expor os princípios e regras gerais que caracterizam o sistema, o que é de grande utilidade para quem busca implementar essas ideias em outros tipos de organizações.

3.1.1 O Modelo Toyota

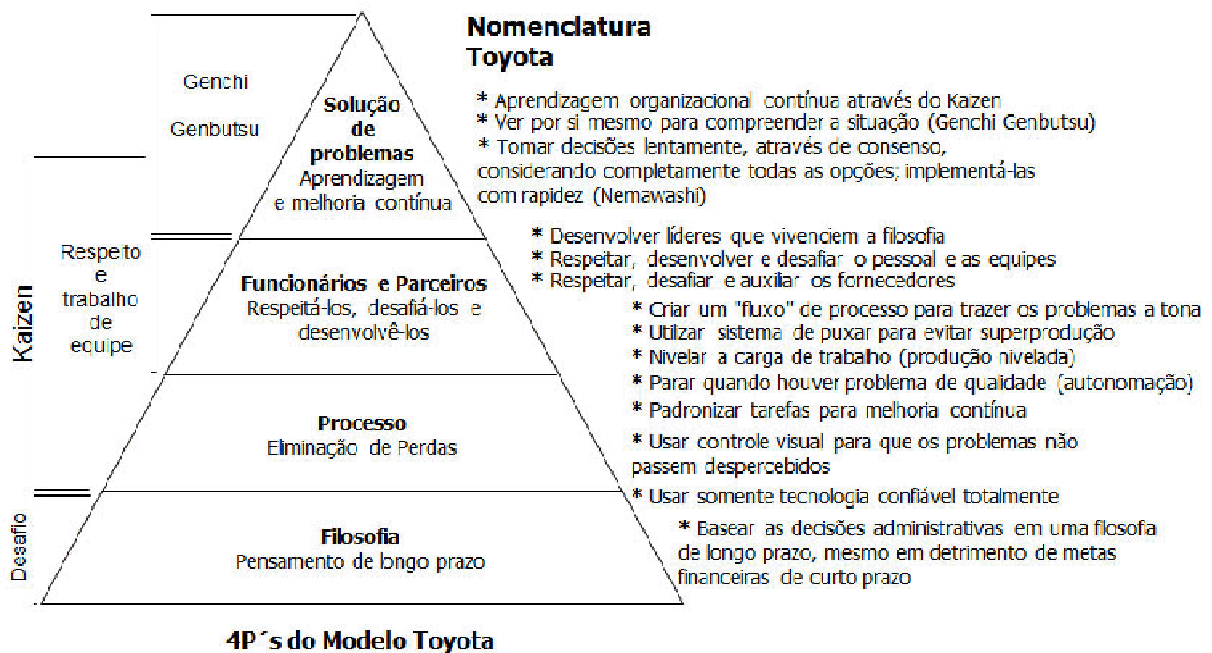
O Modelo Toyota trata-se de uma filosofia empresarial, baseada na compreensão das pessoas e da motivação humana, e um conjunto de ferramentas fornecidas aos envolvidos para que haja melhoria contínua em seu trabalho (LIKER, 2005, p. 28). O modelo estimula, ampara e de fato exige o envolvimento dos funcionários. Isso faz com que todos estejam incumbidos no contínuo aperfeiçoamento e solução de problemas, o que, com o tempo, torna todos mais eficazes na resolução de problemas. Esse envolvimento é necessário pois depende do funcionário a identificação de problemas ocultos e sua solução, bem como a redução de estoque (LIKER, 2005, p. 54-55).

Liker (2005, p. 55) descreve 14 princípios que definem o Modelo Toyota que, segundo o autor, também são o alicerce do STP em todas as plantas da montadora ao redor do mundo. Os princípios são divididos em quatro categorias:

- a) filosofia de longo prazo;
- b) processo correto produz resultados certos;
- c) desenvolver as pessoas para agregar valor à empresa;
- d) solução contínua dos problemas estimula a aprendizagem organizacional.

A figura 4 agrega os princípios divididos em suas quatro categorias. Na sequência é feita uma abordagem desses princípios.

Figura 4 – Os 14 princípios do Modelo Toyota



(fonte: LIKER, 2005, p. 28)

3.1.1.1 Filosofia

A base da pirâmide é a filosofia de longo prazo, cujo princípio é formar as decisões administrativas em um pensamento estratégico, ou seja, ter um senso filosófico de propósito que se sobreponha a qualquer decisão de curto prazo. Também deve ter enfoque na geração de valor para o cliente, a sociedade e a economia, além de se desenvolver na busca por agregar valor (LIKER, 2005, p. 55-56).

3.1.1.2 Processos

No segundo patamar da pirâmide, encontram-se os processos, cujos princípios já foram trabalhados nas seções anteriores e ainda são discutidos posteriormente. Em relação aos processos, o principal aspecto está voltado à criação de fluxo e eliminação de perdas. Liker (2005, p. 56-57) cita que a maioria das empresas não consegue sair desta etapa, fazendo com que as melhorias obtidas não sejam sustentadas em toda a organização. Isso faz com que o desempenho dessas empresas continue defasado em relação às outras que adotam a verdadeira cultura de melhoria contínua.

3.1.1.3 Funcionários e parceiros

O próximo nível da pirâmide trata do desenvolvimento dos funcionários e parceiros, visando agregar valor à empresa. Liker (2005, p. 57-58) cita como princípios que compõem essa etapa:

- a) **desenvolver líderes que vivam a filosofia e a ensinem aos outros:** a empresa deve criar líderes dentro da própria empresa. Os líderes devem ser modelos da filosofia da empresa e também deve entender detalhadamente o trabalho diário dentro da empresa;
- b) **desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa:** garantir que os valores e crenças da empresa sejam compartilhados e vivenciados por todos. Treinar indivíduos e equipes excepcionais para que trabalhem dentro da filosofia da empresa e para que trabalhem juntos de forma que atinjam metas em comum. Também deve se utilizar equipes interfuncionais para melhorar a qualidade e a produtividade, utilizando as ferramentas da empresa;
- c) **respeitar parceiros e fornecedores incentivando-os a melhorar:** tratar parceiros e fornecedores como uma extensão da empresa e desafiá-los a crescer e a se desenvolver.

3.1.1.4 Solução de problemas

O topo da pirâmide representa a aprendizagem organizacional, na busca pela solução contínua de problemas. Seguem os princípios, segundo Liker (2005, p. 58):

- a) **ver para compreender a situação:** resolver problemas e melhorar processos indo à sua origem, observando-os e verificando dados;
- b) **tomar decisões por consenso e implementá-las com rapidez:** somente seguir numa direção após analisar todas as alternativas. Discutir e propor soluções a problemas envolvendo todos os afetados, coletando suas ideias para obter um comum acordo;
- c) **tornar-se uma organização de aprendizagem por meio da reflexão incansável (*hansei*) e melhoria contínua (*kaizen*):** desenvolver equipes estáveis, para proteger a base de conhecimento da empresa. Utilizar reflexão em atividades chave e desenvolver soluções para que os problemas não sejam repetidos e padronizando as melhores práticas. Também procurar criar processos que quase não exijam estoques e aprender padronizando as melhores práticas.

3.1.2 O DNA Toyota

O segredo do sucesso do STP não está em suas raízes culturais, fato que muitos observadores levam a crer, visto que plantas da fábrica japonesa implantadas na América e Europa obtiveram praticamente o mesmo desempenho da planta do Japão. O grande paradoxo a ser entendido é que os observadores confundem as ferramentas e práticas com o sistema propriamente dito. As atividades, conexões e os fluxos de produção são rigidamente roteirizados ao mesmo tempo em que suas operações são impressionantemente flexíveis e adaptáveis. Assim, as atividades e processos dentro do STP são constantemente desafiados e pressionados a atingir um nível maior de desempenho, e assim garantir a melhoria contínua. Ou seja, a especificação rígida é a atividade fundamental que possibilita a flexibilidade e a criatividade (SPEAR; BOWER, 1999, p. 2).

Spear e Bower (1999, p. 3-10) explicam que o STP e o método científico que o fundamenta não foram impostos ou escolhidos de forma consciente. Na verdade, o sistema emergiu naturalmente do funcionamento da própria empresa. Por isso o sistema sequer foi passado para o papel e os funcionários muitas vezes não conseguem explicá-lo de forma articulada. Na verdade o sistema está implícito, porém pode ser descrito através de quatro regras que mostram como a Toyota estabelece suas operações e ensina o método científico para os funcionários de todos os níveis da organização. Essas regras orientam o projeto, a execução e a melhoria de todas as atividades, conexões e fluxos relacionados a todos os produtos e serviços, formando a essência do STP. São elas:

- a) **regra 1 – como as pessoas trabalham:** todos os trabalhos devem ser minuciosamente especificados, em termos de conteúdo, sequência, tempo e resultado. A especificação detalhada das atividades permite saber se o funcionário é capaz de executar a tarefa corretamente e se a execução da atividade gera o resultado esperado;
- b) **regra 2 – como as pessoas se conectam:** todas as conexões cliente-fornecedor devem ser padronizadas e diretas, e deve existir um caminho inequívoco de **sim ou não** para enviar solicitações e receber respostas. Em consequência, não há como não saber quem fornece o que, para quem e quando. As ferramentas utilizadas para essas conexões são as fichas *kanban* e os cordões *andon*;
- c) **regra 3 – como é construída a linha de produção:** todos os fluxos de produtos e serviços devem seguir uma rota simples e direta. Assim é garantido que toda vez que um produto ou serviço seguir uma rota acontece um experimento. A rota estabelecida não deve ser alterada, exceto se a linha de produção for efetivamente reprojeta. Se a linha de produção for projetada de

acordo com essa regra os produtos e serviços fluem para uma pessoa ou máquina específica;

- d) **regra 4 – como melhorar:** todas as melhorias precisam ser feitas em conformidade com o método científico sob a orientação de um professor e no nível hierárquico mais baixo possível da organização. A Toyota ensina explicitamente as pessoas como melhorar, estimulando a obtenção destas melhorias.

Para transmitir essas regras aos funcionários, os gerentes não dizem especificamente como eles devem executar o seu trabalho. Ao invés disso, eles aplicam um método de questionamento que permite aos funcionários descobrirem as regras através da resolução dos problemas, que acaba levando ao conhecimento implícito. Por isso o STP só foi transmitido com sucesso quando os gerentes tinham a capacidade de se engajar num processo semelhante de questionamento (SPEAR; BOWER, 1999, p. 5).

3.2 STP NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A adaptação e transferência dos conceitos e princípios do STP para a construção civil teve um marco com a publicação, em 1992, do trabalho de Lauri Koskela, denominado *Application of the New Production Philosophy in the Construction Industry*. Segundo Koskela (1992, p. 5-6), após a Segunda Guerra Mundial houve maiores iniciativas voltadas ao entendimento da construção e seus problemas e aperfeiçoamento de seus métodos. Podem ser citadas tentativas de industrialização, integração entre sistemas computacionais e construção e gestão voltada à Qualidade Total.

Todavia, a maioria dos processos na construção civil é elaborada com base no modelo de conversão, que tem por característica dividir o processo em subprocessos, que são analisados separadamente e identificados como processos de conversão. Isso se contrapõe ao que estabelece o STP, ou seja, que o processo seja considerado na íntegra e esteja interligado em todos os níveis. As falhas decorrentes do modelo de conversão, no qual somente as operações de processamento ganham destaque, fazem com que as operações de transporte e inspeção (que são as que demandam a maior parte do tempo, e não agregam valor) não sejam devidamente calculadas, resultando em variabilidade no processo produtivo (KOSKELA, 1992, p. 12-13).

Alves (2000, 35-36) cita que, durante a execução da obra, normalmente os gestores subestimam o grau de incerteza presente nos empreendimentos, o que contribui com a presença da variabilidade. Isso fica evidenciado quando ocorrem interferências entre equipes de trabalho, problemas na execução de tarefas, provenientes do não cumprimento de prazos estabelecidos ou da falta de terminalidade, e quando há falta de recursos devido à programação inadequada e ao desconhecimento das taxas de utilização dos mesmos. Tudo isso, aliado às dificuldades dos processos e operações de produção na construção civil, contribuem para a instabilidade.

Para Koskela (1992, p. 65-67), os profissionais da construção civil devem quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no Sistema Toyota de Produção, lançando assim as bases dessa nova filosofia por meio de adaptação dos conceitos de fluxo e geração de valor presentes no Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*) à construção civil, a qual passa a ser denominada Construção Enxuta (*Lean Construction*).

Para Koskela (1992, p. 24) existem onze princípios que devem ser levados em conta para que o processo de fluxo possa ser concebido, controlado e melhorado na prática. São os seguintes:

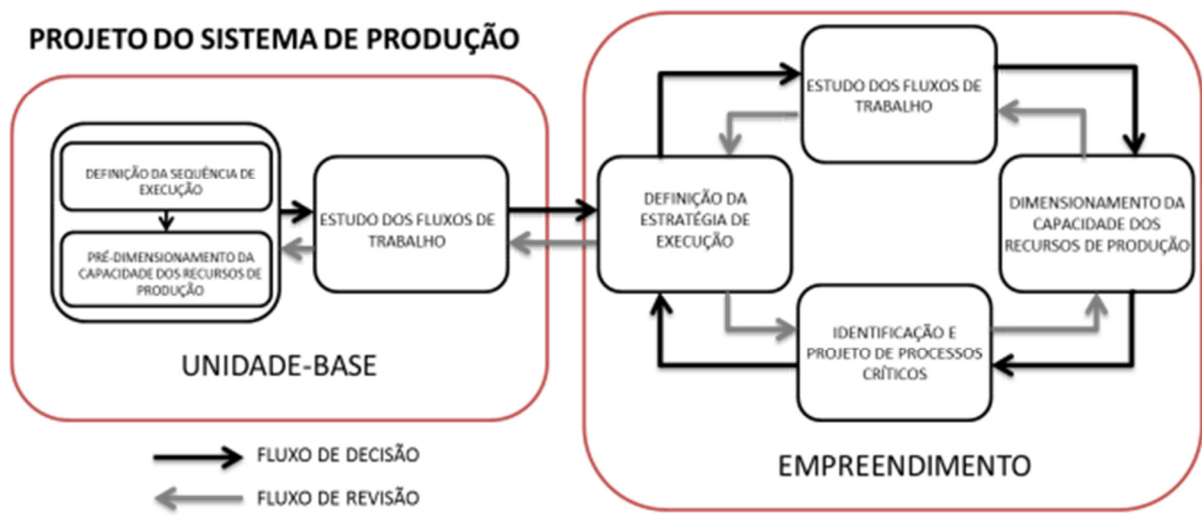
- a) redução de atividades que não agreguem valor;
- b) investir no valor de saída através de uma análise sistemática dos requisitos dos clientes;
- c) redução da variabilidade;
- d) redução do tempo de ciclo;
- e) simplificação, através da redução do número de passos, partes e ligações entre os componentes do sistema produtivo;
- f) aumento da flexibilidade na saída;
- g) investir na transparência do processo;
- h) focar o controle sobre o processo inteiro;
- i) estabelecer a melhoria contínua;
- j) equilibrar melhorias no fluxo com melhorias na conversão;
- k) criação de referência (*benchmarking*).

A gestão do fluxo de mão de obra dentro do canteiro de obras deve englobar, além da atribuição de tarefas para as equipes, a melhor sequência de execução para o processo, sendo respeitados os requisitos técnicos, a capacidade de produção das equipes, a continuidade do

processo (fluxo contínuo) e as restrições de tempo e espaço. Também é importante ter o controle sobre o desenvolvimento das tarefas, de modo que essas sigam os ritmos especificados para cada processo, garantindo assim uma redução nas perdas, resultando na diminuição do tempo de ciclo (ALVES, 2000, p. 25).

Assim como a Toyota cria o seu procedimento para o planejamento e controle de sua produção, existe algo em termos da construção civil. Schramm (2004, p. 161) propõe o seguinte Projeto do Sistema de Produção, exposto na figura 5, embasado no escopo de decisões definido através de uma série de seis etapas. Estas etapas, por sua vez, podem ser analisadas em termos da unidade-base, que é o que se repete dentro da produção (pavimentos, casas), ou em termos do empreendimento, que é o que está atrelado às características do empreendimento a ser executado.

Figura 5 – Projeto do Sistema de Produção



(fonte: adaptado de SCHRAMM, 2004)

Para haver a disseminação, conjuntamente com a evolução dessa filosofia, foi criado o *International Group for Lean Construction (IGLC)*, formado por um grupo mundial de pesquisadores sobre *Lean Production*. O *IGLC* tem procurado implementar sistemas de informação e ferramentas que estabilizem o ambiente produtivo, com enfoque na antecipação de problemas que possam surgir, e, principalmente, buscando a inserção dos princípios da *Lean Production* na rotina dos gestores da construção civil (LEAN INSTITUTE BRASIL, [200?]).

De acordo com Hirota e Formoso (2000, p. [4]), aplicar os conceitos e princípios da Construção Enxuta significa uma mudança dos conhecimentos que fundamentam as regras (*insights*) e dos fundamentos que guiam as ações dos gerentes de produção na gestão dos processos. Para isso ocorrer, é preciso que os profissionais se capacitem, promovendo assim o processo de mudança na organização.

Na sequência são discutidos os princípios da Mentalidade Enxuta e seus desdobramentos no contexto da produção. Para a definição das diretrizes buscadas pelo trabalho é imprescindível que sejam abordados esses princípios, pois proporcionam, entre outros, a implementação de fluxo contínuo entre as operações que compõem o processo de execução da estrutura com elementos pré-fabricados.

3.3 PRODUÇÃO ENXUTA

Womack et al. (2004, p. 44-59) propuseram o termo Produção Enxuta (*Lean Production*) como uma generalização do Sistema Toyota de Produção. É caracterizada por ser uma maneira superior de se produzir bens e se contrapõe totalmente aos princípios de produção em massa utilizados até então. A Produção Enxuta permite que sejam produzidos melhores produtos, numa maior variedade, e a um custo inferior. Além disso propicia um trabalho mais desafiador e gratificante para empregados em todos os níveis, do mais baixo até o mais alto, e uma relação mais eficiente com os fornecedores.

Anos mais tarde, Womack e Jones (1998, p. 3-4) procuraram ampliar o enfoque dos conceitos da Produção Enxuta para sistemas de negócios e empresas. Esta ampliação foi chamada de Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*) e trata-se de uma filosofia e estratégia de negócios que busca aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos, fazendo mais com menos.

A gestão *lean* procura fornecer de forma consistente, valor aos clientes com os custos mais baixos, identificando e sustentando melhorias nos fluxos de valor primários e secundários, por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa. A implementação da Mentalidade Enxuta deve estar nas reais necessidades dos negócios e não somente na aplicação das ferramentas *lean* (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 69-83).

As práticas de Mentalidade Enxuta envolvem a criação de fluxos contínuos e sistemas puxados – baseados na demanda real dos clientes – a análise e melhoria do fluxo de valor das plantas e da cadeia completa e o desenvolvimento de produtos que efetivamente sejam soluções do ponto de vista do consumidor (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003, p. 56). Womack e Jones (1998, p. 3) resumem Mentalidade Enxuta em cinco princípios fundamentais:

- a) definir o valor do cliente;
- b) definir o fluxo de valor;
- c) realizar através de fluxo contínuo;
- d) puxar toda vez que o cliente solicitar;
- e) realizar de forma mais eficaz.

Esses princípios podem ser sintetizados da seguinte maneira: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, sistema puxado e melhoria contínua. São detalhados nos próximos itens.

3.3.1 Valor

De acordo com Womack e Jones (1998, p. 4-5), o valor está relacionado ao processo de identificação e satisfação das necessidades dos clientes finais, possibilitando que sejam fornecidos produtos que atendam a essas expectativas. Ressaltam ainda que deve se dar importância para os serviços prestados durante o processo de venda do produto.

Diversas vezes as empresas adotam soluções que tendem a maior variedade de produtos, custo baixo e entrega imediata, ao invés de estabelecer diálogo com o cliente para definir seus produtos. Isso implica que as empresas produzem baseadas no que sua estrutura física comporta, em vez de repensar o valor a partir da perspectiva do cliente. A Mentalidade Enxuta propõe que é preciso definir o valor em função de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos por meio de diálogo com o cliente (WOMACK; JONES, 1998, p. 6-8).

3.3.2 Fluxo de Valor

Conforme Rother e Shook (1999, p. 3), um fluxo de valor é toda ação “[...] necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de cada produto: (1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.”.

É preciso mapear o fluxo de valor e seu estado futuro, pois essa ação permite enxergar e entender como ocorre o fluxo de material e todo o caminho percorrido pelo produto durante o fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 3-7). Para Rother e Shook (1999, p. 90), “Qualquer que seja o nível, do presidente ao supervisor de produção, as palavras e as ações dos gerentes devem estar dirigidas para a criação de um fluxo enxuto de valor.”.

Ao iniciar essa tarefa, deve-se ter em mente que o objetivo principal de mapear o fluxo de valor é identificar os desperdícios e tratar de eliminá-los. É claro que existem perdas inerentes aos processos e que não é fácil modificar imediatamente algo que já está imposto, como as tecnologias disponíveis ou o projeto, por exemplo. Portanto, o mais importante é remover as perdas que são causadas por falhas do processo ou por excessos/falhas na linha de produção, através da implementação de um fluxo de valor no estado futuro que pode ser viabilizado em um curto espaço de tempo (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 53).

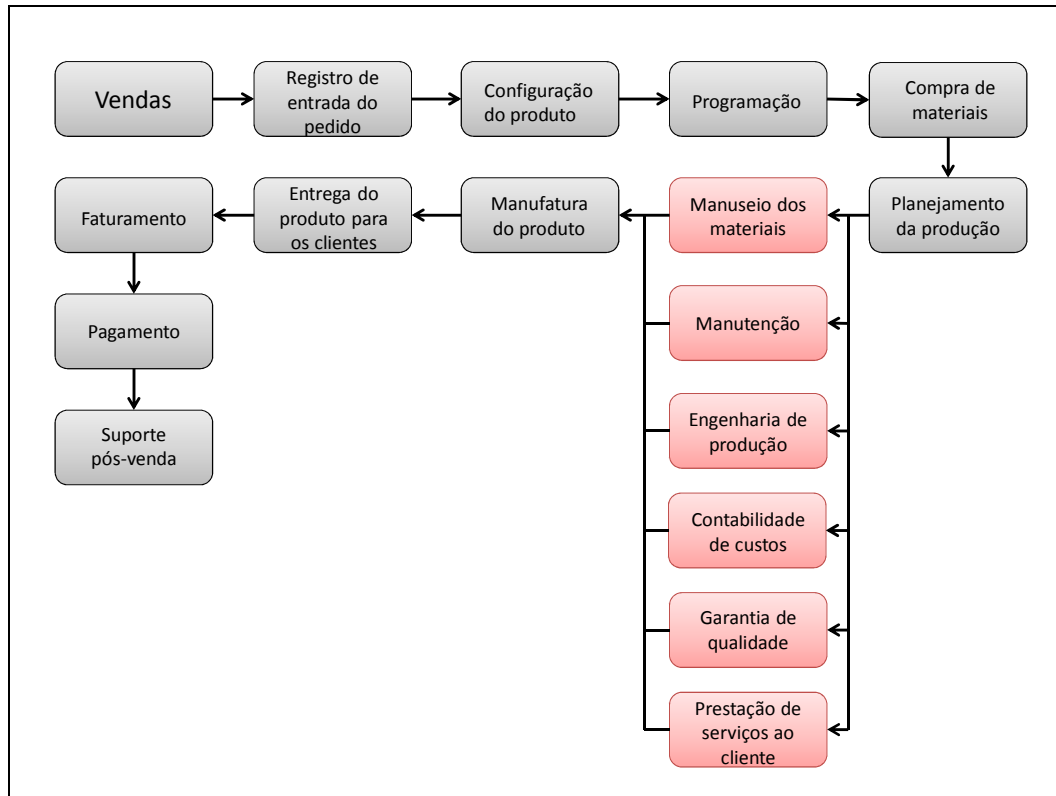
Para isso a meta deve ser construir uma cadeia de produção em que os processos individuais estejam articulados entre si e aos seus clientes. Isso pode ser feito através do fluxo ou da puxada e produzindo somente aquilo que é demandado pelo cliente, na quantidade e quando ele precisa (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 53).

Para se obter o resultado esperado na criação do fluxo de valor, os fluxos a serem considerados são informação e material. O fluxo de informação deve ter a incumbência de dizer o que cada processo deve fazer ou fabricar em seguida, devendo ser tratado com a mesma importância do fluxo de material. Deve-se fazer a informação fluir de modo que um processo é acionado somente quando o seguinte solicitar. Ambos devem ser mapeados (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 5).

Rother e Shook (1999, p. 39) concluem que o fluxo de valor, no contexto da produção enxuta, deve criar um processo que, desde sua matéria-prima até o cliente final, fabrique somente o que o consumidor precisa e quando ele precisa. Além disso, todos os processos devem estar

ligados de maneira que se tenha um fluxo regular, sem retornos, no menor *lead time*, com a mais alta qualidade e o menor custo possível. Isso pode ser observado na figura 6.

Figura 6 – Fluxo de valor



(fonte: adaptado de BAGGALEY; PARTNER, 2003)

3.3.3 Fluxo Contínuo

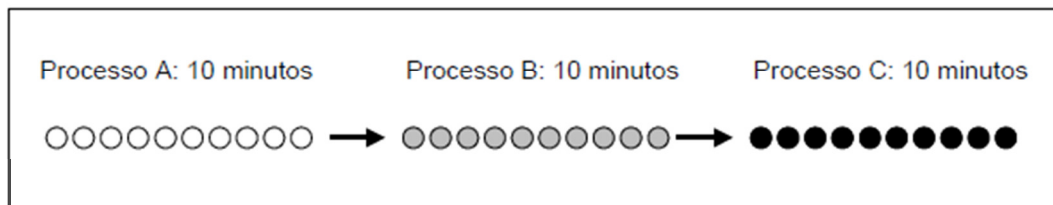
Para Rother e Shook (1999, p. 41), “O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada entre eles. O fluxo contínuo é o mais eficiente modo de produzir.”. Cada processo produz apenas o que o processo seguinte exige, sem geração de estoque, e deve ser flexível o bastante para mudar seu *takt time* de acordo com a demanda dos clientes (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 84-89).

Segundo Rother e Shook (1999, p. 40), “O *takt time* é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas.”. Ou seja, é um número de referência que dá a noção do ritmo em que cada processo precisa ser produzido, ajuda a enxergar como as coisas estão se desenvolvendo neste processo e o que é preciso fazer para melhorar. Rother e Harris (2002, p.

14) citam que modificar frequentemente o *takt time* pode gerar ineficiência no processo, pois além de interromper o ritmo de trabalho, aumenta a chance de surgimento de problemas de qualidade. Logo, é melhor operar com um *takt time* constante.

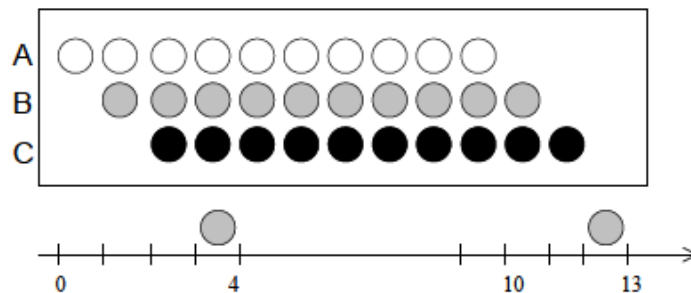
Rother e Shook (1999, p. 37-50) explicam que eliminar o estoque de produção é o elemento fundamental do fluxo contínuo, e que isso resulta em benefícios para o processo e o objeto. Em relação ao processo, ao eliminar o estoque, há uma redução do intervalo de tempo entre a matéria-prima até o produto final, ou seja, o *lead time* diminui. As figuras 7 e 8 apresentam um comparativo entre produção em fluxo contínuo e em lotes.

Figura 7 – Produção em lotes



(fonte: GAMBIRASIO JR., 2004)

Figura 8 – Produção em fluxo contínuo



(fonte: GAMBIRASIO JR., 2004)

Já para o objeto, a melhoria diz respeito à qualidade intrínseca do produto. Isso ocorre uma vez que sem os estoques para absorver possíveis problemas na produção, o processo desacelera ou pode ser interrompido se algum equipamento deixa de funcionar ou o produto não atinja alguma especificação. Assim o problema aparece e precisa ser resolvido, gerando uma melhoria no processo de produção e qualidade do produto (ROTHER; SHOOK, 1999, p. 37-50).

Ainda a respeito do fluxo, Rother e Shook (1999, p. 85), citam que:

O fluxo contínuo, com um mínimo de desperdício, significa eliminar o excesso de produção, que por sua vez implica em padronizar os elementos de trabalho de tal modo que a produção seja consistente e previsível com o seu *takt time*. Você precisará então puxar como uma maneira de dar instruções de produção para o fluxo (e começar a sequência completa de produção a partir do cliente, no caso do *loop* puxador). Finalmente, você precisará nivelar para conseguir um fluxo enxuto sempre que tiver múltiplos produtos, simplesmente porque a falta de nivelamento significará que você ainda produz com base em lotes de diferentes produtos. Mesmo se você produz somente um produto, você ainda precisa nivelar o volume de produção.

Conforme Womack e Jones (1998, p. 45-62), para que se alcance o fluxo contínuo é necessário seguir algumas orientações: focalizar no objeto real (projeto específico, produto específico, pedido específico); ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções e empresas; e repensar as práticas e ferramentas específicas de trabalho, tendo a finalidade de eliminar os retrofluxos e as paralisações. Na Mentalidade Enxuta, o conceito de fluxo contínuo precisa abranger toda a cadeia de valor da organização, ou seja, permear os processos de desenvolvimento, planejamento e produção do produto.

3.3.4 Produção Puxada

A Produção Puxada permite inverter o fluxo produtivo, mediante as condições da empresa em atender às necessidades dos clientes mediante solicitação. As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (eliminando estoques), ele passa a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de estoques (LEAN INSTITUTE BRASIL, [200?]).

Em relação à produção puxada, Rother e Shook (1999, p. 43) propõem que “O objetivo de colocar um sistema puxado entre dois processos é ter uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar o processo anterior.”. Em suma, normalmente é preciso instalar um sistema puxado no qual o fluxo contínuo é interrompido, então os processos são conectados através de sistemas puxados.

Rother e Harris (2002, p. 15) ressaltam que o *takt time* é a frequência com que o cliente precisa de uma peça e o tempo de ciclo é a frequência com que uma peça é fabricada e sai do final da célula no processo puxador. Nos processos operados, acontecem, eventualmente, de o tempo de ciclo ser menor que o *takt time*, isso deve acontecer sempre que não houver tempo para se restaurar atrasos caso alguma operação do sistema vir a falhar. Caso aconteça de o

tempo de ciclo ser muito menor que o tempo *takt* há excesso de produção, e isso pode ocultar possíveis problemas na produção, diminuindo assim, o incentivo para encontrar erros e eliminar suas causas.

3.3.5 Melhoria Contínua

Para Imai (2005, p. 5-7), a administração é baseada na manutenção e no melhoramento. A manutenção diz respeito a manter os atuais padrões tecnológicos, administrativos e operacionais. A empresa deve estabelecer um Plano Operacional Padrão (POP) e segui-lo, de maneira que os planos de ação, normas, diretrizes e procedimentos devem ser postos em prática. Porém as empresas devem ter cuidado para não somente fazer a manutenção, de modo que ela fique sempre atrelada às condições de mercado e à concorrência, refletindo assim uma postura de não ter um objetivo claro a seguir.

É a partir daí que é preciso buscar a postura de melhoramento, ou contínuo melhoramento, focada, basicamente, na melhoria dos padrões atuais. Essa melhoria de padrões está associada à maneira de como as pessoas trabalham, como as máquinas e equipamentos são operadas e como os sistemas e procedimentos são postos em prática (IMAI, 2005, p. 8).

Na prática, tinha-se a visão de que esse processo de melhoria, que pode ser visto também como implantação de qualidade, aplicado no processo de produção, poderia ser feito através de inspeções para rejeição de entrada e/ou saída de materiais com defeito. Porém, rapidamente foi constatado que somente inspeção não contribui para melhorar a qualidade do produto e que o aumento de qualidade deve estar incorporado no estágio de produção, no momento do desenvolvimento do produto. A partir daí que foram implementadas as cartas de controle e ferramentas de controle estatístico da qualidade (IMAI, 2005, p. 8-10, 34).

A melhoria contínua (*Kaizen*) propõe o pensamento orientado para o processo, visto que para se ter resultados melhores é preciso melhorar os processos. Uma grande ferramenta usada para o melhoramento dos processos é incentivar e considerar as sugestões dos operários para melhorias na cadeia de produção. Levando em conta que o novo padrão foi proposto pelo próprio operário, ele fica orgulhoso e se dispõe a segui-lo, diferentemente do que se fosse imposto pela administração. Essa cultura acaba capacitando os operários cada vez mais, já que os mesmos acabam criando uma visão e estabelecendo critérios mais eficazes para a garantia do melhoramento contínuo. O presidente do Grupo Toyota reforça essa tese afirmando que os

operários japoneses contribuem tanto com a melhoria contínua que oferecem 1,5 milhão de sugestões por ano e 95% delas são postas em prática pela organização (IMAI, 2005, p. 13-14).

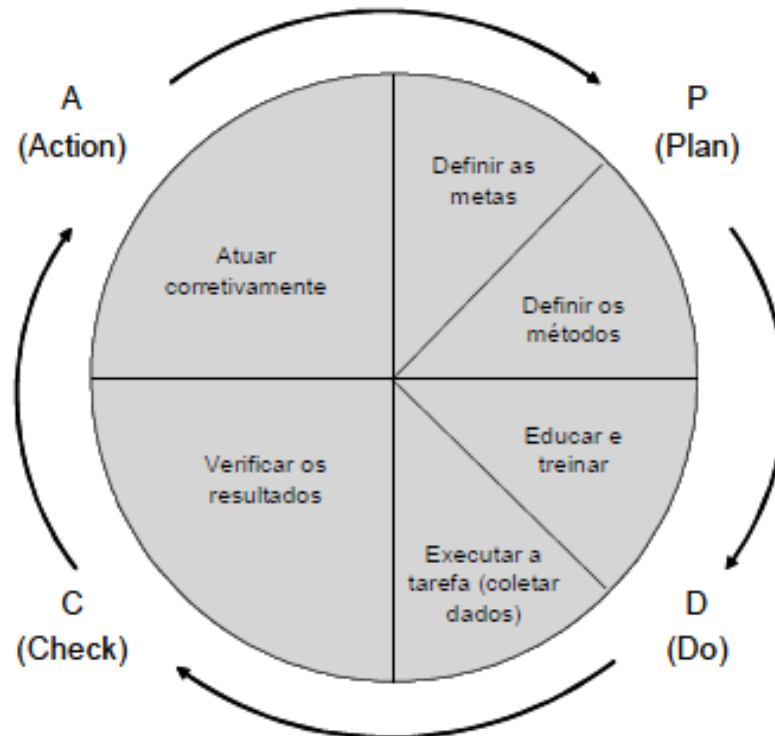
Segundo Imai (2005, p. 35-39), para conseguir esse apoio dos operários, a administração deve manter uma boa comunicação com eles. Porém, o que se vê, é que a administração se recusa a criar essa comunicação, e isso deve ser mudado. A implantação de qualidade dentro de uma empresa deve passar pela qualidade das pessoas, ajudando-as a se tornarem cientes do *Kaizen*. Após elas devem ser treinadas para o uso de ferramentas que busquem a identificação e solução de problemas. Sendo resolvido o problema os resultados devem ser padronizados para evitar repetições (assunto que é abordado na sequência do trabalho). Esse ciclo interminável de melhoramento faz com que as pessoas fiquem dispostas e inclinadas à melhoria contínua, mas tudo isso só pode ser realizado através de treinamento e forte liderança.

Em relação à eliminação de desperdícios, a melhoria contínua está relacionada com a perfeição, por meio de um constante esforço de todos os envolvidos no sistema, de operários à gerentes, na redução de qualquer tipo de desperdício (WOMACK; JONES, 1998, p. 15-17). Koskela (1992) afirma que a busca pela perfeição tem um papel importante à medida que está relacionada à necessidade de um esforço interno, incremental e participativo da empresa, voltado à eliminação de desperdícios deve ser realizado continuamente.

Assim que uma melhoria é introduzida, alcançando a eliminação de desperdícios, pode-se iniciar novamente o esforço de eliminar outros desperdícios. Quanto mais se tenta implementar e interagir os outros princípios (valor, fluxo de valor, fluxo contínuo e processo puxador), mais os desperdícios ocultos são expostos e passíveis de serem eliminados (WOMACK; JONES, 1998, p. 94-101).

Uma maneira de gerenciar a melhoria contínua é através do ciclo PDCA. Ele é composto por quatro fases: planejar (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e atuar corretivamente (*action*) e está representado na figura 9 (CAMPOS, 1992, p. 5-6).

Figura 9 – Ciclo PDCA



(fonte: CAMPOS, 1992, p. 6)

Campos (1992, p. 41-45) afirma que o ciclo PDCA pode ser utilizado para manutenção do trabalho por meio da padronização e outra para melhoria. Ele ainda define Melhoria Contínua como o processo de melhorar os padrões, correspondendo ao estabelecimento de novos níveis de controle do processo. Imai (2005, p. 53-54) acrescenta que o ciclo PDCA é uma série de ações que visam o melhoramento e aplicá-lo faz com que os padrões sejam desafiados, revisados e substituídos por padrões mais recentes e melhorados, atingindo assim a melhoria contínua.

A adoção das práticas de *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta), traz como resposta os ideais de gestão sonhados por qualquer organização. Estes resultados geram: aumento da capacidade de oferta de produtos idealizados pelos clientes, que respondem aos 4P's do *marketing*: o que o cliente quer, quando precisa, com o preço dentro daquilo que se espera pagar, ao seu alcance. Não esquecendo de manter custos reduzidos, qualidade superior e tempos de ciclo menores (LEAN INSTITUTE BRASIL, [200?]).

A seguir, é discutido o tema padronização, tendo em vista que o mesmo está inserido no STP e é uma forma de formalizar as melhorias obtidas durante o processo de produção enxuta. No contexto desse trabalho o conceito de Trabalho Padronizado torna-se uma ferramenta importante na divulgação das operações que compõem o processo de produção.

3.4 PADRONIZAÇÃO

De acordo com Campos (1992, p. 1-3), a padronização é uma ferramenta de gestão essencial que possibilita à empresa realizar melhorias em qualidade, custo, segurança e cumprimento de prazos, transformando métodos, sendo assim, mais eficaz. Para Souza e Abiko (1997, p. 14), a padronização reduz a variabilidade no processo de produção e, conseqüentemente, no produto final, a proporção que traz como resultado produtos uniformes em consonância com os requisitos dos clientes. O método de execução da tarefa, baseada numa rotina, estabelece o padrão e possibilita um melhor aproveitamento e emprego dos recursos, sejam eles materiais, mão de obra ou equipamentos.

O trabalho padronizado define o método e a rotina estabelecida no processo de produção e todos os colaboradores devem seguir. No contexto da construção civil a padronização pode servir de apoio para o cumprimento de prazos estabelecidos (tempo de ciclo) e condições de qualidade exigidas, bem como auxiliar na definição do fluxo do processo. De acordo com Fazinga (2012, p. 29):

Os fundamentos da produção JIT e da autonomia são fortemente apoiados pelo trabalho padronizado (TP). O TP define objetivos e um método a ser seguido por todos os envolvidos na produção, com o propósito de obter resultados estáveis, além de manter uma velocidade de produção atrelada à demanda. Representa, portanto, uma ferramenta para a redução da variabilidade para que o JIT e a autonomia possam ser mantidos.

Conforme Imai (2005, p. 66-69), os padrões devem sofrer constantes substituições por padrões melhores, somente por isso eles devem existir. Cita que a padronização é a maneira de estender os benefícios obtidos com o melhoramento para toda a organização. Cabe a administração garantir que o trabalho padronizado está sendo seguido e que todos os envolvidos estão o seguindo rigorosamente, pois assim surgem as oportunidades de melhoria contínua, através da revisão desses padrões.

Há alguns quesitos que devem ser seguidos para que haja estabilidade do processo de produção. Segundo Smalley (2007, p. 7-10), há quatro elementos chave, que ele chama de 4 M's: **mão de obra; máquinas; materiais; métodos**. Abstrai-se disto que para obter uma estabilidade básica são necessários mão de obra muito bem treinada; equipamentos que respondam às necessidades de produção, mas para isso é necessário conhecer: “[...] a demanda dos clientes, a capacidade do processo e a média real de produção.” (SMALLEY, 2007, p. 8); reduzir o desperdício com o estoque, adequando-o em função das necessidades de abastecimento e ritmos de demanda; e, por fim, o estabelecimento do método de trabalho padronizado.

Para Tachizawa e Scaico³ (1997 apud FAZINGA, 2012, p. 36), “A padronização é essencial para a gestão empresarial e contribui para a atribuição de responsabilidades entre as pessoas, garantia de qualidade dos produtos e acúmulo de conhecimento na empresa.”. De acordo com Fazinga (2012, p. 37), os estudos sobre a padronização visam:

- a) reduzir a variabilidade;
- b) obter uma melhoria contínua nos processos;
- c) atribuir, para todos, suas responsabilidades;
- d) obter controle sobre a produção;
- e) garantir a qualidade do produto final;
- f) contribuir para organização sistêmica;
- g) evolução dos processos por meio de registros e acúmulo de experiência.

Em relação ao processo de produção, Fazinga (2012, p. 14) explana que:

[...] a padronização não está restrita simplesmente à definição de um padrão e seu registro no SGQ [Sistema de Gestão da Qualidade]. De acordo com o *Productivity Press Development Team*⁴ (PPDT) (2002), a padronização é um processo que compreende o estabelecimento, a comunicação, a adesão e a melhoria de padrões.

³ TACHIZAWA, T.; SCAICO, O. **Organização flexível: qualidade na gestão por processos**. São Paulo: Atlas, 1997.

⁴ PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. **Standard work of the shopfloor**. New York: Productivity Press, 2002.

É consenso que os padrões de produção devem seguir uma análise rigorosa de como um produto deve ser desenvolvido. De acordo com a *Productivity Press Development Team*⁵ (2002 apud FAZINGA 2012, p. 37):

Os padrões são especificações que esclarecem as características que um produto deve possuir ou como o processo de produção deve se desenvolver para atingir estas características.

A definição dos padrões deve ser baseada em análise de fatos e dados, não em costumes ou decisões intuitivas. Como fontes de informações relevantes para os padrões, estão as práticas consensuais adotadas por uma equipe, experiências já vivenciadas e especificações técnicas.

O Padrão Técnico de Processo (PTP) é um documento que deve conter as especificações para o controle do processo de produção, baseado em informações do planejamento da empresa. Ele apresenta variáveis do processo que devem ser controladas, como o processo de fabricação, características de qualidade e parâmetros para o controle (CAMPOS, 1992, p. 51-54).

O PTP deve ser elaborado a partir do projeto do produto, da análise do fluxo de produção e das necessidades dos clientes. Isso é feito para determinar os parâmetros de controle, e deve conter, preferencialmente, os seguintes itens (CAMPOS, 1992, p. 53):

- a) fluxograma contendo os equipamentos necessários para a produção, os processos de serviços, condições das matérias-primas, e descrição dos materiais dizendo do que são compostos e por quais transformações devem passar;
- b) momentos nos quais o produto deve passar por aferições que atestem a sua qualidade de forma que seja permitido o controle sobre ela;
- c) ferramentas que auxiliem na coleta de dados;
- d) descrição de como deve ser o produto ou processo, quantidades necessárias de matéria-prima para a produção, e estimativa de trabalhadores necessários para cada setor do processo de produção;
- e) detalhamento do processo;
- f) descrição do trabalho periférico entre as etapas de produção;
- g) padrões técnicos e de fabricação de cada processo.

⁵ PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. **Standard work of the shopfloor**. New York: Productivity Press, 2002.

O TMC Consultoria Empresarial ([200?]) define PTP como documentos básicos e são utilizados para o controle do processo, são essencialmente técnicos, elaborados pela área técnica da organização, baseados nos requisitos dos clientes e no conhecimento tecnológico da empresa. É importante que estejam envolvidas as áreas de Engenharia do Produto e Processo, com a participação ativa da Produção para a elaboração deste documento, pois nele são registrados as seguintes informações: processos, qualidade assegurada, nível de controle, método de controle e ação corretiva.

No contexto da construção civil esses PTP's devem ser implementados no processo. Fica caracterizado que a utilização deste modelo de controle permite uma maior qualidade dos serviços assim como o controle durante a execução e a definição dos padrões, permitindo que se tomem atitudes quando a produção se desprender da linha de fluxo planejada, conferindo assim uma maior chance de cumprimento do tempo de ciclo, entre outras variáveis do sistema.

No entanto, essas orientações contidas nesses documentos devem refletir o conteúdo conceitual do padrão. Conforme Kondo⁶ (1991 apud FAZINGA, 2012, p. 38), o padrão deve ser estabelecido de acordo com três fases distintas: **meta**, **restrição** e **método**. A seguir esses elementos são abordados, com o objetivo de os conceituar de forma que fique clara sua importância dentro do Trabalho Padronizado.

3.4.1 Meta

A meta é o objetivo a ser alcançado. Para Kondo⁷ (1991 apud FAZINGA, 2012, p. 38), a meta é o objetivo a ser atingido com o trabalho. De acordo com Imai (2005, p. 115-122) atingir metas é o principal objetivo do gerente, que o faz através do estabelecimento, manutenção e melhoria dos padrões. Logo, depreende-se que a meta é o resultado obtido através do trabalho, respeitando o objetivo, o valor e o prazo, que devem ser constantemente monitorados, para se constatar se as metas que foram desdobradas para diferentes níveis organizacionais foram atingidas. Kondo⁸ (2000 apud FAZINGA, 2012, p. 45) cita que é necessário frisar aos

⁶ KONDO, Y. **Human motivation**: a key factor for management. Tokyo: 3A Corp, 1991.

⁷ op. cit.

⁸ KONDO, Y. Innovation versus standardization. **The TQM Magazine**, v. 12, n. 1, p. 6-10, 2000.

colaboradores a necessidade do atingimento das metas que a organização tem que alcançar, isto os incita num senso de responsabilidade sobre as tarefas que devem ser desempenhadas.

3.4.2 Restrição

Ritzman e Krajewski (2004, p. 210-211), definem restrição como qualquer fator, dentro do processo produtivo, que limite o desempenho do sistema e prejudique o seu resultado. Podem ser classificadas em três categorias, ou seja, restrições:

- a) **físicas**: capacidade de mão de obra e equipamentos, escassez de espaço, materiais ou qualidade;
- b) **comerciais**: sendo a demanda menor que a capacidade de produção;
- c) **administrativas**: políticas ou posturas da empresa que repercutam de forma negativa no fluxo de produção.

As restrições dificultam o avanço do processo, em relação à sua meta buscada. A teoria das restrições menciona que os gargalos se relacionam a falta de capacidade de produção de um processo e que se bem planejados podem maximizar os ganhos, fazendo com que se cumpram os prazos estabelecidos. A capacidade pode ser medida através de *output* e *inputs*, que é aquilo que sai ou entra na linha de produção. No caso da construção civil medidas de *output* têm um melhor resultado para definir a capacidade de produção (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004, p. 211-213).

As restrições, de acordo com Ballard⁹ (2000 apud FAZINGA, 2012, p. 49), podem estar diretamente ligadas ao acesso que se tem às informações do projeto, aos procedimentos de trabalho, à conclusão de tarefas anteriores e aos recursos materiais, mão de obra e máquinas. Para Koskela (1992, p. 38-49), tudo isso, em conjunto com condições climáticas, formam um grupo de *inputs* que fazem com que um trabalho seja realizado em condições adequadas.

⁹ BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. 2000. 153 p. Thesis (Doctor in Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

3.4.3 Método

Para Kondo¹⁰ (1991 apud FAZINGA, 2012, p. 38), o método é um dos três itens chave que permitem estabelecer o processo de trabalho padronizado. De acordo com o TMC Consultoria Empresarial ([200?], p. 60), o método é uma “Sequência lógica de procedimentos ou operações para se realizar determinada tarefa ou atingir determinado objetivo.”.

Segundo Fazinga (2012, p. 16), o método é definido pela estruturação e pelo estabelecimento de rotinas com operações detalhadas, formatadas e desenvolvidas com foco no operário que executa as ações, prevendo o tempo para executar a tarefa e o objetivo que deve ser atingido. Em diversas áreas em que condições climáticas não influenciam o trabalho, o tempo é programável, como na área da saúde, por exemplo.

Porém, dentro da construção civil, existem tempos de ciclo extensos, então surgem dúvidas quanto à eficiência de se aplicar rotinas detalhadas. Essas dúvidas advêm da grande variabilidade presente nas operações dentro da construção. Em termos gerais, o trabalho padronizado normalmente é direcionado ao cumprimento de um prazo atrelado à demanda, porém, surgem dúvidas sobre como a definição de um método poderia ser benéfica em termos de atendimento a requisitos de qualidade e custos (FAZINGA, 2012, p. 16).

Ballard e Tommelein (1999, p. 1-2) acrescentam que para se implementar um fluxo contínuo de produção são necessárias algumas informações sobre as operações individuais que estão potencialmente envolvidas no processo e, também, ter conhecimento sobre as relações entre essas operações. Como exemplo dessas informações, podem ser citados:

- a) conteúdo do trabalho;
- b) desenho do método (reconhecer o que, precisamente, deve ser mudado);
- c) tempo de *setup*: período reservado para a manutenção de equipamentos;
- d) recursos mínimos para execução do trabalho (mão de obra e equipamentos, por exemplo);
- e) tamanho mínimo de lote para o processo (determinado principalmente por considerações técnicas, mas podendo variar de acordo com as necessidades de espaço);
- f) capacidade de produção: é a taxa média de instalação com o uso de recursos mínimos, em uma equipe mínima para cumprir um lote mínimo de trabalho;

¹⁰ KONDO, Y. **Human motivation**: a key factor for management. Tokyo: 3A Corp, 1991.

- g) espaço e acessos necessários, além de proteção individual e coletiva;
- h) materiais empregados, além do tamanho de seus lotes e as condições de espaço para seu armazenamento;
- i) variações nas taxas de ocupação das dependências do canteiro.

Analisados os conceitos de padronização e seus desdobramentos, o próximo passo é abordar o modelo de equipes semi-autônomas. Esta abordagem contribui com o plano de organização, em função de estimular a melhoria contínua, dando aos trabalhadores algumas concessões para que tornem o ambiente de trabalho mais participativo e flexível.

3.5 EQUIPES SEMI-AUTÔNOMAS

A origem dessa abordagem do processo produtivo teve origem com trabalhadores de minas, que acostumados a realizarem suas tarefas em equipes formadas através de escolhas pessoais, trabalhavam da maneira que mais os agradava e com as ferramentas que mais se adaptavam a seu modo. O trabalho nas minas era manual e extremamente desgastante, além do que não havia supervisão e eram remunerados de acordo com o que produziam. Os mineiros possuíam um grande conhecimento de como deveriam trabalhar e do local (BIAZZI JR., 1994, p. 31).

Biazzi Jr. (1994, p. 31) relata que com a tentativa de industrializar o método de extração, através de máquinas e organização de trabalho em que cada um tinha uma tarefa específica a ser cumprida, alguns problemas foram detectados. A produtividade não aumentou da forma esperada e o absenteísmo e rotatividade aumentaram de forma considerável, devido ao descontentamento dos trabalhadores com essa nova forma de trabalho.

A construção civil, em termos de seus processos, passa por uma síndrome muito parecida com essa, quando da tentativa de implementação de modelos mais industrializados. Biazzi Jr. (1994, p. 33), estudou como esse tipo de mudança reflete no comportamento dos trabalhadores e isso o possibilitou embasar o pensamento sócio-técnico, o qual prioriza os indivíduos e suas atividades no momento em que se organiza um sistema produtivo.

Denominadas de equipes semi-autônomas, seus integrantes se caracterizam pela responsabilidade coletiva frente a um conjunto de tarefas, tendo a própria equipe forte participação na definição do arranjo de trabalho. Isso possibilita a todos os membros da equipe uma rotação de funções, o que desencadeia nos indivíduos o aprendizado sobre todas

as tarefas, de forma que haja uma interação cooperativa. A equipe é responsável pelos recursos que estão à sua disposição e deve ter autonomia para utilizá-los (BIAZZI JR.,1994, p. 33).

A autonomia da equipe semi-autônoma envolve métodos de trabalho, distribuição de tarefas, definição de metas e escolha de líderes. Os líderes, no pensamento sócio-técnico, devem focar no grupo, garantindo as condições e recursos que o mesmo deve possuir para atingir o objetivo do trabalho. O seu controle perante os operários deve ser somente para que o ambiente de trabalho tenha as relações sociais bem estruturadas e focadas no cumprimento das tarefas (BIAZZI JR.,1994, p. 33).

Biazzi Jr. (1994, p. 33) destaca que, com o passar do tempo, um mesmo grupo tende a ter as suas relações sociais cristalizadas em detrimento de sua *performance* nas tarefas, o que surge como um problema para a evolução da produtividade e para a adaptação perante mudanças de ambiente e de tecnologia. Isso deve ser administrado no sentido de captar essas forças a favor e não de coagir contra elas.

Biazzi Jr. (1994, p. 35) cita que dentre os princípios do projeto sócio-técnico, se destacam os seguintes: compatibilidade, mínima especificação crítica e controle de variâncias. No que diz respeito à compatibilidade, é preciso haver identificação entre o processo de mudança e seus objetivos, no sentido de que somente pode se formar uma organização participativa tendo um projeto de trabalho participativo. Já o princípio da mínima especificação crítica sugere que há um mínimo de prescrições necessárias para a execução de um projeto ou atividade, e elas devem estar descritas de maneira que possam balizar a equipe semi-autônoma. Também é preciso ter um controle sobre as variâncias, de forma que qualquer tipo de desvio no padrão ou procedimento que ocorra, seja eliminado ou administrado no seu estágio inicial.

A implementação desses princípios, independente de onde entrarão em exercício, devem se fundamentar em metodologias genéricas, e tem o intuito de nortear as lideranças que dão o suporte. Para isso é necessário um grande apoio por parte dos gestores e que eles tenham em mente que somente com a mudança é possível o perduramento de uma organização (BIAZZI JR., 1994, p. 35).

As plantas de Kalmar e Uddevala são um marco na implementação do trabalho em equipes semi-autônomas. Elas são descritas através de seu surgimento e funcionamento, baseado no

artigo de Roberto Marx: **Processo de Trabalho e Grupos Semi-Autônomos: a evolução da experiência sueca de Kalmar aos anos 90.**

3.5.1 Planta de Kalmar

A planta de Kalmar, na Suécia, da montadora Volvo, foi uma das pioneiras na incorporação dos princípios do pensamento sócio-técnico e de sua implantação em grupos de trabalho. Kalmar contrapôs-se ao que preconizava a produção em massa, em termos da rigorosidade em seus processos e operações, procurando redefinir sua organização industrial. Procurou organizar um ambiente no qual o indivíduo é o maior responsável pela operação de uma planta que se caracteriza pela produção em massa e que deve buscar atingir os objetivos empresariais (MARX, 1992, p. 37).

Essa inovação de Kalmar foi de encontro com o que historicamente preconizava a indústria automobilística, conhecida por suas operações repetitivas, linha de produção perfeitamente definida e, em alguns casos, mas condições de trabalho. Até meados dos anos 1970 as principais características que diferiram a planta de Kalmar das outras foram as seguintes (MARX, 1992, p. 37-39):

- a) **modularização das linhas**, fugindo do conceito de uma única linha de montagem, em que cada fase do processo de montagem é executada em locais diferentes. Porém o ritmo de trabalho ainda é controlado externamente aos trabalhadores;
- b) **criação de *buffers***, que são estoques intermediários que podem suprir interrupções ou variações de ritmo em etapas intermediárias da linha de montagem;
- c) **estabelecimento de equipes semi-autônomas**, sendo cada grupo é responsável por uma série de atividades específicas, em cada linha modularizada. Portanto cada grupo tem uma área de trabalho própria, com a possibilidade de haver troca de cargos e tarefas dentro dela.

3.5.2 Planta de Uddevala

A planta de veículos da Volvo, localizada em Uddevala, foi concebida para possuir evoluções em relação à de Kalmar, isso foi uma vantagem, pois não precisou passar por adaptações já que pode agregar o conhecimento obtido através das experiências anteriores. Marx (1992, p. 42) cita que:

A planta de Uddevala, pela combinação do uso de novas tecnologias com uma preocupação acentuada em promover uma utilização mais ampla do trabalho humano, configura uma iniciativa de grande interesse, tanto na área de engenharia de produção como em outras disciplinas interessadas na relação homem-sistemas produtivos.

A análise dessa planta remete a uma referência de auxílio para a organização do sistema de produção, e, no que tange a construção civil, há uma identificação bem caracterizada, pois as operações dentro dos processos da construção necessitam dessa flexibilidade. Marx (1992, p. 43) conclui que:

O caso das experiências suecas na montagem final de veículos e, em particular, a planta de Uddevala, mostra que características da **especialização flexível** também estão presentes, de certa forma, de modo ainda mais flagrante do que, por exemplo, na planta paradigmática da Toyota no Japão. No caso sueco, por exemplo, [...] está se abandonando de fato a linha de montagem tradicional por uma organização do trabalho flexível, não só no que diz respeito à participação dos trabalhadores na melhoria dos padrões de qualidade e produtividade, mas também na própria concepção do projeto da atividade de montagem, onde padrões rígidos e detalhados de tempos e movimentos perdem sua importância anterior, diversamente do caso japonês, onde tal característica prescrita pelo paradigma fordista-taylorista se verifica como um princípio fortemente utilizado.

3.6 ESTUDO DE TEMPOS E DE MOVIMENTOS

O estudo de tempos, originado através de Taylor, tem em sua essência a determinação de tempos-padrão para a execução de uma tarefa. Paralelamente a Taylor, o casal Gilbreth desenvolveu o estudo de movimentos, com a intenção de obter o melhor método de se executar uma tarefa, com ênfase no aumento da produtividade. Anos mais tarde, ainda na primeira metade do século XX, os estudos de tempos e de movimentos começaram a ser usados conjuntamente, ambos se complementando. Essa nova filosofia passa a buscar a determinação de um sistema que utilize o método ideal ou o que mais se aproxima disso, ao invés de somente procurar melhorar o método existente (BARNES, 1999, p. 1). Portanto o estudo de tempos e de movimentos tem como objetivos, segundo Barnes (1999, p. 1):

- a) desenvolver o sistema e o método ideal;
- b) padronizar esse sistema e método;
- c) determinar o tempo para alguém qualificado realizar a tarefa num ritmo normal de trabalho;
- d) orientar o treinamento do trabalhador no método definido.

Barnes (1999, p. 4) cita que para o desenvolvimento do método preferido, devem ser considerados tanto o sistema como um todo quanto cada operação individual que forma o processo ou sistema. Para isso é necessário o emprego do procedimento problema-solução, que pode ser definido da seguinte forma, de acordo com Barnes (1999, p. 4-21):

- a) **definir o problema:** o problema deve ser definido em termos os mais gerais possíveis, incentivando assim o uso da criatividade. Se a causa básica do problema pode ser eliminada, ele não existe mais;
- b) **analisar o problema:** devem ser avaliadas as alternativas de solução e identificadas as restrições reais. Para isso o método atual deve ser descrito e através disso serem analisadas as tarefas que possam ser melhoradas;
- c) **pesquisar as soluções possíveis:** encontrar a solução que melhor se encaixe nos critérios e especificações estabelecidos. Incentivar o uso da criatividade;
- d) **avaliar as alternativas disponíveis:** verificar até que ponto cada solução atende ao critério e às especificações buscadas. É desejável selecionar uma solução que seja considerada a ideal, outra que seja preferida para o uso imediato e uma terceira que possa ser usada no futuro ou sob condições diferentes;
- e) **recomendar a ação:** Após a solução ideal ter sido encontrada ela deve ser comunicada a todos. A forma mais usual é comunicar através de uma documentação do procedimento e de forma verbal. Deve ser feito um acompanhamento para verificar se a forma foi realmente adotada e se está sendo eficaz.

Após encontrar o melhor método para execução da tarefa esse deve ser padronizado. Isso se faz através do registro da tarefa, normalmente dividida em operações específicas, que são descritas detalhadamente. Essa descrição deve conter o conjunto de movimentos do operador, as ferramentas utilizadas, os dispositivos, as referências e os equipamentos (BARNES, 1999, p. 4).

A determinação do tempo-padrão para a execução de cada tarefa se dá através do acompanhamento de um trabalhador qualificado na execução dessa tarefa e da cronometragem do tempo que é dispendido para que ela seja executada. A soma dos tempos dessas tarefas fornece o tempo-padrão total para o processo. Ainda existe uma variável de tempo que é acrescentada a essa soma: é composta por tolerâncias às necessidades pessoais, fadiga e esperas, sendo denominada como tempo normal (BARNES, 1999, p. 4-5).

Para que a tarefa seja executada da maneira pré-estabelecida é necessário treinar o operador. O treinamento deve ser balizado no método padronizado e ser ministrado pelo mestre, pelo

engenheiro ou até mesmo por um operário hábil. Pode ser ministrado na própria frente de trabalho ou através de apresentações, filmagens ou palestra (BARNES, 1999, p. 5).

3.6.1 Análise do processo produtivo

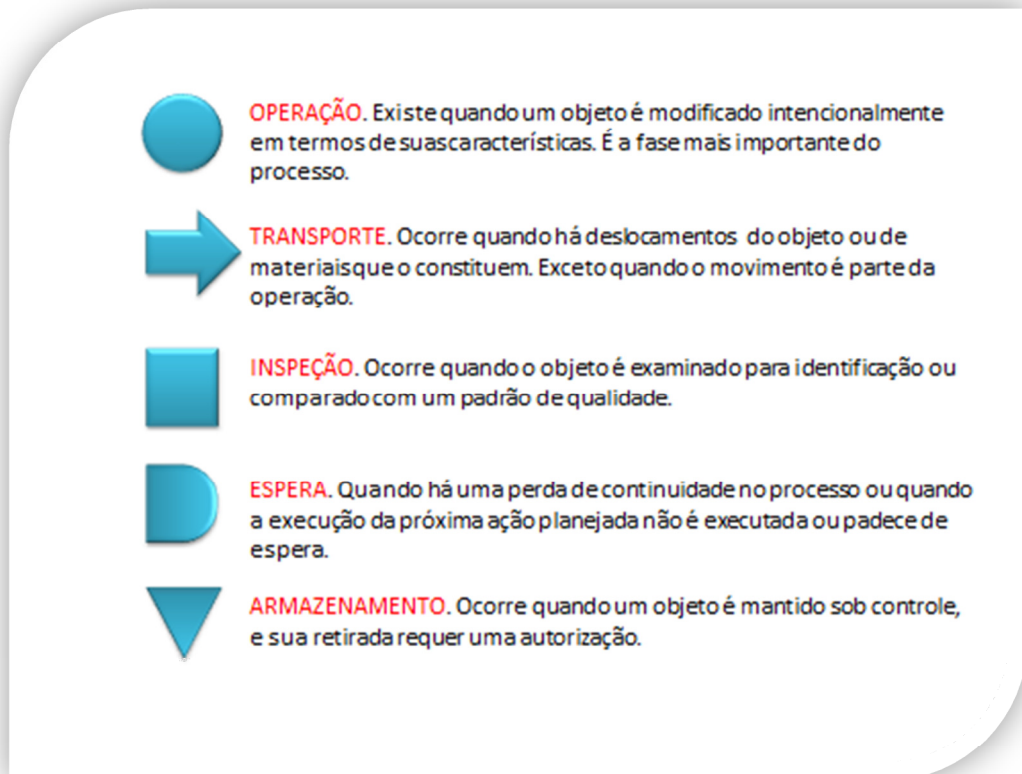
Para que o processo produtivo possa ser analisado é necessário inicialmente defini-lo de forma global. Após essa definição, tem-se uma melhor condição de se estudar de forma detalhada cada operação específica que compõe o sistema.

A ferramenta adequada para que isso seja feito é o gráfico do fluxo do processo. O gráfico deve representar os diversos eventos que ocorrem durante a execução de cada tarefa que compõe o processo produtivo. Durante o procedimento de representação gráfica de cada passo do processo, surgem propostas de melhoria, ou até mesmo eliminação de algumas etapas do processo. Dentre as propostas de melhoria estão o método utilizado, a utilização de um trajeto mais eficiente, uma mudança na disposição dos recursos, combinação de operações e eliminação de esperas.

Além disso, o gráfico auxilia na verificação de atividades que mereçam uma análise mais cuidadosa, devido ao impacto que tem sobre o sistema. Para enquadrar as tarefas dentro do fluxo do processo são utilizados símbolos que representam as atividades dentro do processo (BARNES, 1999, p. 47). A figura 10 apresenta os símbolos utilizados por Gilbreth.

Uma maneira de se visualizar melhor um processo se dá através da confecção de um mapofluxograma do processo. Em uma planta do local onde são executadas as tarefas, seja a planta do chão de fábrica ou a planta de um edifício, são desenhadas as linhas de fluxo que mostram a direção dos movimentos e os símbolos do fluxo do processo. Ainda podem ser inseridas anotações breves para melhor caracterizar os símbolos (BARNES, 1999, p. 48-49).

Figura 10 – Símbolos de Gilbreth para gráficos do fluxo do processo



(fonte: elaborado pelo autor)

3.6.2 Gráficos de atividade e gráficos homem-máquina

O gráfico de fluxo de processo e o mapofluxograma são mecanismos que ilustram bem os diversos passos num processo produtivo, porém é aconselhável se ter uma subdivisão do processo ou de uma série de operações expressas em função do tempo. A ferramenta que caracteriza essa condição é conhecida como gráfico de atividade (BARNES, 1999, p. 76).

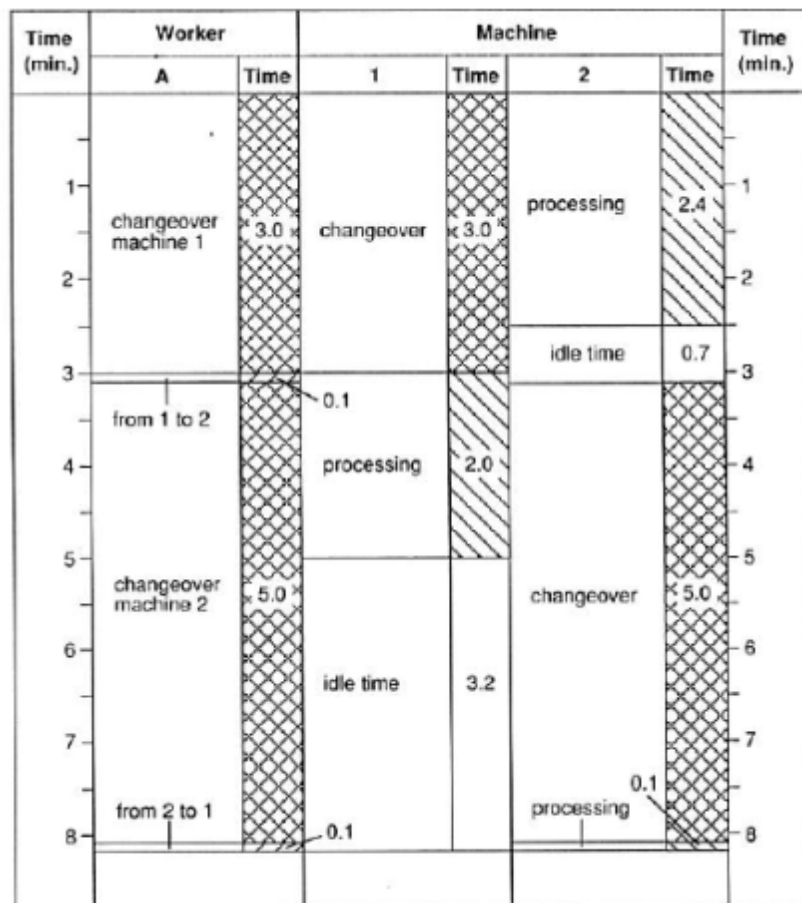
O gráfico de atividade além de possuir a descrição de cada atividade que compõe o processo atrela a ela o tempo necessário para sua execução. Isso possibilita uma melhor análise do trabalho em termos de manutenção, de atividade de pessoas no grupo e de operações em que o trabalho não está em equilíbrio. O gráfico também auxilia na identificação de esperas que façam parte do processo ou que são necessárias (BARNES, 1999, p. 76).

Em trabalhos nos quais há uma interação entre o operador e a máquina, lança-se mão dos gráficos homem-máquina. Esses gráficos visam permitir um melhor aproveitamento do tempo

de ciclo do processo, prevalecendo a busca pela eliminação de esperas do operário e do aproveitamento máximo da capacidade da máquina (BARNES, 1999, p. 78-79).

Para isso é necessário primeiramente registrar com exatidão o tempo de espera do operador e da máquina e quando eles estão trabalhando durante a execução da tarefa. Feito isso devem ser analisadas as perdas e pensar num novo arranjo ou forma de execução que otimize o tempo de ciclo e diminua as esperas. Na figura 11, está representado um diagrama homem-máquina.

Figura 11 – Diagrama homem-máquina



(fonte: ISHIWATA, 1991, p. 104)

4 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa adotado pelo trabalho. São feitas as apresentações da empresa e da obra em que foi realizado o estudo. Na sequência são descritas as ferramentas utilizadas para coleta de dados que embasaram o estudo, juntamente com a descrição do sistema construtivo e dos processos.

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DA OBRA

A empresa escolhida para a realização do trabalho é uma companhia fundada há mais de 30 anos, que atua em diversos segmentos do mercado imobiliário. Iniciou suas atividades na região metropolitana do estado de São Paulo, e hoje está presente em 14 estados do País e no Distrito Federal. Em seu vasto portfólio estão presentes inúmeros imóveis residenciais e comerciais, nos mais diversos perfis de renda, correspondendo a mais de 65 mil unidades entregues, num total de 6.011.265 m² construídos (fonte: empresa estudada)¹¹.

O foco inicial da Empresa era a incorporação de imóveis de alto padrão. Por questões estratégicas, diversificou suas áreas de atuação, atuando também em segmentos de construção voltados para as classes B e C. Acerca disso passou a idealizar um novo conceito de moradia, englobando não somente as instalações básicas, como também, paisagismo, tratamento de esgoto, praças, parques, entre outros (fonte: empresa estudada)¹².

Em Porto Alegre, cidade na qual esse estudo foi realizado, fica sediada a Regional Sul da Empresa, responsável pela gestão de negócios nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A Empresa acredita que esse modelo de estabelecer centrais regionais garante agilidade nas operações dentro das principais regiões metropolitanas onde são centralizadas as decisões estratégicas (fonte: empresa estudada)¹³. Isso permite que haja uma maior percepção do que cada localidade apresenta em termos de recursos e necessita em termos de produto, além de aproximar a Empresa dos clientes e parceiros.

¹¹ A empresa não terá seu nome divulgado por motivos éticos

¹² op. cit.

¹³ op. cit.

A Empresa possui certificação ISO 9001:2008 e nível A no PBQPH. Condicionado a isso se baseia em procedimentos operacionais estabelecidos em todos os níveis organizacionais, além de um rigoroso controle de qualidade. Ela dá grande importância para o cumprimento dos procedimentos e prazos estabelecidos com seus clientes.

Apesar de manter uma relação de parceria com seus prestadores de serviços, o cenário atual do mercado da construção fez com que a Empresa encontrasse dificuldades em atender a demanda sem que houvesse variações consideráveis nos prazos de conclusão das obras e nos processos de produção. Isso trouxe à tona uma preocupação da empresa em se tornar cada vez mais eficaz e inovadora em todos seus níveis.

Para isso a empresa decidiu investir fortemente em novas tecnologias construtivas que pudessem contribuir para um equilíbrio maior dos prazos e processos. A concepção de empreendimentos com o uso de pré-fabricados demonstra claramente os avanços nessa direção. Condomínios voltados para classe C e D construídos totalmente em painéis pré-fabricados de concreto, demonstraram excelente desempenho em termos de equilíbrio nos processos e atendimento aos prazos. Para produtos de padrão mais elevado uma das inovações adotadas para superar essas dificuldades foi a concepção da estrutura em um sistema de pré-vigas e pré-lajes, como é o caso da obra estudada, que pode ser vista na figura 12.

Figura 12 – Perspectiva obra estudada

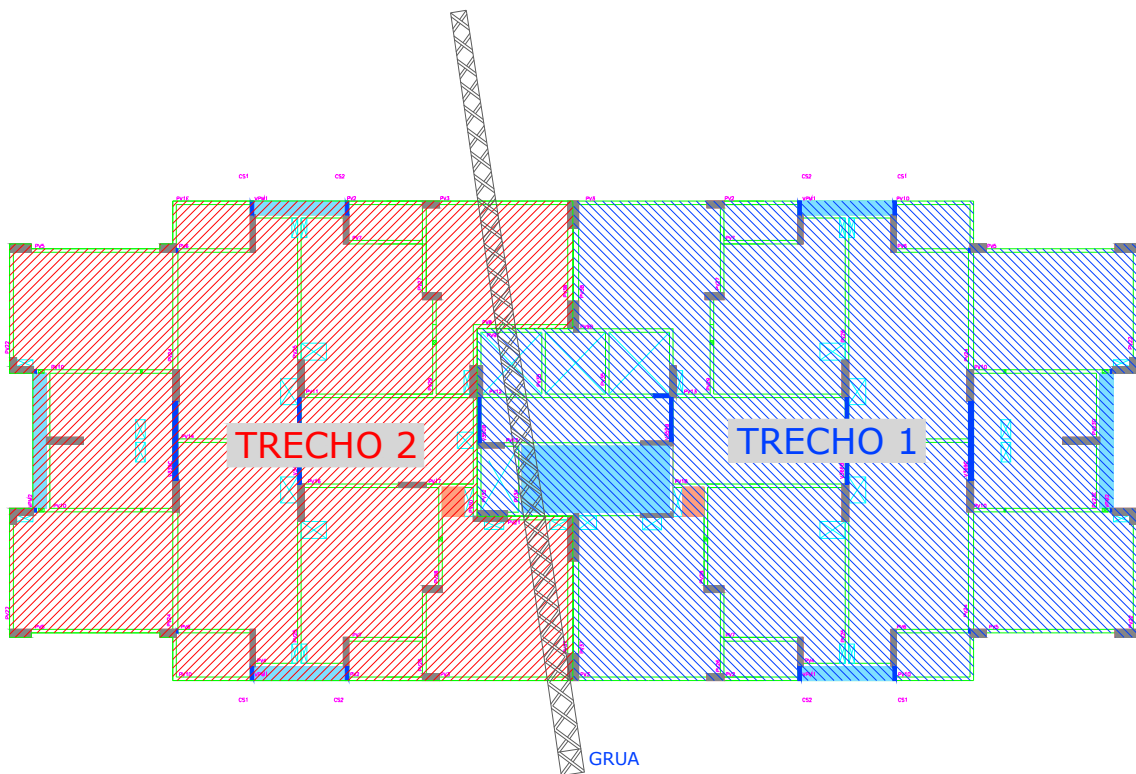


(fonte: trabalho não publicado)¹⁴

¹⁴ Perspectiva do empreendimento obtida juntamente à incorporação da construtora.

A obra estudada, localizada em Porto Alegre, é um condomínio misto composto por quatro torres, sendo três delas residenciais e uma comercial. Para o estudo foi analisada somente uma das torres residenciais, a qual é aqui denominada de T1, composta por um pavimento térreo e dezoito pavimentos tipo. Cada pavimento tipo possui uma laje com área de 632 m², que está dividida em dois trechos devido à junta de dilatação, conforme pode ser observado na figura 13.

Figura 13 – Divisão da laje em trechos



(fonte: elaborado pelo autor)

O grande espaço físico do canteiro da obra é um facilitador para as exigências logísticas a que é submetido. Além de um tráfego intenso de caminhões envolvidos na entrega das peças pré-fabricadas, as outras atividades do canteiro demandam trânsito de máquinas e equipamentos pelas vias do canteiro. O espaço também se faz necessário para o condicionamento dos materiais recebidos, já que a obra trabalha com estoques de pré-fabricados, aço, blocos cerâmicos, entre outros. Sendo assim, a questão logística se torna essencial para a evolução da obra.

4.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO E DOS PROCESSOS

O sistema de pré-vigas e pré-lajes foi concebido com a intenção de industrializar o modelo construtivo de estrutura em concreto armado, sem prejuízo ao desempenho da estrutura em relação ao executado da maneira convencional. Para isso é necessário que o comportamento da estrutura seja igual ou muito parecido ao de uma estrutura convencional. Considerando edifícios de múltiplos pavimentos, quando é analisada uma concepção de estrutura totalmente pré-moldada, na qual pilares, vigas e lajes são pré-fabricadas, há uma queda considerável no desempenho da estrutura. Isso se dá devido à ineficiência na consolidação do encontro entre os elementos pré-fabricados e à dificuldade de consolidar essa ligação de forma eficiente e produtiva, dentro do contexto da construção civil (informação oral)¹⁵. Além do mais, a necessidade de se ter um alto grau de precisão iria dificultar bastante o enquadramento dos recursos disponíveis que se tem na construção, tanto em função da mão de obra disponível quanto pelos equipamentos e organização usuais.

No sistema de pré-vigas e pré-lajes, após a etapa de fabricação das peças, tem-se duas etapas de execução no canteiro de obras, uma de montagem outra de concretagem ou consolidação da estrutura. Considerando que a estrutura é formada por pilares, vigas e lajes pode-se dizer que nesse sistema parte da estrutura é pré-fabricada e a outra parte é executada *in loco*. Tem-se os pilares executados *in loco*, então são montadas as peças denominadas como pré-vigas e pré-lajes para, por fim, consolidar-se a estrutura através da concretagem do capeamento da laje e dos encontros entre vigas e pilares. Na sequência do capítulo são detalhados os componentes desse sistema, da forma como são concebidos.

4.2.1 Sistema Asshai de formas de madeira

Os pilares dentro do sistema proposto, apesar de não serem totalmente industrializados, como é o caso das vigas e lajes, não podem destoar dessa característica para que se tenha um sistema considerado industrializado. Sendo assim foi adotado, para sistematização do processo de fôrmas de pilares, o Sistema Asshai de Fôrmas de Madeira.

Dentro do sistema de pré-vigas e pré-lajes o quesito precisão geométrica é essencial para sua viabilidade, tanto para os pré-moldados quanto para os pilares. Porém a maior dificuldade se

¹⁵ Informação transmitida pelo engenheiro Augusto Pedreira de Freitas, projetista do sistema de pré-vigas e pré-lajes.

dá na condição de garantir o grau de precisão exigido para a execução dos pilares, já que são executados na obra, em uma condição diferente das peças pré-fabricadas. No caso do sistema apresentado no trabalho, as fôrmas dos pilares garantem a viabilidade desse sistema, já que têm a responsabilidade de receber as peças pré-fabricadas que necessitam de um grau elevado de precisão para que possam ser montadas, dentro do que é exigido em termos de qualidade, prazo e desempenho (trabalho não publicado)¹⁶.

O sistema Asshai de fôrmas dos pilares é baseado em um projeto base formulado seguindo todos os preceitos mencionados anteriormente. Adota o conceito de processo a prova de erros, ou seja, o processo deve ligar o executor ao executado de forma que os erros e imprecisões sejam facilmente detectados a cada etapa da montagem, por meio de referenciais físicos que fazem parte das fôrmas e que facilitem a correção das falhas (trabalho não publicado)¹⁷.

De posse do projeto de fôrmas, o processo de execução dos pilares inicia-se pela confecção em uma central de produção montada na própria obra ou fora dela, podendo ser até mesmo terceirizado. No caso estudado, tem-se uma central localizada na própria obra, conforme pode ser observado na figuras 14 e 15. A prancha principal do projeto contém as informações gerais necessárias para compreensão do sistema, sendo que as demais tratam da locação dos pilares e do detalhamento das peças que formam cada dos componentes do sistema de formas.

Figura 14 – Central de formas da obra estudada

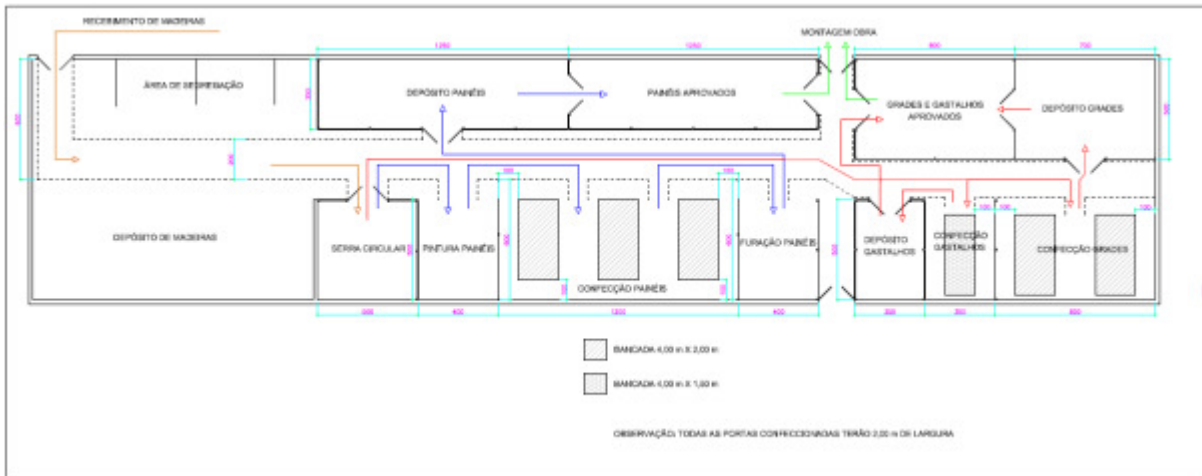


(fonte: foto do autor)

¹⁶ Informação obtida em apostila elaborada pelo engenheiro Paulo Asshai.

¹⁷ Informação obtida em apostila elaborada pelo engenheiro Paulo Asshai.

Figura 15 – Layout central formas



(fonte: elaborado pelo autor)

Depois de confeccionados, os pilares podem ser montados em seu local de aplicação. Para isso é necessário que a laje do térreo ou contrapiso esteja concretado. Na primeira etapa, são locados os eixos de referência dos pilares e, a partir deles, inicia-se o processo de fixação dos ganchos. Os ganchos servem de base para as demais componentes da fôrma do pilar, e têm como importante premissa garantir medidas geométricas do pilar e sua correta locação a partir dos eixos. São moldados com sarrafos de madeira. Detalhes das peças podem ser observados nas figuras 16 e 17.

Após, é fixada sobre o gancho a grade, peça responsável por estruturar a forma do pilar, além de ter papel de servir de apoio para as pré-vigas e pré-lajes que são posicionadas sobre dispositivos atrelados a essa estrutura. Nas grades são fixadas três apuradores, que servem como dispositivo de ajuste do prumo da forma do pilar. A fixação dos apuradores deve ser feita de modo que eles não sofram nenhum tipo de desprendimento, tanto da grade quanto do piso.

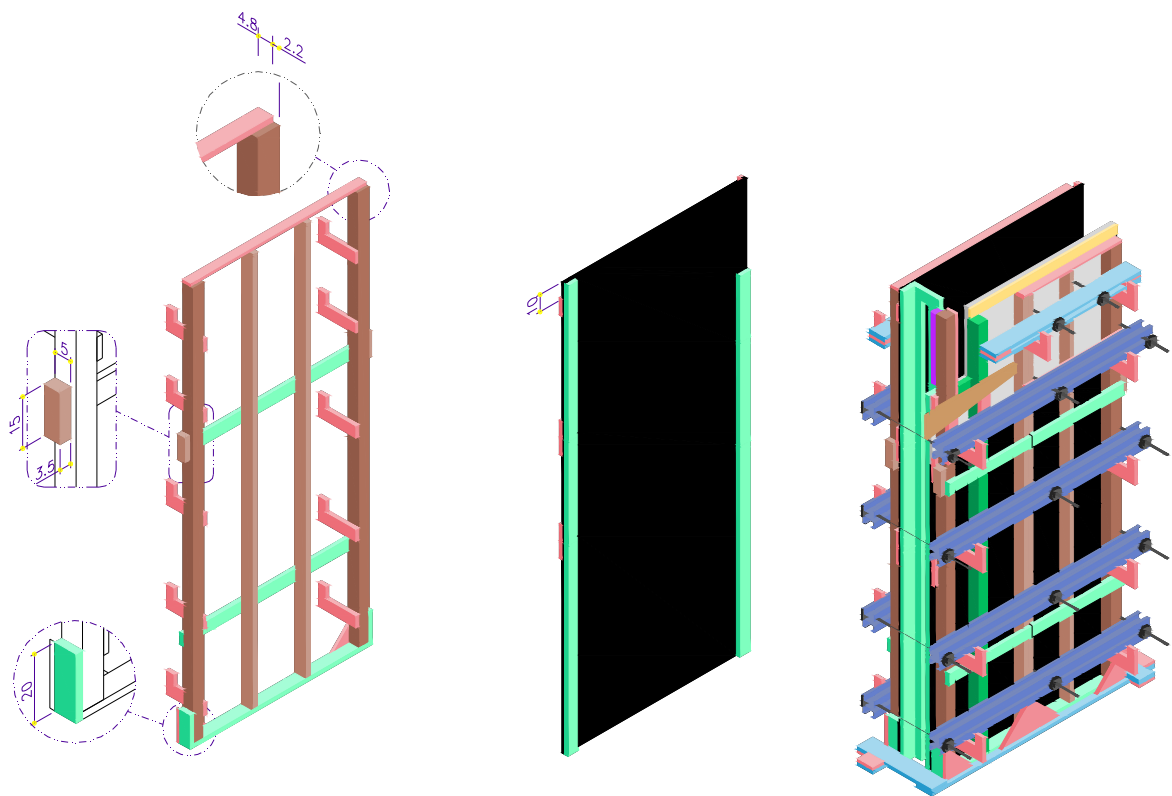
Na sequência, é posicionado o primeiro jogo de painéis e fixado à grade, juntamente com os fundos ou lados menores do pilar. Essas peças definem a geometria final do pilar, já que servem como corpo estanqueador do concreto do pilar. Outro ponto de muita importância dentro do sistema atendido pelos painéis é que nessa atividade fica definido o nível do pilar.

Com o painel primário e os fundos da forma fixados, o passo seguinte é o posicionamento da armadura do pilar. A atividade de montagem da armadura deve se dar em central de aço localizada no canteiro de obras, localizada em local específico. O local escolhido deve

facilitar a logística de transporte das peças armadas até a grua, que serve como transporte até o local de aplicação. A armadura do pilar, já montada e previamente inspecionada, é então posicionada pronta, restando somente aos ferreiros auxiliarem o operador da grua no posicionamento da armadura em relação aos arranques do pilar.

O próximo passo é o posicionamento do último jogo de painéis que faz o fechamento total do pilar. A partir disso, é posicionada a outra grade do pilar e o pilar está com seu sistema de formas totalmente executado. O último passo, antes da concretagem do pilar, é posicionar as vigas metálicas que fazem o travamento da fôrma. Na sequência, são fixados os clones que servem como uma simulação do aço da pré-viga que entra no pilar, e sua função é a de afastar a armadura longitudinal do pilar para que no momento da montagem da pré-viga não haja interferência entre sua armadura e a do pilar, otimizando assim a montagem.

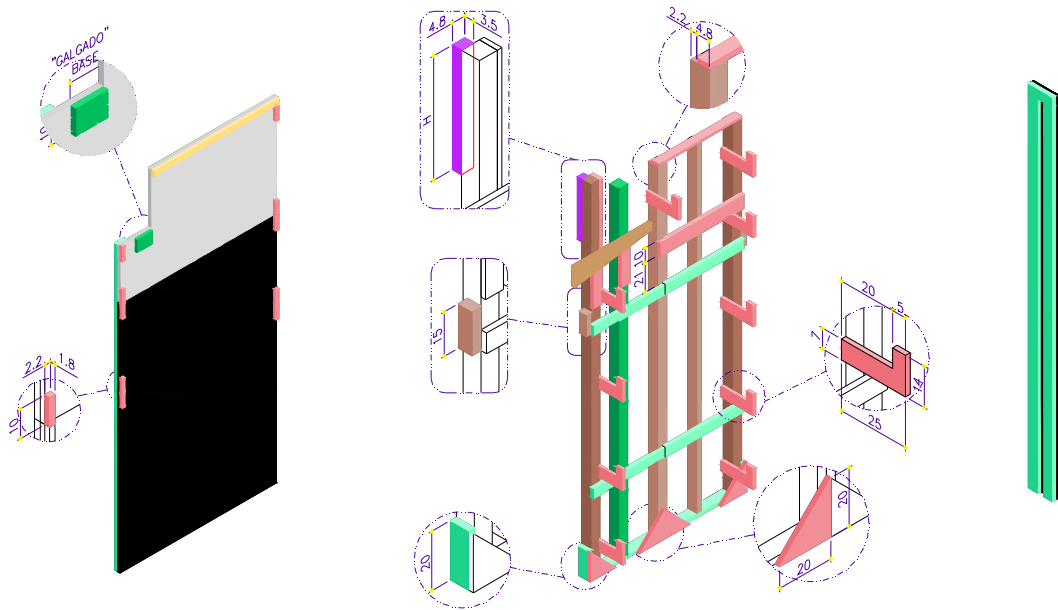
Figura 16 – Detalhamento formas grade, painel e travamento do pilar



(fonte: trabalho não publicado)¹⁸

¹⁸ Representação gráfica obtida em projeto específico da obra estuda.

Figura 17 – Detalhamento formas painel, grade e fundo do pilar

(fonte: trabalho não publicado)¹⁹

Por fim é realizada a concretagem, que se dá com o uso de bomba de concreto ou caçamba de 1 m³ transportada pela grua. Para atender as condições de segurança do trabalho são utilizados dispositivos similares a uma escada, que são utilizados tanto pelo trabalhador que lança o concreto no pilar quanto pelo que realiza a vibração do concreto.

Concluída a etapa de concretagem é realizada a lavagem da fôrma, quando são removidas as sujidades provenientes da concretagem, e a reconferência do prumo do pilar. Passadas doze horas do lançamento do concreto, já se tem condições de iniciar o processo de montagem dos elementos pré-fabricados, o qual é descrito a seguir.

4.2.2 Sistema de pré-vigas e pré-lajes

O sistema de pré-vigas e pré-lajes surge da ambição de se ter um maior controle da execução da estrutura, com maior aproveitamento das formas e consequente economia de materiais, eliminação de etapas, redução no prazo de execução e da dependência pela mão de obra. Como dito anteriormente, tanto as vigas quanto as lajes são executadas em duas etapas, sendo a primeira dessas etapas executadas no chão de fábrica.

¹⁹ Representação gráfica obtida em projeto específico da obra estuda.

Para se executar a etapa de fabricação dos elementos pré-moldados existem algumas alternativas: em local específico, ou seja, em fábrica de pré-moldados; ou no próprio canteiro de obras, em central de pré-fabricados forjada na própria obra. Para essa última alternativa é preciso um espaço específico e que esteja em local favorável à logística de produção e abastecimento das peças. Também não pode atrapalhar o abastecimento do próprio canteiro, e deve estar no raio de ação da grua, já que é ela quem faz a retirada das formas das vigas prontas e também o depósito para a produção das peças. Além do mais é preciso área de estoque e um controle da produção e da logística diferenciados dentro do canteiro de obras. Algumas obras não apresentam essas condições, portanto a melhor alternativa é a fabricação desses elementos fora do canteiro de obras, em local específico. Melhor ainda se for em uma fábrica de pré-moldados.

Na fábrica de pré-moldados tem-se a condição de aliar a excelência do serviço, já que é local específico para a produção desses elementos, com equipes que tem o domínio sobre a execução, além de se ter toda estrutura favorável à produção e logística das peças. Porém uma fábrica de pré-moldados necessita de um alto investimento para ser implementada, além de um plano de médio ou longo prazo para que o investimento traga retornos, situação tangível para poucas construtoras. A empresa estudada é uma das exceções já que possui em sua estrutura uma fábrica de pré-moldados, e equipe própria para moldagem dos elementos e controle da fábrica. Outra alternativa seria a de terceirizar totalmente o serviço de pré-fabricação das peças, ficando sob responsabilidade da obra somente o recebimento, inspeção e montagem dos elementos. Essa condição pode ser de grande valia para obras nas quais não haja espaço no canteiro, ou para empresas que não tenham aporte financeiro, ou até mesmo interesse em manter uma fábrica de pré-moldados.

O projeto de vigas e lajes é composto por um caderno de fabricação das pré-vigas e pré-lajes, por pranchas de montagem dos elementos pré-fabricados, dimensionamento da armadura negativa das vigas e lajes, além de recomendações técnicas e detalhamentos. Para as fôrmas dos pilares, é utilizado o projeto específico do sistema Asshai, descrito na seção 4.1. Cabe salientar que esses três projetos devem ser equalizados e compatibilizados entre os diferentes projetistas para que o sistema tenha seu desempenho otimizado.

De posse do caderno de fabricação das pré-vigas e pré-lajes, é dado início ao processo de fabricação das peças em chão de fábrica. Esse caderno contém o detalhamento de cada

elemento pré-moldado, desde suas dimensões e armadura, até a locação das caixas elétricas, passagens hidráulicas, eletrodutos e *shafts*. As peças estão prontas para uso após 3 dias da concretagem em fábrica. Na fábrica, as pré-vigas são moldadas em fôrmas metálicas que recebem a armadura positiva e os estribos da viga, para então serem concretada. Já as pré-lajes são confeccionadas sobre fôrmas metálicas que recebem a malha metálica e consoles que definem as passagens hidráulicas e *shafts*, além das caixas elétricas. Então a peça é concretada com uma espessura de aproximadamente 4 cm de concreto. Após o lançamento do concreto são realizadas ranhuras sobre ele de forma que seja facilitada a ligação entre a interface pré-laje e capeamento da laje. As peças são retiradas das fôrmas após 20 horas da concretagem e estão em condições para montagem em 3 dias.

O pré-requisito para montagem *in loco* é os pilares estarem concretados. A descarga em obra e montagem deve ser feita através de grua ou guincho, sendo que a melhor relação custo benefício é empregando-se grua. Com os pilares já concretados inicia-se a montagem das pré-vigas e posteriormente das pré-lajes. A montagem pode ser realizada tanto por equipe específica quanto por equipe de carpinteiros. Em ambos os casos devem receber treinamento para se familiarizarem com o sistema.

Realizada a montagem dos elementos pré-fabricados, conforme pode ser observado na figura 18, e após a liberação por parte da equipe de segurança do trabalho, inicia-se a etapa de execução das instalações elétricas e hidráulicas da laje. A equipe de elétrica executa a distribuição dos eletrodutos, realizando conexão com as caixas de passagem das pré-vigas e com as passagens das pré-vigas. A equipe de hidráulica posiciona dutos de passagem nas furações pré-existent das pré-lajes. Em paralelo a carpintaria executa das formas de borda da laje e as formas de proteção dos *shafts*.

Figura 18 – Montagem pré-fabricados

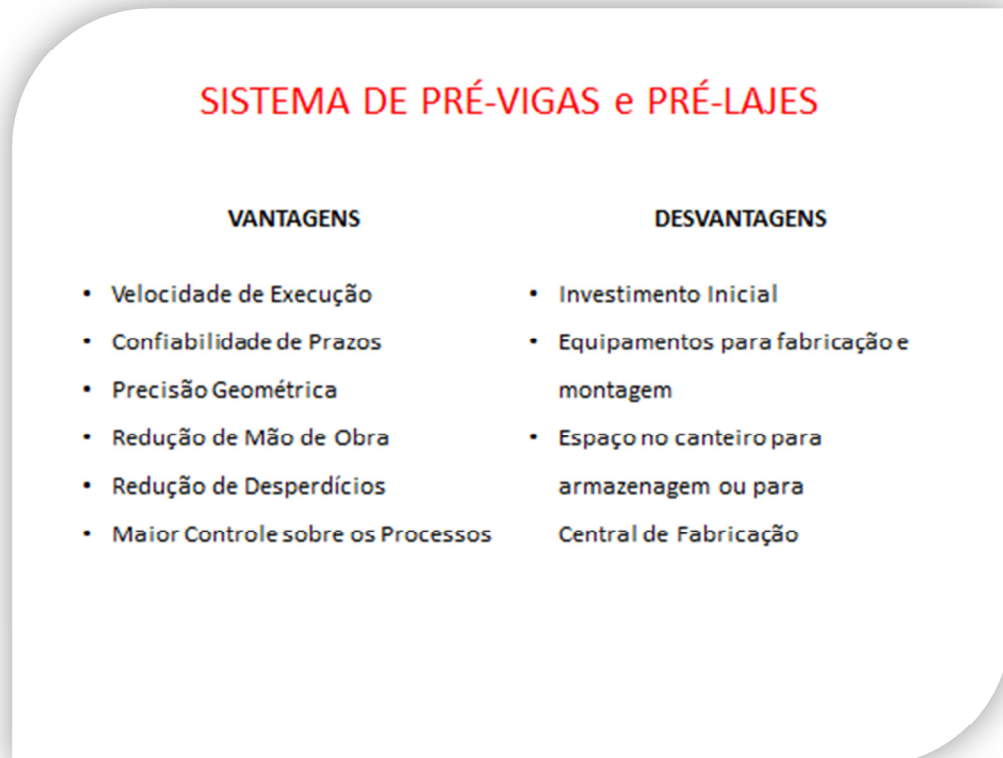


(fonte: foto do autor)

Com a liberação de sub-trechos por parte das equipes de elétrica e hidráulica, a grua pode transportar, para cima da laje, as armaduras negativas das vigas e lajes. Os ferreiros então iniciam o posicionamento das armaduras, que podem ser confeccionadas na central de aço do canteiro de obras e posicionadas prontas sobre a laje. Já para as pré-vigas, há a necessidade de posicionar as barras negativas. Algumas pré-vigas já vem de fábrica com sua armadura negativa.

Com essas atividades concluídas, pode-se realizar a concretagem da laje, chamada também de capeamento. Esse capeamento consolida a estrutura. É sempre importante procurar obter um fluxo contínuo no processo de montagem, de forma que a laje seja liberada em sub-trechos o que antecipa a tempo de entrada das próximas tarefas, e assim reduz tempo de ciclo da laje. A figura 19 expõe as vantagens e desvantagens encontradas no sistema de pré-vigas e pré-lajes em relação ao sistema convencional.

Figura 19 – Vantagens e desvantagens do sistema de pré-vigas e pré-lajes



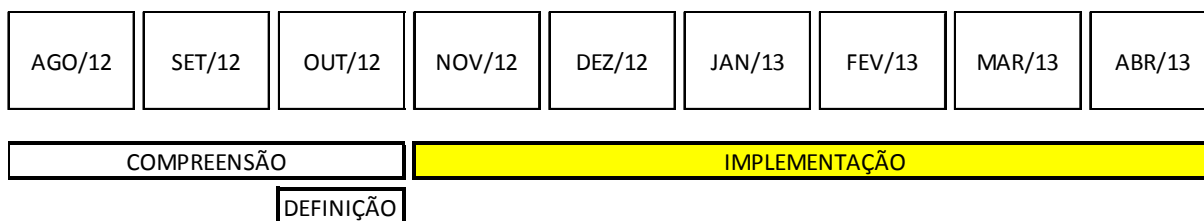
(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS

Para realizar a coleta dos dados necessários para o trabalho lançou-se mão de diversas fontes de evidência. análise de documentos, entrevistas, observação participante e registro de imagens. Para maximizar os benefícios provenientes da coleta de dados é aconselhável abordar a maior quantidade possível de fontes de evidência, para aumentar o grau de confiabilidade nas informações (YIN, 2001, p. 105-107).

A etapa de observação e análise do processo e operações ocorreu durante a execução das lajes referentes ao teto do pavimento térreo até o teto do terceiro pavimento, o que correspondeu a um período de três meses (de agosto a outubro de 2012), conforme pode ser observado na figura 20.

Figura 20 – Cronograma de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

4.3.1 Análise de documentos

A análise de documentos é relevante para o estudo, e sua maior função é corroborar e valorizar as evidências vindas de outras fontes. Permite que sejam realizadas inúmeras consultas para obtenção de informações (YIN, 2001, p. 107-110).

Durante o trabalho essa fonte de evidência foi buscada diversas vezes, através da análise de projetos, cronogramas, procedimentos documentados e arquivos do Sistema de Qualidade. Com isso foi possível determinar as melhorias de forma que os padrões estabelecidos não fossem transgredidos.

4.3.2 Observação participante

A observação participante é uma modalidade na qual o pesquisador participa de forma direta, permitindo que assuma funções e participe dos eventos presentes no estudo. Essas permissões possibilitam um modo de coleta de evidências mais eficiente em relação à observação direta, e principalmente transmite o ponto de vista de alguém que está inserido no processo e que pode ter influência sobre ele. A influência, em um estudo baseado na observação participante, pode ser fundamental para o sucesso da implementação do estudo, já que as ações podem ser impostas de maneira direta. Um problema dessa fonte de evidência pode ser o ponto de vista tendencioso que possa vir a ser produzido. Outro é que a função participante pode atrapalhar a função observador (YIN, 2001, p. 116-118).

O pesquisador dentro do processo estudado era responsável por acompanhar as operações e garantir que atingissem os padrões de qualidade do produto exigidos pelo projeto e pela Empresa. Contanto que obtivesse o aval do engenheiro responsável da obra e estivesse dentro dos padrões poderia tomar decisões chave dentro do arranjo do processo.

Essa fonte de evidências possibilitou que fossem realizados diversos testes que contribuíram para a aferição do que poderia de fato ser melhorado. Possibilitou a criação de procedimentos que puderam ser implementados com grande agilidade. Outro aspecto importante que cabe ressaltar é que a relação direta com os gestores da obra e da Empresa, possibilitou o envolvimento deles na definição e implementação das melhorias propostas, o que contribuiu bastante para o estudo.

Assim, dessa forma foi realizada a medição de tempos das tarefas, o que contribuiu diretamente para definição de melhorias a serem introduzidas. Também contribuiu para a análise da sequência de tarefas e operações, número de trabalhadores e de variabilidades inerentes ao processo.

4.3.3 Entrevistas

De acordo com Yin (2001), a entrevista é uma das principais fontes de informação para o estudo. Entrevistas conduzidas de forma espontânea permitem ao respondente-chave ser indagado de forma específica, bem como ser solicitado a ele seu ponto de vista sobre determinados eventos. O ideal é transformá-lo num informante e não num respondente. Informantes-chave são essenciais para o sucesso de um estudo (YIN, 2001, p. 112-113)

Existe também a entrevista focada, na qual o respondente é entrevistado por um espaço de tempo, porém em caráter informal, mas deve seguir certo conjunto de perguntas estabelecido. O terceiro tipo de entrevista exige uma estruturação das perguntas, chamada de levantamento focal, e pode fazer parte de um estudo de caso (YIN, 2001, p. 113)

Durante os estudos foram realizadas diversas entrevistas espontâneas com os envolvidos, que contribuíram bastante para o desenvolvimento das melhorias. Através delas obteve-se a opinião dos trabalhadores quanto às novas situações impostas, reivindicações, sugestões para melhoria de desempenho e organização das atividades. Foram realizadas também entrevistas focais com os projetistas do sistema, realizadas por meio de reuniões e visitas à obra dos mesmos. Essas entrevistas possibilitaram um entendimento maior do que preconiza o sistema e o que pode ser obtido através dele.

4.3.4 Registro de imagens

O registro através de imagens contribui para explicitar as operações que compõem o processo (YIN, 2001, p. 107). Nesse estudo foram utilizados dois meios de registro: fotografias e filmagens.

As fotografias contribuíram para ilustração das características do processo e transmitem informações visuais importantes aos observadores externos. As filmagens são um instrumento de grande valia, pois registram o andamento do processo e permitem que seja analisado como as operações estão sendo executadas. Permitem a análise de como o fluxo de valor e de materiais do processo ocorre, de que forma estão organizadas as equipes e quais os tempos utilizados para isso.

5 ESTUDO DE CASO

Embasado nos estudos realizados durante a etapa de pesquisa bibliográfica e nos métodos de pesquisa descritos anteriormente, pode ser estabelecido o plano de organização das equipes e equipamentos. Como é de interesse da empresa implementar esse plano de organização na frente de produção, é importante que seus gestores contribuam com a análise e validação do mesmo para que possa ser de fato utilizado na produção.

A definição do plano de organização passa por algumas etapas, como o recolhimento e compilação de dados da produção das equipes no estágio inicial de produção, análise das condições de trabalho e recursos disponíveis para a produção, proposição de melhorias embasadas nos estudos realizados e validação com a equipe de gestão da obra. Sendo assim, a partir de agora serão apresentadas essas etapas durante o capítulo.

5.1 ANÁLISE DO ESTÁGIO INICIAL DE PRODUÇÃO

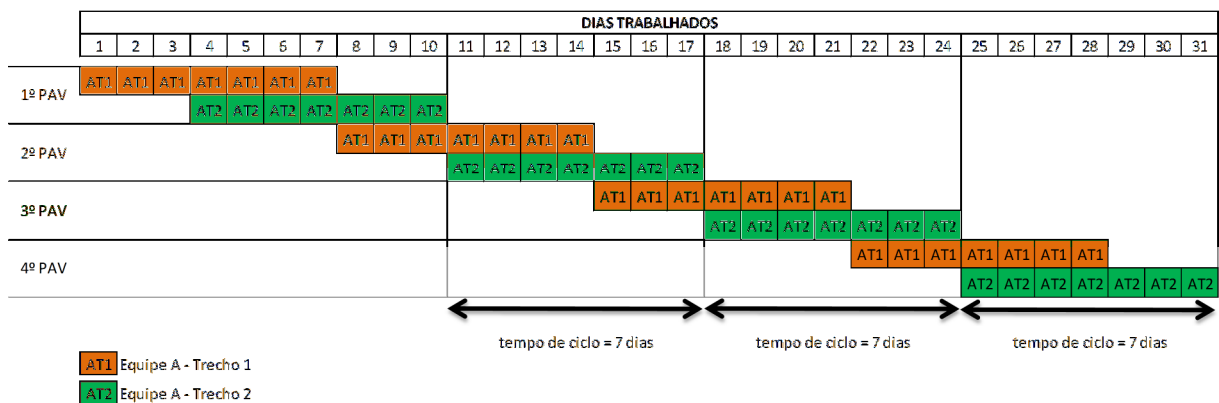
A análise do processo de produção em seu estágio inicial teve como objetivo identificar situações em que poderia haver dificuldades de execução e oportunidades de melhoria, além da definição de tempos-padrão para a execução dos serviços. Outros aspectos importantes foram observados, como a compreensão de que forma as equipes eram organizadas para a execução das tarefas, seu dimensionamento, se havia a possibilidade de executar operações em paralelo, definição da melhor sequência de atividades e analisar o compartilhamento de recursos.

A seguir são analisados o processo e as operações a ele associadas, para na sequência ser realizada uma análise integrada da produção. Para que se tenha uma maximização na eficiência da produção é preciso, primeiramente, analisar e melhorar o processo, para depois tentar melhorar as operações.

5.1.1 Análise do processo

O primeiro passo foi buscar o entendimento do processo, através da análise da documentação da obra. Para a torre residencial T1, analisada por esse estudo, a empresa planejou para o processo de execução da estrutura um *takt time* de sete dias para cada pavimento. Nessa concepção foi considerada a utilização de duas equipes distintas de carpinteiros que trabalhariam com uma defasagem, devido à junta de dilatação, realizando um trecho de cada vez. A figura 21 representa os ciclos de concretagem da estrutura, onde é possível observar que decorre um ciclo de sete dias entre a execução de um pavimento e o seguinte. Também é possível observar na figura 21 que a produção dos trechos é caracterizada por ciclos menores, de três e quatro dias, alternadamente.

Figura 21 – Representação tempo de ciclo planejado para o processo



(fonte: elaborado pelo autor)

A execução da estrutura que foi analisada, no estudo, inicia depois de cumpridas três etapas: o término das fundações/baldrames e contrapiso do térreo da torre, a confecção das formas dos pilares e a fabricação de um lote de pré-vigas e pré-lajes correspondente a um pavimento ou mais. A construtora discriminava as atividades que compunham o processo de execução da estrutura através do Planejamento de Curto Prazo (PCP). Esse documento era formulado pela engenharia e divulgado aos envolvidos durante as reuniões semanais de produção da obra. Servia de referência às equipes envolvidas no processo, já que era o único documento que expressava as necessidades de produção para as equipes. O período considerado pelo PCP para expressar a produção era de uma semana.

Analisando esse documento observou-se que as atividades estavam descritas de forma macro e que a divisão de tempos era representada por número de dias de trabalho. A figura 22 se refere ao PCP utilizado na obra.

Figura 22 – PCP da obra estudada

		Planejamento de Curto Prazo										
		Obra:	Data Elaboração:	3-nov-11	Rev. Nº							
		Engº:	Nº Documento:						9			
		Mestre:	PCP_RV-2211									
		Auxiliar:	27/8/2012 a 2/9/2012						9 SEMANA(S)			
Item	PACOTE DE TRABALHO/LOCAL	Equipe	P	Dias da semana							% exec	CAUSAS
				S	T	Q	Q	S	S	D		
17	TORRE RESIDENCIAL 1	Prof	P									
		Ajud	E									
18	montagem de aço lajes e vigas 50%	Prof	P								75,00%	Projeto deficiente ou inexistente
		Ajud	E									
19	instalações elétricas e hidráulicas da laje 2º pav 50%	Prof	P								75,00%	Baixa Produtividade
		Ajud	E									
20	concretagem da laje 2º pav 50%	Prof	P								0,00%	Projeto deficiente ou inexistente
		Ajud	E									
21	montagem das pre vigas e pre lajes Fabrica 100%	Prof	P								100,00%	Atividade Concluída com Sucesso
		Ajud	E									
22	formas e armação das vigas e lajes 100%	Prof	P								100,00%	Atividade Concluída com Sucesso
		Ajud	E									
23	instalações elétricas e hidráulicas da laje 2º pav 100%	Prof	P								50,00%	Frente de trabalho não liberada
		Ajud	E									
24	concretagem da capa laje 100%	Prof	P								0,00%	Frente de trabalho não liberada
		Ajud	E									
24	marcação dos eixos de pilares 2º pav ao 3º pav 50 %	Prof	P								0,00%	Frente de trabalho não liberada
		Ajud	E									
25	início da montagem de pilares 2º ao 3º pav 50%	Prof	P								0,00%	Frente de trabalho não liberada
		Ajud	E									

(fonte: trabalho não publicado)²⁰

Para análise do processo é importante identificar as equipes que compõem o processo e quais as suas competências. Para execução dos pilares, das fôrmas da laje e concretagem foram concebidas duas equipes, denominadas Equipe AT1 e Equipe AT2. As equipes tinham as mesmas atribuições, porém cada uma deveria atuar em um trecho da laje.

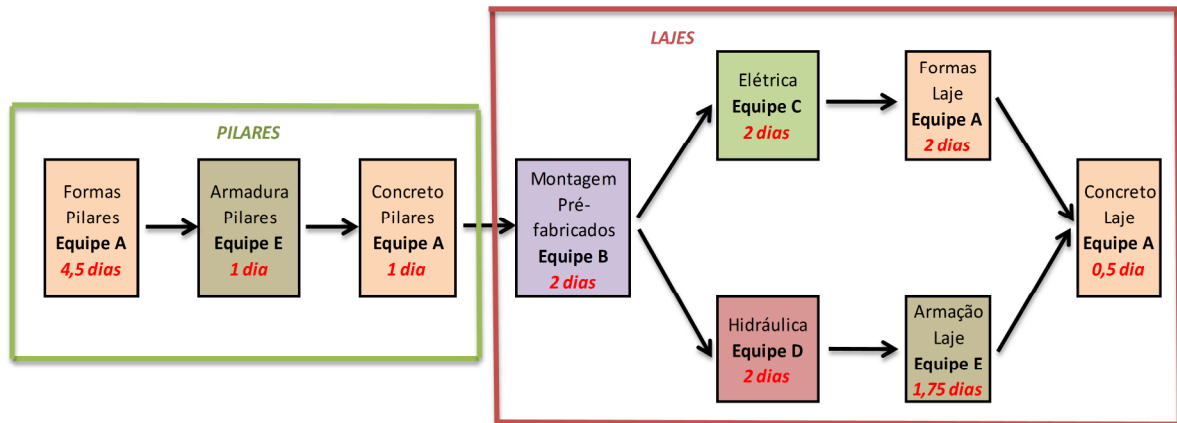
Porém, na prática isso não aconteceu. Apesar de ter sido concebido com duas equipes, adotou-se somente uma equipe para execução dessas atividades. A Equipe A passou a assumir as competências que deveriam ser divididas entre duas equipes. Inicialmente isso gerou um impacto negativo na tentativa de atender o *takt time*.

A Equipe B seria responsável pela montagem das peças pré-fabricadas. Era composta por funcionários da própria construtora. A Equipe C era responsável pelas instalações elétricas. Equipe D responsabilizava-se pelas instalações hidráulicas. Já a Equipe E, composta por

²⁰ documento utilizado para planejamento de curto prazo na empresa estudada

armadores, seria responsável pelas armaduras de pilares e armadura negativa das vigas e lajes. Com exceção da Equipe B, todas as equipes eram terceirizadas. A figura 23 representa a rede do processo, contendo as equipes responsáveis e os tempos necessários.

Figura 23 – Representação da rede do processo por trecho

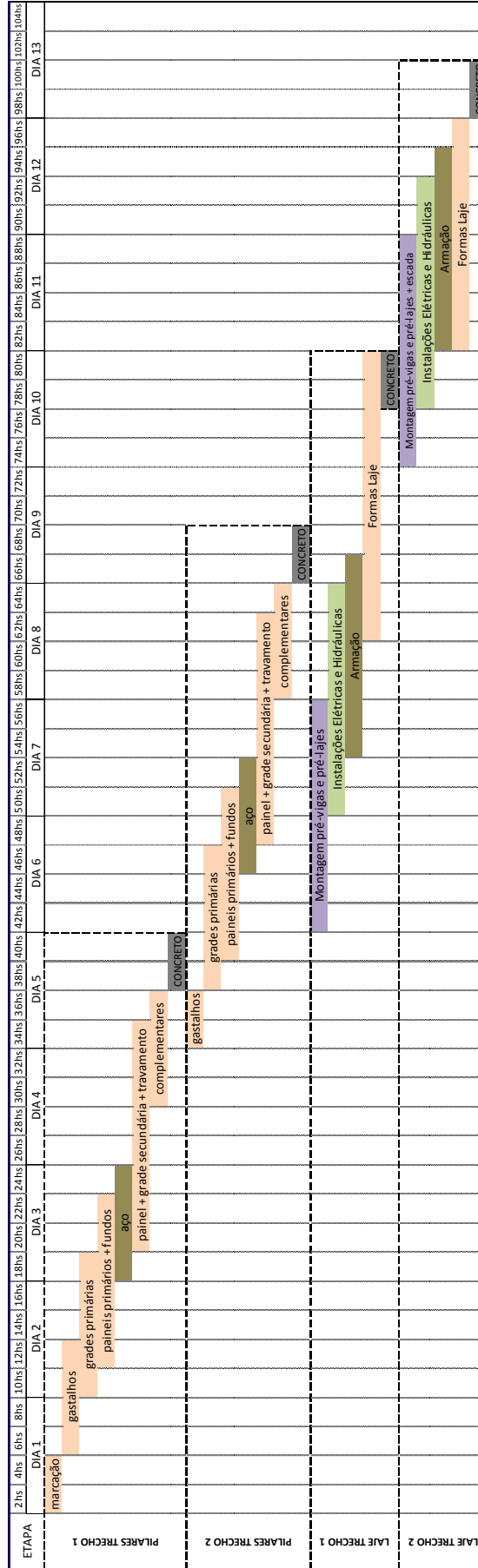


(fonte: elaborado pelo autor)

Através da observação e analisando os documentos disponíveis durante os três meses da etapa de compreensão dos processo foi possível um entendimento mais profundo, a ponto de poder representá-lo através da sequência de produção apresentada na figura 24. Esse sequenciamento aborda individualmente cada operação do processo acompanhado da forma em que estava sendo executado na prática.

Apesar da exigência de um pavimento a cada 7 dias, na prática o tempo de ciclo estava sendo de 13 dias, na média. Se continuasse nesse caminho haveria problemas graves no que tange o atendimento à prazo, aspecto, como já salientado, bastante valorizado pela Empresa perante seus clientes. Para se ter uma ideia mais exata do porquê dessa incapacidade em atender a demanda pré-estabelecida foram estudadas as operações que compunham o processo de forma individual. A seguir são apresentados esses estudos.

Figura 24 – Sequência de produção anterior ao plano de organização



(fonte: elaborado pelo autor)

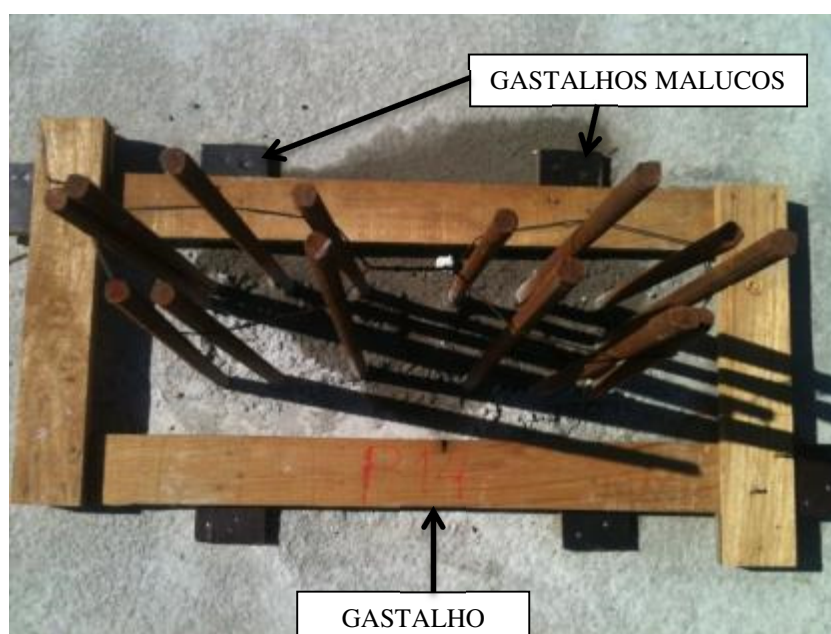
5.1.2 Análise das operações

Esta seção apresenta o resultado do estudo de cada operação que compõe o processo de execução da estrutura. As atividades foram avaliadas em função do desempenho e organização que possuíam quando da fase de compreensão dos processos. O objetivo é se familiarizar com as operações, e assim, identificar pontos falhos que possam ser corrigidos, visando a otimização do processo como um todo.

A Equipe A era composta por 12 carpinteiros. A organização de trabalho era feita de acordo com a demanda apresentada. Para o início dos serviços era necessária a marcação dos eixos de referência. Cabia ao encarregado da Equipe de A realizar a transferência para a laje, através de esquadro de mão e linha de nylon. Realizada essa etapa, sob supervisão de encarregado da construtora, estava apto a iniciar os serviços de locação de gastalhos.

Na sequência ocorria a tarefa de fixação dos gastalhos, executadas pela Equipe A. A atividade não tinha uma sequência previamente definida para ocorrer, ficando sob responsabilidade do executor a escolha da sequência que achasse a mais adequada. Somente era respeitada a exigência de executar primeiramente o trecho 1 e somente após o trecho 2, apresentados anteriormente na figura 13. O número de gastalhos a ser posicionado no trecho 1 era de 29 e no trecho 2 era de 26, num total de 55 pilares por laje, representado na figura 25.

Figura 25 – Gastalho fixado



Sendo assim ocorriam variabilidades nos tempos de entrada dos serviços que viriam a seguir, pois não havia ordenamento definido, o que acabava por gerar atrasos no processo. A operação era executada pelo encarregado da empreiteira e pelo encarregado da construtora, com auxílio de um segundo carpinteiro.

O transporte dos ganchos era realizado pelos próprios carpinteiros que realizavam a tarefa, o que inviabilizava o fluxo contínuo durante a execução da atividade. Os ganchos eram as últimas peças a serem desmontadas, pois sobre eles todos os outros componentes do sistema de formas eram fixados. Isso gerava um tempo de espera por vezes muito maior do que o próprio tempo de execução do serviço predecessor, o que gerava tempo de espera no processo.

Ocorriam algumas interrupções devido ao tráfego de equipes e equipamentos pela laje durante a execução do serviço, que dependia da laje estar sem nenhum tipo de interrupção entre a linha de nylon que traçava o eixo e o arranque do pilar onde seria alocado o gancho. Por vezes a linha era movimentada, o que gerava atrasos. Isso acontecia por pessoas que passavam e batiam nela ou por equipamentos ou materiais que encostavam nela, como extensões ou formas.

Com o posicionamento dos ganchos podem ser iniciados os serviços referentes à fixação das grades primárias dos pilares, executado também pela Equipe A, conforme figura 26. A partir dessa etapa de execução iniciavam os serviços de maior volume, que exigiam um número maior de carpinteiros. O que pode ser observado é que os 12 carpinteiros que estavam disponíveis para a execução dos serviços revezavam na execução das tarefas, sem terem nenhum tipo de sequência pré-estabelecida para execução dos pilares. Apenas a ideia de que seria aconselhável iniciarem pelos extremos da laje indo em direção à dilatação, ou seja, até o centro da laje.

Essa atividade envolvia também o uso de furadeiras de impacto e parafusadeiras, que são utilizadas para fixação dos aprumadores. Por serem elétricas era necessário o uso de extensões, o que por vezes atrapalhava na execução dos ganchos que nesse arranjo eram executados paralelamente às grades. Essas extensões topavam com a linha de nylon que definia o eixo, o que atrapalhava o andamento da atividade. Outra constatação importante que

chamava atenção era o fato de que a maioria dos carpinteiros se envolvia com serviços de transporte ou que não agregavam valor, como deslocamentos desnecessários e esperas. Isso se devia ao fato de não terem recebidos especificações claras quanto ao pacote de tarefas que deveriam executar durante o dia de trabalho.

Com as grades fixadas e aprumadas, a Equipe A deveria lançar do nível de referência nas grades, para assim permitir a fixação dos painéis. Essa atividade era realizada com o auxílio do nível laser ou com a mangueira de nível. Demandava por dois carpinteiros. O que se notou é que a atividade realizada através do nível laser não era eficiente além de permitir variações no nível, devido a diversos deslocamentos que eram necessários devido à interferência dos próprios pilares (suas fôrmas). A partir da constatação desse problema adotou-se a mangueira de nível como equipamento padrão para a operação.

Tendo lançado o nível na grade, a Equipe A dava prosseguimento a montagem das formas dos pilares, através da fixação dos painéis primários e painéis de fundo. O painel primário do pilar era dividido em três módulos para facilitar seu manuseio e fixação, enquanto o painel de fundo não tem essa modulação, sendo uma peça só. Para essa atividade se repetia a mesma organização de trabalho. Trabalhadores sem pacotes definidos e sem uma dinâmica de ataque pré-estabelecida, o que acabava por gerar bastante variabilidade e incertezas no processo.

A próxima operação a ter início é a alocação das armaduras de aço dos pilares. Essa atividade era realizada pela Equipe E, conforme pode se observado na figura 27. A etapa de montagem da armação de aço era realizada em central específica por cerca de 7 armadores mais 2 ajudantes, que além da T1 atendiam as outras torres residenciais. Essa equipe carecia de um melhor dimensionamento, visto a grande ocorrência de não conformidades quanto à qualidade dos serviços e para garantir a ocorrência de estoque, que era desejável pela velocidade preterida pelo planejamento da obra.

Figura 26 – Grade primária com
aprumadores



(fonte: foto do autor)

Figura 27 – Posicionamento do aço no pilar



(fonte: foto do autor)

Os armadores transportavam manualmente, com o auxílio de plataformas de quatro rodas, as armaduras até um ponto pré-estabelecido, onde a grua pudesse ter condições de conectar os cabos e transportá-las até o pilar, acondicionando-as. Esse transporte geralmente não demandava muito esforço nem tempo, visto que a central de aço ficava em local próximo a torre onde seria aplicada. Cada torre tinha sua própria central de aço.

Para alocar e pontear a armadura nos arranques do pilar eram necessários 2 ferreiros. Devido à não ocorrência de estoque geralmente a conferência dessa armadura era feita após seu posicionamento no pilar, o que por vezes acabava atrasando os serviços que viriam na sequência, por conta da ocorrência de não conformidades no serviço. Essas correções acabavam por gerar tempos de espera que afetavam todo o sistema logístico da grua, que por vezes ficava parada em função das correções que deveriam ser feitas.

Após a aprovação da armadura do pilar por parte do encarregado da construtora tinha continuidade o fechamento da forma do pilar, com a montagem do painel secundário, realizada pela Equipe A. Esse painel é dividido em três módulos, da mesma maneira que o

primário. Para garantia do nível, deveria ser seguida a marcação do nível nos painéis de fundo.

Paralelo a essa operação era realizada pela mesma equipe a fixação da grade secundária. Ela é pregada no gualho e no próprio painel secundário. Para execução da tarefa eram utilizados os mesmos 12 carpinteiros que trabalharam nas etapas anteriores. Quanto a organização do processo observou-se que o que definia a sequência e ritmo da atividade era a o posicionamento das armaduras e sua respectiva aprovação. Portanto não havia uma ordem definida no que diz respeito a sequência de execução, já que o posicionamento do aço era feito de forma desordenada, dentro do trecho que estava sendo executado. Isso gerava esperas e ociosidade.

O próximo passo diz respeito ao travamento das formas, conforme figura 28. Isso se dava com o uso de perfis metálicos, do tipo viga mista, barras de ancoragem (5/8”) e porcas TS, tarefa executada pela Equipe A. Ocorriam dificuldades na execução dessa tarefa devido a instabilidade do arranjo das vigas mistas, que por vezes dificultavam o encaixe e passagem das barras de ancoragem, por apresentarem desencaixes dos componentes de madeira. Havia considerável perda de produtividade devido a esse agravante.

O transporte dos equipamentos era feito pelos próprios carpinteiros. Devido ao elevado número de componentes essa atividade também retardava o processo, pois era feita de forma desordenada. Era comum o extravio de componentes.

Com a conclusão do travamento das formas, A Equipe A, agora dividida pelos dois trechos da laje, já que parte dela iniciaria as atividades no trecho 2, realizava o que foi chamado de serviços complementares. Esses serviços eram essenciais no que tange a garantia de qualidade do sistema de formas. O pacote abrangia a fixação dos prumos de gravidade nas formas (três por pilar), para assim poder realizar a conferência do prumo do conjunto antes e após a concretagem. Também era realizado o nivelamento do sarrafo de apoio da pré-viga fixado na grade em relação ao apoio do painel, o que garantia o nível da pré-viga. Além da conferência da distância entre os pontaletes de travamento lateral das pré-vigas, pontaletes esses que compunham as grades.

Figura 28 – Travamento dos pilares



(fonte: foto do autor)

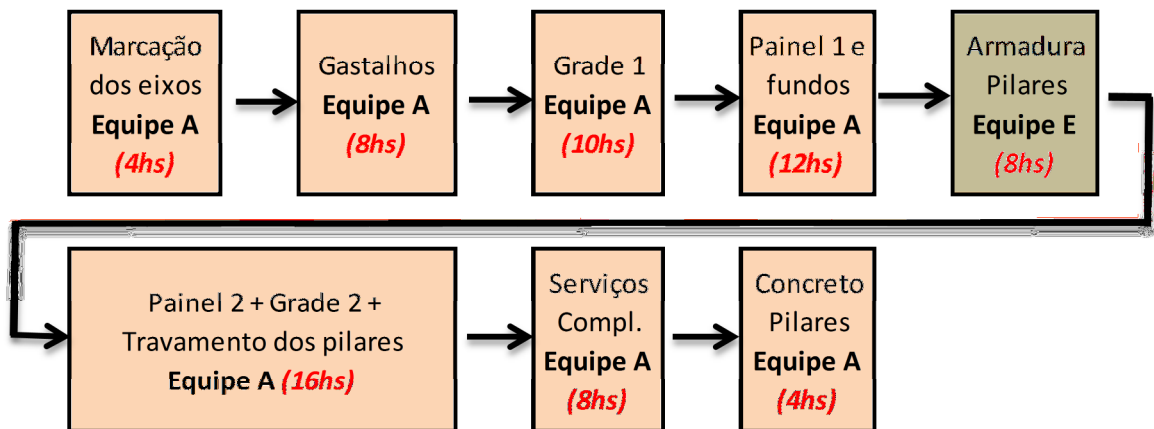
Outra atividade era a fixação dos clones, dispositivos criados para simular as armaduras das pré-vigas que iriam adentrar aos pilares, garantindo assim o afastamento das armaduras longitudinais do pilar e a otimização no momento de montagem das pré-vigas. Existiam ainda vigas moldadas *in loco* que eram montadas e armadas sempre dentro deste pacote de atividades complementares. A mesma indefinição de tarefas acompanhava a Equipe A durante a execução dessas operações. Foi constatado que as equipes não davam a devida importância para essas atividades, o que acabava gerando certa insatisfação e cobranças por parte da construtora. O encarregado da construtora geralmente despendia grande parte de seu tempo acompanhando essas atividades.

Para conclusão dos pilares desse trecho restava a concretagem dos elementos. A concretagem envolvia oito carpinteiros da Equipe A, e era realizada através de mangotes flexíveis que encaminhavam o concreto para dentro dos pilares. Ele era bombeado através de bomba estacionária. Cada trabalhador tinha sua função definida, sendo que havia responsáveis por segurar o mangote, fazer a vibração, molhagem e lavagem das formas e por revisar o prumo

dos pilares logo após serem concretados. A revisão do prumo era acompanhada por encarregado da construtora.

A execução do trecho 2 se dava após o término do travamento dos pilares do trecho 1. Eram deslocados dois carpinteiros da Equipe A para marcação dos eixos e outros dois para a desforma dos pilares do pavimento inferior, assim o ciclo era repetido ao final da concretagem, como pode ser visto na figura 24. A concretagem dos pilares do trecho 2 se dava ao final do oitavo dia, em relação ao início do processo de execução da estrutura no pavimento. A figura 29 apresenta de forma detalhada a rede de processo para **pilares** apresentada anteriormente na figura 23.

Figura 29 – Rede detalhada processo execução pilares/trecho

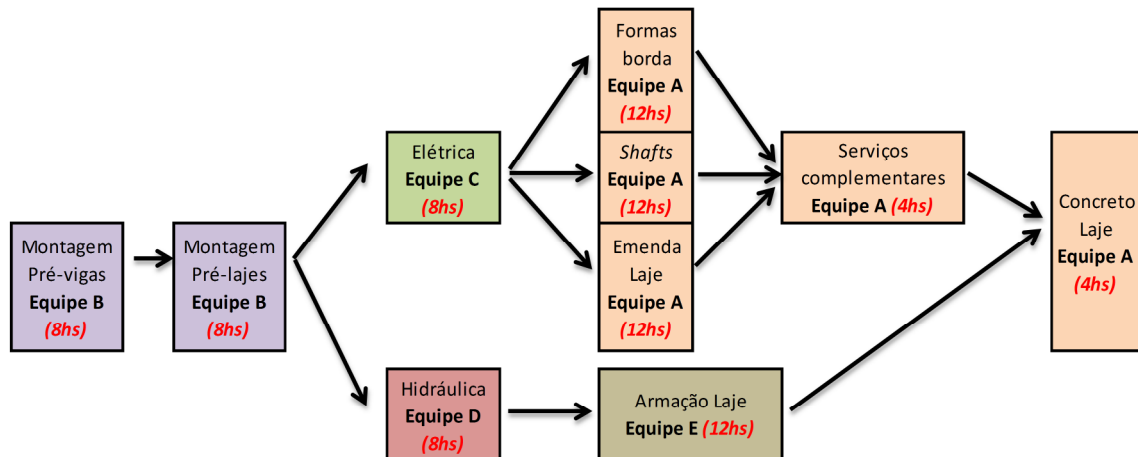


(fonte: elaborado pelo autor)

Após a concretagem dos pilares, as pré-vigas e pré-lajes poderiam ser montadas. A figura 30 apresenta a rede de operações observadas para execução das vigas e lajes do pavimento, e se trata de um detalhamento do que fora apresentado na figura 23, em relação às **lajes**.

As peças pré-fabricadas que dariam continuidade ao processo de execução da estrutura eram produzidas em fábrica específica, localizada fora do canteiro de obras. Existia uma programação de entrega que nunca deixava a obra sem estoque prévio desses elementos. Isso repercutia positivamente, já que nunca havia tempos de espera em função de não haver peças no canteiro, pelo contrário, sempre havia estoque prévio de uma laje, no mínimo.

Figura 30 – Rede detalhada processo execução lajes/trecho



(fonte: elaborado pelo autor)

Eram transportadas em carretas e a grua da torre realizava o descarregamento e armazenagem pré-montagem. Previamente a sua montagem as pré-vigas passavam por uma intervenção da equipe de segurança do trabalho. As peças que seriam montadas na periferia da torre recebiam um dispositivo denominado P5. Esse dispositivo metálico recebia os sarrafos de madeira que formariam assim o conjunto responsável pela proteção periférica da torre durante a execução dos serviços. Esses serviços eram sempre executados antes da peça ser transportada pela grua até seu local de aplicação.

A partir do sexto dia do início do processo iniciava a montagem de pré-vigas e pré-lajes, no trecho 1, como pode ser observado nas figuras 31 e 32. A Equipe B era quem realizava essa operação. Essa equipe era composta por cinco montadores, quatro serventes, um pedreiro, um mestre de obras e um líder de montagem. Ainda havia um engenheiro responsável exclusivamente pela fábrica. Era o responsável pela gestão dessa equipe e pela fabricação dos elementos pré-fabricados, sempre alinhado com o engenheiro responsável pela obra no que tange o processo de execução da estrutura e seus desdobramentos na frente de trabalho.

Figura 31 – Montagem de pré-fabricados



(fonte: foto do autor)

Durante o período de acompanhamento observou-se um grau razoável de variabilidade durante a execução da montagem das peças. Contribuíram para isso algumas peças estarem fora das especificações de projeto, o que gerava atrasos. Outro agente causador de variabilidade era o fato de que a Equipe A não executava os serviços complementares das formas de pilares de forma eficaz. Esses serviços eram essenciais para otimizar a montagem das peças. Como reflexo disso foram constatadas situações onde a armadura das pré-vigas coincidia com a armadura longitudinal dos pilares, o que gerava grandes atrasos na montagem, inclusive necessitando de ajustes para concluir a operação.

Entre outros registros que podem ser citados estão os casos onde o sarrafo de apoio da pré-viga não estava nivelado em relação ao painel e a distância entre os pontaletes da grade não estavam corretas, impossibilitando o encaixe da pré-viga no pilar. Essas situações despendiam correções que geravam retrabalhos e conseqüentemente aumentavam o tempo necessário para execução da atividade.

Figura 32 – Montagem pré-lajes



(fonte: foto do autor)

Quanto à organização de trabalho, constatou-se que a grua era fator limitante do processo, já que dependia exclusivamente dela qualquer avanço dessa operação. Porém não existia um plano logístico que definisse o padrão para a atividade. O que se viu foi que existia um projeto definindo qual a ordem de montagem das peças a ser seguida, o que era de grande valia. Quanto aos trabalhadores, todos tinham suas atribuições definidas, porém o fato de a equipe não estar familiarizada ao processo também foi fator contribuinte para ocorrência de variabilidade.

Haveria um período de ociosidade da Equipe B, entre a montagem de cada trecho. Porém, durante esse hiato a equipe se deslocava para outra a outra torre. Sendo assim, a Equipe B não ficava ociosa, atendendo duas torres. Porém se tornavam peça chave para o fluxo do processo, já que deveriam sempre estar disponíveis para montagem assim que houvesse frente de trabalho disponível. Isso por vezes fazia com que a equipe trabalhasse nas duas torres, por alguns períodos, acarretando uma redução da equipe, que acabava se dividindo entre as duas torres. Assim os tempos para execução acabavam aumentando. O tempo para montagem de um trecho era de dois dias.

A ideia inicial sempre foi a de executar a montagem das pré-vigas e pré-lajes de maneira que permitisse a entrada dos serviços de armação negativa e instalações o mais breve possível. Isso seria possível havendo uma sequência de montagem que fosse liberando a laje em módulos. Porém o que se viu é que, apesar de existir um projeto indicando a sequência de montagem das pré-vigas, essa sequência não contribua definitivamente para que a liberação em módulos fosse otimizada, o que acabava gerando um desperdício de tempo para a entrada desses serviços. Havia também uma restrição da ordem de segurança do trabalho que impedia os trabalhadores de ficarem trabalhando em zona de projeção das peças pré-fabricadas durante seu transporte de montagem.

A partir do segundo dia de montagem dos pré-fabricados, as Equipes C e D iniciavam suas atividades na laje. A Equipe C era composta por um eletricista, 2 meio-oficiais e um servente. A Equipe D era composta por um instalador hidráulico. Essas equipes se organizavam num arranjo semi-autônomo, tendo seu ritmo de trabalho definido em função da demanda exigida pela obra, já que trabalhavam em mais de uma torre. Os serviços eram supervisionados por encarregados da própria empreiteira e da construtora.

O pacote de serviço da Equipe C era composto pela distribuição de eletrodutos pela laje. Havia nas pré-lajes caixas de passagem e distribuição, de onde os eletrodutos ramificavam até pontos nas próprias pré-lajes ou nas pré-vigas, que continham eletrodutos embutidos para esse fim.

Durante os serviços da Equipe C registrou-se o que pode ser classificado como retrabalho. Decorreram de falhas no processo de fabricação, já que em alguns pontos não existiam as passagens nas pré-vigas ou pré-laje, o que gerava necessidade de correção no próprio ponto de aplicação. Essas falhas decorreram de problemas de compatibilização de projetos ou da ordem de fabricação, quando deixavam de incluir as passagens indicadas em projeto.

Outra situação que ocorreu algumas vezes foi quando a pré-viga era montada de forma invertida. Não havia na peça uma indicação prescrevendo em qual pilar cada testeiro deveria ser encaixado. Por isso algumas vezes a montagem acabava invertendo o lado, o que não gerava nenhum tipo de problema estrutural, já que as vigas eram dimensionadas simetricamente, tanto em sua geometria quanto na armadura (positiva e estribos). Isso acabava interferindo somente na posição da passagem elétrica da pré-viga, o que demandava

adaptações e, quando necessário, a peça era removida e montada novamente de forma correta, gerando atrasos consideráveis no ciclo. Também foram observadas dificuldades associadas ao tipo de material utilizado para a execução dos eletrodutos, que era do tipo flexível plano em PEBD, cujo manuseio era dificultado pela baixa trabalhabilidade que esse material dispõe, como pode ser observado na figura 33.

Figura 33 – Eletrodutos distribuídos na laje



(fonte: foto do autor)

A equipe C estava bem dimensionada em relação à demanda gerada pela montagem das peças pré-fabricadas. Apesar dos retrabalhos que eram executados ficava claro que se o período disponível para execução de suas atividades fosse reduzido conseguiriam atender sem maiores dificuldades, já que possuíam períodos de ociosidade, mencionado anteriormente.

O pacote de serviços da Equipe D contemplava a instalação de passagens hidráulicas nas pré-lajes. A operação consistia em fixar um elemento de tubo de PVC com cerca de 20 cm de

comprimento, de bitola variando de acordo com a tubulação que iria ser instalada *a posteriori*. Essas peças eram produzidas em central de produção, o que acelerava a operação no local.

Observou-se que haviam retrabalhos consideráveis gerados pela falta dessas passagens nas pré-lajes, o que resultava em tempos maiores para execução do serviço. Essas falhas eram originadas em problemas decorrentes da incompatibilização de projetos ou de falhas na fabricação das peças. Apesar disso o que se via era que as operações da Equipe D não eram gargalo do processo, com a equipe sempre atendendo à demanda com relativa facilidade. O grande período atrelado para a finalização dos serviços tem como agravante a finalização da montagem dos pré-fabricados, o que acabava gerando períodos de grande ociosidade para a equipe. Essa ociosidade por vezes era compensada com execução dos retrabalho ou senão a equipe era deslocada para outras frentes de trabalho da obra.

A próxima atividade que entrava no processo de produção da estrutura era a armação negativa das pré-vigas e das pré-lajes (figura 34), executadas pela Equipe E, que era composta por seis armadores e dois serventes. Esse processo iniciava na central de confecção de armaduras, onde eram confeccionadas as malhas de armadura negativa das lajes, conforme figura 35. Quando as Equipes C e D liberavam a frente de trabalho para o início das atividades de armação essas malhas eram transportadas com o auxílio da grua para o seu local de aplicação. Também eram transportadas as barras que iriam compor a armadura negativa das pré-vigas e que ainda não estavam posicionadas.

Quanto à execução das atividades foi observado que durante a colocação das barras negativas nas vigas os estribos acabavam dificultando o perfeito andamento da operação, já que não havia altura ideal para que as barras pudessem ser transpassadas por toda viga. Com isso era necessário abrir todos os estribos na sua parte superior e assim condicionar as armaduras e após dobrar novamente os estribos de maneira que retomassem sua posição original.

Figura 34 – Posicionamento barras nas vigas, tubos de passagem hidráulica, formas *shaft* e borda



(fonte: foto do autor)

Figura 35 – Confeção malha armadura negativa laje na central de armação



(fonte: foto do autor)

A colocação das armaduras negativas das lajes era executada sem maiores dificuldades. Algo que por vezes ocorria era o fato de as treliças engastadas nas pré-lajes acabarem prejudicando o cobrimento da armadura negativa da laje, devido à sua altura. Essas treliças tinham a função de servirem como ponto de fixação dos ganchos do cabo da grua que as transportava durante sua montagem. Nesses casos onde havia esse comprometimento do cobrimento e consequente aumento da espessura da laje, essas treliças eram cortadas para assim o problema ser eliminado.

Por fim era necessária a instalação dos ganchos de tração dos pilares, que a partir da altura equivalente à viga não eram posicionados até que a pré-viga estivesse no local, pois não permitiriam a montagem dela devido à interferência com sua armadura positiva. Então essa operação era feita somente após a colocação das armaduras negativas das vigas, podendo ser realizada antes do posicionamento dessas barras, o que facilitaria bastante a atividade.

Quanto à organização da Equipe E, pode-se dizer que trabalhavam em um arranjo semi-autônomo. O processo não dava as condições de se ter fluxo contínuo. Pelo contrário, acabava gerando ociosidade, que era atenuada pelas tarefas da central de armação.

A partir da metade do oitavo dia do início do processo, conforme pode ser observado na figura 24, dois carpinteiros da Equipe A iniciavam as operações relacionadas às formas da laje. Esse pacote era composto pelas formas de borda, vedação das emendas de laje e

fechamento dos *shafts*. Após a concretagem dos pilares do trecho 2, o restante da equipe era agregado à operação que passaria a incluir também os serviços complementares da laje.

Os serviços complementares eram constituídos pelas seguintes atividades: (a) quando necessário, realizar ajustes de nível nas pré-vigas e pré-lajes que foram montadas; (b) corrigir possíveis modificações ou dolos nas formas dos pilares, estes provenientes da montagem das peças pré-fabricadas; (c) posicionar a junta de dilatação da laje, as formas da canaleta para rede de gás e rebaixo da sacada. Complementavam esses serviços providenciar pré-requisitos necessários para o lançamento do concreto, como mangueira conectada em ponto de água e vibrador ligado à rede elétrica.

A Equipe A, para execução das formas de borda da laje, utilizava quatro carpinteiros, que normalmente adaptavam as formas em cada laje que iriam executar. Não haviam formas confeccionadas e identificadas para serem aplicadas em local específico em todos os ciclos de laje. Salvo algumas exceções era frequente o desperdício de madeira devido essa falta de padronização das formas.

Quanto à organização desses quatro carpinteiros, pode-se observar que eles não tinham nenhum plano de ataque definido. Como por onde deveriam iniciar ou qual seria o sequenciamento de suas atividades. Trabalhavam de acordo com o que se apresentava de condição. Apesar disso a equipe conseguia atender a demanda em prazo aceitável, provavelmente por esse processo estar bem dimensionado, tanto em termos de componentes quanto em termos de tempo disponível para a execução.

Para execução das formas de vedação das emendas da laje, a Equipe A utilizava dois carpinteiros. Essa atividade consistia em vedar todo e qualquer ponto em que pudesse haver fuga da nata de cimento do concreto. A vedação inicialmente era realizada com o uso de fita crepe, porém se mostrou ineficaz em aguentar a pressão exercida pelo concreto quando esse era vibrado. Passaram então a utilizar madeira para a vedação. A equipe executava a atividade de forma sequencial, sempre iniciando pelo fundo do trecho 1 e terminando no fundo do trecho 2.

Para a atividade de fechamento de *shafts* eram utilizados outros três carpinteiros. Eram responsáveis pela confecção das formas, e também realizavam grandes deslocamentos para buscar os insumos e ferramentas necessárias. Os três carpinteiros restantes executavam os

serviços complementares. Quando necessário se juntavam às outras equipes para auxiliar em possíveis atrasos. Quanto à organização dessas equipes, trabalhavam no arranjo semi-autônomo, por vezes auxiliando uns aos outros e havendo trocas de funções.

As concretagens de laje eram feitas em duas etapas. No décimo era concretado o trecho 1, enquanto o trecho 2 era concretado no décimo terceiro dia. Inicialmente a Equipe A era responsável por realizar o lançamento e o adensamento do concreto. Porém devido ao mau desempenho da mesma ao executar a primeira laje terceirizou-se o serviço de adensamento com empreiteiro especializado, enquanto o lançamento e vibração continuaram sendo executados pela Equipe A. Essa decisão trouxe uma mais valia para o produto final, já que a qualidade e desempenho durante a execução dessa atividade aumentou consideravelmente.

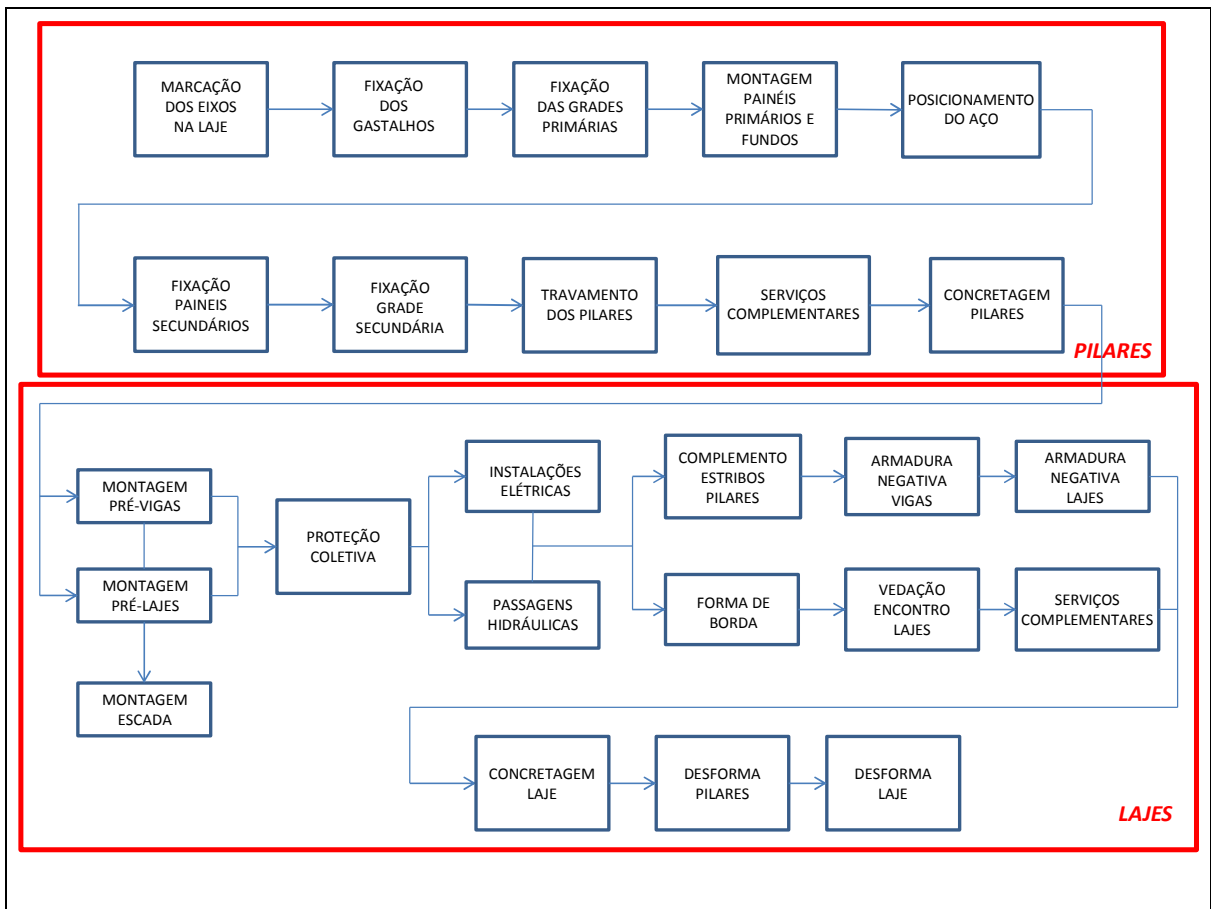
5.2 PLANO DE ORGANIZAÇÃO ELABORADO

Após a etapa de acompanhamento do processo em seu estágio inicial, os dados recolhidos foram enquadrados de forma que se transformassem em indicadores da produção. Assim, embasado no que foi acompanhado e no que foi estudado durante a pesquisa bibliográfica essa etapa do trabalho propõe um plano de organização que relacione o processo de produção da estrutura com os elementos estudados no capítulo 3 do trabalho, buscando assim a otimização do processo, gerando aumento da produtividade e consequente redução no tempo de ciclo.

Para se ter um procedimento mais eficiente o primeiro passo se dá com um detalhamento maior das atividades que compõem o processo, conforme o que Spear e Bower (1999) mencionam, dizendo que a especificação detalhada das atividades permite saber se o funcionário é capaz de executar a tarefa corretamente e se a execução da atividade gera o resultado esperado. Com esse intuito e baseado no mapeamento do fluxo de valor, citado por Rother e Shook (1999), criou-se o fluxo do processo representado na figura 36, que abrange também o que foi apresentado na rede detalhada do processo, na seção anterior.

O passo seguinte foi fazer o estudo de tempos e movimentos para cada atividade. Assim pode se estudada de forma detalhada cada operação específica que compõe processo. Baseado no que é indicado por Barnes (1999) utilizou-se a ferramenta conhecida por gráfico de atividade. O gráfico de atividade além de possuir a descrição de cada operação que compõe o processo atrela a ela o tempo necessário para sua execução.

Figura 36 – Fluxo de operações do processo



(fonte: elaborado pelo autor)

Para gerar os gráficos de cada atividade que compõe o processo lançaram-se mão de observações, entrevistas com os envolvidos, cronometragem e filmagem. Os gráficos de atividade possibilitam a definição dos tempos para execução das atividades. Para atividades onde há a grua como participante, utilizou-se o gráfico homem-máquina, também proposto por Barnes (1999). Na prática, esses métodos auxiliam no encontro do tempo de ciclo otimizado para o processo, já que são analisadas todas as atividades que fazem parte dele e definidos os tempos para a execução de cada uma delas. Com isso é possível englobá-las e ao final definir o tempo de ciclo ideal do processo de execução da estrutura.

Abaixo estão indicados os gráficos de atividade que fazem parte o processo de execução da estrutura. Inicialmente são formulados somente para as atividades consideradas críticas dentro do pacote de execução dos pilares, gargalo do processo.

A precisão com que são feitas as locações dos eixos é essencial para o sucesso desse sistema em pré-vigas e pré-lajes. Tudo que é executado tem origem nesses eixos. Foi constatado que ao ocupar a Equipe A com uma atividade em que não é especializada, a marcação dos eixos estava bastante vulnerável a falhas. O prejuízo para o sistema advindo desse tipo de falha poderia ser muito grave.

Então, após uma análise embasada dessa atividade optou-se por utilizar o serviço de topografia para a marcação dos eixos em todos os pavimentos, e não somente a cada três pavimentos, como foi pensado inicialmente. Além dessa mais valia na qualidade do processo, pode ser obtido um ganho de produtividade, já que os carpinteiros envolvidos nessa atividade anteriormente, agora podem se dedicar à próxima atividade que compõe o processo. Outro aspecto importante a ser mencionado é a potencial diminuição na variabilidade do processo, já que com a topografia a chance de erro fica bastante reduzida, praticamente nula, o que beneficia bastante o processo, já que possíveis falhas que gerariam retrabalhos dificilmente surgem.

Com o uso das ferramentas de pesquisa ficou definido que em uma hora de serviço o topógrafo já teria finalizado a atividade. Sendo que a partir de 30 minutos já teria disponibilizado o trecho 1 para o início da colocação dos gachos. Para execução da atividade o topógrafo necessita de um ajudante.

O próximo passo é a avaliação da fixação dos gachos. Foi formulado o gráfico de atividade e com isso obteve-se o tempo necessário para execução da atividade. Porém, nessa análise, o que se fez foi tratar de maneira individual a tarefa, então agora é preciso analisar em termos do pacote de trabalho. O quadro 1 representa o gráfico de atividade para a fixação dos gachos.

Como pré-requisitos para início da tarefa devem estar disponíveis os gachos na laje para que possam ser utilizados. Fazia parte da viabilização do sistema racionalizado Asshai trabalhar com somente um jogo de formas para os pilares. Em termos de produtividade haveria uma otimização teórica ao se utilizar dois jogos de forma, já que assim não precisaria haver a desforma dos pilares do pavimento executado para poder dar início à execução do próximo. Todavia isso traria consigo questões relacionadas ao condicionamento desses materiais, podendo haver assim problemas relacionados à logística do processo.

Quadro 1 – Gráfico de atividade gastalhos

FIXAÇÃO DOS GASTALHOS				
TEMPO (seg)	HOMEM			
	CARP. 1	t	ENCARREGADO CONST.	t
30	verificar e ajustar medidas do gastalho	30 seg	verificar medidas do gastalho	30 seg
39	deslocar até o pilar	9 seg	desloca até eixo x	9 seg
54	posicionar o gastalho	15 seg	espera	12 seg
64	esticar trena	10 seg	esticar trena	10 seg
82	verificar e ajustar cota 1	18 seg	verificar e ajustar cota 1	18 seg
88	fixar prego cota 1	6 seg	espera	6 seg
106	verificar e ajustar cota 2	18 seg	verificar e ajustar cota 2	18 seg
112	fixar prego cota 2	6 seg	espera	6 seg
125	espera	13 seg	deslocar até eixo y	13 seg
135	esticar trena	10 seg	esticar trena	10 seg
153	verificar e ajustar cota 3	18 seg	verificar e ajustar cota 3	18 seg
185	fixar pregos gastalho (8 pregos)	32 seg	espera	32 seg

(fonte: elaborado pelo autor)

Mas possuir dois jogos de gastalhos seria viável, tanto em termos econômicos quanto em função de ser o último componente a ser retirado do pilar quando de sua desforma. Com isso haveria uma otimização na disponibilidade de recursos para o início dessa atividade, que não dependeria mais diretamente da desforma do andar inferior. O transporte desses gastalhos até a laje é feito pelo carpinteiro responsável pela sua fixação e deve ser feito no início do processo, quando da marcação dos eixos. Somente deve cuidar para depositar próximo ao ponto de aplicação para evitar deslocamentos excessivos quando de sua fixação.

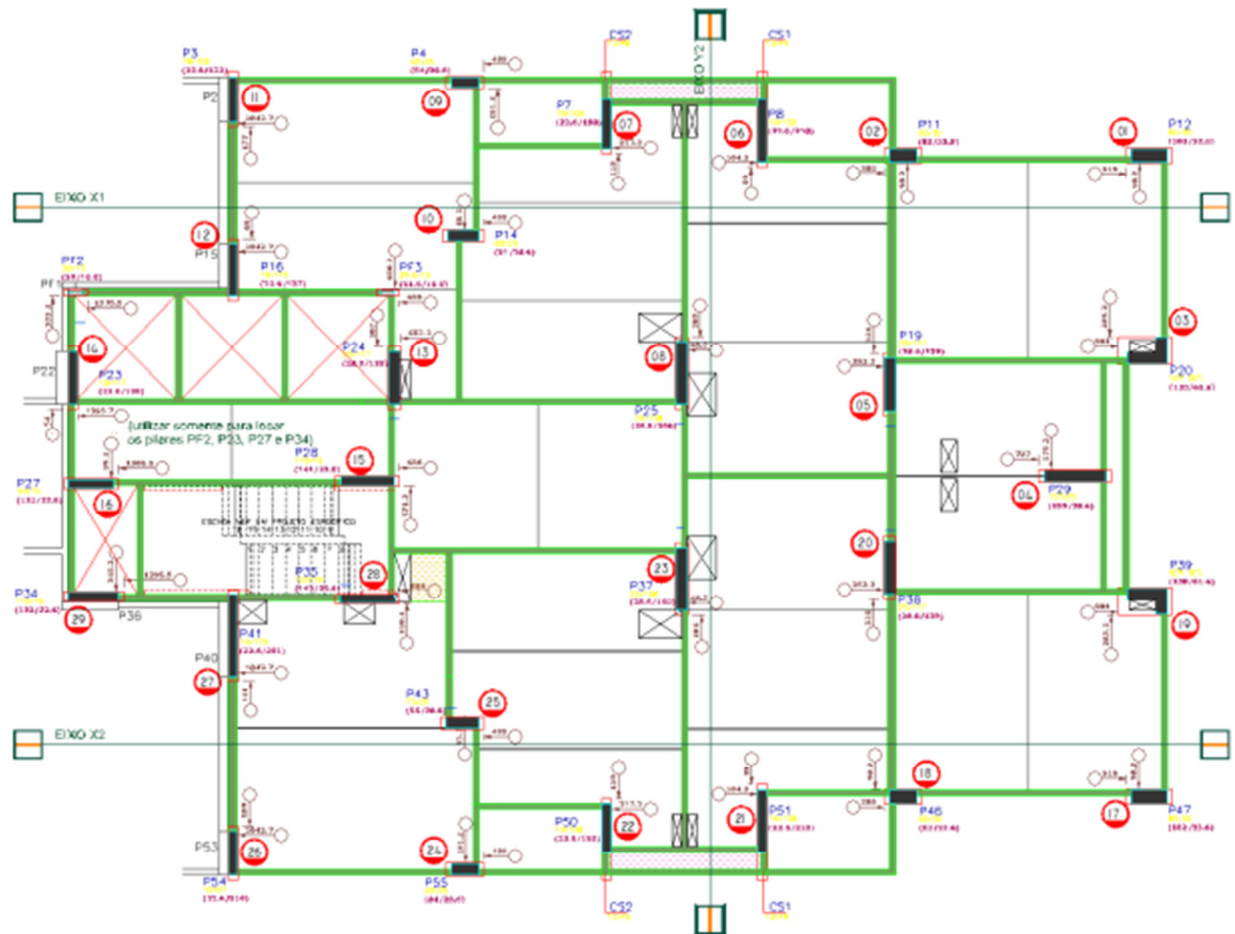
Outros pré-requisitos para a execução dessa atividade são os ganchos malucos estarem fixados na laje ao entorno dos pilares. Esses dispositivos servirão de calço para a fixação dos ganchos, sendo que são quatro por pilar. O serviço é executado pelo carpinteiro 1 e deve iniciar juntamente com a marcação dos eixos, no início do processo. O tempo necessário para se executar a tarefa é de 45 minutos em cada trecho, totalizando 90 minutos para os dois trechos ou 55 pilares.

De acordo com o gráfico de atividade são necessários 185 segundos para a fixação de cada gancho. Como essa atividade necessita de conferência por parte da equipe de qualidade da construtora uma maneira de otimizar a execução e eliminar possíveis retrabalhos e consequente variabilidade no processo. O encarregado da construtora participa da execução da tarefa, partindo dele o lançamento das cotas para fixação do gancho, feita pelo Carpinteiro 2. Assim também é eliminada uma atividade, que seria a conferência das cotas dos ganchos, contribuindo assim para a redução do tempo de ciclo do processo.

No trecho 1, são 29 pilares, sendo necessários cerca de 90 minutos para execução dos ganchos, de acordo com o estudo realizado. Pelo plano de organização, são dispendidos 120 minutos para execução dessa tarefa, estabelecendo assim uma margem de um minuto por pilar para absorver possíveis variabilidades no processo. Cabe salientar que até essa atividade estar concluída fica proibido o depósito de quaisquer materiais ou o tráfego de pessoas no trecho que está sendo executado o serviço, a não ser os que estejam envolvidos na atividade.

Outra medida importante é definir a sequência padrão de execução da atividade. Esse documento é muito importante considerando o fato que é preciso trabalhar enxergando o processo como um todo, de maneira que o fluxo tenda a ser contínuo. Apesar de não ser permitido iniciar a atividade de fixação das grades, caso haja algum imprevisto que atrase o término da atividade, o andamento do fluxo não é prejudicado de maneira muito traumática. A figura 37 apresenta a sequência a ser seguida no trecho 1, baseada na otimização da produção.

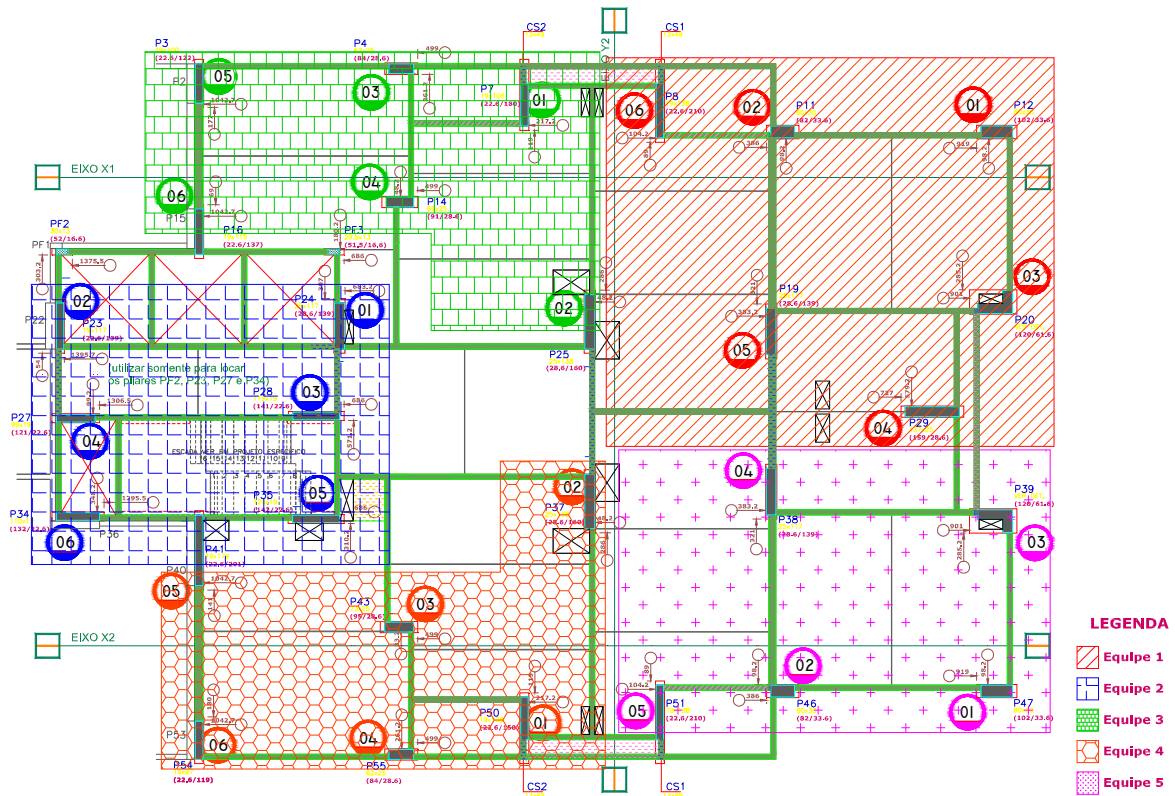
Figura 37 – Sequência execução gastalhos trecho 1

(fonte: elaborado pelo autor)²¹

Durante a marcação dos eixos e fixação dos gastalhos os outros, 10 carpinteiros devem estar desformando os pilares do pavimento inferior. Foi estabelecido que eles trabalhariam em duplas. A sequência de desforma também foi previamente definida, sendo a mesma dos gastalhos. Porém, deve ser definido o pacote de trabalho de cada dupla. Como são cinco duplas disponíveis para a execução dessa atividade e 29 pilares compõem o trecho 1, o pacote de trabalho é de seis pilares por dupla. Contudo, uma das duplas executa cinco pilares nesse trecho. A figura 38 apresenta os pacotes de pilares para as equipes, contendo também a sequência de pilares a ser seguida por cada dupla.

²¹ adaptado de projeto da empresa

Figura 38 – Pacotes de pilares trecho 1

(fonte: elaborado pelo autor)²²

Os pré-requisitos para o início da tarefa, como disponibilização das grades, apuradores, barras rosqueadas, cabos com energia elétrica, entre outros, consomem cerca de 20 minutos das equipes. Durante esse período, as equipes devem distribuir os materiais pela frente de trabalho, de forma que todos os recursos necessários para execução de seu pacote de trabalho estejam disponíveis. Isso evita grandes deslocamentos durante a execução da tarefa. De que forma são acondicionados e depositados esses materiais fica a critério da equipe definir em conjunto, contanto que evite grandes deslocamentos, estabeleça a organização e não atrapalhe as outras duplas. Esse tipo de organização é baseado em equipes semi-autônomas, onde cada grupo tem uma área de trabalho própria, com a possibilidade de haver troca de cargos e tarefas dentro dela (MARX, 1992).

Agora é analisado o tempo para execução de uma grade, considerando a formação em duplas, através do gráfico de atividade. O quadro 2 apresenta o estudo da atividade.

²² adaptado de projeto da empresa

Quadro 2 – Gráfico de atividade grade primária

FIXAÇÃO DA GRADE PRIMÁRIA									
TEMPO (seg)	HOMEM				TEMPO (seg)	HOMEM			
	CARP. 1	t	CARP.2	t		CARP. 1	t	CARP.2	t
15	deslocar até pilar	15 seg	deslocar até pilar	15 seg	255	pegar e conectar no pto de energia a furadeira de impacto	22 seg	marcar furo 1 no piso	22 seg
27	pegar grade	12 seg	pegar grade	12 seg	291	furar furo 1	36 seg	marcar furo 2 no piso	36 seg
40	posicionar grade no gualho	13 seg	posicionar grade no gualho	13 seg	327	furar furo 2	36 seg	marcar furo 3 no piso	36 seg
74	pregar (6 pregos) grade no gualho	34 seg	segurar grade para que seja pregada	34 seg	363	furar furo 3	36 seg	pegar parafusadeira e parafusos	36 seg
86	pegar apumador 1	12 seg	pegar barra + porca TS	12 seg	382	guardar furadeira	19 seg	conectar extensão elétrica na parafusadeira	19 seg
101	posiciona apumador 1 no ponto de engate	15 seg	espera	15 seg	394	deslocar até pilar	12 seg	deslocar até pilar	12 seg
127	segura apumador 1	26 seg	fixa apumador 1 na grade	26 seg	417	segurar apumador 1 na posição	23 seg	parafusar apumador 1 no chão	23 seg
139	pegar apumador 2	12 seg	pegar barra + porca TS	12 seg	440	segurar apumador 2 na posição	23 seg	parafusar apumador 2 no chão	23 seg
154	posiciona apumador 2 no ponto de engate	15 seg	espera	15 seg	463	segurar apumador 3 na posição	23 seg	parafusar apumador 3 no chão	23 seg
180	segura apumador 2	26 seg	fixa apumador 2 na grade	26 seg	481	pegar régua de prumo	18 seg	guardar parafusadeira	18 seg
192	pegar apumador 3	12 seg	pegar barra + porca TS	12 seg	502	verificar prumo apumador 1 (segura prumo)	21 seg	verificar prumo apumador 1 (ajusta apumador)	21 seg
207	posiciona apumador 3 no ponto de engate	15 seg	espera	15 seg	523	verificar prumo apumador 2 (segura prumo)	21 seg	verificar prumo apumador 2 (ajusta apumador)	21 seg
233	segura apumador 3	26 seg	fixa apumador 3 na grade	26 seg	544	verificar prumo apumador 3 (segura prumo)	21 seg	verificar prumo apumador 3 (ajusta apumador)	21 seg

(fonte: elaborado pelo autor)

De acordo com o gráfico da atividade, são necessários 544 segundos para uma dupla executar cada grade. Para a conclusão do pacote de trabalho estabelecido são necessários, aproximadamente, 55 minutos, para cada dupla. Uma restrição da própria atividade é a disponibilidade da furadeira e da parafusadeira. Para não haver perdas e variabilidade cada dupla deveria possuir essas ferramentas. Como isso não é possível nesse caso, é necessário estabelecer um tempo que represente as esperas decorrentes da utilização em grupo dessas ferramentas. Para atenuar as perdas de tempo, devem estar disponíveis duas parafusadeiras e duas furadeiras na frente de trabalho, além de quatro pontos de energia elétrica. Sendo assim são acrescidos 15 minutos devido à essa restrição. Considerando todos esses fatores o período para execução dessa atividade no trecho 1 fica estabelecido como sendo de 90 minutos.

Durante o período entre a segunda e a quarta hora do processo, o Carpinteiro 2 lança o nível de referência nas grades primárias de acordo com a liberação por parte das duplas. Pode realizar essa tarefa individualmente através do Nível Alemão, equipamento indicado para isso. Já o servente transporta até o pavimento os painéis primários e fundos que foram desformados e ainda não estão no pavimento e os aloca no trecho 2.

A partir da finalização da atividade de fixação das grades primárias, as duplas devem transportar até o local de aplicação esses painéis e fundos, alocando-os de forma que evite grandes deslocamentos, estabeleça a organização e não atrapalhe as outras duplas durante a atividade. O servente pode auxiliá-los. Para essa atividade, são estabelecidos 30 minutos, devendo ser concluída até o final das quatro horas de início do processo.

O próximo passo do processo é realizar a fixação dos painéis primários e dos fundos dos pilares. O pacote de serviço continua sendo o mesmo para as duplas. O quadro 3 apresenta o gráfico dessa atividade. São necessários 329 segundos para execução dessa tarefa em um pilar. Como a tarefa é realizada de forma individual por cada carpinteiro, são necessários aproximadamente 20 minutos para as duplas concluírem a atividade, considerando margem para eventuais variabilidades. Concomitantemente com a execução dessa tarefa inicia-se o posicionamento da armadura dos pilares.

A Equipe E deve realizar o transporte das armaduras que são posicionadas no trecho 1 até local próximo à grua, definido pela construtora. Esse transporte deve ser feito durante as primeiras quatro horas desde o início do processo. As armaduras devem possuir identificação do pilar em que serão posicionadas. As armaduras depositadas próximas à grua devem estar acondicionadas em cinco pilhas, compostas pelo pacote de pilares de cada dupla. A ordem de empilhamento deve seguir a sequência de execução estabelecida, para otimizar o tempo para transporte de cada armadura. Os ganchos, que são posicionados somente após a montagem das pré-vigas, devem estar presos à armadura. Isso otimiza o tempo e evita retrabalhos.

Quadro 3 – Gráfico de atividade fixação painéis primários e fundos

FIXAÇÃO PAINÉIS PRIMÁRIOS E FUNDOS		
TEMPO (seg)	HOMEM	
	CARP. 1	t
15	deslocar até pilar	15 seg
27	pegar módulo 1 painel	12 seg
43	posicionar módulo 1 painel na grade	16 seg
75	pregar módulo 1 painel	32 seg
87	pegar módulo 2 painel	12 seg
103	posicionar módulo 2 painel na grade	16 seg
135	pregar módulo 2 painel	32 seg
147	pegar módulo 3 painel	12 seg
163	posicionar módulo 3 painel na grade	16 seg
195	pregar módulo 3 painel	32 seg
209	pegar fundo 1	14 seg
228	posicionar fundo 1	19 seg
262	pregar fundo 1	34 seg
276	pegar fundo 2	14 seg
295	posicionar fundo 2	19 seg
329	pregar fundo 2	34 seg

(fonte: elaborado pelo autor)

Assim que o primeiro pilar estiver disponível para posicionamento do aço, o encarregado da construtora comunica o sinaleiro, através de rádio comunicador, a respeito de qual armadura a grua deve transportar até o pavimento. Provavelmente é a partir do sexto minuto em relação ao início da fixação dos painéis e fundos. Assim se dá o transporte das demais armaduras. O tempo necessário para execução da atividade referente a um pilar está representado no quadro 4.

É uma tarefa que precisa de 133 segundos para cada pilar. Em situações normais, inicia após 6 minutos do início da execução dos painéis primários e fundos. Como são 29 pilares nesse trecho são necessários 65 minutos para a conclusão da atividade. A ordem de execução é

definida pelo encarregado da construtora de acordo com a liberação por parte das duplas. O encarregado também é responsável por conferir a armadura, com auxílio do assistente de qualidade, e liberar para o fechamento.

Quadro 4 – Gráfico homem-máquina posicionamento aço pilar

POSICIONAMENTO DO AÇO NO PILAR												
TEMPO (seg)	HOMEM										MÁQUINA	
	FERREIRO 1	t	FERREIRO 2	t	ENCARREGADO CONST.	t	SERVENTE	t	SINALEIRO	t	GRUA	t
9	desloca até o pilar	9 seg	desloca até o pilar	9 seg	comunica sinaleiro sobre qual armadura deverá ser transportada	9 seg	espera	4 seg	recebe ordem do encarregado	9 seg		
29	verifica se arranques do pilar não vão dificultar o posicionamento da armadura	20 seg	verifica se arranques do pilar não vão dificultar o posicionamento da armadura	20 seg			conecta os cabos na armadura do pilar	20 seg	conecta os cabos na armadura do pilar	20 seg	espera	29 seg
36	espera	7 seg	espera	7 seg			se afasta da armadura	7 seg	se afasta da armadura do pilar e libera para subida	7 seg	espera	7 seg
66	espera	30 seg	espera	30 seg	espera	30 seg					transporta armadura para o pilar, até que os ferreiros tenham condição de manuseá-la	30 seg
88	pega armadura e a manuseia com auxílio da grua para posicioná-la no local de aplicação	22 seg	pega armadura e a manuseia com auxílio da grua para posicioná-la no local de aplicação	22 seg			prepara próxima armadura de pilar	97 seg	espera	37 seg	transporta armadura até local de aplicação	22 seg
98	desconecta ganchos do cabo da grua	10 seg	segura armadura	10 seg							espera	10 seg
113	amarra a armadura nos arranques	15 seg	amarra a armadura nos arranques	15 seg	verifica se armadura está de acordo com projeto	35 seg					desloca para pegar próximo pilar	35 seg
133	espera	20 seg	espera	20 seg								

(fonte: elaborado pelo autor)

Transcorridos os 20 minutos necessários para fixação dos painéis primários e fundos, os pilares estão em condições de receber os painéis e grades secundárias para, então, serem travados, já que o aço já está posicionado em ao menos um dos pilares de cada pacote. Porém alguns pré-requisitos devem estar concluídos para o início da tarefa, como o transporte e a organização das peças que serão utilizadas para execução do pacote: painéis, grades, perfis metálicos, barras de ancoragem 5/8'', porcas TS, tubos PVC rígido com os estabilizadores de formas paralelas, entre outros. São contabilizados 20 minutos para essa tarefa de organização dos recursos na frente de trabalho de cada dupla. Após, tem início as atividades de

fechamento e travamento dos pilares. O quadro 5 mostra gráfico de atividade formulado para essa tarefa.

Quadro 5 – Gráfico de atividade fixação painéis e grades secundárias e travamento pilar

FIXAÇÃO PAINÉIS E GRADE SECUNDÁRIOS E TRAVAMENTO DO PILAR					
TEMPO (seg)	HOMEM		TEMPO (seg)	HOMEM	
	CARP. 1	t		CARP. 1	t
9	deslocar até pilar	9 seg	288	pegar módulo 3 painel	10 seg
24	pegar 4 vigas metálicas	15 seg	308	posicionar módulo 3 painel na grade	20 seg
45	posicionar 4 vigas metálicas no suporte da grade já fixada do pilar	21 seg	334	pregar módulo 3 painel	26 seg
58	pegar 4 barras de ancoragem	13 seg	349	pegar grade secundária	15 seg
90	posicionar barras de ancoragem através vigas e da furação do painel primário	32 seg	362	posicionar grade secundária	13 seg
134	pegar cano PVC e "chupetas" e montar conjunto (4 conjuntos)	44 seg	394	pregar grade secundária no galhalho e no painel	32 seg
166	posicionar conjuntos na barra de ancoragem	32 seg	409	pegar 4 vigas metálicas	15 seg
176	pegar módulo 1 painel	10 seg	447	posicionar 4 vigas metálicas com as barras de ancoragem transpassando	38 seg
196	posicionar módulo 1 painel na grade	20 seg	460	pegar 4 barras de ancoragem	13 seg
222	pregar módulo 1 painel	26 seg	498	posicionar barras através das vigas metálicas LE	38 seg
232	pegar módulo 2 painel	10 seg	511	pegar 4 barras de ancoragem	13 seg
252	posicionar módulo 2 painel na grade	20 seg	549	posicionar barras através das vigas metálicas LD	38 seg
278	pregar módulo 2 painel	26 seg	741	pegar porcas TS e enroscar nas barras (12 peças)	192 seg

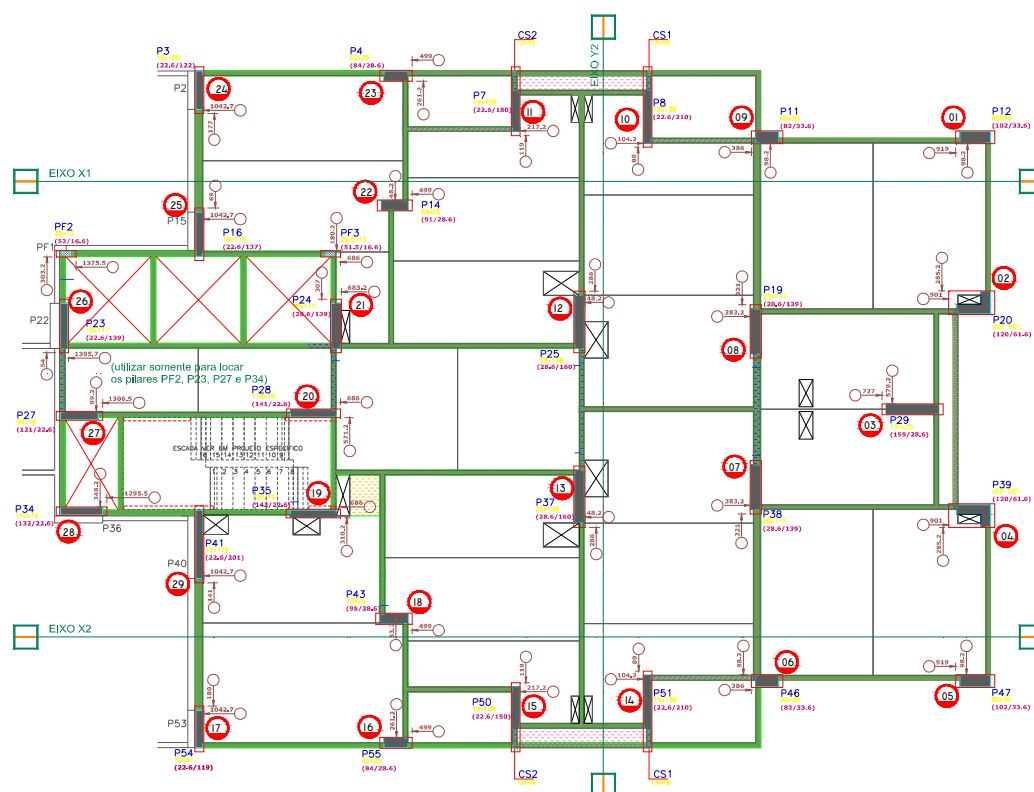
(fonte: elaborado pelo autor)

São necessários 741 segundos para execução de um pilar. Para essa atividade cada carpinteiro da dupla trabalha de forma individual dentro do pacote estabelecido. Portanto, para conclusão do pacote são necessários aproximadamente 40 minutos.

São reservados mais 40 minutos para execução dos serviços complementares. Cada dupla fica responsável por realizá-los em seu pacote de pilares e o servente auxilia no transporte dos recursos. A execução das vigas *in loco* é realizada pelo carpinteiro de serviços gerais da Equipe A. São quatro vigas e um console e tem 4 horas para execução da tarefa. Os armadores após concluírem a montagem da armadura dos pilares, montam a armadura das vigas até o final do dia.

O passo final para conclusão dos pilares do trecho 1 é realizar a sua concretagem. Para essa atividade são reservadas 2 horas, que corresponde o período entre a sexta e oitava hora desde o início do processo. São necessários aproximadamente 17 m³ de concreto para os pilares do trecho 1. Após acompanhamento das outras concretagens atestou-se que é viável realizar a concretagem nesse tempo estabelecido. A sequência da concretagem dos pilares está representada na figura 39.

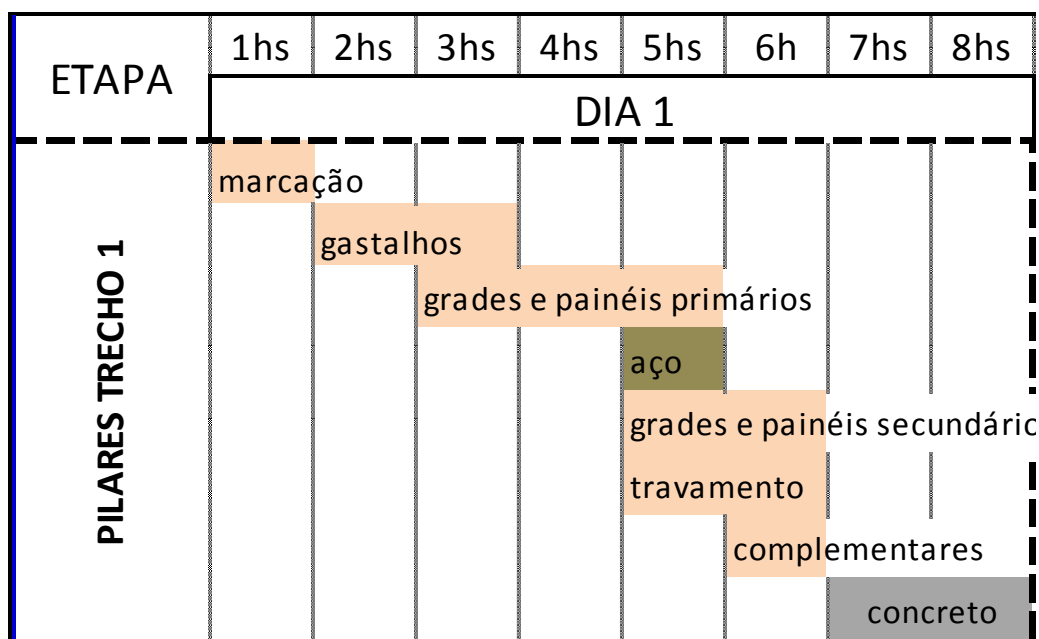
Figura 39 – Sequência concretagem pilares trecho 1



(fonte: elaborado pelo autor)²³

Sendo assim, ao final do primeiro dia de atividades, os pilares do trecho 1 estão concretados, possibilitando a entrada das peças pré-fabricadas a partir do segundo dia. A figura 40 apresenta a sequência de atividades para a execução dos pilares no trecho 1, no arranjo proposto.

Figura 40 – Sequência de produção pilares T1 novo arranjo

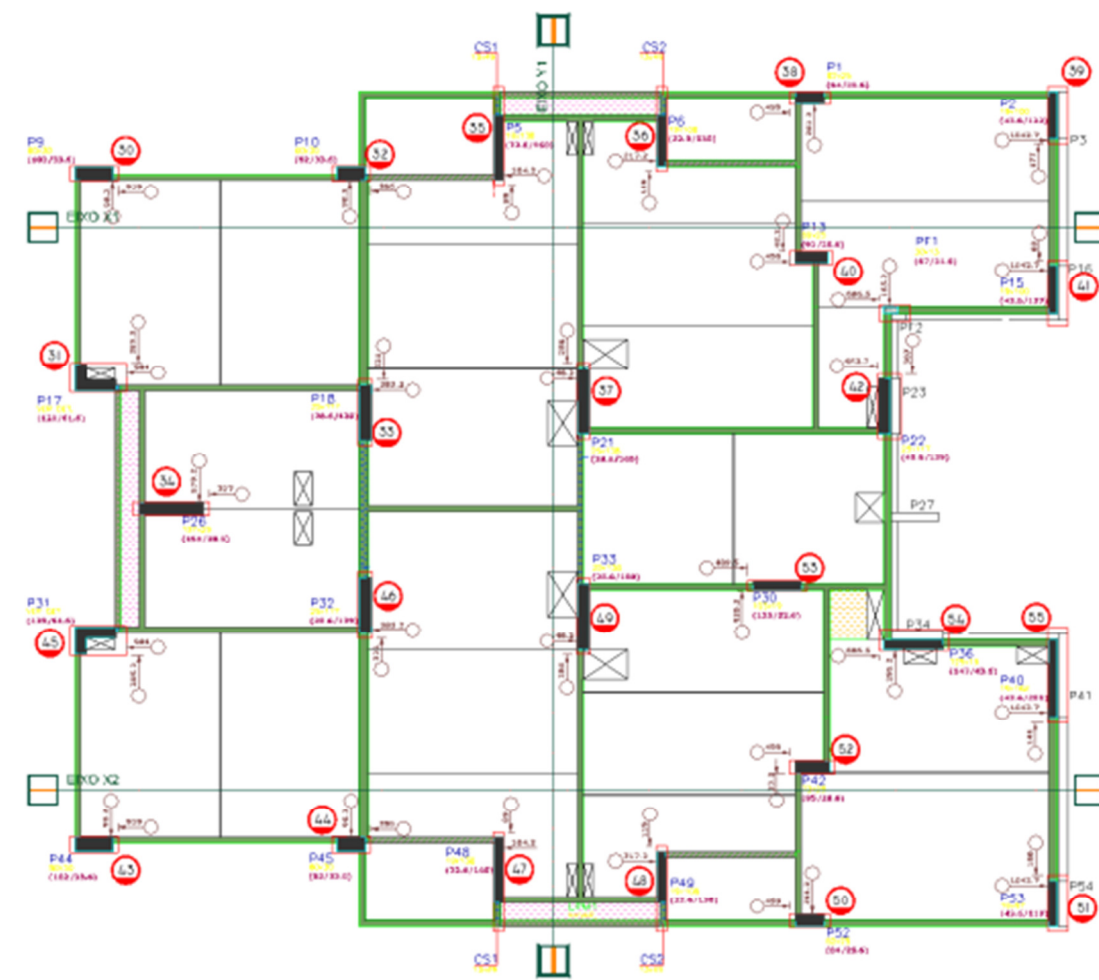


(fonte: elaborado pelo autor)

Para o trecho 2, restam 26 pilares. Neste trecho, os pacotes de tarefas são compostos por cinco pilares, sendo que um deles terá seis pilares em sua composição. Apesar de ser um número menor de pilares, os tempos estabelecidos para cada atividade são os mesmos do trecho 1. Essa margem de tempo pode absorver alguma variabilidade que possa haver durante o processo. A figura 41 estabelece a sequência para execução dos gachalhos do trecho 2. A figura 42 apresenta os pacotes de pilares para cada dupla.

²³ adaptado de projeto da empresa

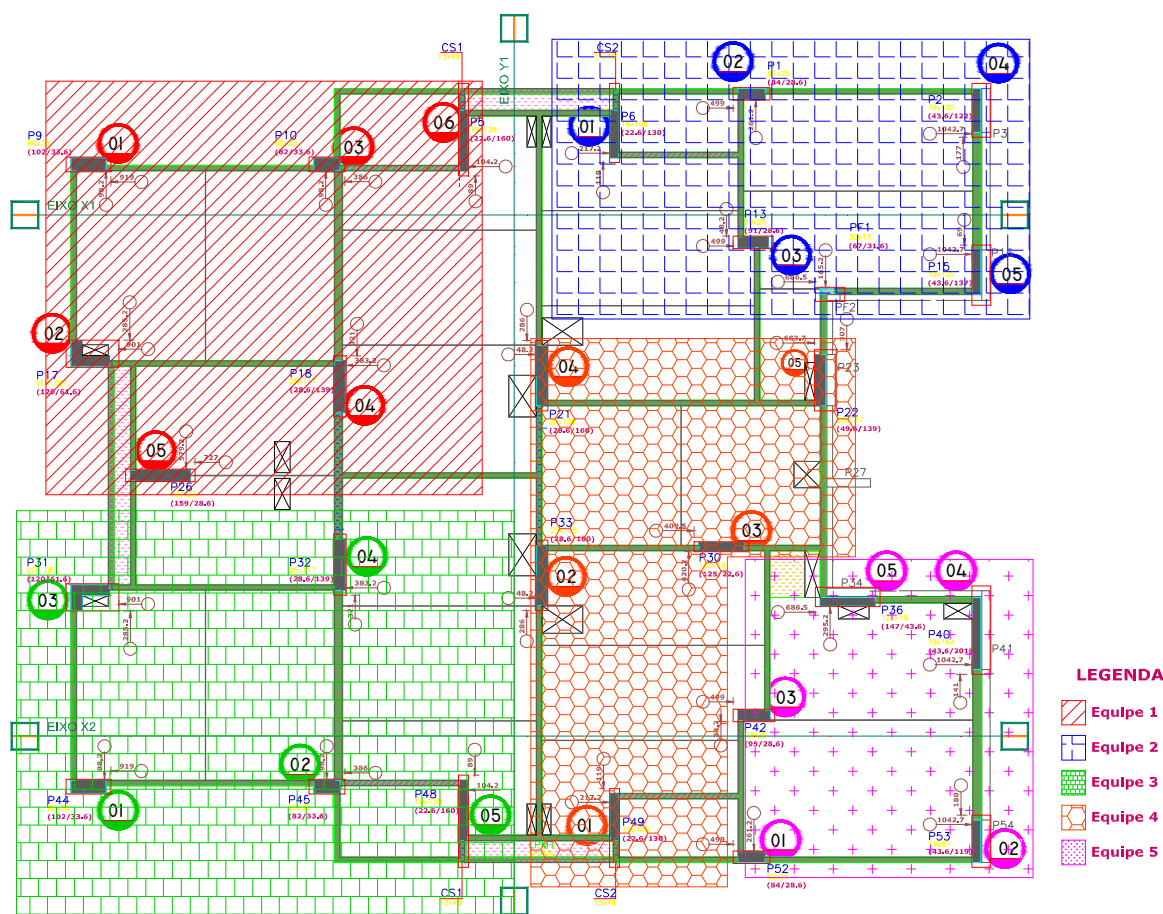
Figura 41 – Sequência gastalhos trecho 2

(fonte: elaborado pelo autor)²⁴

As forma de vigas a serem executadas no local ficará à cargo do Carpinteiro 2. Quanto à concretagem dos pilares no trecho 2, a ser executada no final do segundo dia, não são concretados os pilares que estão locados na dilatação da laje, ou seja, pilares P2, P15, P22, P36, P40 e P53. O concreto desses pilares é executado juntamente com o concreto da laje, que agora é feito de uma só vez, ao invés de ser realizado em duas etapas, como era antes da concepção desse plano de organização. Isso é tratado mais a frente nesse trabalho. Segue na figura 43 sequência para execução dos pilares no trecho 2.

²⁴ Adaptado de projeto da empresa

Figura 42 – Pacote pilares trecho 2

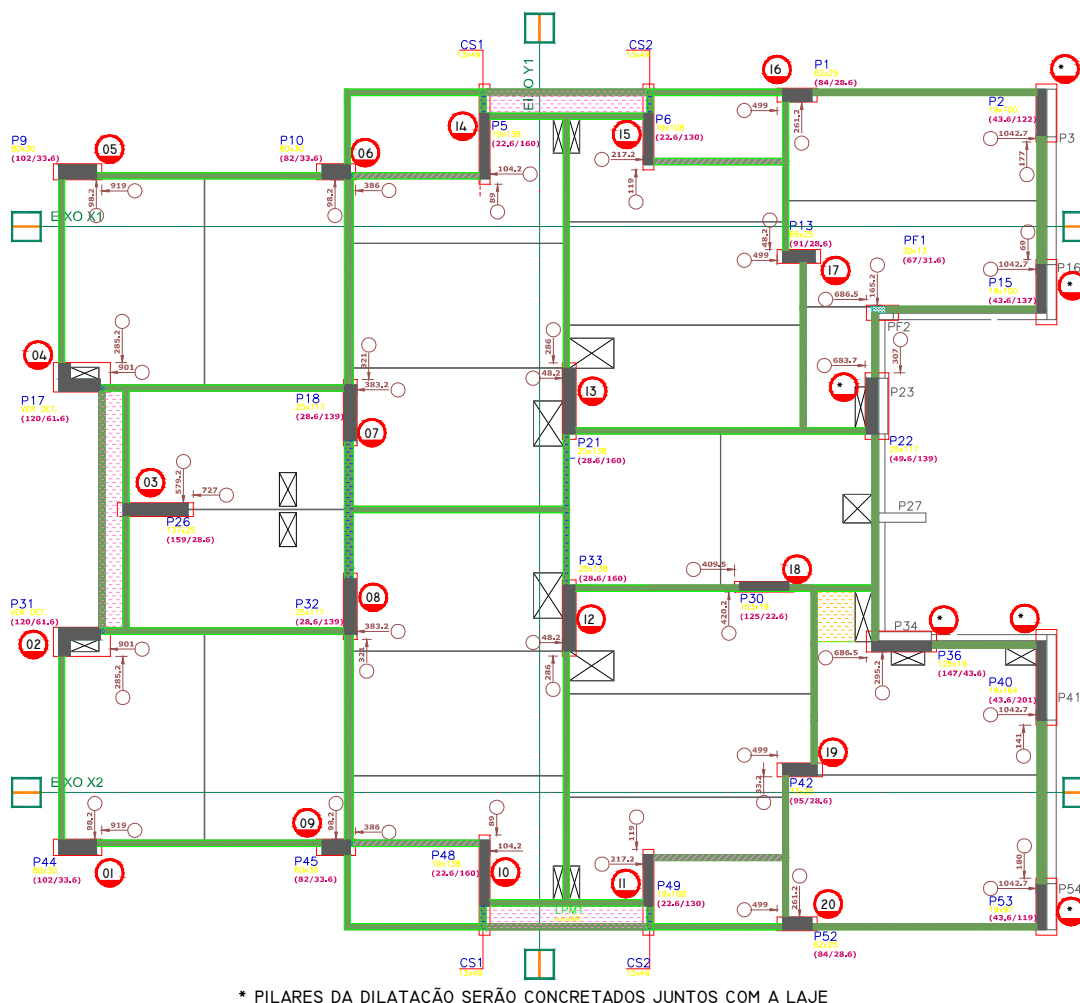


(fonte: elaborado pelo autor)²⁵

A comparação entre o estágio inicial das operações para pilares com o que propõe o plano organizado está representada no quadro 6. Analisando esse quadro observa-se que houve uma redução drástica no tempo de ciclo de algumas operações. Isso demonstra que o estágio anterior de organização estava gerando grande ociosidade nas equipes e não estava explorando ao máximo o seu potencial, resultando baixíssima produtividade. É importante mencionar também que o extenso tempo de ciclo de algumas operações se deve ao fato de que a Equipe A realiza diversas operações em paralelo, o que acabava estendendo por um longo período até que fossem realmente concluídas.

²⁵ Adaptado de projeto da empresa

Figura 43 – Sequência concretagem pilares trecho 2

(fonte: elaborado pelo autor)²⁶

Em contrapartida, os benefícios gerados para a produtividade das equipes através da nova organização proposta resultaram no aumento dos índices de produção, já que buscou utilizar uma concentração maior dos trabalhadores com atividades definidas, o que resulta um dinamismo maior para a conclusão das operações em menor tempo. Outro benefício se deve à possibilidade de implantação de ritmo para o processo, eliminando assim os grandes períodos de ociosidade que as equipes estavam tendo anteriormente. Traduzindo isso para números, o tempo de ciclo tem uma redução de aproximadamente **77%**, o que traz grandes benefícios para a produção. Cabe salientar que essa redução se fez possível somente com a reorganização das equipes e definição de métodos de trabalhos, não passando pelo aumento drástico de efetivo, o que é comprovado pelos índices HH/pav.

²⁶ Adaptado de projeto da empresa

Quadro 6 – Comparativo entre estágios operação pilares

OPERAÇÃO PILARES	EQUIPE	ANTES			DEPOIS		
		Quantidade Trabalhadores	Tempo de Ciclo	HH/pav	Quantidade Trabalhadores	Tempo de Ciclo	HH/pav
LOCAÇÃO DOS EIXOS	A	2	120 min	4	2	60 min	2
GASTALHOS	A	2	840 min	28	2	240 min	8
GRADE PRIMÁRIA	A	12	1200 min	240	10	180 min	30
PAINEL PRIMÁRIO E FUNDOS	A	12	1440 min	288	10	180 min	30
AÇO PILARES	E	3	960 min	96	3	130 min	6,6
PAINEL + GRADE SECUNDÁRIA + TRAVAMENTO	A	12	1920 min	384	10	80 min	13,4
SERVIÇOS COMPLEMENTARES PILARES	A	10	960 min	160	10	80 min	13,4
CONCRETAGEM PILARES	A	8	480 min	64	11	240 min	44

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir do segundo dia é iniciada a montagem das pré-vigas e pré-lajes no trecho 1. Parte-se sempre do pressuposto de que as peças estão na obra disponíveis para montagem. Durante o dia anterior, ou seja, no primeiro dia do processo, devem ser tomadas algumas medidas visando a otimização do tempo e organização da atividade. A primeira delas é de responsabilidade da equipe de segurança da torre e se trata da fixação do dispositivo P5 nas vigas que são posicionadas na periferia da laje. A equipe de segurança é formada por quatro carpinteiros, que devem executar diversos serviços na torre. Cabe ao encarregado da construtora organizá-los de maneira que cumpram as demandas dentro dos prazos estabelecidos. Nesse caso tem disponível um dia para fixação do dispositivo em 13 pré-vigas. Em condições normais dois carpinteiros realizam essa atividade tranquilamente.

A outra medida a ser tomada faz parte do pacote de atividades da equipe de montagem. Para o posicionamento das peças são necessários dois conjuntos de escoras: as permanentes; e as de montagem. Durante o primeiro dia do processo a equipe deve se dirigir até o pavimento n-3 (n representa o pavimento que está sendo executado) e retirar todas as escoras permanentes do andar. O pré-requisito para isso ocorrer é que tenham se passado os 28 dias da concretagem dessa laje e que esteja atingido o f_{ck} estabelecido em projeto. O meio de transporte a ser utilizado é o elevador de cremalheira ou a grua, de acordo com suas disponibilidades. É imprescindível que ocorra até o final desse primeiro dia. Elas devem ser depositadas no trecho 2 do pavimento a ser executado, de forma organizada. Concomitantemente parte da equipe deve retirar as escoras de montagem do pavimento n-1 e organizá-las no próprio pavimento, já que ocupam um espaço considerável, o que atrapalharia o andamento das atividades no pavimento n.

A partir das sexta hora do início do processo, de acordo com o andamento do concreto dos pilares, a equipe de montagem deve movimentar as escoras permanentes que estão no trecho 2 até o trecho 1, e depositá-las de maneira que não atrapalhem a concretagem dos pilares. Assim, ao início do segundo dia o trecho 2 está totalmente liberado para os ganchos. Ao mesmo tempo as equipes realizam o transporte das escoras de montagem até o trecho 1 e as deixam posicionadas em seus locais de aplicação, de acordo com o projeto de montagem. Isso otimiza o tempo de execução e não permite que aconteçam paradas no processo de montagem devido à esperas.

Para evitar os problemas encontrados no período de acompanhamento do processo algumas medidas devem ser tomadas. Para eliminar os problemas de inversão das vigas no momento da montagem, as pré-vigas devem estar com os testeiros identificados com a numeração do pilar em que cada um deles é encaixado. Isso deve ser feito na própria fábrica. Já para atenuar as dificuldades de encaixe, além das medidas tomadas na execução dos serviços complementares dos pilares, todas as pré-vigas recebem uma camada de vaselina que deve ser aplicada com o uso de pincel sobre a área que atrita com os pontaletes da grade do pilar.

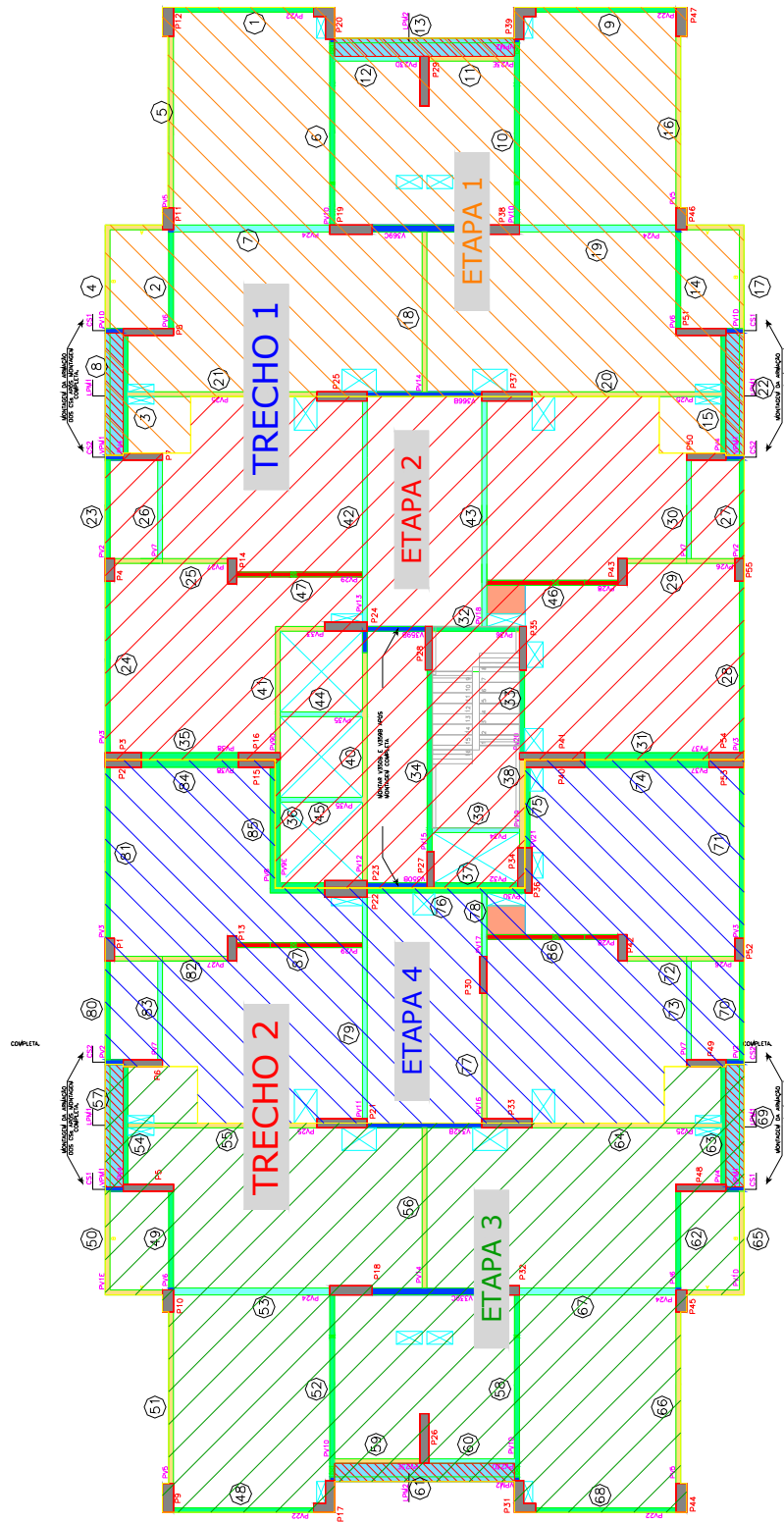
Fazem parte da Equipe B cinco montadores, quatro serventes, um líder de montagem e um encarregado de montagem. Cabe ao encarregado de montagem controlar toda a equipe, de maneira que ela siga as orientações e atinja o desempenho preconizado pelo plano de organização. Através de rádios comunicadores, o líder de montagem, posicionado no

pavimento, e o encarregado, que está no pé da grua orientando o transporte das peças, estabelecem o andamento da atividade.

Juntamente ao encarregado de montagem estão dois serventes responsáveis pela conexão dos cabos da grua nas peças e pela aplicação de vaselina nas pré-vigas, além do sinaleiro da grua, que transmite ao operador da grua a liberação para transporte. Já na laje, estão posicionados os cinco montadores, supervisionados pelo líder de montagem. Dois deles ficam posicionados nos pilares para auxiliarem no posicionamento das vigas, com o uso de pé de cabra. Os outros três montadores são responsáveis por posicionar as escoras de montagem e permanentes antes da montagem e as ajustarem durante a montagem. Os outros dois serventes realizarão serviços auxiliares, como o transporte das escoras que estão no pavimento inferior, de acordo com a necessidade, e eventuais ajustes nas escoras.

O próximo passo é definir o tempo necessário para montagem das peças. Para isso foi realizado acompanhamento da atividade e consulta com especialistas da área. Ficou definido que para as pré-vigas o tempo padrão para montagem é de 4 minutos, já para as pré-lajes é de 5 minutos e 30 segundos. Cada trecho da laje é dividido em etapa 1 e etapa 2, conforme pode ser observado na figura 44. Com isso é diminuída a unidade de controle, visando a abertura breve da frente de trabalho para as Equipe C e D, contribuindo para o fluxo contínuo do processo. Isso irá resultar em redução no tempo de ciclo.

Figura 44 – Sequência montagem pré-vigas, divida em etapas



(fonte: elaborado pelo autor)²⁷

²⁷ Adaptado de projeto da empresa

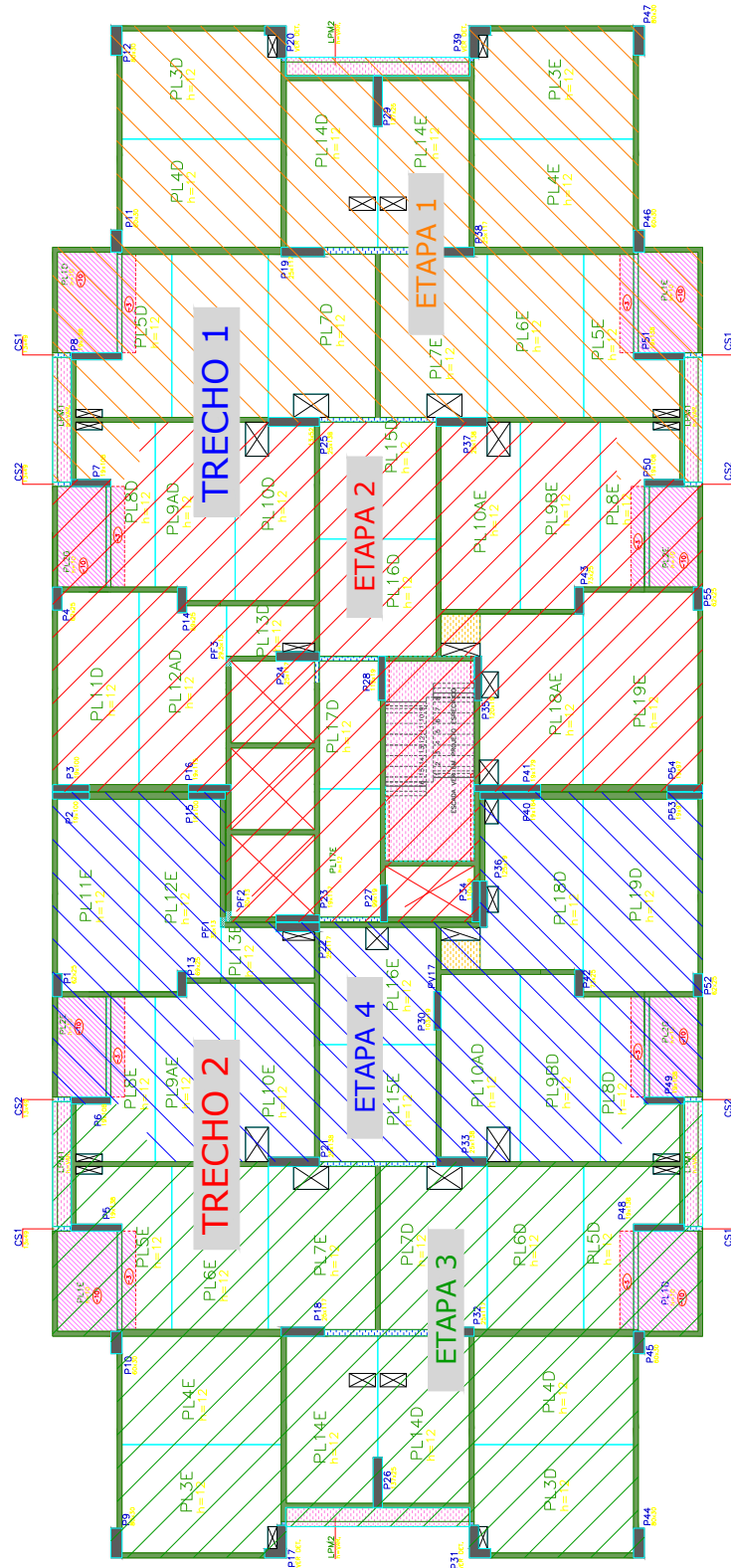
A etapa 1 de montagem do trecho 1 é composta por 22 pré-vigas e 14 pré-lajes. A sequência de pré-vigas que são montadas já estão com o ordenamento indicado, numeradas de 01 a 22, conforme pode ser observado na figura 44. Terminada a montagem das pré-vigas que compõem a etapa 1 iniciará a montagem das pré-lajes referentes à etapa 1 do trecho 1. O pacote de pré-lajes que serão montadas nessa etapa pode ser observado na figura 45.

Para montagem da etapa 1 de pré-vigas são necessários aproximadamente 90 minutos. Para iniciar o transporte das pré-lajes deve haver a adaptação do cabo e a conexão do quadro que serve para estabilizá-las durante seu transporte e montagem através da grua. São reservados 10 minutos para essa atividade de adaptação da grua. O tempo necessário para a montagem das pré-lajes nessa primeira etapa é de aproximadamente 80 minutos. Sendo assim a etapa 1 do trecho 1 tem sua montagem concluída em 180 minutos.

A partir disso, a equipe de segurança da torre deve realizar os serviços de proteção coletiva faltantes, como a colocação da tela de segurança nos dispositivos P5, realizar a proteção da laje na linha de divisa entre as etapas 1 e 2 de montagem e vedar as passagens dos *shafts* das pré-lajes. Para essa atividade são dispendidos 60 minutos e os quatro carpinteiros de segurança da torre devem estar envolvidos. Os módulos para proteção da linha de divisa das etapas devem estar disponíveis com antecedência no pavimento inferior. A supervisão desses serviços fica a cargo do encarregado da construtora e condicionado à liberação por parte do técnico de segurança da obra.

Paralelamente aos serviços de segurança da primeira etapa é iniciada a montagem das peças da etapa 2 no trecho 1, iniciando pelas pré-vigas. São 30 pré-vigas que compõem essa etapa, portanto são necessários 120 minutos para conclusão da montagem. Já em relação às pré-lajes são 17 peças, sendo necessários aproximadamente 95 minutos para montagem. Uma peculiaridade presente na etapa 2 são as cinco vigas da dilatação, que necessitam de um cuidado especial para sua montagem, o que acaba elevando o tempo de montagem em 2 minutos por peça, totalizando 10 minutos a mais. Acrescidos os 20 minutos necessários para as duas adaptações no cabo da grua, devido a transição entre pré-vigas e pré-lajes, essa segunda etapa é concluída em 245 minutos. No tempo restante até o final do dia a equipe deve organizar as escoras no trecho 2 da mesma forma que fizera no trecho 1.

Figura 45 – Pacote de montagem pré-lajes, dividido em etapas



(fonte: elaborado pelo autor)²⁸

²⁸ Adaptado de projeto da obra

Restam ainda 55 minutos para utilização da grua, antes que o segundo dia do processo termine. Durante esse período a grua deve transportar até o trecho 1 as barras de aço referentes à armadura negativa das pré-vigas. O local onde são depositadas não pode influir negativamente na atividade de instalações elétricas. Essas barras são transportadas até a grua com antecedência e devem contemplar todo trecho 1. As barras devem estar disponíveis para grua até às 15:00 hs do segundo dia. Devem ser transportadas pela Equipe E. Para o acondicionamento dessas barras na laje que está sendo executada, dois armadores da equipe devem realizar o recebimento e depositá-las. Essa tarefa deve ser concluída dentro desse período disponível.

A montagem das peças continua no terceiro dia, desta vez no trecho 2. A etapa 1 desse trecho é constituída por 22 pré-vigas e 14 pré-lajes. Portanto, são 180 minutos para montagem e 60 minutos para atividades de segurança, para então estar liberada para as atividades de instalações a partir da tarde. Já a etapa 2 desse trecho possui 13 pré-vigas e 15 pré-lajes. São necessários mais 155 minutos para o término dessa última etapa de montagem, e respectiva conclusão da montagem de pré-fabricados no pavimento. Isso se dá às 14:30 hs do terceiro dia.

Passadas as primeiras quatro horas do segundo dia, as Equipes C e D iniciam suas atividades. Para as atividades de hidráulica é necessário somente um meio-oficial, já que as pré-lajes já possuem a furação necessária, restando somente ao hidráulico posicionar as peças para passagem hidráulica. Ele tem quatro horas para executar a atividade no trecho 1, tendo totais condições de concluí-la nesse período.

Está previsto um *buffer* de quatro horas entre a execução do trecho 1 e trecho 2 para a Equipe D. Esse período foi reservado para quando houver a necessidade de alguma correção nas passagens das pré-laje, já que essa situação era recorrente. É uma maneira de absorver a variabilidade dessa operação. Quando não houver retrabalhos a equipe pode executar outras atividades ou a mesma atividade em outra torre da obra, para não ficar ociosa.

Já a Equipe C será composta por um electricista, um meio-oficial e um servente. A forma com que a laje está sendo liberada para entrada dos serviços obriga a equipe a executar a tarefa de maneira homogênea e sequencial. Deve-se substituir a tubulação rígida por corrugada, onde for permitido. Fica estabelecido que a equipe tem 480 minutos para conclusão do trecho 1,

que se dá ao final da manhã do terceiro dia. A partir da tarde do terceiro dia, a equipe entra na etapa 1 do trecho 2, já liberada pela montagem. Conclui suas atividades após 8 horas trabalhadas, ou seja, até às 12:00 hs do quarto dia do processo.

A partir do terceiro dia e Equipe E inicia a montagem das armaduras negativas das vigas, cujas barras já estão disponíveis na laje. Para essa etapa a equipe deve ser composta por 3 armadores. O primeiro passo é posicionar os ganchos complementares nos pilares, o que deve estar concluído em 30 minutos, já que toda a equipe está trabalhando nessa frente. A partir disso iniciam o posicionamento da armadura negativa das vigas. No que tange o processo a equipe deve concluir essa atividade em 360 minutos, sendo assim a cada 6 minutos e 30 segundos uma viga deve estar concluída.

Após analisar a organização de trabalho resolveu não se adotar uma sequência de execução pré-estabelecida, devido à algumas dificuldades. Como a armadura é depositada em fardos, e fica impossível organizá-la de forma sequencial, isso geraria um desgaste grande na equipe se fosse definido uma sequência a ser seguida, além da própria peculiaridade do serviço. Portanto, a equipe trabalha no arranjo semi-autônomo, sabendo que deve finalizar a tarefa dentro da meta estabelecida. Uma outra medida adotada para facilitar o procedimento é orientar a fábrica a entregar as pré-vigas com os estribos abertos em sua parte superior. Isso contribui com a redução do tempo de ciclo da atividade em obra, já que para posicionar as barras os armadores precisavam abrir todos os estribos.

A Equipe E terá até às 14:30 hs para conclusão dessa atividade, então, com a grua já disponível, inicia o transporte e posicionamento da armadura negativa da laje no trecho 1. As malhas devem ser armadas na central de produção, de maneira que sempre se tenha um estoque prévio de uma laje no momento que essa atividade iniciar. O transporte dessas malhas até a grua é realizado por um armador e um ajudante e deve estar concluído até o final do terceiro dia, tendo que estar separadas por trecho. Quando a grua iniciar o transporte das malhas até a laje, a equipe deve estar com mais um membro, totalizando 4 armadores. Eles recebem as malhas transportadas pela grua em fardos, para otimizar o transporte, e então as posicionam no local de aplicação, sendo aconselhável que trabalhem em duplas. A equipe deve finalizar o trecho 1 em 240 minutos, até às 9:30 hs do quarto dia do processo.

A partir daí, os armadores devem iniciar o trecho 2, pelos ganchos e armadura negativa das vigas. Até as 14:30 hs, devem ter concluído essa atividade, passando então a executar a

armação negativa da laje. Às 9:30 hs do quinto dia esta tarefa deve estar finalizada. A grua fica disponível durante todo o período, porém é aconselhável que se transporte todo aço até o final do quarto dia do processo. No quinto dia a grua fica reservada para realizar descarregamento de cargas de pré-vigas e pré-lajes.

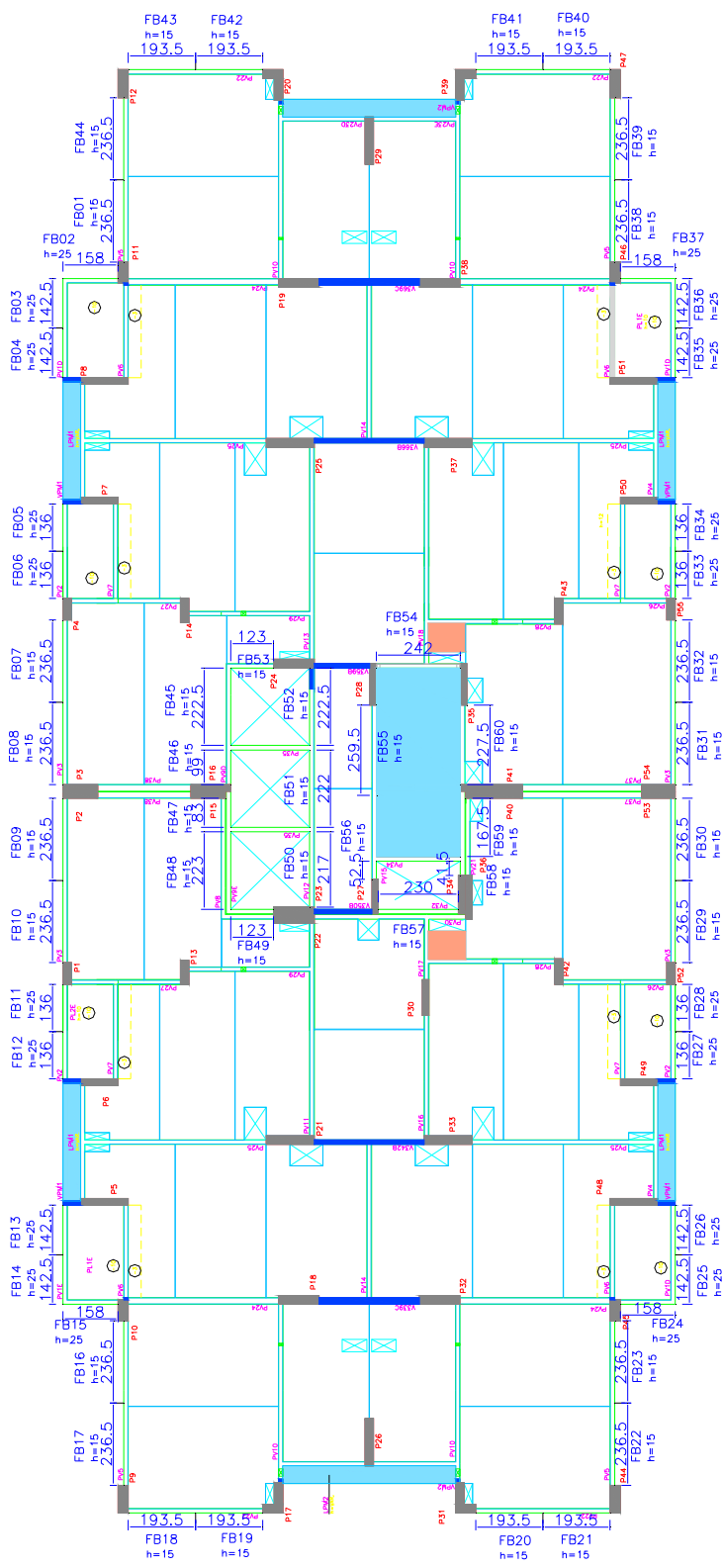
A Equipe A, a partir do terceiro dia inicia a execução dos serviços pertinentes à laje do trecho 1. A primeira medida a ser tomada é a identificação das formas de borda, padronizando-as para que não haja mais desperdícios desnecessários de tempo e de material. São utilizadas, para formas de borda, chapas plastificadas e suas medidas devem estar de acordo com o projeto da figura 46. Para o trecho 1 são necessárias 27 formas e 33 formas para o trecho 2.

Quanto à organização, a equipe utiliza o arranjo de trabalho preconizado pelo projeto sócio-técnico, exposto por Marx (1992). O encarregado da Equipe A estabelece quais atividades dentro do pacote estabelecido cada membro executa e como eles se organizam. Contudo devem fazê-lo de maneira que atinjam o que estabelece a meta de produção.

Ao final das primeiras duas horas do terceiro dia, a desforma das formas de borda e das formas de emenda das lajes do pavimento n-1 devem estar concluídas. Então devem se depositadas de forma organizada no pavimento atual. A partir disso, devem posicioná-las em conjunto com a execução das caixas dos *shafts*, das formas de rebaixo da sacada e da canaleta do gás. A Equipe A tem até o final do terceiro dia para concluir as atividades.

No quarto dia a Equipe A repete o mesmo pacote de tarefas, mas dessa vez no trecho 2. O único adendo ao pacote é a execução junta de dilatação. Para isso é utilizado um dispositivo composto por duas chapas resinadas de espessura 6 milímetros e uma placa de poliestireno de 8 milímetros. As chapas envolvem a placa de poliestireno que serve como o dispositivo dilatador da laje e assim permite a concretagem em uma só etapa de maneira que não comprometa a função da dilatação na laje. No início a concepção era de que a concretagem da laje deveria ser realizada em duas etapas, devido à dilatação. Não havia se pensado nessa alternativa que permite que o poliestireno de 20 milímetros utilizado anteriormente seja substituído por algo mais resistente e que não tenha comprometida sua função de permitir a expansão quando solicitado, como é o caso do conjunto. Até o final do dia a laje deve estar pronta para concretagem.

Figura 46 – Sequência e identificação formas de borda laje



(fonte: elaborado pelo autor)²⁹

²⁹ Adaptado de projeto da empresa

Então, no quinta dia do processo, é realizada a concretagem de toda a laje e dos seis pilares da junta de dilatação. Devem acompanhar o processo um membro da equipe de elétrica, hidráulica e armadores, para eventuais intervenções que possam vir a ser necessárias. São utilizados cerca de 70 m³ de concreto, que devem estar totalmente lançados até o final do quinto dia do processo. Quem lança o concreto é a Equipe A, iniciando pelos pilares da dilatação, continuando pelo trecho 1 e finalizando no trecho 2, próximo à escada. Devem utilizar dois vibradores para essa tarefa, para agilizar a operação e contribuir com a redução do tempo de ciclo. O adensamento é realizado por equipe especializada terceirizada, visando garantir a qualidade do acabamento e nível da laje concretada.

Outro adendo do plano de organização é a inclusão de dois carpinteiros que devem realizar os serviços de conferência que envolvem a montagem das pré-vigas e pré-lajes. Eles são vinculados à construtora e realizam a conferência do nível das pré-vigas e pré-lajes e das distâncias entre as vigas. Outra atividade a ser realizada por eles é a conferência do escoramento permanente das vigas e lajes. Devem pintar todos os pontos onde devem estar as escoras permanentes para assim evitar a retirada dessas escoras antes dos 28 dias.

A comparação entre as operações da laje expostas no quadro 7 evidencia os benefícios conquistados com a organização das operações. Devido à estratégia de concretagem da laje em dois ciclos, adotada anteriormente, aliada ao extenso tempo de ciclo para execução dos pilares, as equipes envolvidas na execução da laje acabavam tendo sua produtividade prejudicada. Longos períodos de ociosidade, demora na liberação de frente de trabalho e elevados índices de variabilidade, acabavam impossibilitando uma organização eficiente para essas equipes, o que acabava as afastando das metas pretendidas.

A ociosidade ocasionava em desmobilização das equipes da torre para outras atividades, o que prejudicava a continuidade nas tarefas. Como consequência as perdas por deslocamento e mobilização resultavam nesses longos tempos de ciclo.

Através da organização que possibilitou a criação de um fluxo contínuo nas operações, o processo se tornou muito mais eficiente, contribuindo para um elevado grau de produtividade, que só não pode ser maior em função do limitador grua. Na prática houve uma redução de **60%** no tempo de ciclo para execução da laje.

Através do estudo feito em cada operação que compõe o processo, e, após, visando estabelecer o fluxo contínuo no processo, ficou definido como o tempo de ciclo ideal tangível o período de 5 dias. Procurou-se trabalhar com tempos de ciclo representados em dias completos, considerando todos os requisitos, tantos técnicos quanto de recursos disponíveis, além de compor as operações dentro de pacotes expressos em dias. Com isso pode ser definido como sendo de 5 dias a melhor alternativa para tempo de ciclo do processo, ao invés de 4 dias (restrições técnicas e de recursos) ou 6 dias (baixa produtividade). Esse estabelecimento representou ganhos significativos tanto em relação ao tempo de ciclo obtido durante o período de acompanhamento dos serviços, de 13 dias, quanto em relação ao *takt time*, de 7 dias.

Ao analisar a sequência de produção do processo, expressa na figura 47, nota-se que somente a Equipe A não possui períodos de ociosidade durante o tempo de ciclo para execução da estrutura na torre estudada. Portanto dedica-se exclusivamente às atividades de uma única torre. Não é de interesse do plano de organização criar ociosidade nas equipes, pelo contrário, um de seus principais objetivos é eliminá-las.

Quadro 7 – Comparativo entre estágios operação laje

OPERAÇÃO <i>LAJES</i>	EQUIPE	ANTES			DEPOIS		
		Quantidade Trabalhadores	Tempo de Ciclo	HH/pav	Quantidade Trabalhadores	Tempo de Ciclo	HH/pav
MONTAGEM PRÉ-VIGAS E PRÉ-LAJES	B	11	1920 min	352	11	760 min	139,33
ELÉTRICA LAJE	C	4	1920 min	128	3	960 min	48
HIDRÁULICA LAJE	D	1	1920 min	128	1	480 min	8
ARMAÇÃO NEGATIVA VIGAS E LAJE	E	8	1680 min	224	6	1080 min	108
FORMAS DE BORDA	A	4	2160 min	144	4	480 min	32
EMENDA LAJE	A	2	2160 min	72	2	480 min	16
SHAFTS	A	3	2160 min	108	2	480 min	16
SERVIÇOS COMPLEMENTARES LAJES	A	3	2160 min	108	2	480 min	16
CONCRETAGEM LAJE	A	12	480 min	96	11	480 min	88

(fonte: elaborado pelo autor)

A Equipe B deve conciliar as atividades de montagem entre duas torres. Durante o tempo de ciclo ela passa dois dias envolvida com a montagem em uma torre, dois dias em outra e terá o quinto dia para se envolver nas atividades que envolvem transporte de escoras. Lembrando que o dimensionamento da equipe foi condicionado à execução de uma torre, se for necessário aumento de equipe para realizar o transporte de escoras na segunda torre deve ser considerado. A adição de um ajudante para essa atividade sana o problema.

Já a equipe E, durante os períodos em que não está envolvida diretamente no processo da laje, trabalha na central de formas, confeccionando as armaduras de pilares e malhas da laje. Portanto não há ociosidade. As Equipes C e D devem conciliar suas atividades entre duas torres, da mesma forma que a Equipe B. Porém não precisam de nenhum adendo para cumprir suas atividades nas duas torres. É importante haver uma defasagem de dois dias entre as duas torres nesse caso, para assim não haver tempos de ociosidade.

A cada três pavimentos era necessária a execução de bandeja de proteção. O planejamento da obra não considerou no cronograma tempo específico para essa atividade em nenhum momento do ciclo de execução da estrutura. A atividade de montagem da bandeja despendia de 2 dias extras a cada três pavimentos, devendo este tempo ser considerado no momento de definição do cronograma.

Durante o acompanhamento do processo ficou evidenciado que as fichas de controle do processo produtivo, advindas do Sistema de Gestão da Qualidade, não referendavam algumas peculiaridades que deveriam ser inspecionadas. Como o sistema de pré-vigas e pré-lajes fugia dos moldes tradicionais, nesse caso a estrutura convencional de concreto armado, as fichas estavam padronizadas para isso, conforme pode ser observado nas figuras 48 e 49. Portanto a eficiência das inspeções estava comprometida, dependendo muito mais do conhecimento do conferente do que das diretrizes apontadas nas fichas.

Para preencher essa lacuna foi proposta uma ficha de inspeção voltada para o sistema específico da obra, apresentada na figura 50. Era de conhecimento que esse sistema passaria a ser implementado em outras obras da empresa, portanto uma oportunidade de padronizar o procedimento a nível corporativo. Foi elaborada então uma ficha de controle do processo produtivo voltada para o sistema. Considerando as peculiaridades do Sistema Asshai de formas e do sistema de pré-vigas e pré-lajes e baseada nos procedimentos já existentes, foi moldado partindo da condição de que deveria abranger itens peculiares desses sistemas.

Figura 48 – Ficha de verificação Concretagem e Desforma

ROSSI Sistema de Controle do Processo Produtivo (S.C.P.P)
Serviço: Concretagem e Desforma

Obra: _____ Nº do Andar/Casa: _____
 Nº da torre/cond.: _____ Avaliador: _____
 Empresa: _____ Executor: _____ Data de Término do Serviço: _____
 Data de início do serviço: _____ AVALIAÇÕES

Item	Descrição dos critérios de avaliação	A	R	AR	AC	DISPOSIÇÕES	APROVAÇÃO ENGENHEIRO
Concretagem							
1	Executada a molhagem das formas (pilares)						
2	Executada a molhagem das formas (lajes)						
3	Prumo das formas <= 5 mm						
4	Piso nivelado (<= 10 mm)						
5	Lajes niveladas por baixo conf. Projeto						
6	Conferência da espessura do concreto						
7	Acabamento superficial da laje (sem pegadas)						
Desforma							
8	Limpeza e integridade das formas						
9	Escora permanente conf. Especif. do proj.						
10	Integridade do piso acabado						
11	Há ausencia de bicheiras						
12	Uso da corda para desforma						
13	Limpeza / terminalidade do serviço						

Visto _____ Data _____

Estagiário: _____ / /

Engenheiro: _____ / /

(fonte: trabalho não publicado)³⁰

³⁰ Ficha de verificação utilizada na empresa estudada.

Figura 49 – Ficha de inspeção Montagem de Fôrma e Armação

ROSSI Sistema de Controle do Processo Produtivo (S.C.P.P)
Serviço: Montagem de Fôrma e Armação

Obra: _____ Nº do Andar/Casa: _____
 Nº da torre/cond.: _____ Avaliador: _____
 Empresa: _____ Executor: _____ Data de Término do Serviço: _____
 Data de início do serviço: _____ AVALIAÇÕES

Item	Descrição dos critérios de avaliação	A	R	AR	AC	DISPOSIÇÕES	APROVAÇÃO ENGENHEIRO
	Forma						
	Pilares / escadas						
1	conferência dos gachos						
2	Prumo das formas <- 5 mm						
3	Calafetação das frestas das formas						
4	conferência do para raio						
5	Tensores apertados / barras de ancoragem						
	Lajes / vigas						
6	Formas niveladas conforme projeto						
7	Faces das vigas alinhadas <- 5mm						
8	Escoramento posicionado conforme projeto						
9	Calafetação das frestas das formas						
10	Conferência das caixinhas e eletrodutos						
11	Conferência dos ptos de passagem na laje						
	Armação						
	Pilares / escadas						
12	Conferência das armaduras conforme projeto						
13	Recobrimento conforme projeto						
	Lajes / vigas						
14	Conferência das armaduras conforme projeto						
15	Recobrimento conforme projeto						
16	Escoramento posicionado conforme projeto						
17	Calafetação das frestas das formas						
18	Conferência dos ptos de passagem na laje						
19	Conferência dos ganchos de balancim e bandeja						
20	Limpeza / terminalidade do serviço						

Visto _____ Data _____

Estagiário: _____ / /

Engenheiro: _____ / /

(fonte: trabalho não publicado)³¹

Além de estruturá-lo baseado nos pontos chave que garantem a qualidade da estrutura, preocupou-se em atrelá-lo ao fluxograma do processo. Isso pode contribuir para o aumento da eficiência das conferências, envolvendo o inspetor com o fluxo preconizado e contribuindo para que ele se desenvolva com garantia de que está atendendo o nível de qualidade exigido. Se houver necessidade de correções elas podem ser identificadas no momento de sua execução, evitando assim que o processo evolua e depois tenha que retornar para realizar as correções, o que pode comprometer bastante o processo.

A seção seguinte aborda a implementação do plano elaborado e seus desdobramentos no canteiro de obras.

³¹ Ficha de verificação utilizada na empresa estudada

Figura 50 – CPP proposto para execução estrutura em pré-viga e pré-laje

Pré-Requisitos para Execução do Serviço		Torre:	Pavimento:	Empresa/ Executor:	Equipamentos	versão 02
- Laje concretada; - Pré-lajes e pré-lajes estocadas em proximidade compatível com o equipamento de fôrmo. - Chapa de compensação plastificada ou madeira; - Pontalês madeira; - Serralhos de madeira; - Serralhos de aço com guilhotina de duas colações; - Tira de aço;		- Prego aço 18x27; - Prego aço 17x21; - Aço para amadurecimento negativo; - Aço para amadurecimento positivo;	- Serra circular de bancada; - Serra circular;	- Prumo de face; - Rô de cabre; - Lçador de lãje; - Lçador de viga;	- Equipamento de lambeo (gndeste, pórtico ou grau); - Escoras metálicas com tripé; - Motor vibrador e mangotes;	Elaborado por Zucchetti
Item	Descrição dos critérios de avaliação	Tolerância	Inspeção	Disposições		
		A	R	AR	AC	
PILARES						
FORMAS E AÇO						
1	Localização dos eixos principais	0 mm				
2	Transferência de cotas dos gachalhos (garantia do esquadro)	0 mm				
3	Gastalhos (Medidas, Integridade e Fixação)	3 mm				
4	Aprimadores fixados na grade conforme projeto	-				
5	Nível de referência lançado na Grade aprumada	3 mm				
6	Conferência do nível das entradas de pré-lajes (painél e grade)	3 mm				
7	Medida das entradas de pré-viga garantidas na grade e painél	0mm< L < 3mm				
8	Conferência da amadure dos pilares conforme projeto	-				
9	Colocação dos clones nas entradas de pré-lajes	-				
10	Integridade do conjunto de formas após o fechamento p/ concretagem	-				
11	Travamento das formas	-				
12	Estanqueidade da base dos pilares	-				
13	Conferência prumo dos pilares	3mm				
CONCRETAGEM						
14	Garantia do nível de concreto até entrada da pré-viga	2 cm				
15	Reconferência prumo dos pilares após concretagem	3mm				
16	Limpeza e Terminalidade	-				
PRÉ-VIGAS E PRÉ-LAJES						
MONTAGEM						
17	Alinhamento e nível das pré-lajes	3 mm				
18	Nivelamento das pré-lajes	3 mm				
19	Armação negativa de vigas e laje	-				
20	Estanqueidade nos pontos de encontro entre peças	-				
21	Distribuição de escoras conforme plano de cimbramento	-				
22	Travamento, alinhamento e cota da forma perimetral	3 mm				
CONCRETAGEM						
23	Molhagem das pré-lajes e pré-lajes antes do lançamento do concreto	-				
24	Concretagem (lançamento, adensamento e nivela mento)	2 cm				
25	Cura da laje	-				
26	Integridade e Terminalidade	-				
27	Limpeza	-				

ASSINATURA/RESPONSÁVEL	ASSINATURA/ENGENHEIRO
DATA: / /	DATA: / /

(fonte: elaborado pelo autor)

Execução de Estrutura de Concreto com Elementos Pré-Fabricados: proposta de método para organização dos processos visando redução no tempo de ciclo

5.3 IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ELABORADO

Após a definição do plano de organização das equipes, em conjunto com os gestores da obra, discutiu-se a possibilidade de implementação de suas proposições. Era consenso entre todos que poderia ser possível atingir o tempo de ciclo proposto, mas se o plano contribuísse para estabilizar a produção em torno do *takt time* já seria muito satisfatório.

O próximo passo foi apresentá-lo para os empreiteiros envolvidos, já que as equipes deveriam passar por mudanças em relação à sua organização na frente de trabalho, que dependiam de seu aval. Encontrou-se alguma resistência inicial, principalmente com a Equipe A, já que as equipes haviam criado uma rotina de trabalho e não estavam habituadas a trabalhar com metas diárias estabelecidas. Foram realizados treinamentos apresentando como seria a nova organização das equipes e quais eram os métodos, metas e controles estabelecidos nesse novo arranjo. Durante esta etapa foi dado espaço para que os trabalhadores expressassem suas opiniões acerca do plano proposto, o que contribuiu para esclarecimentos, oportunidades de melhorias e até mesmo algumas críticas. Esse aspecto deve ser valorizado, pois o sucesso do plano proposto dependia também da aceitação dos trabalhadores, não somente de seu conteúdo.

Para implantar o trabalho padronizado, citado por Fazinga (2012), devem ser estabelecidos o método e a rotina a serem seguidos pelos envolvidos no processo de produção. O método para execução das tarefas, definido através de rotinas operacionais detalhadas, foi transmitido aos envolvidos através de treinamentos, documentações e projetos. Conforme Souza e Abiko (1997) citam, o método baseado numa rotina estabelece o padrão e contribui para um melhor aproveitamento e emprego dos recursos.

Durante as reuniões de produção eram passados aos envolvidos as metas semanais a serem atendidas. Essas metas eram definidas de acordo com o preconizado pelo tempo de ciclo estabelecido para a laje, porém dentro do cenário de possibilidade real de produção para a semana. Essas reuniões contribuía para o envolvimento de todos com as metas, onde também eram apresentadas e discutidas as causas de não cumprimento das tarefas programadas na semana anterior.

A figura 51 estabelece a rotina de atividades para Equipe A. Todos os envolvidos têm atribuições e tempos definidos para as operações que compõem o processo. Essa rotina

detalhada tem como objetivo principal deixar claro aos trabalhadores quais são suas metas dentro do processo. Juntamente com a sequência de produção, os envolvidos tem total conhecimento do fluxo de atividades do processo. As outras equipes também possuem a sua rotina de atividades detalhada. Isso contribuiu para o comprometimento em atender a meta através dos métodos estabelecidos pela construtora.

Os resultados obtidos com a implementação do plano de organização do processo, contribuíram para o aumento da produtividade das equipes. A Equipe A demonstrou instabilidade em seguir a organização proposta em duplas estabelecidas para execução dos pilares. Apesar da preferência por trabalharem num arranjo semi-autônomo, o plano contribuiu para organização da equipe e estabelecimento de fluxo, o que contribuiu demasiadamente para o aumento da produtividade.

O fato de possuírem meta e métodos claramente estabelecidos, além de uma proposta de organização, fez com que a equipe aumentasse seu comprometimento com os prazos. Já que passaram a entender o processo como um todo, e não em sub-processos, conforme mencionado por Koskela (1992). Assim passaram a ter a visão de que um atraso na execução de suas atividades acarretaria em espera para as outras equipes, o que claramente demonstra o envolvimento e comprometimento das equipes para com o andamento do processo.

Estava claro que a concretagem dos pilares era o fator limitante para que a montagem das peças pudesse gerar a produtividade preconizada pelo sistema. Atrélada à definição da unidade de controle em etapas para a montagem dos pré-fabricados, contribuiu para a redução do tempo de ciclo das atividades sequentes à montagem. As Equipes C, D e E puderam assim trabalhar de forma mais organizada o que gerou facilidade para atendimento da meta dentro dos prazos estabelecidos, como pode ser observado nas figuras 52 e 53.

Figura 52 – Montagem pré-fabricados etapa 1, trecho 2, concluída



(fonte: foto do autor)

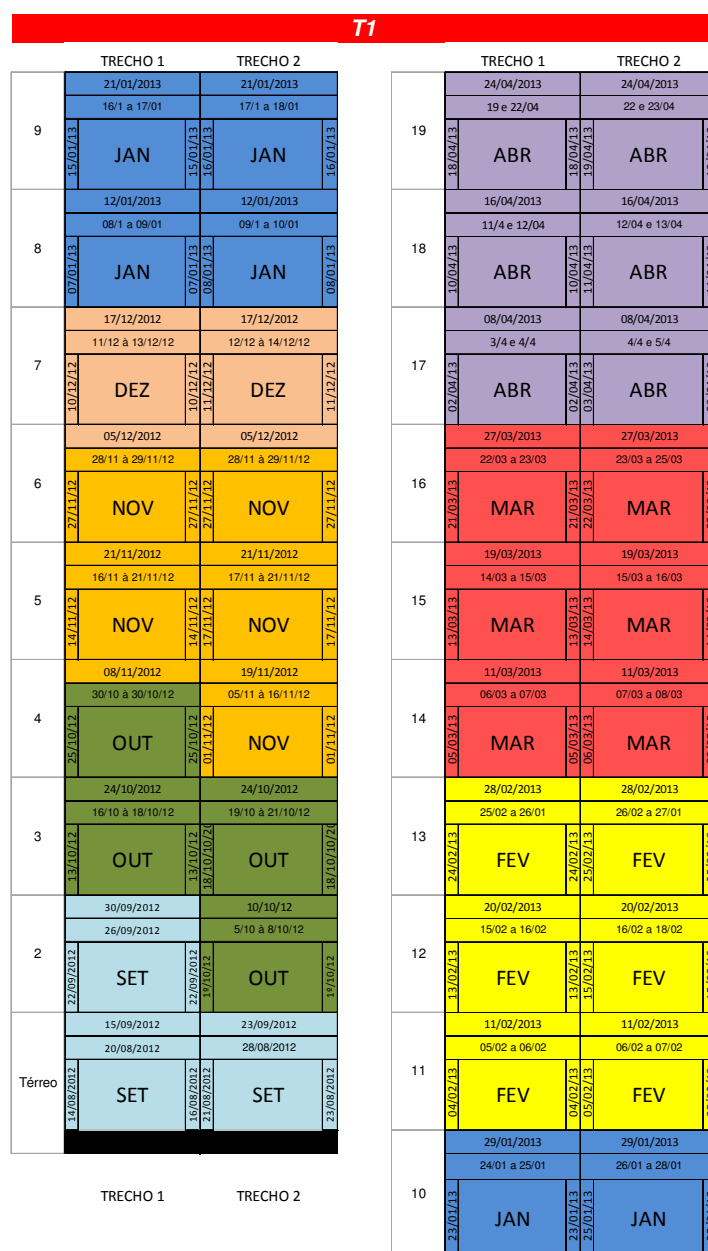
Figura 53 - Distribuição dos eletrodutos na laje, etapa 1, trecho 2



(fonte: foto do autor)

Os resultados obtidos em termos de atendimento ao *takt time* estabelecido pela empresa foram muito satisfatórios. Devido às peculiaridades do próprio setor, como condições climáticas desfavoráveis, rotatividade da mão de obra, variabilidade atrelada à disponibilidade de recursos, retrabalhos, problemas com fornecedores, entre outros, o tempo de ciclo obtido não ficou estabilizado em torno dos 5 dias preconizados pelo plano de organização. A figura 54 apresenta o ciclo de concretagens de laje durante a execução da T1.

Figura 54 - Ciclo de concretagem da estrutura da obra estudada



(fonte: elaborado pelo autor)

De acordo com o exposto na figura 20, o período de implementação do plano organizacional elaborado iniciou-se em novembro de 2012 e se estendeu até o final da estrutura, ou seja, abril de 2013. Considerando que um mês possui na média 21 dias trabalhados, para atender o *takt time* desejado era necessária a produção de 3 lajes em cada mês. Observando o exposto na figura 54, fica constatado que a partir de janeiro de 2013 o processo se estabilizou em torno do *takt time* da obra. Portanto o plano proposto atingiu o seu objetivo inicial, que era o de atender a demanda estabelecida.

Analisando de forma macro tem-se a conclusão que o tempo de ciclo do processo, a partir de janeiro de 2013 se estabilizou em torno dos 7 dias trabalhados. Porém essa não é a verdade pura. Se for analisada de forma individual cada laje executada, constata-se que o tempo de ciclo varia. Em duas oportunidades o tempo de ciclo obtido para o pavimento foi de 5 dias, conforme o preconizado pelo plano. É o caso do 8º pavimento executado em janeiro de 2013 e do 13º pavimento executado em fevereiro de 2013.

Analisando as lajes em que se obteve tempos de ciclo de 6, 7 ou 8 dias, pode ser constatado que em alguns casos ele poderia ter atingido os 5 dias. Porém não o fez devido à falta de disponibilidade de recursos, onde a laje ficou um, dois ou até três dias sem que ninguém trabalhasse nela. Os motivos para falta de recursos variaram, desde problemas com equipamentos, falta de insumos, cura de concreto na laje retardada devido ao uso de aditivos, impossibilitando o início das atividades, paralisação de funcionários. Além de condições climáticas desfavoráveis, o que não pode ser classificado como recurso.

Para amortecer a ociosidade da Equipe A, gerada pelas variabilidades apresentadas acima, ela passou a executar também as atividades em outro torre residencial. Porém, como o objetivo desse trabalho foi analisar o arranjo de uma torre, não serão apresentados os resultados obtidos em função disso. O fato é que isso não afetou na produtividade da equipe, em termos de atendimento do tempo de ciclo, e contribuiu para eliminação da ociosidade da equipe.

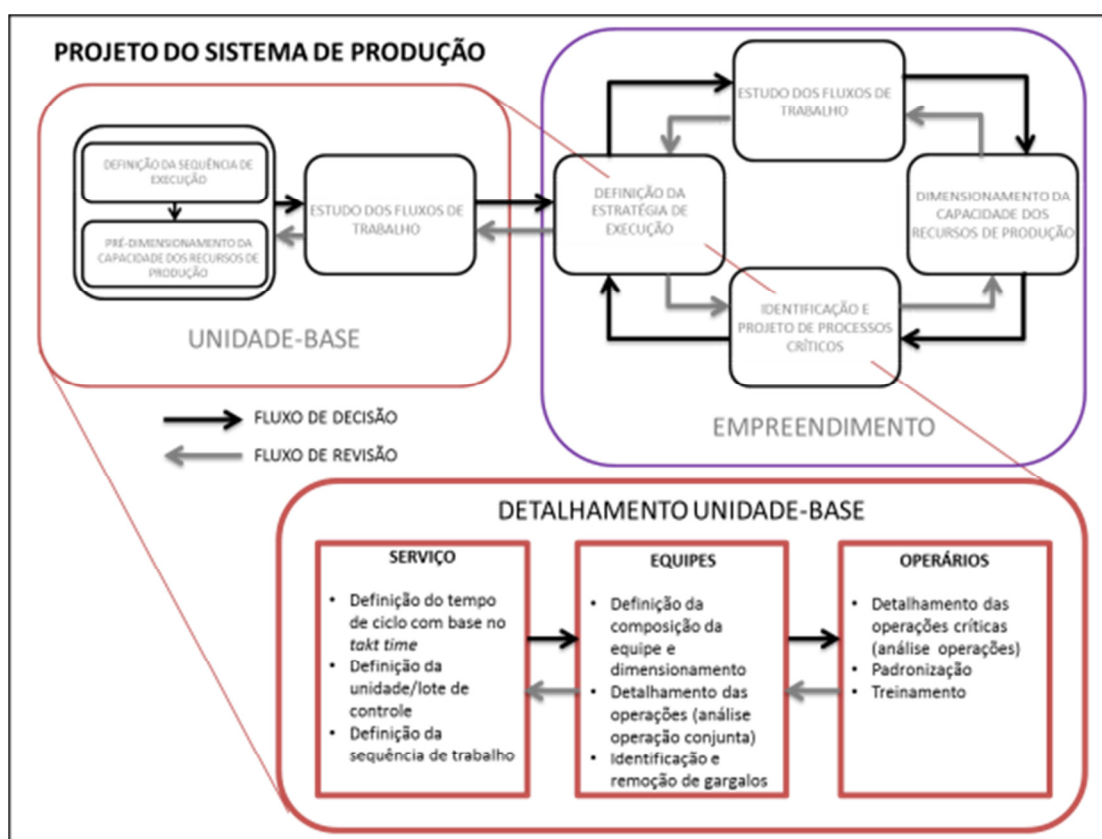
6 DEFINIÇÃO DO MÉTODO

Este capítulo trata da generalização do plano elaborado. Através do que foi realizado é proposto um método de abordagem, pesquisa e desenvolvimento que visa a organização dos processos de produção na construção civil, de maneira que haja aumento na produtividade das equipes, otimização dos recursos e redução no tempo de ciclo. Para a concepção desse método foi utilizada uma abordagem em termos de pesquisa construtiva que, de acordo com Lukka (2003), deve abordar a resolução de problemas enfrentados na produção, de maneira que traga alternativas inovadoras, ou seja, apresente uma nova realidade ao que é encontrado. Isso se faz pensando a solução e validando-a por meio de sua implementação na prática.

O método proposto parte da abordagem do Projeto do Sistema de Produção (PSP), proposto por Schramm (2004), de forma que seja um complemento ao que foi exposto dentro da análise da unidade-base. A proposta é que a unidade-base seja analisada em etapas que são classificadas como **serviço**, **equipe** e **operário**. De modo que estejam integradas em termos de um fluxo de decisão e de um fluxo de revisão, o que contribui para a abordagem sistêmica do processo de produção. A figura 55 apresenta o detalhamento do modelo proposto.

Na verdade, o que se busca é um aperfeiçoamento do processo, com ritmo estável e sem perdas. Sobre isso Smalley (2007) cita que é necessário abordar de forma sistêmica os quesitos relacionados à mão de obra, materiais, equipamentos e método. As próximas seções deste capítulo apresentam um detalhamento sobre cada uma das etapas a serem analisadas.

Figura 55 – Detalhamento da unidade-base dentro do PSP



fonte: elaborado pelo autor)

6.1 SERVIÇO

A etapa de serviço diz respeito ao que deve ser estabelecido em termos de estratégia da produção. É nesta etapa que devem ser definidos o **tempo de ciclo** e qual será a **unidade de controle** mais adequada que contribua com a criação de fluxo contínuo dentro da **sequência de trabalho** estabelecida. Neste contexto a presente seção aborda de maneira ampla o que devem ser abordado para que haja a melhor definição destes requisitos.

Para estabelecer a melhoria do processo é preciso se familiarizar com a tecnologia construtiva. Com isso o gestor passa a ter condições de propor melhorias tangíveis ao processo. Para conquistar o conhecimento desejável é preciso aliar consultas à projetos, documentações, manuais e, acima de tudo, vivenciar a tecnologia construtiva no seu momento de execução.

Vivenciar a tecnologia construtiva é um meio de balizar se o que é preconizado de fato acontece na prática. A partir daí se obtêm conhecimento de como o processo funciona, quais a

perdas inerentes, quais arranjos podem funcionar melhor, quais recursos necessários, entre outros. Então deve ser realizada uma integração entre os procedimentos padrão da empresa com o que realmente será eficiente se utilizado na prática.

Em alguns casos, onde existe essa possibilidade, é possível estudar uma mudança na tecnologia construtiva a ser utilizada, sempre buscando algum modelo de produção com apelo industrializado. Cabe salientar que, dependendo do grau de industrialização do insumo, a tarefa de otimizar o processo pode ser mais difícil, devendo ser levado em consideração o atendimento ao *takt time* exigido.

O mapeamento do processo deve ser feito com antecedência de dois meses do início da obra. Os empreiteiros e encarregados devem participar, para que assim se comprometam e contribuam com o modelo de produção a ser adotado. O ideal é criar dispositivos no contrato firmado entre empresa e empreiteiro, de forma que esteja garantido que ele irá trabalhar conforme as exigências em torno do plano de organização estabelecido.

É importante estudar quais os recursos disponíveis na obra. A logística dentro de um canteiro de obras é fator determinante para a obtenção de fluxo contínuo e estabelecimento de ritmo dentro dos processos na construção. Os recursos estarem disponíveis para aplicação no momento e na quantidade exata torna-se imprescindível para que o processo seja eficiente.

Para isso é necessário que sejam definidos locais de armazenagem, prazos de entrega juntamente aos fornecedores, estoques que amortecem variabilidades, planos de abastecimento, equipamentos e mão de obra necessária para o abastecimento. Quando se optar pela tecnologia construtiva deve ser considerado o nível de exigência logística que este modelo irá necessitar. Em alguns casos o fator logístico é essencial para o sucesso de um determinado modelo construtivo. Por exemplo, no caso estudado o fato de o canteiro de obras possuir um grande espaço contribuiu para que não houvessem problemas de tráfego das cargas de pré-fabricados, o armazenamento e serviços preliminares à montagem desses elementos puderam ser realizados sem que interferissem na rotina de produção da obra.

O *takt time* é a principal referência temporal que se tem a respeito do que deve ser atingido pelo tempo de ciclo do processo. É definido no momento do planejamento da obra e deve ser cumprido. Pode-se dizer que se o processo está atendendo a demanda estabelecida pelo *takt time* ele está sendo eficiente.

Portanto, ao se estudar uma melhoria no processo parte-se sempre da premissa que seu tempo de ciclo deva atender ao *takt time*. Em alguns casos é de interesse dos gestores que o tempo de ciclo seja menor que a demanda estabelecida pelo *takt*. Quando existe essa possibilidade, é uma maneira de absorver as variabilidades do processo, em alguns casos inerentes a ele, e pode ser fator determinante para que a obra termine no prazo.

Porém, deve se ter cuidado para que essa folga dentro do processo não omita perdas que estão ocorrendo durante o processo produtivo. Quando ocorrerem, as perdas devem ser identificadas e eliminadas. De acordo com Liker (2005), é um dos principais aspectos para garantir a eficiência de um processo. O olhar contínuo e sistêmico para a identificação e eliminação das perdas garante com que a cultura da melhoria contínua se faça presente dentro da empresa.

O foco do planejamento deve ser o domínio do fluxo. O que contribui para o processo ser mais eficiente é a criação de fluxo contínuo, ou de ritmo de trabalho. Para isso é preciso pensar o processo de modo que se passe de um estágio até o próximo sem que haja interrupção, pensando o processo de produção em etapas e de maneira que ele seja consistente e previsível. Womack e Jones (1998) citam que o fluxo contínuo precisa estar presente em toda a cadeia de valor da organização, presente nos processos de desenvolvimento, planejamento e produção.

Na prática para se implantar fluxo contínuo é preciso estabelecer a melhor sequência de execução para o processo, respeitando os requisitos técnicos, de maneira que as equipes e seus operários saibam o que deve ser feito, em determinado tempo e qual o próximo passo. Para se criar fluxo contínuo as equipes devem enxergar o processo como um só, e não em sub-processos, de maneira que somente se preocupem em executar suas tarefas.

As equipes não devem ficar ociosas, portanto deve se estabelecer o processo de modo que sempre estejam realizando uma determinada tarefa dentro do processo. Quando isso não for possível, no caso em que determinada equipe participa do processo somente durante parte dele, é preciso estudar soluções para eliminar a ociosidade criada.

Então deve ser analisada a possibilidade de haver sincronização dessas equipes com outras torres, dependendo do número de torres do empreendimento, e pavimentos. No caso do trabalho a equipe B sincronizava suas tarefas em duas torres, evitando assim a ociosidade e

garantindo que o fluxo contínuo estivesse presente nas duas torres. Já a equipe A, em alguns períodos realizava tarefas em outros pavimentos que não o que estava sendo executado. Para isso é necessário pensar e estabelecer o processo de maneira global.

Estabelecer uma unidade de controle menor que o usual (pavimento) permite a antecipação da liberação das frentes de trabalho e consequente entrada das equipes que virão a seguir. Esse tipo de abordagem deve ser feito sempre que possível, passando a se trabalhar com uma janela de tempo expressa em dias. Isso significa que o foco deixa de ser o pavimento e passa a ser o trecho, ou etapa, o que contribui para estabelecer ritmo de produção.

Outro aspecto bastante valorizado e eficaz para implementação das melhorias propostas são as reuniões de produção semanais. Essas reuniões são baseadas no PCP, que deve ser preparado previamente à reunião, o que contribui para a ela não se estenda por muito tempo. O foco principal da reunião deve estar estabelecido na construção de cenários e eliminação das restrições. Deverão participar os gestores da obra, encarregados, representante de suprimentos e segurança do trabalho.

A partir disso é preciso abordar o funcionamento no nível da equipe. A seção seguinte expressa o que deve ser feito nessa etapa para que o processo se torne mais eficiente.

6.2 EQUIPE

No nível das equipes deve ser abordado de maneira profunda o conteúdo do processo. O gestor deve realizar uma descrição sucinta do processo produtivo e analisar qual o fluxo mais eficiente a ser adotado.

Então, é necessário identificar as equipes e quais suas atribuições dentro do processo. As equipes devem ser definidas em razão de suas competências, de maneira que a qualidade do que é executado esteja garantida. Uma equipe especializada em fôrmas não deve ser responsável por executar os eletrodutos da laje, assim como a equipe de armadores não poderá realizar os serviços de fôrmas.

Definidas as equipes, elas devem ser distribuídas de acordo com o fluxograma, de maneira que cumpram com o que é estipulado dentro do tempo de ciclo estabelecido. Para representação do fluxograma é aconselhável fazê-la através de uma rede do processo, na qual

devem estar identificadas as equipes e suas respectivas atividades. Com isso se criam os pacotes de trabalho de cada uma das equipes.

Para identificar as perdas dentro do processo, o MFP é a ferramenta mais adequada. Ao conceber que a produção é uma rede de processos e informações, que se interceptam ortogonalmente, o MFP permite que as atividades que não agregam valor sejam facilmente identificadas e então eliminadas (SHINGO, 1996).

O eixo de processos identifica o fluxo dos objetos da produção, enquanto os eixos de operações identificam os agentes de produção, conforme puderam ser observados na figura 3. Para auxiliar na percepção do que compõe o eixo de processo, é preciso somente observar o fluxo dos componentes do produto no tempo e espaço (SHINGO, 1996).

Os pontos de interseção entre esses dois eixos identificam quando é agregado valor ao produto, e o espaçamento entre eles deve ser reduzido ou até mesmo eliminado, pois representam o espaço e o tempo em que ocorrem as atividades que não agregam valor. Quando é reduzido está ocorrendo melhoria no processo. Cabe ressaltar que é preciso primeiramente focar na melhoria do processo, para então buscar melhorias nas operações (SHINGO, 1996).

É preciso também estipular o tempo desejável para execução de cada operação. Nesta etapa é preciso levar em consideração as capacidades de abastecimento, possíveis restrições físicas, dimensionamento das equipes, cumprimento das exigências técnicas e dos prazos. Porém, deve se ter atenção para não criar ociosidade nas equipes, em detrimento de superdimensionamento. Por isso é importante ao gestor dimensionar as equipes de maneira equilibrada, daí a importância de possuir conhecimento do processo e de como as equipes devem funcionar.

A teoria das restrições menciona que os gargalos se relacionam a falta de capacidade de produção de um processo e que se bem planejados podem maximizar os ganhos, fazendo com que se cumpram os prazos estabelecidos (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004). Todos os gargalos precisam ser identificados, o que fica facilitado nesta etapa de análise, e, então, serem removidos.

Representar o fluxograma através de uma sequência de produção, possibilita relacionar as operações com o tempo. O tempo deve ser expresso em uma unidade de medida menor, de meio dia, por exemplo, pois tem-se um grau de detalhamento maior do processo a partir da análise das equipes, o que permite uma precisão maior das projeções. Ainda assim, se houver dificuldades em enquadrar as equipes dentro do tempo de ciclo desejável, pode se lançar mão da divisão dos trechos em etapas. Isso permite a antecipação da entrada dos próximos serviços, o que contribui para a redução do tempo de ciclo.

O próximo passo é estudar mais profundamente as operações realizadas pelas equipes. Isso se faz através de abordagem no nível dos operários, e está expresso na próxima seção.

6.3 OPERÁRIO

Para que o ritmo de produção aconteça na prática, são necessárias informações precisas de cada uma das operações que compõem o processo, e como se dão as relações entre cada uma dessas operações (BALLARD; TOMMELEIN, 1999). Essas informações dizem respeito ao estabelecimento do trabalho padronizado a ser seguido pelos operários, que deve ter em seu conteúdo o método, restrições e a meta.

As restrições já foram abordadas anteriormente. Porém, é nesse nível de análise que poderão ser identificadas as restrições que mais afetarão a eficiência do processo: a alocação e a disponibilização dos insumos na frente de trabalho. Diferentemente das que deverão ser abordadas no outro nível, que dizem respeito à compra e entrega na obra dos insumos.

Quanto ao método, deve ser estruturado e estabelecido através de rotinas de operações diárias detalhadas, formatadas e desenvolvidas com foco no operário. Deve informar o tempo para execução de cada tarefa e o objetivo a ser atingido (FAZINGA, 2012). Ele deve possibilitar o melhor aproveitamento e emprego dos recursos e ser seguido por todos os operários. Para defini-lo da melhor maneira possível lança-se mão de algumas ferramentas.

Com as operações já definidas, deve se estabelecer o tempo-padrão para a execução de cada uma delas dentro do processo. A maneira mais eficiente de se fazer isso é acompanhar um ou mais trabalhadores qualificados durante a execução de cada tarefa em ritmo normal, através de cronometragem ou filmagem (BARNES, 1999). Em posse dos dados coletados, deve ser feita a análise e então traçar o gráfico de atividade ou homem-máquina, dependendo do caso.

Recomenda-se acrescer tolerâncias que deverão absorver pequenas variabilidades que possam vir a acontecer no processo.

Então, considerando o fluxo da produção e o arranjo das equipes estabelecidos, através da soma desses tempos é possível estabelecer, de maneira segura, o tempo de ciclo para o processo. Obviamente que não podem ser esquecidas as exigências técnicas do processo, como o tempo de cura do concreto, por exemplo. Esse modelo de análise contribui demasiadamente para identificação das perdas, pois se as atividades não estiverem concluídas dentro dos períodos estabelecidos, é sinal de que houve perdas. O que contribui para o aumento da eficiência do processo, ligado diretamente à diminuição das perdas.

Então as equipes devem ser treinadas para que sigam o estabelecido no método. Todos os operários devem receber as rotinas de operação detalhadas, geralmente divididas por dia de trabalho ou equipes, onde cada componente deve estar identificado. A rotina de operação deve detalhar as atividades que compõem o processo, de modo que identifique o modelo organizacional a ser adotado. Quando houver integração de novos operários ela deve priorizar o envolvimento deles com a realidade da obra, não somente uma apresentação conceitual do serviço a ser executado.

Deve-se cuidar para não impor aos operários que sigam rigorosamente as rotinas detalhadas no método, já que eles são mais suscetíveis à arranjos semi-autônomos. A primeira alternativa é sempre enquadrá-los na rotina e arranjo preconizado, porém, se houver resistência, pode se partir para a segunda possibilidade. Ficou evidenciado no trabalho que a simples fato de se estabelecer o método gerou um comprometimento dos trabalhadores em atingir a meta. Não deve deixar de ser mencionado que fugir do padrão abre uma oportunidade de melhoria.

Através dessas definições criam-se as condições para estabelecimento da meta a ser atingida pelos operários. Então ela deve ser balizada com o que foi preconizado. Havendo a necessidade de adequações o procedimento de análise estabelecido por este método de organização deve ser repetido de forma que todos os níveis estejam integrados para o estabelecimento da meta.

Para o controle da produção devem ser utilizadas fichas de verificação da produção, elaboradas a partir das rotinas de operação. A unidade de controle deve ser a mesma estabelecida para a produção, que no trabalho era de trecho para pilares, e etapa para lajes. O

intuito é identificar possíveis desvios na produção no momento em que ainda podem ser tomadas as ações de correção, de modo que o tempo de ciclo e a qualidade não estejam comprometidos.

É importante que, a curto prazo, seja realizado um controle sobre as tarefas de maneira que se saiba se o processo iniciará no dia programado, se existem restrições que atrapalhem seu andamento e se ele está dentro do ritmo planejado. O controle não deve estar baseado em saber se o processo irá terminar no prazo estabelecido, isso elimina possibilidade de identificação das perdas que resulta em tempo perdido.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como principal objetivo propor um método para planejamento da produção de estruturas de concreto que empreguem elementos pré-fabricados. O método proposto, apresentado no capítulo anterior, parte do planejamento dos lotes de produção e transferência e da organização das equipes e equipamentos.

Ele visa suprimir aquela que pode ser considerada a maior restrição neste tipo de processo: atender ao tempo de ciclo de processo que é imposto pelos prazos definidos pelo planejamento de longo prazo do empreendimento. A partir disso, podem ser destacadas três principais contribuições do método apresentado neste trabalho.

O planejamento da produção, embora com forte ênfase na padronização de processo e operações, busca preservar a autonomia das equipes para atribuir as tarefas individualmente aos operários, de forma a incorporar a prática já habitual dos operários destas equipes de trabalhar neste tipo de arranjo semi-autônomo. Isso não apenas confere um maior senso de responsabilidade ao grupo como também permite a variação das atividades mesmo quando necessário um elevado grau de padronização.

Outra contribuição diz respeito aos três diferentes níveis de planejamento que são contemplados pelo método:

- a) o primeiro nível, denominado nível do serviço, tem como principal preocupação resolver o problema de definição da unidade-base e do atendimento ao tempo de ciclo máximo do processo, determinado a partir do *takt time* decorrente do prazo definido no planejamento de longo prazo. No caso estudado neste trabalho, o lote (unidade-base) foi inicialmente definido como um pavimento, a ser executado a cada 7 dias;
- b) o segundo nível, denominado nível da equipe, o processo da unidade-base é definido de forma que, uma vez sendo o trabalho atribuído às diferentes equipes, torna-se possível definir **como** será possível às várias equipes concluírem o trabalho no tempo de ciclo definido no nível do serviço (planejamento das operações das equipes). Neste nível, define-se a forma de coordenação entre as equipes e os prazos que deverão obrigatoriamente serem cumpridos, tanto individualmente como em conjunto. Na situação real investigada, a forma de organização das equipes permitiu que os pavimentos fossem sub-divididos em lotes menores (trechos e etapas), de forma a tornar

tangível o atendimento do tempo de ciclo de 7 dias devido ao adiantamento na entrada das tarefas subsequentes e possibilidade de estabelecer ritmo de trabalho;

- c) no terceiro nível, denominado nível do operário, são detalhadas as operações dos operários, tanto individualmente como em conjunto. O principal objetivo deste nível é definir os papéis a serem desempenhados pelos operários e permitir a coordenação das atividades entre os mesmos. Tais papéis, porém, não são atribuídos diretamente aos operários, sendo que a responsabilidade desta atribuição fica delegada a cada equipe. Apesar de haver a distinção das tarefas para algumas equipes específicas, elas têm total liberdade para se organizar da maneira que preferirem. O objetivo principal nesse nível é difundir a meta a ser atingida, e que ela seja cumprida.

A terceira contribuição do método proposto reside na sua possível integração ao modelo de PSP de Schramm, na forma do planejamento da produção da unidade-base. O método sugere que, quando se tratando de trabalhos que empreguem a utilização de equipes semi-autônomas, tal planejamento possa ser realizado através dos três níveis propostos neste método. Porém, é importante observar que este estudo não teve como objetivo avaliar tal integração, sendo, portanto, necessários estudos adicionais para este fim.

O trabalho ainda demonstrou que os benefícios atingidos durante a implementação não se limitam ao atendimento do tempo de ciclo proposto (ou, de outra forma, ao cumprimento do cronograma estabelecido), mas também que existem significativos ganhos em termos de produtividade.

A pesquisa também buscou identificar ou propor instrumentos que apoiem tanto o planejamento como o controle dos processos acompanhados. No que se refere ao planejamento e controle da produção, foram empregados com sucesso diversas ferramentas da engenharia de produção, em particular a análise proposta pelo MFP, emprego dos elementos do trabalho padronizado, mapeamento do fluxo de valor, concepção do arranjo sócio-técnico de trabalho e o uso de gráficos de atividade. No que diz respeito à qualidade, é proposta uma ferramenta para controle da qualidade do processo produtivo que esteja alinhada ao controle da produção, de forma a facilitar o controle integrado em ambos os aspectos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiro de obras:** proposta baseada em estudos de caso. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- BAGGALEY, B. L.; PARTNER, S. Value Stream Management for Lean Companies. **Journal of Cost Management**, New York, v. 17, n. 2, p. 23-27, Mar./Apr. 2003. Disponível em: <http://www.maskell.com/lean_accounting/subpages/lean_accounting/value_stream_management.html>. Acesso em: 24 abr. 2013.
- BALLARD, H. G.; TOMMELEIN, I. Aiming for continuous flow. **LCI White Paper**, Arlington, Washington, v. 3, p. 1-7, Mar. 1999. Disponível em: <http://www.leanconstruction.dk/media/18426/Aiming_for_Continuous_Flow.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2013.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- BIAZZI JR., F. O trabalho e as organizações na perspectiva sócio-técnica. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 30-37, jan./fev., 1994.
- CAMPOS, V. F. **Qualidade total:** padronização nas empresas. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- FAZINGA, W. R. **Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado.** 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade de Londrina, Londrina, 2012.
- GAMBIRASIO JR., I. Mapeamento do fluxo de valor. In: SEMINÁRIO LEAN SUMMIT, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004. Não paginado. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 4 dez. 2012.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta:** um processo de melhoria contínua. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.
- HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. p. 572-579.
- IMAI, M. **Kaizen:** a estratégia para o sucesso competitivo. 6. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2005.
- ISHIWATA, J. **Productivity through process analysis.** Portland: Productivity Press, 1991.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, CA: Stanford University, 1992. CIFE Technical Report n. 72.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Lean Thinking**. São Paulo, [200?]. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>> Acesso em 10 dez. 2012.

_____. **Léxico lean**: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo: LIB, 2003.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: OJALA, L & HIMOLA, O-P. Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p. 83-101.

MARX, R. Processo de trabalhos e grupos semi-autônomos: a evolução da experiência sueca de Kalmar aos anos 90. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 32, n. 5, p. 36-43, abr./jun. 1992.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: LIB, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: LIB, 1999.

SCHRAMM, F. K. **O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SMALLEY, A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean**. São Paulo: LIB, 2007. Boletim Técnico. Disponível em: <http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_94.pdf>. Acesso em: 21 set. 2012.

SOMMERVILLE, J.; SULAIMAN, N. F. An analysis of cultural elements influencing the implementation of TQM in the UK Construction Industry. In: NORWEGIAN BUILDING RESEARCH INSTITUTE. TRANSFER OF CONSTRUCTION MANAGEMENT BEST PRACTICES BETWEEN DIFFERENT CULTURES, 1997, Oslo. **Proceedings...** Oslo: CIB, 1997. p. 77-85. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB12522.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

SOUZA, R.; ABIKO, A. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo: EPUSP, 1997. Boletim Técnico PCC n. 190.

SPEAR, S.; BOWER, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Boston, v. 77, p. 96-106, Sept./Oct. 1999.

TMC CONSULTORIA EMPRESARIAL. **Glossário**: termos, expressões e conceitos de gestão. [S. l., 200?]. Disponível em: <<http://www.tmc.com.br/#!/glossario/cr0p>>. Acesso em: 28 abr. 2013.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.