



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALESSANDRO KREMER

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DA  
PRODUÇÃO PARA ATIVIDADES DA INDÚSTRIA DA  
CONSTRUÇÃO**

---

Londrina  
2014

ALESSANDRO KREMER

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DA  
PRODUÇÃO PARA ATIVIDADES DA INDÚSTRIA DA  
CONSTRUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Aranha Saffaro.

Londrina  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração

Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Kremer, Alessandro.

Diretrizes para elaboração do projeto da produção para atividades da indústria da construção / Alessandro Kremer. - Londrina, 2014.

146 f. : il.

Orientador: Fernanda Aranha Saffaro.

Dissertação (Mestrado em Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Variabilidade - Teses. 2. Padrão - Teses. 3. Projeto da produção - Teses. I. Aranha Saffaro, Fernanda. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

ALESSANDRO KREMER

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DA PRODUÇÃO  
PARA ATIVIDADES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Aranha Saffaro.  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul -  
UFRGS

---

Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de maio de 2014

## **DEDICO**

Ao meu Pai, Tarcisio Kremer, pelos valores e belo exemplo de vida que nos deixou.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter dado a mim forças para superar as minhas dificuldades.

À minha esposa Fabiula pelo amor, carinho e apoio incondicional durante todo o mestrado.

À Prof<sup>ª</sup>. Fernanda Saffaro pelo profissionalismo, competência e dedicação na condução do meu trabalho, bem como pela paciência e sensibilidade no tratamento comigo.

À Prof<sup>ª</sup>. Ercília Hitomi Hirota e ao Prof. Eduardo Luis Isatto pelas sábias contribuições que oportunizaram minhas reflexões e, conseqüentemente, contribuíram para o enriquecimento desse trabalho.

Aos professores do mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento – ENGEES, que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

À Universidade Estadual de Londrina por oportunizar a minha formação e a CAPES por me proporcionar uma bolsa de pesquisa durante o período que estive em Londrina.

À equipe da empresa onde realizei meus estudos, em especial, aos engenheiros Rogério Cardoso, Fernando, Cazarin, Matheus, Célio e Thalmus, como também aos estagiários Vinicius, Rafael, Fernando e Thamires.

Às equipes de produção, da etapa de estrutura nos empreendimentos em que realizei meus estudos. Por se tratar de inúmeros trabalhadores, menciono apenas os apelidos dos encarregados Cipó e Tonho.

Aos membros do grupo de pesquisa, especialmente Wanessa, Alexandre e William.

Aos novos amigos que conheci durante o mestrado, em especial, Lucas, Charles, Danilton, Caio e Caroline.

À Beatriz pelo auxílio nos momentos difíceis que vivenciei durante esta jornada.

A toda a minha família e amigos pelo apoio e incentivo, em especial aos meus sobrinhos Felipe, Julia, Matheus, Thiago, Arthur, André, Felipe, Luiza e Livia que foram fontes de inspiração para que eu persistisse nesta jornada.

KREMER, Alessandro. **Diretrizes para elaboração do projeto da produção para atividades da indústria da construção**. 2014. 146f. Dissertação (Mestrado. em Engenharia de Edificações e Saneamento).– Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2016.

## RESUMO

Tentativas vêm sendo empreendidas nos mais diversos setores industriais para reduzir a influência da variabilidade na produção. A padronização é tida como uma das formas mais eficazes para reduzir a variabilidade nos sistemas de produção. No Sistema Toyota de Produção, o padrão é denominado de trabalho padronizado e as empresas têm obtido, ao longo dos anos, resultados significativos para reduzir a variabilidade por meio da implantação de padrões. Na indústria da construção, as tentativas que vêm sendo implementadas não têm tido efetividade para reduzir problemas de qualidade, garantir a redução de custos e cumprir os prazos estipulados. Uma das razões para que o estabelecimento apresente dificuldades está relacionado às peculiaridades do setor. Dentre as tentativas de estabelecimento de padrões na indústria da construção está o grupo de Gestão da Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina que desenvolve pesquisa sobre este tema. Em uma das pesquisas realizadas, foi possível desmembrar os componentes conceituais do padrão em elementos constituintes do trabalho padronizado. A presente pesquisa busca estabelecer diretrizes para elaboração do projeto da produção com o intuito de que se tenha um padrão. O projeto foi desenvolvido em dois empreendimentos na atividade da estrutura de concreto do pavimento-tipo. O método da pesquisa foi dividido em três etapas. A primeira etapa compreendeu a pesquisa bibliográfica sobre o tema, o diagnóstico realizado no primeiro empreendimento. Posteriormente, ocorreu a etapa de desenvolvimento que consistia na elaboração do projeto da produção em ambos os empreendimentos e a realização do teste do projeto no segundo empreendimento. Na terceira etapa foi realizada a consolidação das diretrizes. Os resultados obtidos com a pesquisa permitem afirmar que o projeto da produção é um importante meio para especificar os elementos do trabalho padronizado. As constatações evidenciam que determinados elementos devem ser especificados em nível mais aprofundado, enquanto que em outros elementos a especificação deve ser menos aprofundada. Estas constatações são apresentadas na pesquisa por meio do estabelecimento das diretrizes. O acompanhamento realizado nos primeiros ciclos da atividade demonstrou que o projeto da produção não é finalizado no momento em que a atividade é iniciada, pois o projeto precisa ser revisado e melhorado nos primeiros ciclos até que uma melhor maneira de executar a atividade possa ser encontrada, para que, então, um padrão possa ser estabelecido.

**Palavras-chave:** Variabilidade. Padrão. Projeto da Produção.

**KREMER, Alessandro. Diretrizes para elaboração do projeto da produção para atividades da indústria da construção.** 2014. 146p. Dissertation. (Mastering in Construction and Sanitation Engineering).– Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## **ABSTRACT**

Attempts have been undertaken in various industrial sectors to reduce the influence of variability in production. Standardization is considered one of the most effective ways to reduce variability in production systems. In the Toyota Production System, the standard is called standard work and companies have obtained over the years, significant results to reduce variability through the implementation of standards. In the construction industry, the attempts that have been implemented have not been effective to reduce quality problems, reduce costs and meet deadlines. One reason for the establishment of standards presents difficulties is related to the sector's peculiarities. The Management Production Group of the Graduate Program in Building Engineering and Sanitation of the State University of Londrina have been developing research on this topic. In one of the research conducted, it was possible to break down the conceptual standard components in the elements of standardized work. This research seeks to establish guidelines for the preparation of the production design in order that it has a pattern. The design was developed in two developments in the activity of the concrete structure of the floor-type. The method of the study was divided into three stages. The first step involved the literature on the subject, the diagnosis made in the first project. Later, there was the development stage which consisted in developing the production design on both projects and the realization of the project test on the second venture. In the third stage the consolidation of the guidelines was carried out. The results obtained from the research allow us to state that the production design is an important means to specify the elements of standardized work. The findings show that certain elements must be specified in further level, while other elements in the specification should be less thorough. These findings are presented in the research through the establishment of guidelines. The monitoring performed in the first few cycles of activity demonstrated that the production design is not finished at the time when the activity is started, because the design has to be revised and improved in the first few cycles until better way to perform the activity can be found, so, then, a standard can be established.

**Keywords:** Variability. Standard. Production Design.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo convencional de produção (modelo de conversão) .....	20
Figura 2 - Modelo da produção como fluxo .....	20
Figura 3 - Mecanismo da Função Produção .....	21
Figura 4 - Desdobramentos da variabilidade na indústria da construção .....	24
Figura 5 - Pré-condições para realização das tarefas – Sommer .....	26
Figura 6 - Levantamento de estudos com aplicação do TP na indústria da construção .....	31
Figura 7 - Características dos estudos realizados por Mariz (2012) .....	32
Figura 8 - Características do estudo de Fazinga (2012) .....	33
Figura 9 - Desmembramento dos componentes conceituais do padrão em elementos constituintes do TP na indústria da construção .....	34
Figura 10 - Representação do <i>Lean Project Delivery System</i> .....	37
Figura 11 - Modelo de PSP para empreendimentos repetitivos .....	42
Figura 12 - Modelo de PSP para empresas incorporadoras .....	44
Figura 13 - Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea .....	48
Figura 14 - Quadro comparativo de elementos do projeto para produção das vedações .....	49
Figura 15 - Comparação dos fundamentos das funções projeto e planejamento .....	52
Figura 16 - Elementos centrais da abordagem de pesquisa construtiva .....	55
Figura 17 - Delineamento da pesquisa .....	56
Figura 18 - Esboço do modelo inicial para implementação do trabalho padronizado .....	57
Figura 19 - Imagem do empreendimento CIP .....	67
Figura 20 - Imagem do empreendimento TON .....	68
Figura 21 - Sistema de escoramento .....	70
Figura 22 - Fôrma da laje nervurada .....	71
Figura 23 - Definição das etapas de execução da estrutura de concreto. ....	71
Figura 24 - Ordem prioritária de execução das tarefas para o Lado A .....	72
Figura 25 - Transporte arriscado das escoras metálicas .....	74
Figura 26 - Pilha de armaduras depositadas sobre o arranque do pilar .....	74
Figura 27 - Gráfico de distribuição do uso da grua durante o ciclo .....	75
Figura 28 - Distribuição das tarefas pertencentes ao ciclo .....	77
Figura 29 - Sincronização das tarefas em cada lado da laje ao longo do ciclo .....	80

Figura 30 - Pacotes de trabalho do 3º dia do Lado A .....	81
Figura 31 - LT's contendo os recursos necessários para executar os PT's .....	83
Figura 32 - Leiaute da área de trabalho do 1º dia do Lado A.....	85
Figura 33 - Apresentação da execução dos PT's, distribuição dos LT's e leiaute do 1º dia do lado A e 6º dia do lado B – Tarde.....	86
Figura 34 - Reuniões realizadas para elaborar o projeto da produção .....	91
Figura 35 - Detalhamento das operações que pertencem à tarefa de fôrma de pila .....	95
Figura 36 - Local da junta de concretagem que divide dos lados. ....	99
Figura 37 - Sequência de execução das tarefas da atividade em cada lado da laje .....	100
Figura 38 - Distribuição dos PT's no 2º dia lado A e 5º dia lado B .....	101
Figura 39 - MT de componente específico.....	102
Figura 40 - MT de múltiplos componentes. ....	102
Figura 41 - Transporte realizado sem compartimento.....	102
Figura 42 - Empilhamento das armaduras de pilar.....	103
Figura 43 - Compartilhamento das fôrmas de pilar.....	104
Figura 44 - Romaneio de 4 LT's de armadura de pilar .....	104
Figura 45 - Planta com o leiaute da área de trabalho do 1º dia, manhã - Lado A .....	106
Figura 46 - Relação de PT's a serem executados no 1º dia, manhã – lado A .....	106
Figura 47 - Relação de LT's a serem transportados no 1º dia, tarde – Lado A.....	107
Figura 48 - Representação em 3D das metas para cada período .....	108
Figura 49 - Reunião com a equipe de obra na área de trabalho .....	112
Figura 50 - Equipe da EMP-EST trabalhando na atividade (lado A e B) .....	113
Figura 51 - Duração das tarefas pertencentes ao 1º ciclo do lado A .....	114
Figura 52 - Concretagens realizadas durante os ciclos acompanhados.....	115
Figura 53 - Leiaute do lado A da laje no período da tarde do 2º dia.....	116
Figura 54 - Detalhe do ponto-chave para colocação do gualho do pilar.....	120
Figura 55 - Proposta de rotina de prioridades para operação da grua .....	133

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ABRASIP	Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CIP	Empreendimento onde foi realizado o Estudo Empírico 1
EC	Empresa construtora
EMP-ARM	Empreiteira de armaduras
EMP-EST	Empreiteira de estrutura para execução de fôrmas e concretagem
EMP-PRO	Empreiteira de protensão
ES	Engenharia Simultânea
<i>LCI</i>	<i>Lean Construction Institute</i>
<i>LIB</i>	<i>Lean Institute Brasil</i>
<i>LPDS</i>	<i>Lean Project Delivery System</i>
LT	Lote de transporte
MT	Meio de transporte
PPGEES/UEL	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina
PPVA	Projeto para produção de vedação de alvenaria
PSP	Projeto do Sistema de Produção
PT	Pacote de trabalho
PVC	Policloreto de vinila
PV	Pré-vigas
STP	Sistema Toyota de Produção
TON	Empreendimento onde foi realizado o Estudo Empírico 2
TP	Trabalho Padronizado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	Contexto da pesquisa .....	14
1.2	Problema de pesquisa .....	16
1.3	Objetivo da pesquisa .....	17
1.4	Delimitações .....	17
1.5	Estrutura do trabalho .....	18
<b>2</b>	<b>GESTÃO DA PRODUÇÃO</b> .....	19
2.1	Modelos do sistema de produção e suas repercussões na gestão da produção .....	19
2.2	Variabilidade na indústria da construção .....	22
2.3	Disponibilidade de recursos na indústria da construção .....	25
2.4	Padronização e a redução da variabilidade .....	27
2.5	Conteúdo de padrões .....	29
2.5.1	Padrão no Sistema Toyota de Produção .....	29
2.5.2	Padrão na indústria da construção .....	31
2.6	Considerações finais .....	35
<b>3</b>	<b>PROJETOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO</b> .....	36
3.1	Sistema de Entrega de Empreendimentos Enxutos – Lean Project Delivery System - LPDS .....	36
3.2	Estruturação do Trabalho - Work Structuring .....	39
3.3	Projeto do sistema de produção na indústria da construção .....	40
3.4	Projetos para produção na indústria da construção .....	47
3.5	Projeto da produção .....	50
3.6	Natureza das funções projeto e planejamento .....	51
3.7	Considerações finais .....	53
<b>4</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	54
4.1	Estratégia de pesquisa .....	54
4.2	Delineamento da pesquisa .....	56
4.2.1	Delineamento geral .....	56

4.2.2	Descrição das etapas de pesquisa .....	58
4.2.2.1	Etapa 1: Compreensão .....	58
4.2.2.2	Etapa 2: Desenvolvimento.....	59
4.2.2.2.1	Estudo Empírico 1 .....	61
4.2.2.2.2	Estudo Empírico 2 .....	60
4.2.2.2	Etapa 3: Consolidação.....	62
4.3	Fonte de evidências.....	62
4.3.1	Observação direta.....	62
4.3.2	Registro de imagens.....	63
4.3.3	Observação participante .....	63
4.3.4	Múltiplas fontes de evidência - Triangulação .....	64
4.4	Descrição do contexto da pesquisa .....	65
4.4.1	Empresa.....	65
4.4.2	Estudo Empírico 1 .....	66
4.4.3	Estudo Empírico 2 .....	67
4.4.4	Tecnologia utilizada para execução da etapa estrutura.....	68
4.4.5	Estratégia de produção da etapa estrutura.....	70
5	<b>RESULTADOS DA PESQUISA .....</b>	<b>72</b>
5.1	Estudo Empírico 1 .....	72
5.1.1	Diagnóstico .....	72
5.1.2	Elaboração do projeto da produção.....	75
5.1.2.1	Levantamento de documentos .....	76
5.1.2.2	Especificações gerais da atividade.....	76
5.1.2.3	Levantamento de restrições .....	78
5.1.2.4	Definição dos pacotes de trabalho.....	79
5.1.2.5	Levantamentos de recursos para execução dos pacotes de trabalho .....	82
5.1.2.6	Leiaute da área de trabalho.....	84
5.1.2.7	Rotina dos recursos compartilhados.....	87
5.1.2.8	Especificações dentro dos pacotes de trabalho .....	88
5.2	Estudo Empírico 2 .....	89
5.2.1	Elaboração do projeto da produção.....	89
5.2.1.1	Levantamento de documentos .....	93
5.2.1.2	Especificações gerais da atividade.....	94

5.2.1.3	Levantamento das restrições .....	95
5.2.1.4	Definição dos pacotes de trabalho .....	97
5.2.1.5	Levantamento dos recursos para execução dos pacotes de trabalho .....	101
5.2.1.6	Leiaute da área de trabalho .....	105
5.2.1.7	Rotina dos recursos compartilhados .....	108
5.2.1.8	Especificações dentro dos pacotes de trabalho .....	108
5.2.3	Teste do projeto da produção .....	109
5.2.3.1	Apresentação do projeto da produção .....	109
5.2.3.2	Acompanhamento do teste do projeto da produção .....	111
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	121
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	135
	REFERÊNCIAS .....	141

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto da pesquisa

O setor da indústria da construção vem ganhando maior representatividade em relação aos demais setores produtivos. Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), em 2003, o número de empregados do setor era de 1,05 milhões de trabalhadores e em 2013<sup>1</sup> o setor passou a empregar 3,26 milhões de trabalhadores, representando um crescimento médio de 31% ao ano neste período (CBIC, 2013).

Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2013), este crescimento do setor é decorrente de uma série de fatores, entre os quais: a) estabilidade macroeconômica do país; b) investimentos governamentais no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e no Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV); c) regulamentação da alienação fiduciária - Lei 10.931/14 (que trouxe maior segurança jurídica para concessão de empréstimos habitacionais); e d) aumento do emprego formal. Um exemplo deste crescimento é o aumento de mais de 23 vezes no volume de recursos para financiamento imobiliário no período compreendido entre 2002 e 2012 (BACEN, ABECIP apud CBIC, 2013).

Segundo a CBIC, a continuidade do crescimento do setor requer que alguns desafios sejam superados, entre os quais: a) dificuldade de contratação de mão de obra qualificada; b) falta de máquinas e equipamentos para locação; c) aumento do prazo de entrega dos materiais por parte dos fornecedores; e d) baixa produtividade obtida com as tecnologias em uso na indústria da construção (CBIC, 2011).

No tocante aos aspectos de produtividade, qualidade e funcionalidade do produto, Gradvohl et al. (2011) entendem que a indústria da construção está num patamar inferior, se comparado com outras indústrias. Para os autores, isso ocorre em função da baixa taxa de inovação do setor, embora haja também questões relacionadas a fatores institucionais e as peculiaridades do setor.

Koskela (2000) afirma que o ambiente de produção da indústria da construção se diferencia de outros ambientes fabris por apresentar peculiaridades que influenciam nas características dos produtos construídos. Segundo o autor, existem três principais categorias de peculiaridades, são elas: produção local (vinculação com o local do empreendimento e depende de fatores físicos), da organização temporária (organização da cadeia produtiva para viabilizar

---

<sup>1</sup> Número de trabalhadores até setembro de 2013.

o empreendimento) e produto único (baixa ou nenhuma repetitividade do produto). Segundo Vrijhoef e Koskela (2005) a existência dessas peculiaridades fortalece a hipótese de que ocorra variabilidade na produção.

Para Hopp e Spearman (2000), a presença da variabilidade na produção pode ocasionar, entre outros fatores, aumento no tempo de atravessamento do produto (*lead time*), aumento do trabalho em progresso (*work-in-progress*), desperdício da capacidade de produção e baixo volume de produção. A ocorrência dessas variações prejudica o desempenho do sistema de produção e, portanto, tornam a redução da variabilidade um dos mais importantes princípios da gestão da produção a serem perseguidos.

Diversos autores, entre os quais: Koskela (1992), Souza et al. (1995), Imai (1997), Antunes Junior (1998), Spear e Bowen (1999), Santos, Formoso e Tookey (2002), Liker (2005), Treville e Antonakis (2005) e Liker e Meier (2007), entendem que a redução da variabilidade nos processos de produção pode ocorrer por meio da padronização.

Em 1998, o Governo Federal criou o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no *Habitat* (PBQP-H), com o objetivo de melhorar a qualidade dos empreendimentos e reduzir custos e prazos. O programa busca alcançar a modernização produtiva do setor por intermédio da implementação das seguintes ações: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria de qualidade de materiais, formação e requalificação de mão de obra, incentivo à normalização técnica, capacitação de laboratórios, avaliação de tecnologias inovadoras, disponibilização de informações ao consumidor e realização da promoção da comunicação entre os setores envolvidos.

Segundo Souza et al. (1995), existe relação entre os objetivos voltados à redução de custos e à qualidade. Para os autores, a qualidade está relacionada ao atendimento das necessidades dos clientes (externo e interno) e salientam que a padronização é um dos meios para alcançar a integração entre qualidade e custo. Os autores entendem ainda que a implantação de procedimentos padronizados é um importante meio para reduzir a variabilidade dos processos, pois contribui para oferecer produtos finais uniformes e de acordo com os requisitos dos clientes (internos e externos) e melhor utilização dos recursos da produção (materiais, mão de obra e equipamentos). Espera-se como consequência da redução da variabilidade, a melhoria na produtividade, a diminuição do retrabalho e, conseqüentemente, a diminuição do custo.

A temática da padronização da produção no setor da indústria da construção vem sendo estudada pelo grupo de Gestão da Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina (PPGEES/UEL), desde 2008,

com o propósito de buscar o entendimento de modelos teóricos e de meios para alcançar a estabilização da produção.

## **1.2 Problema de pesquisa**

Saffaro, Silva e Hirota (2008) realizaram um diagnóstico da padronização da produção em canteiros de obra e observaram que: a) os procedimentos padronizados, documentados no Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), apresentavam caráter genérico, ou seja, não continham informações suficientes para orientar os trabalhadores na execução da atividade, contribuindo para a não uniformidade dos procedimentos ao nível de detalhamento das operações; b) não havia participação ativa dos operários na definição dos procedimentos padronizados e de sua melhoria; c) os procedimentos documentados no SGQ eram deficientes no quesito comunicação, tendo em vista a forma de aprendizagem do operário; e d) nas obras em que a velocidade de produção é fator relevante, outros aspectos além da qualidade do produto devem ser contemplados nesses procedimentos.

Deste modo, a padronização não vem cumprindo o propósito de reduzir a variabilidade e, por conseguinte, melhorar a produção na indústria da construção.

Várias tentativas vêm sendo empreendidas com o objetivo de aplicar a padronização da manufatura na indústria da construção. O padrão no Sistema Toyota de Produção (STP) é denominado de trabalho padronizado (TP) e vem sendo utilizado nos mais diversos setores fabris, inclusive na indústria da construção.

Mariz et al. (2012) realizaram levantamento no período compreendido entre 2002 e 2010, identificaram vinte e quatro estudos abordando o trabalho padronizado na indústria da construção, entretanto, em apenas duas destas pesquisas, ocorreu a aplicação genuína do TP nos moldes do STP, ou seja, todos os elementos que compõem o TP foram aplicados para a mesma atividade de produção.

Também no contexto da indústria da construção, Fazinga (2012) elaborou pesquisa com o intuito de entender as particularidades da indústria da construção que influenciam o conteúdo do trabalho padronizado. Em função das características da atividade de seu estudo (estrutura de concreto armado do pavimento tipo de um edifício vertical tendo como principal característica o trabalho realizado com equipe numerosa de trabalhadores), a autora percebeu que não foi possível aplicar genuinamente o conceito do trabalho padronizado utilizado no STP. Como forma de detalhar essas particularidades, Fazinga (2012) utilizou como referencial teórico os componentes conceituais do padrão (meta, restrições e método) propostos por Kondo (1991).

A autora elencou os elementos do padrão categorizando-os segundo os componentes conceituais de Kondo (1991) e constatou que havia um grande número de elementos (dezoito) que precisam ser especificados para que um padrão possa ser estabelecido. Ainda verificou que a especificação destes elementos depende das particularidades do empreendimento, do sistema construtivo e dos recursos disponíveis, isto é, cada empreendimento deverá ter uma especificação particularizada. Além disto, a autora também percebeu que existe uma grande interdependência entre as especificações dos elementos (a especificação de um elemento interfere na especificação de outro elemento). Portanto, apresenta-se como lacuna de pesquisa como especificar cada um dos elementos elencados por Fazinga (2012) com o intuito de se estabelecer um padrão.

Howell e Ballard (1999) propõem que as atividades de um empreendimento possam ser especificadas e detalhadas por meio da elaboração do “*design of operations*” com o intuito de que um padrão possa ser estabelecido. Os autores utilizam este termo para se referir ao projeto da produção da atividade em que durante a elaboração deste projeto serão considerados inúmeros aspectos, desde a disponibilização de recursos (materiais, equipamentos, mão de obra, local) e também em relação à, por exemplo, determinar a sequência de execução, a divisão de equipes e as formas de transportar os recursos. Estes mesmos aspectos também são apontados na pesquisa de Fazinga (2012).

A partir da lacuna de pesquisa do estudo de Fazinga (2012) e dos estudos que apontam o projeto de produção como uma forma de especificar e detalhar a produção, se definiu a seguinte questão de pesquisa:

Como especificar os elementos pertencentes ao padrão de uma atividade da indústria da construção por meio da elaboração do projeto da produção?

### **1.3 Objetivo da pesquisa**

Propor diretrizes para elaboração do projeto da produção por meio da especificação dos elementos constituintes do padrão para atividades da indústria da construção.

### **1.4 Delimitações**

Este trabalho apresenta a seguinte delimitação:

A atividade estudada nos empreendimentos compreendia uma equipe com um grande número de trabalhadores e, estes, organizavam-se em grupos para realizar as tarefas pertencentes ao ciclo.

### **1.5 Estrutura do trabalho**

O trabalho está dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo consiste na introdução, em que são apresentados o contexto de pesquisa, o problema de pesquisa, os objetivos da pesquisa e as delimitações.

A revisão bibliográfica foi dividida em dois capítulos: O capítulo dois aborda a revisão da gestão da produção, com enfoque específico para a variabilidade e a padronização; e o três apresenta os projetos relacionados à produção.

O capítulo quatro relata o método de pesquisa, descrevendo a estratégia de pesquisa, o delineamento da pesquisa, descrição das etapas de pesquisa, descrição do contexto e, por fim, as fontes de evidência.

No capítulo cinco, são apresentados os resultados da pesquisa referentes os estudos empíricos realizados. E no capítulo seis, aborda-se a discussão dos resultados.

No capítulo sete, encontram-se as conclusões da pesquisa e as sugestões para estudos futuros.

## **2 GESTÃO DA PRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica da gestão da produção, abordando, inicialmente, os princípios que regem os modelos dos sistemas de produção, em especial, o modelo sob a perspectiva de fluxo.

Em seguida, aborda-se a redução da variabilidade, como um importante princípio para a gestão do sistema de produção e busca-se esclarecer quais são as causas, como a variabilidade se manifesta na produção, em especial, na indústria da construção.

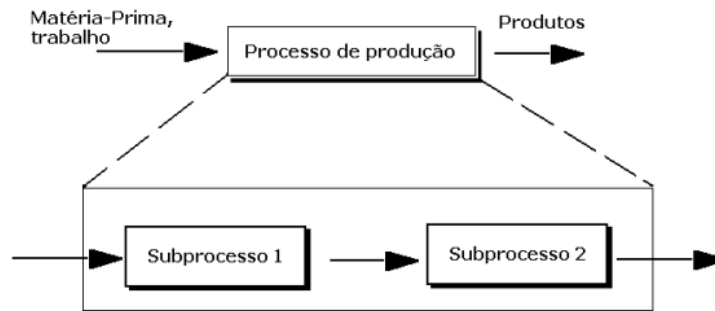
É enfatizada também a importância da disponibilidade dos recursos nas estações de trabalho para reduzir a variabilidade, principalmente em função das particularidades existentes no sistema de produção da indústria da construção.

Uma das formas de reduzir a variabilidade é por meio da padronização. Duas abordagens da padronização são apresentadas na literatura, uma proveniente do Sistema Toyota de Produção, em que o padrão é representado pelo trabalho padronizado e apresenta uma especificação detalhada do trabalho de cada operário, outra aplicada ao contexto da indústria da construção, em que as especificações são mais apropriadas ao sistema de produção desse setor.

### **2.1 Modelos do sistema de produção e suas repercussões na gestão da produção**

Os primeiros estudos sistemáticos a abordarem intervenções nos processos de produção foram desenvolvidos por Frederick Taylor (estudos de tempos) e pelo casal Gilbreth (estudos dos movimentos), resultando no paradigma da produção em massa (SANTOS, 1999).

Na interpretação de Taylor, um processo de produção pode e deve ser dividido em subprocessos, sendo esses entendidos como unidades de conversão e que, por meio de processos de conversão (trabalho), a matéria prima é transformada em produto final. Com base na interpretação de Taylor, as melhorias geradas nos subprocessos impactam em melhorias no desempenho do processo de produção como um todo (Figura 1).

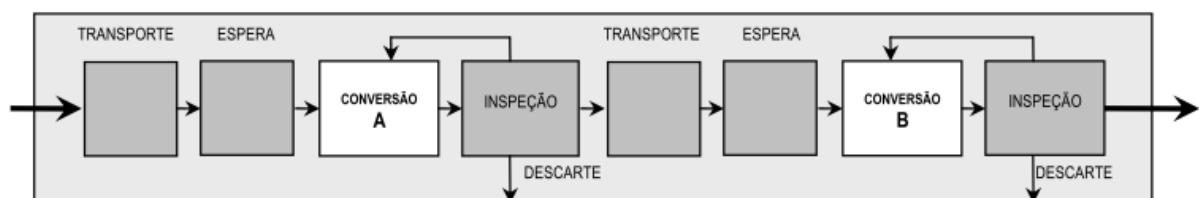
**Figura 1 - Modelo convencional de produção (modelo de conversão)**

Fonte: Koskela (1992, 2000).

Esta forma de representação do sistema de produção ignora as inter-relações entre as partes constituintes do processo de produção, focando na transformação, ou seja, na conversão em produtos semiacabados, sendo por isso, denominada por Koskela (1992), de modelo de conversão.

Uma importante premissa desse modelo consiste no fato de que o desempenho do processo pode ser avaliado pela soma de diversas operações: do trabalho desenvolvido pela mão de obra e pela utilização das máquinas dentro das unidades de conversão (subprocessos). Em virtude do emprego do modelo de conversão para a gestão da produção, os fluxos físicos, correspondentes ao fluxo de materiais, de mão de obra no tempo e no espaço, foram ignorados.

O entendimento da produção como fluxo é apresentado no modelo da Figura 2. Somente as caixas brancas apresentadas na figura referem-se às etapas que agregam valor, sendo que as demais não agregam valor ao produto. Koskela (1999) entende que melhorias na produção voltadas a entregar mais valor ao cliente devem acontecer por meio da redução ou eliminação dos elementos que não agregam valor ao produto.

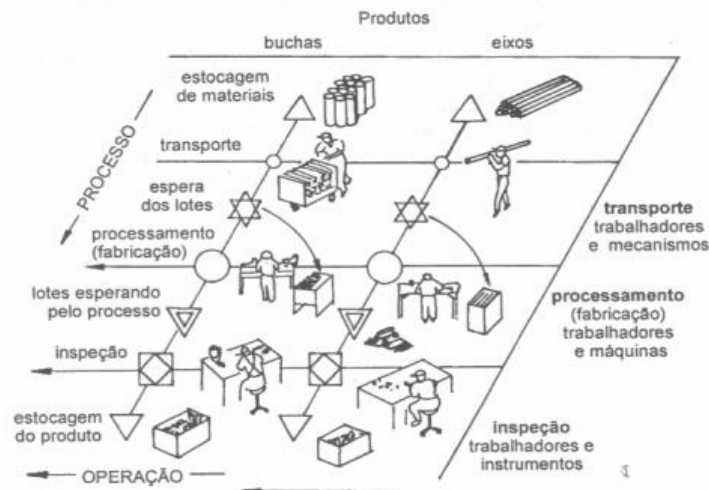
**Figura 2 - Modelo da produção como fluxo**

Fonte: Koskela (1999).

Para representar o sistema de produção sem as deficiências decorrentes das simplificações do modelo de conversão, Shingo (1996) propôs o Mecanismo da Função Produção (MFP) (Figura 3). O eixo vertical da figura 3 representa o processo, entendido como o fluxo de materiais no espaço e no tempo, transformando matéria-prima em produto

semiacabado e, posteriormente, em produto final. O processo pode estar relacionado a um material ou a uma informação. O eixo horizontal da figura 3 representa as operações, que consistem na atuação da mão de obra ou de equipamentos, que provocam uma mudança de estado no material, é o trabalho desempenhado para realizar o processamento, transporte e inspeção para produzir o produto.

**Figura 3 - Mecanismo da Função Produção**



Fonte: Shingo (1996).

A representação da produção por meio do MFP permite constatar que: (a) processo e operações pertencem a eixos diferentes e ortogonais, portanto, processo não resulta da soma das operações; (b) nos pontos de intersecção dos eixos, o material sofre algum tipo de operação exercida pela mão de obra ou equipamentos; e (c) em determinados momentos, ao longo do processo, há um estado de inatividade, isto é, não há a ocorrência de qualquer tipo de operação, embora o tempo, importante dimensão de negociação com o cliente, esteja transcorrendo. Nestes momentos, pode estar ocorrendo espera do processo, quando um lote inteiro aguarda para ser processado ou espera do lote, quando uma peça do lote está sendo processada, inspecionada ou movimentada e as demais peças estão em condição de espera.

Estudos conduzidos por Alves (2000) mapearam processos de produção a partir do MFP e evidenciaram que, no contexto da indústria da construção, a incidência das operações de conversão (processamento), responsáveis pela efetiva agregação de valor ao produto entregue ao cliente, é baixa em relação às operações de transporte e de inspeção e à espera. Em especial, as operações de transporte e a espera apresentaram incidência bastante elevada na referida pesquisa, principalmente, devido a deficiências nos fluxos físicos, tais como:

- Alta incidência de transporte decorrente de elevados níveis de estoque de materiais e armazenagem em locais inapropriados;
- Alta incidência de paradas da mão de obra oriundas da falta de materiais, equipamentos e informações para realizar a tarefa e por conflitos de espaço e tempo no desenvolvimento das tarefas das diversas equipes; e
- Elevados níveis de estoque de trabalho em processamento (trabalho em progresso), ocasionados pelo fato do trabalho ser executado em grandes lotes, ocorrência de desnivelamento da produção e falta de sincronização da mesma.

Alves (2000), assim como outros autores, entre eles, Hopp e Spearman (1996) e Koskela (2000), confirmam que a variabilidade é uma causa significativa das deficiências no fluxo físico, uma vez que a presença da mesma leva a operar com altos níveis de estoques, grandes lotes de produção e problemas no suprimento para a execução das tarefas.

Desta forma, é oportuno aprofundar o entendimento sobre a variabilidade, as formas de seu comportamento, a forma de manifestação, as particularidades na indústria da construção e as alternativas de atuação para minimizar os impactos no ambiente de produção.

## **2.2 Variabilidade na indústria da construção**

A variabilidade existe em qualquer sistema de produção e pode causar um grande impacto sobre o desempenho do sistema, portanto é necessário ter capacidade de medir, entender e gerenciar a variabilidade para que a produção ocorra de forma eficiente (HOPP; SPEARMAN, 2000).

A indústria automobilística vem apresentando constantes melhorias no sistema de produção, inclusive no que tange a redução da variabilidade. O setor apresenta uma série de características similares a outras indústrias de manufatura, tais como: produção de poucos tipos de produtos principais (pequenas variações de um produto para o outro), alto volume de produção e linha de produção conectada por uma rotina de trabalho. Por outro lado, a indústria da construção caracteriza-se por produzir produtos únicos a partir de uma demanda do cliente, utilizando um processo complexo em que o produto é altamente personalizado e utilizando um sistema de produção, que predominantemente, segue uma sequência única de tarefas (YU et al., 2007). Essas características diferenciam a indústria da construção das outras, principalmente em função de três peculiaridades mais relevantes (KOSKELA, 2000; VRIJHOEF; KOSKELA, 2005):

1. A primeira peculiaridade refere-se à produção local. Na indústria da construção, o produto fica vinculado ao local e depende de fatores físicos (condições do solo e clima).

Com isso, a organização da produção e a cadeia de suprimentos precisam convergir para entregar os recursos a serem utilizados no local onde o produto será construído.

2. A segunda peculiaridade refere-se ao fato do produto ser único. Esta peculiaridade evidencia a baixa ou nenhuma repetitividade dos empreendimentos e demonstra a natureza de protótipo que a construção assume, pois a construção pode ser tipificada como uma indústria baseada no empreendimento.

3. A terceira peculiaridade é a organização temporária, a qual é consequência do inter-relacionamento das duas primeiras peculiaridades (produção local e produto único). Isto ocorre porque os envolvidos (empreiteiras, subempreiteiras, fornecedores) unem-se para a construção de um determinado empreendimento (produto único), a ser construído em um determinado local empregando os recursos disponíveis (produção local) e necessitam de materiais, máquinas, mão de obra, entre outros recursos para serem utilizados durante o período de construção do empreendimento.

As peculiaridades da indústria da construção tornam complexa a gestão para construir o empreendimento (produto) e, com isso, essa indústria torna-se, potencialmente, mais sujeita a variabilidade durante a produção do que em outros setores industriais. Portanto, faz-se necessário entender melhor como a variabilidade se comporta.

Hopp e Spearman (2000) afirmam que existem dois comportamentos típicos da variabilidade na produção: O primeiro inclui fatores randômicos (incontroláveis) compreendendo situações em que a variação decorre de eventos que estão fora do controle imediato dos envolvidos no processo, de contingências que não podem ser previstas ou controladas, em um primeiro momento. Na indústria da construção podem ser enquadradas neste tipo de comportamento as seguintes situações: condições climáticas, condições do solo, regulação governamental, flutuações de mercado, situação econômica e greves. Os fatores incontroláveis causam prejuízos diretos à produção por meio da variabilidade.

O segundo comportamento, constitui-se de fatores controláveis e compreende as situações em que o resultado da variação decorre, por exemplo, de uma tomada de decisão. Nesta esfera, podem ser enquadradas as seguintes situações: problemas na programação, controle de qualidade (retrabalho), segurança, inspeções, programa de treinamento e gestão da cadeia de suprimentos. A produção pode ser afetada em função destes fatores gerando maior ou menor grau de variabilidade. No entanto, a própria produção pode gerar variabilidade nos fatores controláveis e prejudicar o desempenho do sistema, pois, por exemplo, a execução de determinada tarefa com qualidade abaixo do estabelecido vai requerer retrabalho e, por conseguinte, causar variabilidade no desenvolvimento das tarefas posteriores.

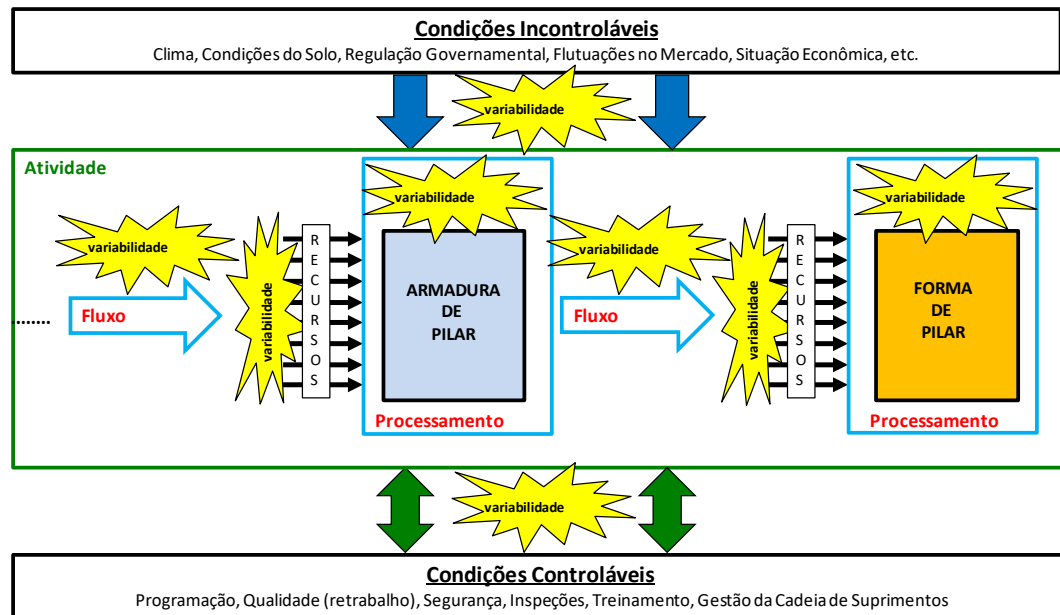
Além do comportamento da variabilidade (incontrolável e controlável), Hopp e Spearman (2000) afirmam que a variabilidade pode se manifestar em diferentes etapas do sistema de produção, com probabilidade de ocorrer no momento do processamento dentro da estação de trabalho ou no fluxo entre estas. A variabilidade no processamento ocorre, por exemplo, em decorrência da quebra de máquinas ou desvios nos tempos de *set-up* planejados. Já a variabilidade no fluxo ocorre quando a variabilidade em uma estação de trabalho afeta o comportamento da estação de trabalho anterior ou posterior, ou seja, se refere à variabilidade entre as estações de trabalho.

Os autores Hopp e Spearman (2000) sustentam ainda que apenas uma parcela pequena do tempo de produção é despendida no processamento, sendo que a maior parte do tempo é consumida com a espera por recursos. Portanto, é de extrema importância conhecer a variabilidade no fluxo da linha de produção, principalmente para entender as causas da espera, bem como, encontrar maneiras de reduzi-las ou eliminá-las.

Santos, Formoso e Tookey (2002) entendem que a estabilidade no fluxo de produção requer a redução da variabilidade no fluxo e no processamento. Para os autores, o entendimento é que a variabilidade no tempo de processamento se constitui em uma das principais causas da variabilidade no fluxo. Entretanto, chamam a atenção para o fato de que embora a variabilidade no tempo de processamento se constitua em uma das causas da variabilidade no fluxo, grande parte da instabilidade nesse tempo decorre de esperas por recursos (*inputs*), tais como: materiais, mão de obra, equipamentos e informações.

Em função das peculiaridades da indústria da construção, o processamento só pode ocorrer se os recursos necessários para realização da tarefa estiverem disponíveis nas estações de trabalho que são móveis. A ilustração apresentada na Figura 4 busca demonstrar como se dá a variabilidade neste caso, por meio do tipo de comportamento e do momento em que a mesma ocorre.

**Figura 4 - Desdobramentos da variabilidade na indústria da construção**



Fonte: Adaptado de Santos, Formoso e Tookey (2002) e Yu et al. (2007).

Segundo Yu et al. (2007), o inter-relacionamento das situações em que a variabilidade ocorre na indústria da construção leva a potencializar o efeito da mesma em toda a produção do empreendimento. Por exemplo, um pequeno atraso na escavação da fundação decorrente do mau tempo (forte chuva), no dia em que o serviço iria ser realizado, pode impactar na impossibilidade do prestador executar o serviço no dia seguinte, caso hajam compromissos previamente agendados e como consequência a escavação terá que ser realizada numa data futura. Há probabilidade de esta remarcação implicar em dificuldades na execução das atividades<sup>2</sup> subsequentes da obra gerando o efeito cascata.

### 2.3 Disponibilidade de recursos na indústria da construção

A disponibilização de recursos é importante na linha de produção de qualquer indústria.

Na indústria de manufatura, Smalley (2007) afirma que a redução da variabilidade para execução de uma tarefa está associada à estabilidade básica. O autor define estabilidade básica como sendo a previsibilidade geral e disponibilidade constante das categorias de fatores que afetam a produção: 4M's – Mão de obra, Máquinas, Materiais e Métodos. Com exceção da categoria métodos, todas as demais estão diretamente relacionadas à disponibilização dos recursos para a produção.

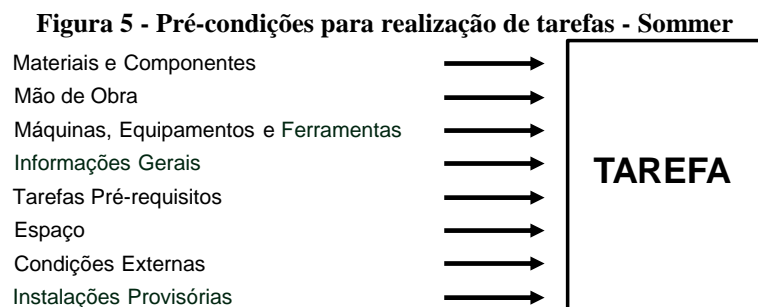
<sup>2</sup> Assumpção (1996) estruturou a execução de um empreendimento por meio da decomposição da obra em subsistemas, atividades e serviços. Por exemplo, uma obra pode ter os subsistemas de fundações, estrutura, alvenaria, reboco, pisos, etc. O subsistema de estrutura da torre pode ser decomposto nas atividades de estrutura até 1ª laje tipo, estrutura da laje tipo e estrutura da cobertura. Por sua vez, a atividade de estrutura da torre da laje tipo pode ser decomposta nos serviços: fôrma de pilar, colocação de pré-viga, escoramento da laje, entre outros. Assim, este trabalho adota que o termo serviço e o termo tarefa são similares.

A disponibilização de recursos também é abordada por Ronen (1992), por intermédio do termo *kit* completo. Para o autor, *kit* completo “[...] é o conjunto de componentes, desenhos, documentos e informações necessários para completar uma determinada montagem, submontagem ou um processo”. Segundo o autor, antes do início da execução da tarefa devem ser disponibilizados todos os *inputs* necessários à conclusão da mesma.

Para Ronen (1992), a falta de fornecimento de um *kit* completo durante a produção pode gerar os seguintes problemas: (a) trabalho em progresso – *work in progress*; (b) aumento e alta variação do tempo de atravessamento – *lead time*; (d) baixa qualidade e retrabalho; (e) queda de produtividade; (f) queda na taxa de transferência; (g) mais despesas operacionais; (h) queda na motivação do trabalhador; (i) aumento da complexidade dos controles; e (j) menos esforços para assegurar a chegada dos componentes faltantes no *kit*.

Na indústria da construção, para a execução de uma determinada tarefa são necessários inúmeros recursos (*inputs*), que devem ser disponibilizados nas estações de trabalho, no local em que a mesma será realizada. Koskela (1999, 2000) elencou sete pré-condições (*inputs*) que devem ser cumpridas para a realização da tarefa: informações de projeto, materiais e componentes, mão de obra, máquinas, equipamentos, espaço, tarefas pré-requisito e condições externas.

Sommer (2010) propôs a inclusão de um oitavo *input* referente à disponibilização de instalações provisórias (ex.: elétricas e hidráulicas) para realização da tarefa, a inclusão do item ferramentas no *input* máquinas e equipamentos e uma maior abrangência do *input* de informações de projeto passando a denominá-lo de informações gerais. Portanto, adota-se neste trabalho, as pré-condições propostas por esta autora, conforme apresentado na Figura 5.



**Fonte:** Sommer (2010).

A execução das tarefas está condicionada à disponibilidade e previsibilidade de cada um dos oito *inputs* apresentados na figura 5. Cada um dos *inputs* necessários para a realização de uma determinada tarefa possui uma variabilidade específica, que será obtida pela combinação

das variabilidades de cada um dos oito *inputs*. Quanto maior a variabilidade de cada *input*, maior será a variabilidade da tarefa.

A gestão da produção deve estar focada, portanto, em garantir a disponibilização e previsibilidade dos *inputs* para reduzir a variabilidade e, conseqüentemente, garantir melhor desempenho da produção. Como já descrito no item 1.1, vários autores apontam que uma das formas de reduzir a variabilidade nos processos de produção é por intermédio da padronização, tema que será abordado a seguir.

#### **2.4 Padronização e a redução da variabilidade**

Segundo Imai (1997), a padronização promove a redução da variabilidade, pois estabelece uma meta a ser atingida e define um método a ser seguido pelos envolvidos para cumprí-la.

O estabelecimento da meta define claramente para toda a equipe envolvida na execução da atividade o objetivo a ser alcançado e tende a haver uma convergência do desempenho da atividade em relação à meta estipulada.

A utilização de padrões pode contribuir para a redução da variabilidade de comportamento randômico, pois estabelece método único a ser seguido pelos envolvidos (WILLIAMS, 2002 apud SAFFARO, 2007).

Imai (1997) argumenta que a manutenção de padrões é uma das principais funções da gestão, porque sem eles não há como saber se a atividade está sendo executada corretamente ou não. Para o autor, medidas precisam ser tomadas em função das situações. Por exemplo, se a variabilidade estiver relacionada à falta de padrões, os mesmos devem ser estabelecidos. Caso a variabilidade persistir, é preciso determinar as causas e revisar ou atualizar os padrões existentes, bem como verificar se estão claros para a equipe de trabalho (SANTOS, 1999).

Segundo o *Productivity Press Development Team* (2002), os padrões são especificações que elucidam os atributos que um produto deve possuir ou determinam como a produção deve ser desenvolvida para atingir essas características. No entanto, é preciso definir o grau de detalhamento que o padrão irá possuir.

Para Berger (1997), os padrões apresentam diferentes tipologias em decorrência das características do produto e do processo. Nas situações em que o padrão possa ter especificações bem detalhadas se permite a aplicação de padrões diretos. Já para as situações em que esses não podem ser detalhados, as especificações ficam restritas a garantir que a disponibilização dos recursos ocorra de forma adequada e, portanto, são estabelecidos padrões indiretos.

Segundo Campos (1992), os padrões podem ser categorizados em: padrões de sistema e padrões técnicos.

Os padrões de sistema referem-se a processos administrativos ou de serviço<sup>3</sup>. Para o autor, os padrões técnicos abordam o processo de produção do produto e são divididos em:

a) Padrões de Qualidade: abordam as especificações relativas ao produto (dimensões, aparência, componentes, entre outras) e representam as características da qualidade de tal forma que os operários consigam entendê-las.

b) Padrões de Inspeção: estes padrões são elaborados à partir da definição do que precisa ser inspecionado e como a inspeção deve ocorrer. O objetivo é evitar a ocorrência de não conformidades durante o processo de produção.

c) Padrões de Operação: tem a função de fornecer as informações para que os trabalhadores tenham condições de produzir o produto ou partes dele, respeitando os padrões de qualidade pré-estabelecidos. Estes podem ser subdivididos em:

- i. Padrão técnico de processo;
- ii. Padrão operacional.

Em virtude do enfoque da presente pesquisa estar diretamente relacionado aos padrões de operação, o padrão técnico do processo e o padrão operacional serão explorados de forma mais aprofundada.

O padrão técnico de processo (PTP) compreende o conjunto de todas as especificações necessárias para o processo de fabricação, desde o momento em que os materiais e componentes (matéria-prima) começam a ser manuseados até quando o produto estiver concluído. O PTP precisa conter informações que propiciem o controle sobre a produção do produto, incluindo os itens a serem controlados, os responsáveis pelos controles, a periodicidade das verificações e instrumentos para auferí-las. Para cada produto ou grupo de produtos de uma empresa, haverá um ou mais PTP's específicos (CAMPOS, 1992).

Segundo Campos (1992), o conteúdo do PTP pode variar de acordo com a empresa e o produto que estiver sendo produzido, no entanto, alguns itens são indispensáveis, tais como:

- a) Fluxograma do processo;
- b) Características de qualidade;
- c) Itens de controle dos trabalhadores;
- d) Descrição de como o controle ocorrerá.

---

<sup>3</sup> Em função do foco desta pesquisa não estar relacionado a padrão de sistema, esta categoria não será abordada.

O outro padrão de operações é o procedimento operacional (PO). Os PO's são padrões preparados para os trabalhadores ou pessoas ligadas à atividade, de forma a atingir os objetivos propostos no PTP e nos padrões de qualidade. O PO será sempre o ponto final das informações técnicas e gerenciais. Para tal, sua elaboração deve ser altamente criteriosa para evitar que a produção ocorra fora das especificações previstas (CAMPOS, 1992).

Além de entender a categorização e as especificidades dos padrões também é importante compreender o conteúdo que deve compor um padrão. Este tema será explorado no próximo tópico.

## **2.5 Conteúdo de padrões**

Segundo o *Productivity Press Development Team* (2002) a padronização compreende as seguintes etapas: o estabelecimento, a comunicação, a adesão e a melhoria do padrão.

Para Kondo (1991), o padrão é constituído por três componentes conceituais:

- a) Meta: objetivos a serem atingidos com o trabalho;
- b) Restrições: aspectos que devem ser respeitados na realização do trabalho;
- c) Método: meios utilizados para realizar o trabalho.

No trabalho de Fazinga (2012), os componentes conceituais do padrão elencados por Kondo (1991) foram aprofundados de forma a permitir um melhor entendimento dos mesmos. Com base na literatura de gestão voltada à melhoria do processo de produção e com base nos dados empíricos, a autora propôs um desdobramento do componente método. Estes elementos serão apresentados no tópico 2.5.2.

### **2.5.1 Padrão no Sistema Toyota de Produção**

A padronização no Sistema Toyota de Produção é baseada nos princípios de engenharia industrial implantados por Taylor (busca de melhores métodos de trabalho para obter produtividade com menor custo possível), nos princípios da administração científica idealizados por Ford (produção em série com padronização de tarefas) e, principalmente, na metodologia *Training Within Industry* (TWI), utilizada pelos aliados durante a Segunda Guerra Mundial (HUNTZINGE, 2005).

Essa metodologia (TWI) é composta por três programas: instruções de trabalho, método de trabalho e relações de trabalho. Além disso, foi disseminada da mesma forma que os programas de qualidade, levados ao Japão após a Segunda Guerra Mundial e propagados entre as empresas de lá, inclusive na Toyota.

Segundo LIB (2003), Liker (2005), Kishida et al. (2006), Liker e Meier (2007), Smalley e Kato (2010) e Martin e Bell (2011), a padronização no STP foi denominada de trabalho padronizado.

O LIB (2003) define trabalho padronizado como um conjunto de procedimentos precisos estabelecidos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção. Para Kishida et al. (2006), o TP é uma ferramenta centrada no movimento e trabalho do operador, aplicada em situações de processos repetitivos, visando à eliminação de desperdícios. O TP é composto pelos seguintes elementos:

- (a) *Takt-time*: é a taxa de demanda de produtos pelo cliente (WHITMORE, 2008);
- (b) Estoque Padrão: é a quantidade mínima de estoque necessária para garantir a continuidade do fluxo de produção (OHNO, 1997);
- (c) Sequência de Trabalho: a ordem das ações que cada trabalhador deve desempenhar para atender o *takt-time* (MONDEM, 1997).

Os elementos do trabalho padronizado configuram-se no desdobramento do conceito de padrão estabelecido por Kondo (1991), ou seja, busca-se, por meio dos elementos, reduzir o nível de abstração e atender as especificidades do STP.

Fazinga (2012) associou o *takt-time* ao componente conceitual “meta”, pois estabelece os objetivos a serem alcançados durante a produção para atender as demandas do cliente. O elemento estoque padrão foi associado pela autora ao componente conceitual “restrições”, pois estabelece limitações na estação de trabalho com foco na otimização da produção para garantir fluxo contínuo e estoque zero (*Just in Time*).

Por fim, o elemento sequência de trabalho está relacionado com o componente conceitual “método”, pois as ações necessárias para realizar a produção são minuciosamente detalhadas (foco na operação do MFP), com o intuito de reduzir desperdícios e também garantir condições adequadas aos trabalhadores. Portanto, os elementos do TP são altamente específicos e foram definidos com objetivos muito claros para a realidade da Toyota.

A partir da consolidação do trabalho padronizado no STP, a sua implementação vem sendo experimentada nos mais diversos setores, inclusive no setor de serviços com os trabalhos de Emiliani (2008), Swank (2003) e Seraphim, Silva e Agostinho (2010) e na indústria da construção, o qual será abordado no próximo item.

### 2.5.2 Padrão na indústria da construção

O tema da padronização vem sendo discutido na indústria da construção com maior ênfase após o advento da Construção Enxuta - *Lean Construction*. Mariz et al. (2012) realizaram um levantamento bibliográfico de estudos em que o trabalho padronizado foi aplicado no contexto da indústria da construção. Este levantamento classificou as aplicações do TP em função da etapa do empreendimento, dos elementos abordados nos estudos e da finalidade de aplicação do TP. O levantamento compreendeu o período de 2002 a 2010 e totalizou 24 estudos (Figura 6).

**Figura 6 - Levantamento de estudos com aplicação do TP na indústria da construção**

Referência	Descrição	Número de Estudos
Finalidade de aplicação do estudo	Fabricação de componentes	2
	<b>Construção no canteiro de obras</b>	<b>5</b>
	<b>Montagem no canteiro de obras</b>	<b>1</b>
	Outros	16
Elementos do TP que foram abordados	Takt-time	8
	Sequência	8
	Estoque padrão	11
Abordagem simultânea dos elementos do TP no mesmo estudo	Nenhum elemento	8
	Apenas 1 elemento	7
	2 elementos	7
	<b>Todos os elementos</b>	<b>2</b>

Fonte: Adaptado de MARIZ et al., 2012.

Desse levantamento, apenas seis estudos foram desenvolvidos em etapas de construção e de montagem realizadas no canteiro de obras. Destes seis estudos, os três elementos que compõem o TP foram abordados, simultaneamente, apenas nos estudos de Francelino et al. (2006) e Bulhões (2009). Entretanto, nestas duas pesquisas, os três elementos do TP não foram aplicados para uma mesma atividade, ou seja, em nenhum dos estudos relatados ocorreu a aplicação simultânea dos três elementos do TP para uma mesma atividade, como acontece no STP (MARIZ et al., 2012).

Mariz (2012) desenvolveu pesquisa com objetivo de propor um método para aplicação do TP em atividades da indústria da construção por intermédio da aplicação do TP em três estudos empíricos realizados em obra: assentamento de piso cerâmico, preparo de concreto para estaca e assentamento de azulejo (Figura 7).

**Figura 7 - Características dos estudos realizados por Mariz (2012)**

Descrição	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
<b>Atividade</b>	Execução de piso cerâmico em ambiente	Execução de estaca franki	Execução de azulejo cerâmica em ambiente
<b>Tarefa</b>	Colocação de piso cerâmico tipo porcelanato	Dosagem, mistura e transporte de concreto para estacas	Colocação de azulejo cerâmico
<b>Ciclo de repetição</b>	Assentamento de uma peça cerâmica	Execução de um traço de concreto	Assentamento de uma peça cerâmica
<b>Takt-time</b>	77 segundos	382 segundos	189 segundos
<b>Equipe</b>	1 pedreiro e 1 auxiliar	1 betoneiro, 1 auxiliar e 1 operador minicarreg.	1 pedreiro e 1 auxiliar
<b>Estação de trabalho</b>	Móvel	Fixa	Móvel

**Fonte:** Adaptado de Mariz (2012).

Os estudos empíricos descritos por Mariz (2012) referem-se às atividades que possuem baixo grau de complexidade, baixa interdependência com outras atividades, utilizam poucos trabalhadores e possuem *takt-time* curto. Por exemplo, no Estudo 3 a colocação de cada peça de azulejo cerâmico utilizava um servente e um pedreiro e cada ciclo durava cerca de três minutos.

No Estudo 2, o ciclo foi realizado com estação de trabalho fixa (central de concreto) e a aplicação do TP foi restrita à dosagem, mistura e transporte do concreto, sendo que, em relação à dosagem e mistura, o autor conseguiu descrever todas as operações principais (que agregam valor ao produto) pertencentes ao ciclo e, neste estudo, não existiam operações auxiliares (as quais não agregam valor ao produto).

No Estudo 1 e 3, o enfoque restringiu-se ao ciclo de colocação de uma peça cerâmica. O autor considerou como pertencentes ao ciclo de repetição somente as operações principais, como, por exemplo: aplicar argamassa na parede, pegar a peça cerâmica, aplicar argamassa no verso da cerâmica e aplicar a cerâmica na parede. Já as operações auxiliares, por exemplo, nivelamento, conferência de prumo, marcação nas cerâmicas para cortar e corte de peças, não ocorrem a cada ciclo de repetição e não foram incluídas no TP. Entretanto, mesmo o autor não incluindo essas operações auxiliares no ciclo, as mesmas precisam ser realizadas pela equipe envolvida com a tarefa (pedreiro e servente).

Nos três estudos empíricos, o autor detectou durante a execução dos ciclos a indisponibilidade de alguns recursos, portanto, entende-se que a implantação do trabalho padronizado requer a estabilidade básica na produção por meio da disponibilidade dos recursos.

Para um contexto diferente dos estudos, conduzidos por Mariz (2012), Fazinga (2012) realizou estudo empírico na construção de um edifício multipavimentado com o objetivo

identificar as particularidades da indústria da construção para implantação do trabalho padronizado. As características do estudo são apresentadas na Figura 8.

**Figura 8 - Características do estudo de Fazinga (2012)**

<b>Descrição</b>	<b>Estudo 1</b>
<b>Etapa</b>	Estrutura de concreto armado
<b>Atividade</b>	Estrutura de concreto do pavimento tipo
<b>Ciclo de repetição</b>	1 pavimento
<b><i>Tak-time</i></b>	7 dias trabalhados
<b>Equipe</b>	18 trabalhadores
<b>Estação de trabalho</b>	Móvel

**Fonte:** Adaptado de Fazinga (2012).

A autora buscou desdobrar os componentes conceituais de padrão propostos por Kondo (1991) estabelecendo os elementos constituintes do TP, os quais intitulou de especificações relacionadas (Figura 9). Entretanto, as características da atividade não proporcionaram que o conceito de trabalho padronizado, utilizado no STP, fosse genuinamente aplicado.

**Figura 9 – Desdobramento dos componentes conceituais do padrão em elementos constituintes do TP na indústria da construção**

<b>Componente Conceitual (Kondo, 1991)</b>	<b>Desdobramento dos Componentes Conceituais em Elementos Constituintes do TP na Indústria da Construção (Fazinga, 2012)</b>
<b>META</b>	Características do produto final conforme requisitos dos clientes

	Objetivos atrelados aos critérios competitivos valorizados pela organização (prazo, custo)
<b>RESTRICÇÕES</b>	Compartilhamento de recursos (materiais, equipamentos e mão de obra)
	Condições requeridas para uso de materiais ou componentes
	Quantidade padrão de estoque em processo
<b>MÉTODO</b>	Tarefas <sup>4</sup> constituintes da atividade
	Sequência técnica para as tarefas
	Pacotes de trabalho <sup>5</sup> distribuídos ao longo do período delimitado pelo <i>takt-time</i>
	Sequência para a execução das unidades de cada pacote de trabalho
	Dimensionamento da equipe de produção
	Designação da quantidade de operários para cada pacote de trabalho
	Especificação de kits de recursos para cada pacote de trabalho
	Especificações para transporte de materiais
	Especificações para armazenamento de materiais
	Pontos-chave
	Rotina de operações para equipamentos
	Pontos de inspeção de qualidade e as tolerâncias correspondentes
	Pontos de monitoramento em relação às metas

Fonte: Fazinga (2012).

Os elementos relacionados por Fazinga (2012), na figura 9, evidenciam a necessidade, na indústria da construção, de garantir a disponibilidade dos recursos para a realização das tarefas.

Pode-se perceber que, tanto no “componente restrições” quanto no “componente método”, a disponibilidade de recursos precisa ser detalhada. Fica também evidente a grande importância dada ao fluxo de materiais no espaço e no tempo (processo do MFP). Por exemplo, os materiais são especificados em relação ao conteúdo e quantidades e também em relação à como será realizada a armazenagem dos mesmos. Ou seja, a grande preocupação é garantir a disponibilidade destes para a realização das tarefas pertencentes à atividade.

Também é ressaltado o fluxo do trabalho (operação do MPF), pois existe a preocupação em dimensionar a equipe de trabalho para a realização das tarefas, bem como a rotina de operações dos equipamentos, de modo que a realização da tarefa aconteça de forma adequada.

<sup>4</sup> Este trabalho adota o termo tarefa para se referir ao conjunto de ações necessárias para realizar os serviços que constituem uma atividade da obra. Por exemplo, a atividade de estrutura de concreto armado do pavimento tipo é composta por várias tarefas, dentre elas: armadura de pilar, fôrma de pilar, pré-viga e escoramento da laje.

<sup>5</sup> Pacote de trabalho (PT): uma determinada quantidade de trabalho composto por três componentes (ação, elemento, local), sendo que sua terminalidade deve ser facilmente percebida (MARCHESAN, 2001 apud COELHO, 2003). Por exemplo, a tarefa de montagem de fôrma de pilar pode ser dividida em três pacotes de trabalho: um na região direita, um na esquerda e outro na região central da laje. O PT da região central da laje terá os seguintes componentes: ação- montagem; elemento- fôrma de pilar; local- região central da laje.

As especificações dos elementos que compõem um padrão na indústria da construção requerem especial atenção à disponibilização dos recursos, pois, no caso desta indústria, a estação de trabalho é móvel e estes recursos, além de estarem disponíveis na quantidade correta, precisam estar no local onde os mesmos serão utilizados. Portanto, faz-se necessário que estes sejam devidamente especificados e dimensionados para que um padrão possa ser definido.

## **2.6 Considerações finais**

Pelo que foi descrito neste capítulo, os sistemas de produção devem estar baseados no modelo de produção sob a perspectiva de fluxo. Independentemente das características do setor, sempre haverá variabilidade na produção e as pesquisas apontam que é necessário buscar a redução da variabilidade.

Especificamente na indústria da construção, a variabilidade tem um impacto maior em função das peculiaridades do setor (produção local, produto único e organização temporária) e pode se manifestar por intermédio de condições incontroláveis ou controláveis.

A variabilidade pode ocorrer durante o processamento ou durante o fluxo de produção, no entanto, a variabilidade de uma influencia na outra. Além disso, segundo Santos, Formos e Tookey (2002), a variabilidade no processamento pode ser afetada pela instabilidade na disponibilização de recursos.

A variabilidade pode ser reduzida por meio da implantação de padrões. No Sistema Toyota de Produção o padrão é detalhado (padrão direto) e objetiva a redução de desperdícios por meio da especificação dos movimentos e do trabalho dos operadores.

Na indústria da construção tem se buscado implementar padrões nos processos produtivos, no entanto, a elaboração de padrões nos moldes do STP fica restrito a atividades muito específicas, em função das peculiaridades e variabilidades incutidas no processo de produção. Já a elaboração de padrões estruturados, por exemplo, nos moldes propostos por Fazinga (2012), permite estabelecer um padrão que atenda os requisitos da atividade em estudo, no entanto, exige maior esforço para detalhar as especificações deste padrão.

Portanto, o estabelecimento de padrões na indústria da construção precisa ser definido a partir do empreendimento e da atividade em análise e deve considerar suas características, dentre as quais: grau de repetitividade, grau de dificuldade, interdependência com outras atividades, número de trabalhadores, grau de autonomia dos trabalhadores e tempo de ciclo.

### 3 PROJETOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO

Na literatura existem variações nas denominações utilizadas para referenciar os projetos relacionados à produção, isto é, o conjunto de especificações que orientam como deve ocorrer o processo de produção ao longo do empreendimento. Além disso, há variações no que diz respeito ao escopo de cada um desses projetos.

Neste capítulo, os projetos relacionados à produção serão apresentados nos diferentes momentos em que vêm sendo utilizados ao longo do empreendimento. Inicialmente, será apresentado o LPDS – *Lean Project Delivery System* (Sistema de Entrega de Empreendimentos<sup>6</sup> Enxutos), proposto por Ballard (2000b), por ser um modelo que busca representar o processo de desenvolvimento de um empreendimento, desde a fase de concepção até o uso. Neste modelo, a estruturação do trabalho (*work structuring*) se refere às especificações sobre como deve ocorrer o processo de produção e estas especificações ocorrem durante todo o processo de desenvolvimento do empreendimento mediante *loops* de planejamento-controle. A forma de representação dessas especificações será denominada de projeto, nesta pesquisa.

Em seguida, será explorado o projeto do sistema de produção apresentando seu escopo de decisões, sua abrangência e os modelos que vêm sendo desenvolvidos para elaborar o projeto do sistema de produção em empreendimentos na indústria da construção. Posteriormente, será abordado o projeto para produção na indústria da construção, a fim de apresentar suas particularidades, abrangência e o momento em que são elaborados ao longo do desenvolvimento do empreendimento.

Na sequência, é apresentado o conceito de projeto da produção com suas especificidades, abrangência e momento de elaboração do mesmo. E ao final do capítulo, é discutida a iteração entre as duas funções essenciais para a produção: projeto e planejamento.

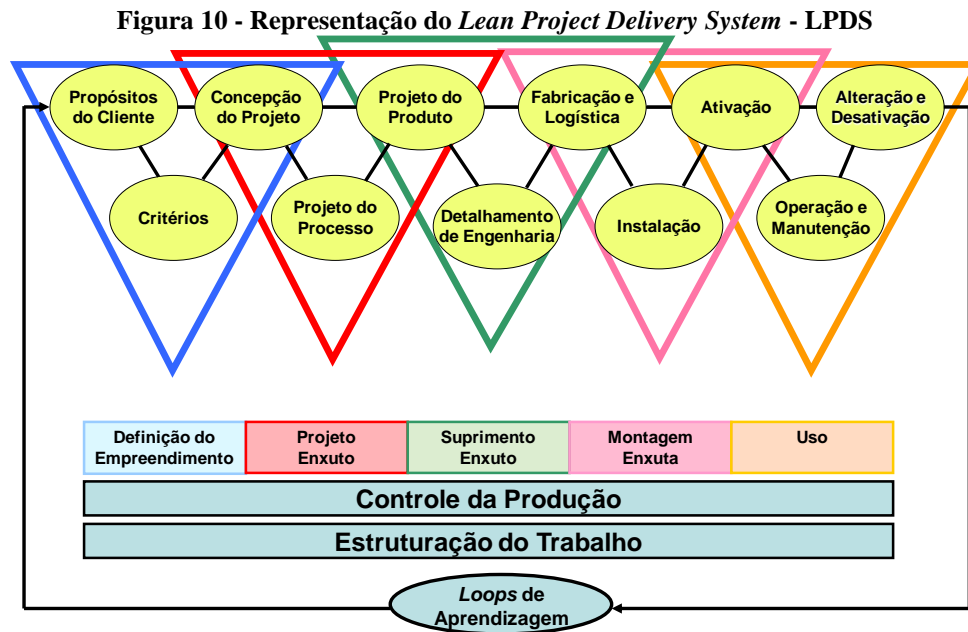
#### 3.1 Sistema de Entrega de Empreendimentos Enxutos – *Lean Project Delivery System* - LPDS

O Sistema de Entrega de Empreendimentos Enxutos (LPDS) consiste em um modelo para gerenciamento do processo de desenvolvimento de empreendimentos. O principal propósito do LPDS é permitir que o empreendimento seja desenvolvido mediante um fluxo de trabalho contínuo e que entregue valor ao cliente.

---

<sup>6</sup> Nesta dissertação, utiliza-se o termo empreendimento para se referir ao termo *project*.

Segundo esse modelo, o processo de desenvolvimento do empreendimento é composto por cinco fases: definição do empreendimento, projeto enxuto, suprimento enxuto, montagem (construção) enxuta e uso. Cada uma dessas fases é referenciada por Ballard (2000b) como uma tríade, uma vez que é formada por três módulos. As fases são interconectadas por meio de um módulo comum às duas fases consecutivas (Figura 10).



Fonte: Ballard (2000b).

A estruturação do trabalho (*work structuring*) e o controle da produção ocorrem ao longo de todas as fases do empreendimento e, segundo Ballard (2000a), são as bases para atingir um fluxo de trabalho contínuo e rápido, entregando valor ao cliente.

Com relação à estruturação do trabalho, Tsao (2005) esclarece que é uma função, essencialmente, de planejamento e envolve a elaboração do projeto do processo e da operação, oferecendo suporte ao projeto do produto, ao suprimento e alocação de recursos e a montagem (construção).

Ballard (2000b) complementa que a estruturação do trabalho propicia tomada de decisões relativas ao suprimento de recursos já na fase de definição do empreendimento e, posteriormente, a escolha por um determinado componente construtivo, na fase de suprimentos, impactará o fluxo de trabalho na fase de montagem. Um exemplo que poderia ilustrar a contribuição da estruturação do trabalho ao longo dessas fases poderia ser: subsidiar, na fase de definição do empreendimento, uma tomada de decisão pelo emprego de painéis pré-moldados nas fachadas de um empreendimento comercial, tendo em vista seu potencial para reduzir prazo de montagem; e, posteriormente, na fase de suprimentos, a escolha por um determinado

fabricante. A capacidade de produção do fabricante selecionado, em termos de *lead time* e de tempo de ciclo de produção dos painéis, impactará a organização da atividade no canteiro e o prazo de montagem (fase montagem/execução).

Ballard (2000b) destaca que a função controle dentro do LPDS tem como objetivo executar os planos estabelecidos pela função estruturação do trabalho e se estender ao longo do empreendimento, com o propósito de gerar um futuro desejável, ao invés de, simplesmente, identificar variações entre o planejado e o executado.

Nesse sentido, Tsao (2005) complementa que a estruturação do trabalho e o controle são funções complementares que se desenvolvem de forma interligada no modelo LPDS. Entre as várias opções de planos gerados pela função estruturação do trabalho, aqueles selecionados são colocados em prática nas fases de suprimento e montagem, além de adaptações serem efetuadas para melhor atender a capacidade disponível.

Desta forma, a estruturação do trabalho e o controle são funções que se desenvolvem mediante um processo iterativo (melhoria contínua) e iterativo (participação de diferentes agentes envolvidos), até que uma situação satisfatória seja atingida.

De acordo com o modelo LPDS, ao final, na etapa de uso, os participantes do empreendimento avaliam se os planos originados na estruturação do trabalho satisfizeram as necessidades dos clientes, definindo um *loop* de aprendizagem que deve alimentar a estruturação do trabalho de empreendimentos futuros.

O sistema *Last Planner<sup>TM</sup>* proposto por Ballard (2000a) é uma ferramenta que apoia o LPDS, pois cumpre o papel de controlar a produção segundo esta abordagem, buscando direcionar a execução dos planos no sentido de atingir o futuro desejado e enfatizando a estabilidade na alimentação das unidades de produção (fluxo de trabalho) por meio de um planejamento de médio prazo (*lookahead plan*).

Ao planejamento de médio prazo, que costuma abranger uma janela de tempo de 3 a 12 semanas, cabe proteger a execução da tarefa de incertezas, disponibilizando, em tempo hábil, as condições para executá-la sem interrupções.

Além da estabilidade na alimentação, faz-se necessária a estabilidade dentro das unidades de produção, empregando um planejamento de curto prazo (*weekly work planning*), que, em geral, abrange uma janela de tempo equivalente a 1 semana, na qual somente são executadas as tarefas da semana seguinte se todas as restrições forem removidas antecipadamente, ou seja, a tarefa só é executada se existem todas as condições para iniciar e concluir a tarefa.

Um planejamento de longo prazo (plano mestre) ocorre nas fases de definição do empreendimento e de projeto. Em função do grau de incerteza referente aos eventos em longo prazo, este planejamento não adota um nível detalhado de especificação, se restringindo a estabelecer datas marco para término de etapas da obra e subsidiar análises de viabilidade do empreendimento, tendo em vista seu prazo de término (BALLARD, 2000a).

Em virtude da importância da função estruturação do trabalho para a presente pesquisa, o tópico a seguir tratará especificamente deste tema.

### **3.2 Estruturação do Trabalho - *Work Structuring***

No LPDS, a estruturação do trabalho é definida como “o desenvolvimento do projeto do processo e da operação em alinhamento ao projeto do produto, à estrutura da cadeia de suprimentos, à alocação de recursos e à montagem” (BALLARD, 2000b, p. 2).

O *Lean Construction Institute (LCI)* associou o termo estruturação do trabalho (*work structuring*) ao projeto do processo. No entanto, Ballard e Howell (2003) mencionam que o termo estruturação do trabalho foi empregado, ao invés de projeto do processo, porque os autores tinham a intenção de considerar não apenas o trabalho a ser realizado dentro das unidades de produção, como era costume ao realizar o planejamento a partir da divisão das tarefas (*Work Breakdown Structures – WBS*)<sup>7</sup>, mas também, a interface entre unidades de produção subsequentes. Os referidos autores buscavam evitar a prática comum de estabelecer metas inatingíveis, deixando a coordenação das atividades interdependentes a cargo da equipe de produção.

Como forma de garantir que o trabalho possa ser dividido, respeitando a interdependência entre os elementos, Ballard (1999) propôs que a estruturação do trabalho se desenvolvesse por meio dos seguintes subprocessos:

- Segmentação: é a decomposição do todo em pedaços, incluindo o produto e os processos. O empreendimento deve ser dividido em etapas (subsistemas), as etapas são divididas em atividades e estas atividades são divididas em serviços (tarefas), de forma a contemplar todas as ações para executar o empreendimento;
- Sequenciamento: tem a função de determinar a ordem em que os pedaços de trabalho serão processados nos vários níveis da estrutura de trabalho, buscando eliminar atividades desnecessárias e prematuras;

---

<sup>7</sup> A WBS é utilizada para decompor o empreendimento em porções de trabalho. A divisão do trabalho pode ser feita de acordo com as 16 divisões propostas pelo *Construction Specifications Institute's (CSI)* ou com o sistema *Master Format 5-Digit do Construction Specifications Canadas's* (MEANS, 1997 apud TSAO, 2005, p. 47).

- Liberação: fornece as regras e critérios que especificam as condições em que os pedaços de trabalho se movem entre as unidades de produção;
- Desacoplamento: quando os fluxos de trabalho não podem ser sincronizados, é necessária a instalação de *buffers* de desacoplamento. Isso ocorre quando há variações nas taxas de processamento ou de entrega, quando existe diferença nas taxas ou em função da forma com que o trabalho é loteado para mover ou processar a mudança de uma unidade de produção para a outra;
- Programação: as programações são resultado, isto é, o produto da estruturação do trabalho. Conforme mencionado no tópico anterior, as programações podem ser de longo prazo - “o que DEVE ser feito”, de médio prazo - “o que PODE ser feito” e de curto prazo - “o que SERÁ feito”.

Na literatura consultada, foi possível encontrar estudos empíricos de aplicação da estruturação do trabalho no contexto da indústria da construção. Tsao et al. (2000) apresentam um estudo de caso em que descrevem a estruturação do trabalho para uma atividade específica de um empreendimento (instalação de batentes de portas das celas de um presídio).

O estudo foi desenvolvido a partir de um problema detectado na interface entre o batente da porta e a parede de concreto das celas do presídio. A equipe envolvida na estruturação do trabalho buscou entender as dificuldades existentes e propôs soluções alternativas para resolver o problema. Cada uma destas soluções foi estudada avaliando a necessidade e viabilidade de intervenção no projeto do produto, projeto do processo, cadeia de suprimentos e na fase de montagem, ou seja, tornando o processo de estruturação do trabalho interativo e iterativo para resolver o problema detectado.

Portanto, a estruturação de trabalho pode garantir maior integração entre os envolvidos e as fases de desenvolvimento do empreendimento, tornando o processo de produção mais eficiente.

Ballard et al. (2001a, 2001b) aprimoraram o conceito de estruturação do trabalho dentro do LPDS e passaram a englobar nesta função, o Projeto do Sistema de Produção – PSP. No entendimento dos autores, o desenvolvimento do PSP é a primeira tarefa a ser realizada em qualquer esforço para melhorar o sistema de produção. O tópico a seguir tratará do projeto do sistema de produção.

### **3.3 Projeto do sistema de produção na indústria da construção**

Antes de descrever o escopo do projeto do sistema de produção (PSP) e situar a sua elaboração ao longo do processo de desenvolvimento de um empreendimento, é importante esclarecer o conceito de sistema de produção utilizado neste trabalho.

O sistema de produção é entendido a partir da abordagem holística apresentada no capítulo anterior, em que é representado como uma rede de processos e operações, divergindo da visão tradicional que o assume como uma soma de operações. Assim, projetar o sistema de produção implicará na especificação não somente dos subsistemas (etapas) que compõem o empreendimento, mas principalmente da inter-relação entre elas de forma a buscar um fluxo contínuo de produção e entregar o máximo de valor ao cliente.

No que diz respeito à situação do PSP dentro do processo de desenvolvimento do empreendimento, Schramm (2009) salienta que o PSP deve ser entendido como uma prática de gestão da produção que apresenta interfaces com o projeto de desenvolvimento do produto e com o planejamento da produção.

Durante a elaboração do PSP deve ocorrer uma dinâmica para analisar e discutir alternativas de organização do sistema de produção do empreendimento e de seleção da alternativa mais conveniente à obtenção do melhor desempenho do sistema durante a etapa de execução do empreendimento. O referido projeto deve contemplar todas as atividades pertencentes ao empreendimento, entretanto, as atividades críticas devem ter preferência para serem projetadas (SCHRAMM, 2004).

Slack et al. (1997) afirmam que nenhuma operação produtiva existe de forma isolada, portanto, essas operações fazem parte de uma rede maior (fornecedores e clientes), devendo o PSP considerar as decisões relativas a toda a rede em que a produção está inserida.

Assim, no que se refere ao escopo de decisões que devem ser contempladas na elaboração do PSP, Schramm (2009) cita:

- a) Integração vertical: associa-se à opção da empresa por adquirir sistemas ou tecnologias construtivas de fornecedores externos ou fabricá-los utilizando seus próprios recursos;
- b) Níveis da capacidade produtiva: refere-se à cadência máxima de produção do sistema e é função do dimensionamento das equipes de produção e dos equipamentos necessários durante a execução do empreendimento. No dimensionamento, a informação de entrada é a demanda dos produtos a serem processados pelo sistema de produção;
- c) Arranjo físico e fluxos: está associado à disposição de recursos nos espaços a serem utilizados pelo sistema de produção e ao fluxo das equipes em suas atividades de produção e de apoio (transporte, armazenagem);
- d) Sincronização: consiste na adequação do tempo de chegada de componentes que vêm sendo processados pelos centros de trabalho com a intenção de manter níveis

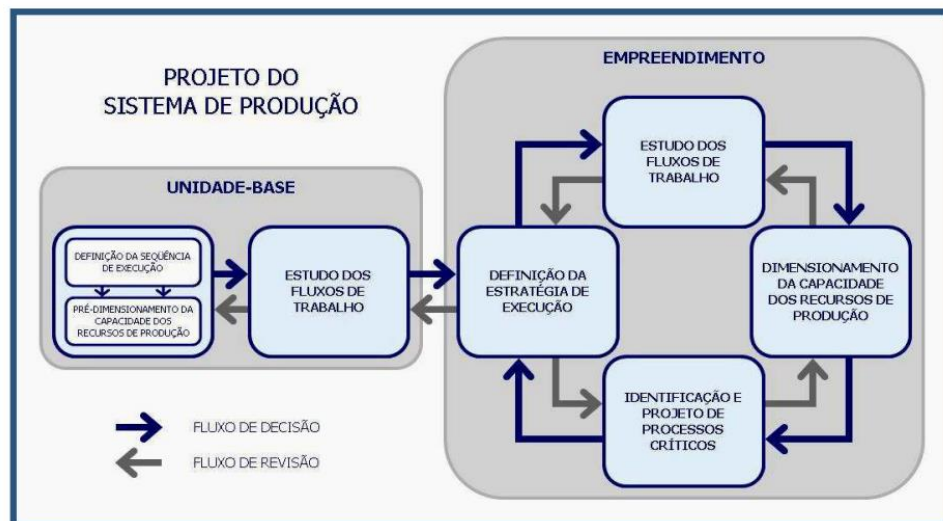
adequados de estoques. De forma indireta, repercute na qualidade dos produtos processados nos centros de trabalho, uma vez que estoques reduzidos expõem problemas de qualidade; e

e) Projeto de processos: refere-se à definição dos meios específicos a serem utilizados pelas forças operacionais para atingir metas específicas para a execução do produto.

A partir do escopo apresentado, observa-se que o PSP tem a finalidade de antecipar as definições quanto: (a) à forma como o empreendimento será desenvolvido (plano de ataque); (b) ao fluxo contínuo de recursos da produção; e (c) ao projeto de processos que limitam a capacidade de produção do sistema de produção (COSTA; SCHRAMM; FORMOSO, 2004).

Schramm (2004) propôs um modelo para representar o PSP para construção de empreendimentos habitacionais com características repetitivas, conforme apresentado na Figura 11.

**Figura 11 - Modelo de PSP para empreendimentos repetitivos**



Fonte: Schramm (2004).

O modelo é composto por seis etapas, sendo duas etapas referentes à unidade-base<sup>8</sup> e quatro referentes ao empreendimento:

a) Definição da sequência de execução e pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção: ocorre a determinação da sequência de execução da unidade-base (a partir da experiência dos envolvidos na elaboração do PSP, quando da

<sup>8</sup> A unidade-base refere-se à unidade repetitiva no empreendimento, podendo ser representada por um pavimento, um apartamento ou até mesmo por um edifício.

execução de empreendimentos similares) e a realização do pré-dimensionamento das capacidades dos recursos (estabelecimento de taxas de produtividade para as equipes, a partir da experiência dos envolvidos na elaboração do PSP);

b) Estudos de fluxos de trabalho na unidade-base: busca-se estabelecer os fluxos de trabalho referentes às atividades realizadas de modo a identificar a interferência entre as equipes de produção em relação às variáveis: tempo e espaço. Estes estudos podem ser executados com o emprego da técnica de linha de balanço;

c) Definição da estratégia de execução do empreendimento: primeiramente, ocorre a divisão do empreendimento em zonas de trabalho, de tal forma que as frentes de trabalho podem ser executadas em sequência ou em paralelo. Para a definição da estratégia de execução, são simuladas e analisadas alternativas, levando-se em conta um ou mais parâmetros, tais como: cumprimento de prazo, capacidade de fornecimento de fornecedores, limite de capacidade dos processos críticos e viabilidade financeira;

d) Estudo de fluxos de trabalho no empreendimento: compreende a análise dos fluxos de trabalho, com base na estratégia de execução previamente estabelecida. É definida a quantidade de frentes de trabalho, assim como o ritmo de execução das atividades envolvidas;

e) Dimensionamento da capacidade de recursos de produção: determina-se a quantidade de equipes necessárias para executar cada atividade, bem como se define o volume de recursos necessários para executar o empreendimento; e

f) Identificação e projeto de processos críticos: identificam-se os processos críticos e estes são projetados a fim de buscar a minimização dos efeitos negativos que podem afetar o sistema de produção.

A partir do modelo de Schramm (2004), Rodrigues (2006) elaborou um modelo de PSP para empreendimentos complexos<sup>9</sup>. Em decorrência das particularidades dos empreendimentos complexos, o modelo incluiu uma etapa preliminar para captar as necessidades dos clientes.

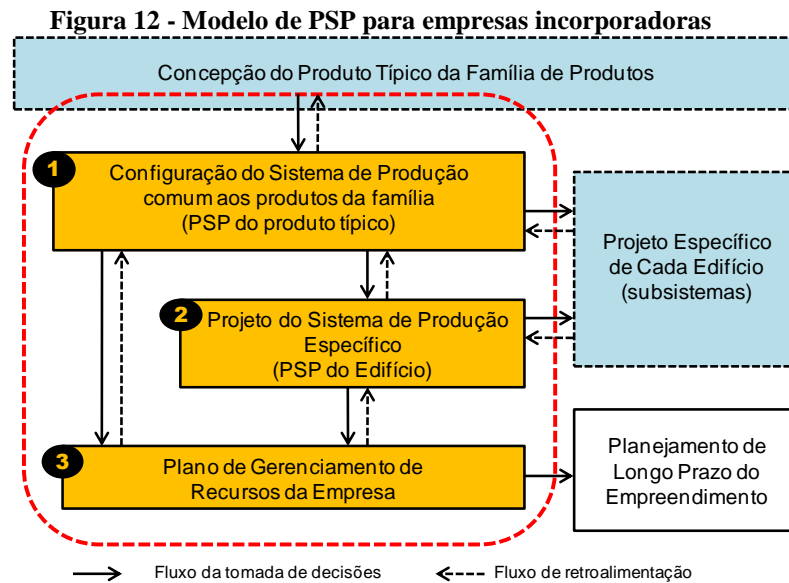
Essa etapa de captação torna-se relevante e deve ocorrer, principalmente, nas fases de orçamento, contratação e início do empreendimento. Neste modelo, o detalhamento de todas as decisões do escopo do PSP não pode acontecer antes do início efetivo da fase de execução como ocorre no modelo apresentado por Schramm (2004). Portanto, a elaboração do PSP deve ocorrer

---

<sup>9</sup> Empreendimento complexo “[...] apresenta incerteza nos métodos e objetivos, sendo composto por um grande número de elementos inter-relacionados, em que o comportamento do todo não pode ser determinado por seus elementos constituintes” (WILLIAMS, 2002 apud RODRIGUES, 2006, p. 27).

de forma evolutiva, partindo-se de decisões mais amplas no início do empreendimento até decisões mais detalhadas na fase de construção do empreendimento.

Para o contexto de empresas incorporadoras que executam edifícios multipavimentados, Souza Neto (2007) propôs um modelo de PSP que engloba a empresa incorporadora e também seus respectivos empreendimentos, conforme apresentado na Figura 12.



Fonte: Souza Neto (2007).

O modelo é constituído por três etapas principais: 1) configuração do sistema de produção comum aos produtos da família; 2) PSP específico para cada edifício e 3) plano de gerenciamento dos recursos da empresa.

O modelo prevê que, anteriormente à etapa 1), deve ser definida a concepção do produto típico da família de produtos e durante as etapas 1 e 2 deverão ser elaborados os projetos específicos de cada edifício, alinhados com a concepção do produto típico da família de produtos. A concepção do produto típico da família de produtos tem a função de definir o produto típico a ser produzido pela empresa, reunindo as características estabelecidas como comuns aos produtos típicos, considerando aspectos relativos à estratégia competitiva (ex.: público alvo, critérios competitivos) e de produção (ex.: sistema construtivo, tecnologia utilizada no subsistema).

Na etapa de configuração do sistema de produção comum aos produtos da família, o objetivo é definir aspectos referentes às atividades que compõem o sistema de produção que podem ser generalizados para todos os empreendimentos da família. Nesta etapa, devem ser padronizados os aspectos referentes aos sistemas construtivos, aos equipamentos, e à estratégia

de ataque que compõem o sistema de produção, isto é, as especificações que serão repetidas em todos os edifícios da empresa pertencentes à mesma família.

Os projetos específicos devem ser desenvolvidos para cada edifício, tendo como referências as definições provenientes da concepção do produto típico da família de produtos e da configuração do sistema de produção comum aos produtos da família. Segundo o autor, esses projetos devem ser elaborados de tal forma que facilitem a etapa de execução da obra (produção), de acordo com o conceito do projeto para produção proposto por Melhado (1994), o qual será abordado no próximo tópico.

O PSP específico (por edifício) deve ser elaborado a cada novo empreendimento com base nos projetos específicos e também na configuração do sistema de produção da família de produtos. Este PSP deve detalhar as definições estabelecidas para o padrão da família, bem como considerar as particularidades do edifício a ser executado e seus reflexos nos sistemas de produção. O detalhamento deve contemplar as seguintes sub-etapas:

- a) Revisão da integração vertical: no momento da elaboração do PSP do edifício deverá ser revisada a decisão de integração vertical para avaliar se será mantida ou alterada a decisão estabelecida na configuração do sistema de produção da família de produtos, em função da mudança no cenário que possa ter ocorrido entre o lapso temporal entre as duas etapas;
- b) Detalhamento do plano de ataque e análise dos fluxos de trabalho: para cada edifício deverá ser detalhado o plano de ataque, em decorrência de suas especificidades, por exemplo, a área periférica e da torre. Também precisam ser analisadas como ocorrerá as frentes de trabalho (em sequência ou paralela). Nesta sub-etapa várias alternativas devem ser estudadas respeitando as limitações impostas para o edifício, por exemplo, prazo, capacidade máxima das atividades e viabilidade financeira;
- c) Capacidade de transporte vertical: reavaliar a capacidade de transporte vertical, prevista na etapa 1, para evitar a sobrecarga do sistema de transporte;
- d) Definição do leiaute do canteiro: o leiaute do canteiro de obras precisa ser elaborado considerando os seguintes aspectos: características do empreendimento (tipologia da periferia e da torre), condições locais (solo, condições dos terrenos e construções vizinhas), vias de acesso (calçamento, declividade e largura), localização dos equipamentos utilizados durante a obra (elevador, grua), construções provisórias (localização, sistema construtivo) e acesso de veículos e máquinas;

e) Dimensionamento da capacidade de mão de obra: determinar em função do plano de ataque o número de trabalhadores envolvidos em cada uma das atividades da construção do edifício, preferencialmente, com base em registros de produtividade de outras obras, da mesma família, construídas pela empresa. Também precisa ser avaliada a disponibilidade de recursos (componentes, equipamentos) que virão de outros empreendimentos da empresa.

O plano de gerenciamento de recursos da empresa busca estabelecer a capacidade do sistema de produção de toda a empresa, considerando todos os edifícios que estão sendo produzidos simultaneamente, além de estabelecer um plano de compartilhamento desses recursos.

Os três modelos de PSP apresentados indicam a necessidade de elaboração de um PSP específico para cada empreendimento a ser construído. Esses modelos também fazem menção à necessidade de identificar e projetar os processos críticos de cada empreendimento.

A utilização do termo “processo” nos modelos apresentados está relacionada a uma parte do empreendimento, uma etapa ou atividade a ser construída no empreendimento, como por exemplo, a elevação de alvenaria de um apartamento, a estrutura de um pavimento ou o revestimento externo de uma edificação.

Já, o termo crítico está relacionado ao processo gargalo do sistema de produção em decorrência de sua capacidade individual limitar a capacidade de produção do sistema como um todo (COX; SPENCER, 2002; UMBLE; SRIKANTH, 2004 apud SCHRAMM, 2004). Os termos “projeto do processo crítico” e “projeto da atividade crítica” são considerados como equivalentes nesta pesquisa.

A atividade crítica do empreendimento precisa receber maior atenção durante a elaboração do PSP do empreendimento, pois o não atendimento das metas estipuladas para a atividade, por exemplo, o prazo, poderá incorrer em prejuízos no desempenho de todo o empreendimento. Os autores preconizam que a atividade crítica precisa ser mais detalhada a fim de garantir que a produção ocorra de forma adequada.

Nos modelos de Schramm (2004) e Souza Neto (2007), a etapa de identificação e elaboração do projeto da atividade crítica acontece antes do início efetivo da execução do empreendimento.

Já no modelo para obras complexas, proposto por Rodrigues (2006), a atividade crítica é identificada na fase de orçamento e contrato. Posteriormente, na fase inicial da obra, a atividade crítica é estudada visando à identificação de interferências e também é avaliada a

possibilidade de melhorias na produção. Por fim, na fase de execução, o projeto deve ser detalhado para reduzir as incertezas de forma a viabilizar o bom desempenho da produção.

### **3.4 Projetos para produção na indústria da construção**

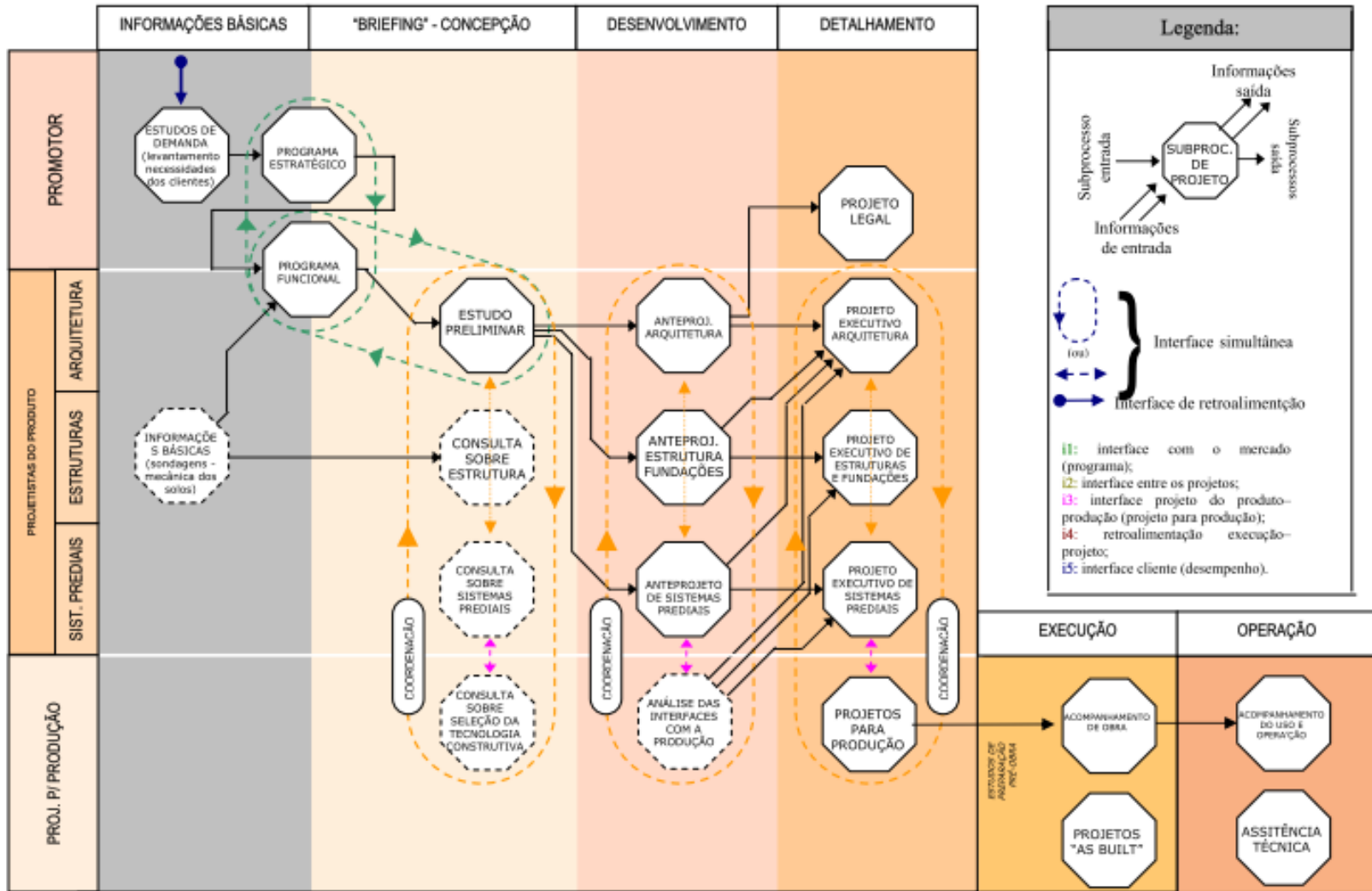
O conceito de projeto voltado à produção é proveniente da indústria da manufatura, em especial a Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*). A abordagem da engenharia simultânea busca integrar ao mesmo tempo o projeto do produto e seus processos relacionados, incluindo fabricação e suporte (FABRICIO, 2002). Na indústria da construção, Melhado (1994) passou a denominar o projeto voltado à produção utilizando o termo “projeto para produção” e o definiu como (Ibid., p. 198):

[...] conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora.

Para Melhado e Fabricio (1998), o principal objetivo do projeto para produção é a elaboração simultânea do projeto do produto e do processo, como forma de permitir um melhor entendimento das características e especificações do produto durante a etapa de produção, buscando minimizar a possibilidade de execução inadequada ou incompleta das especificações.

O projeto para produção está inserido dentro do modelo genérico para elaboração de projetos de edificações, conforme apresentado na Figura 13 (FABRICIO, 2002). O projeto para produção é abordado nas seguintes fases: (a) concepção: ocorre a consulta sobre a seleção da tecnologia construtiva apropriada; (b) desenvolvimento: são avaliadas as interfaces dos anteprojetos com as etapas de produção e (c) detalhamento: os projetos para produção são propriamente elaborados simultaneamente ao detalhamento dos projetos executivos.

Figura 13 - Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea



Fonte: Fabricio (2002).

Melhado e Fabricio (1998) indicam que a elaboração do projeto para produção deve ser desenvolvida, preferencialmente, para subsistemas críticos de cada empreendimento. Esses projetos vêm sendo elaborados na indústria da construção brasileira, desde o início da década de 90, para diferentes subsistemas do edifício, dentre estes: laje de concreto (SOUZA, 1996), revestimento de fachada (MACIEL, 1997), impermeabilizações (SOUZA, 1997) e vedações verticais (MACIEL, 1997; BARROS, 1998; FRANCO, 1998; DUEÑAS PEÑA, 2003; SILVA, 2003; AQUINO, 2004; CHALITA, 2010; MANNESCHI, 2010).

O subsistema de vedações verticais é o que apresenta o maior número de pesquisas realizadas e também tem o maior número de empresas especializadas na elaboração do projeto para produção. A ABECE, ABRASIP e ASBEA publicaram, em 2009, o Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Vedações - MEPSV.

O manual prevê as seguintes fases para elaboração do projeto: a) concepção do produto; b) definição do produto; c) identificação e solução de interfaces de projeto; d) detalhamento de projetos; e) pós-entrega de projetos.

Chalita (2010) analisou os trabalhos de Barros (1998), Silva (2003), Dueñas Peña (2003), Aquino (2004), Melhado et al. (2005) e o MEPSV (2009), constatando diferenças nos referidos escopos do projeto para produção de vedações, conforme apresentado na figura 14.

**Figura 14 – Quadro comparativo de elementos do projeto para produção das vedações**

Elementos do Projeto para Produção de Vedações Verticais (PPVV)	BARROS 1998a	SILVA 2003	DUEÑAS PEÑA 2003	AQUIINO 2004	MELHADO et al 2005	MANUAL ASBEA 2008
Planta de Conferência			X		X	
Planta de Locação dos Eixos de Alvenaria	X		X	X	X	X
Planta de Caminhamento de Elétrica	X		X	X	X	X
Planta de Furações Hidráulicas	X		X	X	X	X
Planta de Marcação de 1ª Fiada	X	X	X	X	X	X
Planta de Marcação de 2ª Fiada	X	X	X			
Caderno de Elevações	X	X	X	X	X	X
Caderno de Detalhes, Recomendações e Especificações Técnicas	X	X	X	X	X	X
Quantitativos de Materiais				X	X	X
Quantitativos de Peças Pré-Moldadas				X	X	X
Planejamento e Controle de Produção					X	

**Fonte:** Chalita (2010).

O quadro acima indica que o enfoque do projeto para produção está na elaboração de projetos de um subsistema da edificação com maior nível de detalhamento, ou seja, foco no projeto do produto, contrariando o conceito original proposto por Melhado (1994). Aliado a esta constatação, percebe-se, na figura 13, que o projeto para produção tem sua elaboração iniciada em uma fase anterior a de execução do empreendimento, fase esta em que os projetistas

não detêm de informações de como será executado o subsistema, por exemplo, o projetista não sabe qual o leiaute do canteiro de obras, qual a estratégia da produção, quantas frentes de trabalho, etc. Deste modo, o projeto para produção vem sendo utilizado com o objetivo de detalhar melhor o produto (alvenaria, laje, reboco) para fornecer informações de modo que a equipe de obra execute o subsistema adequadamente e que este atenda os requisitos do produto final projetado.

Portanto, o projeto para produção não vem sendo utilizado para projetar como deve ser realizada a produção de subsistemas ou atividades do empreendimento de forma adequada.

### **3.5 Projeto da produção**

Conte (2002) afirma que a melhoria no desempenho da produção de empreendimentos de construção pode ser atingida por meio da elaboração do projeto das principais atividades críticas da obra.

Para o autor, este projeto visa: (a) determinar a sequência diária de metas parciais; (b) o tamanho da equipe de produção; (c) o material, equipamentos e ferramentas necessárias, bem como o momento em que estas devem estar disponíveis nas frentes de trabalho; (d) os padrões de qualidade e de desempenho esperados; e, (f) garantir a segurança das equipes de produção.

Chalita (2010) afirma que para que o projeto para produção de alvenaria de vedação atenda o conceito original proposto por Melhado (1994), deve ser incluído no MEPSV mais uma etapa referente ao planejamento e monitoramento da produção. Nesta etapa, devem ser realizadas as seguintes definições: a) definição da logística de recebimento e transporte dos materiais, como também a definição das áreas necessárias para estocagem dos materiais, meios de transporte e lotes de transporte; b) distribuição e posicionamento dos materiais no pavimento para realização dos serviços de acordo com o plano de ataque<sup>10</sup> definido; c) dimensionamento das equipes e do número de frentes de trabalho para execução dos serviços; e d) detalhamento da sequência de execução das frentes de trabalho para cada período do ciclo.

Como já descrito, o LPDS prevê que a estruturação do trabalho deve ocorrer ao longo de todas as fases do empreendimento e deve abordar a elaboração do projeto do processo e da operação. Especificamente na fase que antecede o início da execução de uma atividade no empreendimento, o projeto do processo e da operação pode ser denominado de projeto da produção, pois aborda o processo e a operação.

---

<sup>10</sup> É a estratégia de execução a ser seguida durante a construção de um empreendimento. Esta estratégia pode ser orientada por diversos fatores, dentre eles: prazo e custo. Dependendo do plano adotado é possível ter uma ou mais frentes de trabalho sendo executada no mesmo empreendimento.

Para Howell e Ballard (1999), o projeto da produção precisa ser elaborado antes do início efetivo da atividade. Em seguida, o projeto é implementado, e, posteriormente, devem ser acompanhados os primeiros ciclos de repetição até que encontre a melhor prática de executar a atividade.

Fazinga (2012), ao desmembrar os componentes conceituais do padrão relacionou inúmeros elementos que precisam ser considerados ao executar uma atividade, tais como: considerações sobre o compartilhamento de recursos, condições requeridas para uso dos recursos, quantidades de estoque padrão, informações técnicas sobre as tarefas constituintes da atividade, estratégia e distribuição dos pacotes de trabalho ao longo do ciclo, dimensionamento e designação da equipe necessária, especificações dos recursos utilizados para executar a atividade, pontos-chave, rotina de operação de equipamentos, inspeção e monitoramento da atividade. Todos esses elementos descritos precisam ser especificados e uma das formas de viabilizar esta especificação é por meio da elaboração do projeto da produção.

Tsao (2005) destaca a necessidade de estabelecer ou readequar uma série de especificações referentes à forma como o produto deveria ser produzido somente em uma etapa próxima à execução. Estas especificações estavam relacionadas à: forma de abastecimento dos recursos, disposição dos mesmos nos postos de trabalho, composição das equipes de produção, segmentação das tarefas em pacotes de trabalho e sequência de execução dentro desses pacotes.

No trabalho de Tsao (2005) e Chalita (2010), o estabelecimento ou readequação das especificações foram sugeridas, na sua maioria, pelos envolvidos diretamente com a execução da atividade de modo a garantir o alinhamento do projeto da produção com o projeto do produto. Portanto, é de extrema importância promover a participação dos agentes envolvidos na produção durante a etapa de elaboração do projeto do produto.

Outro aspecto relevante no que diz respeito aos projetos relacionados ao processo de produção, descritos na literatura, se refere à natureza da função projeto. Entende-se que esclarecimentos quanto à natureza desta função são necessários, uma vez que a estruturação do trabalho é descrita por Tsao (2005) como uma atividade essencialmente de planejamento.

### **3.6 Natureza das funções projeto e planejamento**

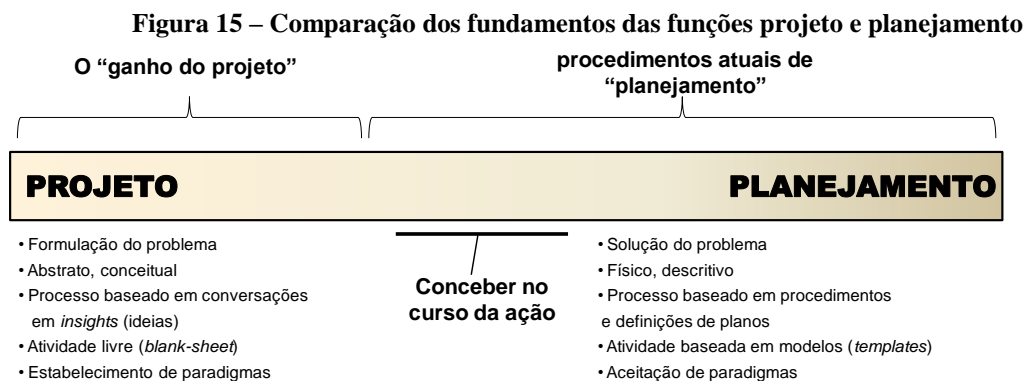
Schmitt (2006) apresenta a diferença entre as funções projeto e planejamento, além de destacar a importância do esclarecimento entre ambas. O referido autor argumenta que, embora os termos planejamento e projeto sejam, por vezes, utilizados como equivalentes, ambos possuem diferenças conceituais importantes.

É verdade que projeto e planejamento são meios para formular alternativas voltadas a atingir um futuro desejável. No entanto, enquanto o projeto é um processo que desenvolve uma forma inicial de um determinado objeto, mediante uma atividade preliminar, intelectual e abstrata, o planejamento elabora planos para ações, a serem tomadas a partir de procedimentos estabelecidos.

Schmitt (2006) complementa a comparação entre as duas funções, mencionando que o processo de projeto ocorre mediante etapas de entendimento e formulação de um problema, do contexto em que o mesmo está inserido e a partir de, então, soluções emergem baseadas em uma evolução coletiva do conhecimento.

Já, o planejamento propõe um plano para a solução do problema, uma vez que o entendimento deste foi consolidado no projeto ou baseado em padrões conhecidos. Assim, enquanto o planejamento foca na geração de um plano - uma série de ações a serem executadas, o projeto foca no entendimento da natureza de um problema não familiar.

Conclui-se, então, que as duas funções ocorrem em diferentes etapas ao longo do processo de solução do problema, sendo que o projeto precede o planejamento. A figura 15 apresenta as diferenças entre as duas funções.



Fonte: Adaptado de Schmitt (2006).

Retomando a descrição de Tsao (2005) para a estruturação do trabalho, como uma função que envolve a elaboração do projeto do processo e da operação (projeto da produção), e que se desenvolve mediante um processo interativo e iterativo, exigindo a participação de diferentes agentes envolvidos e constantes adaptações, entende-se que a mesma possui uma natureza, de fato, projetual.

### **3.7 Considerações finais**

Os projetos relacionados à produção apresentam inúmeras denominações, conforme descrito no presente capítulo, entretanto, todos os projetos apresentados evidenciam a necessidade de haver interação e iteração dos envolvidos para viabilizar a execução do empreendimento, desde a fase de concepção até o uso com o intuito de entregar valor ao cliente.

A estruturação do trabalho requer a integração dos envolvidos para avaliar sua aplicação, no entanto, o projeto do sistema de produção mostrou-se ser uma importante forma de integração, principalmente entre a fase de projeto e a de execução.

Portanto, é de suma importância que os empreendimentos, mesmo que não tenham uma integração nos moldes do LPDS, elaborem o projeto do sistema de produção para melhorar o desempenho da produção. Por consequência, o projeto da produção está inserido dentro do PSP e é de grande valia para que possa projetar a produção, por meio da especificação dos elementos, que compõem a atividade com o intuito de estabelecer um padrão.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Aborda-se, neste capítulo, o método empregado para o desenvolvimento da presente pesquisa. Inicialmente, será apresentada a estratégia de pesquisa, o delineamento da pesquisa e a descrição das fontes de suas evidências.

Ao final do capítulo, optou-se por apresentar a descrição do contexto da pesquisa, em decorrência das características da etapa (estrutura de concreto) e da empresa construtora requererem um entendimento mais aprofundado deste contexto, de modo a facilitar o entendimento do presente trabalho.

### 4.1 Estratégia de pesquisa

O desenvolvimento da presente pesquisa aconteceu em canteiros de obras de uma empresa da indústria da construção, na qual se buscou propor uma solução para um problema prático, fundamentado na teoria existente.

March e Smith (1995), Van Aken (2004), Vaishnavi e Kuechler (2007), Holmström e Ketikivi (2009) entendem que, em pesquisas nas quais se busca uma solução para um problema prático, deve ser utilizada a abordagem metodológica intitulada de ciências do projeto (*design science*). Já, Kasanen e Lukka (2003) entendem que, em pesquisas em que se busca a solução de um problema do mundo real, deve-se utilizar a abordagem da pesquisa construtiva (*constructive research*).

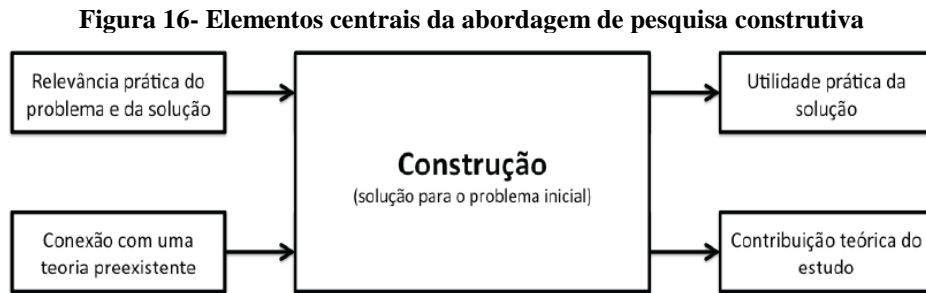
Koskela (2008) afirma que a estratégia de pesquisa em ciências de projeto e pesquisa construtiva tem características similares, pois, em ambas as abordagens, o principal resultado da pesquisa é a concretização de uma construção inovadora<sup>11</sup> (artefato). A presente pesquisa busca propor uma solução para um problema real, com base teórica, por meio do desenvolvimento de um artefato. O artefato proposto, aqui, é a elaboração do projeto da produção de atividades na indústria da construção.

Por meio do teste do artefato proposto, busca-se a proposição de diretrizes para elaboração do referido projeto. Assim, adotou-se para o desenvolvimento deste trabalho a abordagem da pesquisa construtiva.

---

<sup>11</sup> Lukka (2003) afirma que “construção inovadora” pode ser entendida como um conceito bem amplo e que pode haver um número muito grande de potenciais realizações. O autor salienta que todos os artefatos humanos (modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação) são construções inovadoras.

Lukka (2003, p. 1) define a abordagem da pesquisa construtiva como sendo “um procedimento de pesquisa para a produção de construções inovadoras, destinado a resolver problemas enfrentados no mundo real e, desta forma, contribuindo para a teoria da disciplina na qual ele é aplicado”. Na figura 16, são apresentados os elementos centrais desta abordagem.



**Fonte:** Baseado em Kasanen, Lukka e Siitonen (1993).

Lukka (2000 apud LUKKA, 2003, p. 2) relaciona as principais características que a abordagem da pesquisa construtiva requer: (a) concentrar-se em problemas do mundo real no sentido relevante a serem resolvidos na prática; (b) produzir uma construção inovadora destinada a resolver o problema do mundo real; (c) incluir uma tentativa de desenvolvimento da execução da construção e, assim, um teste para a aplicabilidade prática; (d) implicar um envolvimento muito próximo e de cooperação entre o pesquisador e os praticantes em forma de equipe, situação em que a aprendizagem experiencial é esperada; (e) explicitar a ligação ao conhecimento teórico prévio; e (f) prestar atenção especial à reflexão dos resultados empíricos ao ligá-los à teoria.

Lukka (2000 apud LUKKA, 2003) acrescenta que o processo de desenvolvimento da pesquisa construtiva deve seguir as etapas expostas abaixo:

- 1- Encontrar um problema com relevância prática, que também tenha potencial para a contribuição teórica;
- 2- Examinar o potencial de pesquisa de longo prazo de cooperação entre o pesquisador e a organização-alvo;
- 3- Obter um entendimento profundo da área, tanto prático como teórico;
- 4- Propor uma ideia inovadora e desenvolver uma construção para resolução do problema que tenha potencial para contribuição teórica;
- 5- Implementar a solução e testar como funciona;
- 6- Refletir sobre o âmbito de aplicação da solução;
- 7- Identificar e analisar a contribuição teórica.

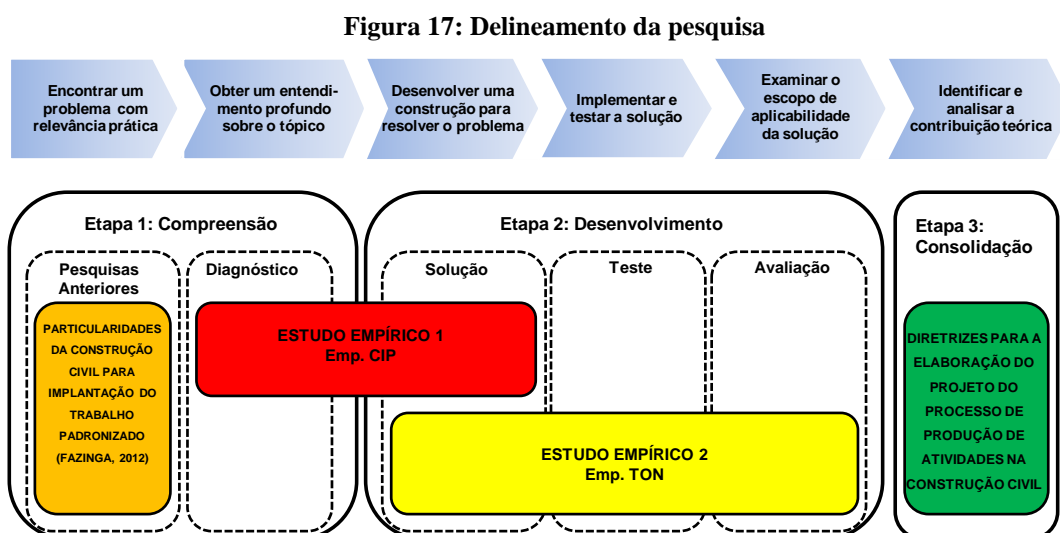
Os estudos experimentais, empregando a abordagem da pesquisa construtiva, acontecem a partir do desenvolvimento e implementação de uma construção inovadora (artefato), que deve ser considerada como um instrumento de teste a fim de ilustrar, testar ou aperfeiçoar uma teoria ou desenvolver um sistema. Esses estudos requerem uma forte e explícita intervenção empírica do pesquisador, sendo que deve haver o envolvimento e cooperação dos praticantes (LUKKA, 2003).

Lukka (Ibid.) ressalta que a pesquisa construtiva apresenta uma característica diferenciada em relação às demais abordagens de pesquisa, pois permite que não apenas os casos em que ocorra sucesso na implementação possam ser considerados relevantes. Para o autor, mesmo que os resultados não tenham atingido os objetivos das partes interessadas no projeto de pesquisa, este pode ter uma contribuição, do ponto de vista acadêmico, por intermédio de implicações teóricas significativas.

## 4.2 Delineamento da pesquisa

### 4.2.1 Delineamento geral

A presente pesquisa foi dividida em três etapas, sendo: (a) compreensão, (b) desenvolvimento; e (c) consolidação (Figura 17).



Fonte: O autor (2013).

O problema real deste trabalho é fruto de pesquisas que vêm sendo realizadas pela área de Gestão da Produção, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e

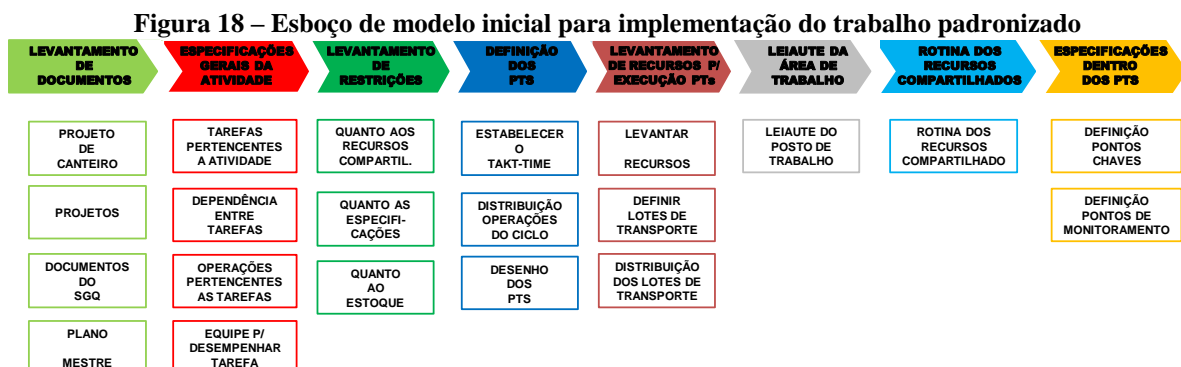
Saneamento da Universidade Estadual de Londrina (PPGEES/UEL) junto às empresas da indústria da construção de Londrina, desde 2008.

Essas pesquisas tinham como objetivo a viabilização da padronização das atividades de obra do setor da indústria da construção. Ao longo dessas pesquisas percebeu-se que a implementação da padronização das atividades apresentava dificuldades, sendo que uma delas estava relacionada à problemática de estabelecer um padrão de produção adequado às particularidades do sistema de produção da indústria da construção.

O trabalho de Fazinga (2012) foi fundamental para a primeira etapa da presente pesquisa, pois a autora identificou quais elementos devem compor um padrão adequado às particularidades da indústria da construção, sendo eles, o ponto de partida para que este pesquisador pudesse elaborar o projeto da produção (artefato).

Ainda durante a primeira etapa da pesquisa, foi realizado um diagnóstico em uma etapa da obra (Estudo Empírico 1), para que o pesquisador se familiarizasse com o sistema de gestão de obras da empresa construtora, bem como, para que conhecesse a tecnologia construtiva utilizada pela empresa, tornando-o apto a elaborar o projeto da produção.

Na segunda etapa da pesquisa, buscou-se elaborar o projeto da produção para o Estudo Empírico 1. A elaboração do projeto da produção foi conduzida a partir de um esboço de modelo inicial (Figura 18) desenvolvido pelo grupo de pesquisa de gestão do PPGEES/UEL, a partir da pesquisa de Fazinga (2012), mas que ainda não havia sido testado empiricamente. Este esboço de modelo foi utilizado como referência para orientar quais elementos especificar e a ordem em que esta especificação, supostamente, ocorreria.



Fonte: Grupo de Pesquisa de gestão do PPGEES/UEL (2013).

Esse modelo prevê uma série de fases que devem ser desenvolvidas até se obterem as condições para a implementação do TP, entretanto, por se tratar de um modelo inicial, seus elementos são apresentados apenas em relação às suas fases. O referido modelo foi utilizado

como referência nesta pesquisa com a intenção de planejar os procedimentos que o pesquisador adotaria para elaborar o projeto da produção.

Embora não tenha sido possível testar o projeto neste primeiro estudo, sua elaboração propiciou ao pesquisador o esclarecimento dos elementos propostos por Fazinga (2012) e o entendimento dos passos a serem seguidos e da interdependência deles no processo de definição do projeto da produção.

A partir da experiência de elaboração do projeto da produção do Estudo Empírico 1, foi iniciada a elaboração do projeto no Estudo Empírico 2. Neste segundo estudo, o pesquisador pode participar da formação da equipe de trabalho que ficou incumbida de elaborar o projeto apresentá-lo para a equipe e, por fim, testar o referido projeto.

Posteriormente, foi procedida à avaliação do estudo empírico comparando o projetado com o teste na prática. Esta comparação teve como finalidade avaliar: (a) se todos os elementos necessários para a execução da atividade estavam contemplados no projeto; (b) se a qualidade da especificação dos elementos previstos no projeto; (d) se o nível de detalhamento do projeto era adequado para a equipe seguir durante a implementação; e (e) se não havia informações desnecessárias no projeto elaborado.

Na terceira etapa foi realizada a consolidação dos resultados da pesquisa, que gerou as diretrizes para elaboração do projeto da produção da atividade na indústria da construção, em estudo.

## **4.2.2 Descrição das etapas de pesquisa**

### **4.2.2.1 Etapa 1: Compreensão**

A etapa de compreensão foi iniciada em outubro de 2011, mediante a inserção deste pesquisador no projeto conduzido pelo grupo de pesquisa do ENGES/UEL, que se encontrava em andamento quando da realização do Estudo Empírico 1.

Esta etapa foi necessária porque, durante a realização das reuniões iniciais para elaborar o projeto da produção, adotando como referência os elementos do TP propostos por Fazinga (2012), o grupo de pesquisadores e da empresa construtora encontraram dificuldades para especificar, principalmente, os elementos: restrições e método. Entre as dificuldades estavam, por exemplo, a rotina de operação da grua e a designação do número de trabalhadores para cada pacote de trabalho.

O grupo optou por realizar o diagnóstico na etapa de estrutura do Estudo Empírico 1. Nesse diagnóstico, o pesquisador buscou conhecer o sistema construtivo utilizado pela empresa

construtora, bem como, esclarecer as dúvidas para a especificação dos elementos identificados na pesquisa de Fazinga (2012).

O diagnóstico foi realizado por intermédio do acompanhamento de um ciclo completo de produção de uma laje do pavimento tipo da obra. Para obter informações que facilitassem a especificação dos elementos do projeto da produção, a equipe de pesquisadores optou pela realização de filmagem ininterrupta do ciclo de produção com o acompanhamento presencial de um ou mais pesquisadores.

Foram coletadas as informações referentes aos serviços em execução (lado A, lado B e complementares) com o objetivo de identificar: a) as tarefas que estavam sendo realizadas; b) a sequência técnica de execução; c) a duração de cada tarefa; d) o número de trabalhadores envolvidos na tarefa; e) a qualificação (carpinteiro, meio oficial ou servente) dos trabalhadores envolvidos em cada tarefa; e f) demais observações relevantes sobre a execução da atividade de estrutura do pavimento tipo (ex.: sequência de execução dos elementos pertencentes a uma determinada tarefa).

O acompanhamento serviu para coletar informações registradas em planilhas, tais como: tarefas executadas pela equipe de produção, pessoal envolvido com a execução da tarefa e mapeamento dos transportes realizados pela grua.

Após o término do diagnóstico, foi realizada a avaliação das informações coletadas e foram retomadas as reuniões para efetuar as especificações do projeto da produção.

#### **4.2.2.2 Etapa 2: Desenvolvimento**

##### **4.2.2.2.1 Estudo Empírico 1**

Para viabilizar a elaboração do projeto da produção (artefato), no Estudo Empírico 1, foi formado um grupo de trabalho composto por pesquisadores da ENGES/UDEL (1 doutora, 2 alunos de mestrado e 2 alunos de graduação) e a equipe de engenharia da obra (1 engenheiro residente, 1 engenheiro de produção, 1 estagiário de engenharia).

Na primeira reunião, foram apresentados os objetivos do estudo, os conceitos básicos e o plano de ação para a elaboração do projeto da produção da etapa estrutura. A responsabilidade pela coordenação das ações necessárias para a elaboração do projeto da produção ficou a cargo do engenheiro de produção da obra com o suporte deste pesquisador, no entanto, os demais membros do grupo participaram das reuniões para discussão e validação das propostas do projeto.

À medida que surgiam dúvidas durante a definição das especificações do projeto da produção, os responsáveis pela pesquisa buscavam dirimí-las, realizando visitas na etapa em

execução, pois a atividade de produção na obra em estudo (estrutura de concreto do pavimento tipo), já estava sendo executada (5ª laje).

Durante as visitas, eram observadas as práticas adotadas pela equipe, realizadas medições na área de trabalho, esclarecidas dúvidas com a equipe de trabalho e avaliada a viabilidade de implementação de propostas previstas durante a elaboração do projeto.

O projeto de produção foi elaborado ao longo de nove reuniões. Essas reuniões tinham o objetivo de apresentar, discutir, validar e alterar o projeto da produção. Além das reuniões de trabalho, foram realizadas ações fora do horário das reuniões com o intuito de especificar os elementos do projeto que estava em elaboração. Essas ações foram realizadas pelo engenheiro de produção e por este pesquisador, com o auxílio de um estagiário da EC.

Pelo fato de o projeto da produção do Estudo Empírico 1 ter sido finalizado muito próximo do fim da etapa de estrutura de concreto (faltavam apenas 3 lajes para o término da etapa), não foi possível realizar a implementação (teste) do projeto proposto.

#### 4.2.2.2 Estudo Empírico 2

Com o aprendizado adquirido na elaboração do projeto da produção no Estudo Empírico 1, buscou-se um novo empreendimento que estivesse em construção em fase anterior à atividade em estudo (estrutura de concreto do pavimento-tipo), para que o projeto da produção pudesse ser elaborado antes do início efetivo desta atividade na obra.

A pesquisa foi iniciada no Estudo Empírico 2 com a formação de um grupo de trabalho composto pelos seguintes núcleos, com seus respectivos membros:

- 1- **Engenharia:** o engenheiro de obra e dois estagiários de engenharia da empresa construtora;
- 2- **Pesquisa:** três pesquisadores do ENGES/UEL, sendo: uma doutora, um mestrando e um aluno de iniciação científica;
- 3- **Obra:** o mestre de obras<sup>12</sup> da empresa construtora, o encarregado de estrutura da empresa construtora, o encarregado de estrutura da empreiteira doravante denominada de EMP-EST e o encarregado de armadura da empreiteira doravante denominada de EMP-ARM;
- 4- **Coordenação:** o engenheiro coordenador de obras da empresa construtora, o proprietário da empreiteira de estrutura e o proprietário da empreiteira de armadura.

---

<sup>12</sup> O mestre de obras só começou a participar das reuniões a partir do 12º encontro, pois estava de férias no período anterior.

O projeto da produção da atividade foi elaborado ao longo de 16 reuniões, sendo que o núcleo de engenharia e o núcleo de pesquisa participaram de todas as reuniões. O núcleo de obra participou das reuniões em que foram feitas definições diretamente relacionadas à produção. O núcleo de coordenação participou de duas reuniões, sendo que na primeira reunião participou apenas o engenheiro coordenador de obras e na sétima reunião, quando foram tomadas decisões importantes para a elaboração do projeto, também estavam presentes os proprietários das empreiteiras contratadas.

Essas reuniões tinham o objetivo de apresentar, propor, discutir, validar, alterar e definir o projeto da produção. Para dar suporte às reuniões de trabalho, fez-se necessário intercalar a realização de atividades extras para possibilitar o desenvolvimento de: projetos de escoramento e de leiaute; elaboração de propostas para distribuição das tarefas do ciclo; definição dos pacotes de trabalho; quantificação dos *kits* de recursos; definição do projeto dos meios de transporte dos *kits* de recursos; dimensionamento dos lotes de transporte; elaboração do leiaute da área de trabalho; determinação da rotina de recursos compartilhados e especificações dentro dos pacotes de trabalho. Esse trabalho de suporte foi realizado, exclusivamente, por este pesquisador, com o auxílio dos dois estagiários da EC.

Com a finalização do projeto da produção no Estudo Empírico 2, foi realizada a apresentação do projeto para toda a equipe de obra envolvida com a atividade. A apresentação teve o objetivo de avaliar o nível de entendimento da equipe de obra em relação aos objetivos do projeto da produção e verificar a adequabilidade da documentação do projeto elaborado, por meio das representações gráficas apresentadas. Posteriormente, foi realizado treinamento do operador de grua e do encarregado de estrutura da EC.

A implementação (teste) na execução da etapa nesta pesquisa teve como objetivo avaliar a pertinência e relevância das especificações estabelecidas na elaboração do projeto e a adequabilidade do nível de detalhamento das especificações.

Durante a implementação do projeto da produção na obra, ocorreu o acompanhamento em tempo integral deste pesquisador e em tempo parcial de um aluno de iniciação científica e de um estagiário da empresa construtora. O acompanhamento ocorreu na execução da atividade durante os três primeiros ciclos do lado A e dois primeiros ciclos do lado B, perfazendo o acompanhamento de 27 dias trabalhados (40 dias corridos).

### **4.2.2.3 Etapa 3: Consolidação**

O propósito da etapa de consolidação foi o de realizar reflexões sobre as dificuldades encontradas na elaboração do projeto da produção durante a realização da presente pesquisa. Essas reflexões levaram à proposição de diretrizes para a elaboração do projeto da produção.

### **4.3 Fonte de evidências**

De acordo com Yin (2001), a eficiência das técnicas de coleta de dados pode ser aprimorada, colaborando para acentuar a confiabilidade e a validade de um estudo de caso, desde que se utilizem os seguintes princípios:

- a) Usar múltiplas fontes de evidências: os estudos de caso não devem estar limitados a uma única fonte de evidência, devendo ser baseados em uma convergência de informações provenientes de diferentes fontes, quer sejam dados qualitativos ou quantitativos;
- b) Criar uma base de dados do estudo de caso: a construção de uma base de dados formal pode aumentar a confiabilidade da pesquisa e a possibilidade de estudos futuros sobre essa mesma base de dados;
- c) Manter uma cadeia de evidências: esse princípio consiste em permitir que um observador externo possa perceber que qualquer evidência proveniente de questões iniciais de pesquisa leve às conclusões finais do estudo de caso. Além disso, o observador externo deve ser capaz de seguir as etapas em qualquer direção (das conclusões para as questões iniciais da pesquisa ou vice-versa).

Yin (2001) relata que as evidências para um estudo de caso podem vir de seis fontes distintas: documentação, registro em arquivos, entrevistas, observações diretas, observação participante e artefatos físicos. Abaixo são apresentadas as fontes de interesse para a presente pesquisa.

#### **4.3.1 Observação direta**

Para Yin (2001), as provas observáveis podem ser úteis para subsidiar informações adicionais sobre o foco do que está sendo estudado. As observações constituem-se em um importante registro das percepções sobre os fenômenos estudados.

Essas observações podem ser coletadas de maneira formal ou informal. As observações formais são caracterizadas pelo emprego de protocolos de observação. Já as observações

informais podem ser realizadas diretamente ao longo das visitas de campo, podendo ocorrer ao mesmo tempo em que outras evidências estão sendo coletadas.

O pesquisador realizou observações formais durante a realização do diagnóstico, na etapa de compreensão, quando foram empregados formulários (planilhas) para a coleta das informações. As observações informais foram coletadas por meio da utilização do caderno de campo.

O caderno de campo, conforme salientam Easterby-Smith, Thorpe e Lowe (1991) é utilizado para registrar as percepções do pesquisador e dos fenômenos observados no momento de sua ocorrência. O caderno foi utilizado durante as reuniões realizadas para a elaboração do projeto da produção dos empreendimentos, bem como durante a etapa de teste.

Durante a elaboração do projeto, o pesquisador fez registro sobre as dificuldades encontradas para a especificação dos elementos do referido projeto. No decorrer do teste do projeto, o pesquisador fez registro das dificuldades que a equipe de produção enfrentava para seguir o projeto da produção, bem como, da relevância ou não de determinada especificação prevista no projeto. O caderno também foi utilizado durante a realização de ações extras, fora do horário das reuniões, quando o pesquisador registrava como ocorriam as definições e quais as dificuldades encontradas durante este processo.

#### **4.3.2 Registro de imagens**

Yin (2001) afirma que as observações podem ser documentadas a partir de imagens, pois elas auxiliam a transmitir particularidades importantes do caso em estudo aos observadores externos. O registro de imagens foi utilizado na etapa de compreensão durante as visitas realizadas na obra. Também foi empregado o registro fotográfico no acompanhamento da etapa de teste.

#### **4.3.3 Observação participante**

A observação participante é um tipo especial de observação em que o pesquisador não é apenas um observador passivo (YIN, 2001). Segundo o autor, o pesquisador pode assumir uma variedade de funções dentro do estudo empírico e pode participar efetivamente dos eventos que estão sendo estudados. O autor relata, ainda, que existem aspectos positivos e negativos em relação ao emprego da observação participante. Podem ser destacados os seguintes pontos positivos:

- a) Possibilidade de participar de eventos ou de grupos, que em geral, são inacessíveis à investigação científica;

- b) Capacidade de perceber a realidade do ponto de vista de alguém que está “dentro” do estudo de caso;
- c) Ter a capacidade de manipular eventos menos importantes, por exemplo, marcar uma reunião de um grupo de pessoas no estudo de caso.

Já com relação aos pontos negativos, podem ser destacados:

- a) Redução da capacidade do pesquisador em trabalhar como observador externo e ser obrigado a advogar funções contrárias aos interesses das boas práticas científicas;
- b) A possibilidade de o pesquisador perseguir um fenômeno conhecido e tornar-se um apoiador do grupo ou organização que está estudando;
- c) A função de participante pode simplesmente exigir atenção demasiada em relação à função de observador.

No presente estudo, a observação participante foi empregada em todas as etapas desta pesquisa, sendo de extrema importância durante a elaboração do projeto da produção nos dois empreendimentos. A participação ocorreu efetivamente durante a realização das reuniões, como também, na realização de ações fora do horário das reuniões.

#### **4.3.4 Múltiplas fontes de evidência - Triangulação**

O uso de múltiplas fontes de evidência propicia ao pesquisador o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação por meio do processo de triangulação, possibilitando que qualquer descoberta possa corroborar com a pesquisa em curso.

Patton (1987, apud YIN, 2001) apresenta quatro tipos de triangulação: (a) de fonte de dados (triangulação de dados); (b) entre avaliadores diferentes (triangulação de pesquisadores); (c) de perspectivas sobre o mesmo conjunto de dados (triangulação da teoria); e (d) de métodos (triangulação metodológica).

Na presente pesquisa, foi realizada a triangulação de dados e ocorreu a triangulação entre avaliadores diferentes. A triangulação entre avaliadores diferentes aconteceu no Estudo Empírico 2, no qual foram realizadas três reuniões em que este pesquisador relatou aos demais avaliadores como ocorreu o processo de elaboração do projeto da produção. A triangulação entre os avaliadores objetivou a identificação das dificuldades encontradas pelo pesquisador no processo de elaboração do projeto da produção.

Após essas reuniões, realizou-se reunião individual com cada um dos avaliadores, onde puderam refletir acerca das dificuldades, e para que eles repassassem ao pesquisador suas constatações em relação às mesmas.

Os avaliadores apresentavam os seguintes perfis: Avaliador 1 - pesquisadora doutora envolvida com a pesquisa; Avaliador 2 - mestrando e engenheiro da empresa construtora que não estava diretamente envolvido com a pesquisa; e Avaliador 3 - aluno de iniciação científica que acompanhou parte do processo de definição e de implementação do projeto da produção.

#### **4.4 Descrição do contexto da pesquisa**

Neste tópico serão apresentadas as características da empresa em que os estudos foram realizados, a descrição dos empreendimentos observados, a tecnologia utilizada para execução da etapa estrutura e, por fim a, estratégia de produção utilizada pela empresa construtora na etapa de estrutura.

##### **4.4.1 Empresa**

A empresa construtora (EC), em que foram realizados os estudos empíricos da presente pesquisa, tem uma experiência de mais de 40 anos de atuação no segmento de incorporação residencial e obras industriais. Especificamente no segmento de incorporação residencial, a empresa já entregou mais de 240 empreendimentos em 8 cidades, distribuídas em 4 estados brasileiros, totalizando mais de 16.500 unidades entregues.

Desde 1999, a EC é certificada pela ISO 9002, sendo que, em 2004, obteve a certificação ISO 9000:2000, no nível A do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H, certificação esta que mantém até a presente data.

A EC é reconhecida como cumpridora dos prazos de entrega dos empreendimentos. Esse diferencial é oriundo da atuação inicial da empresa no segmento industrial, em que o cumprimento de prazos é um fator importante. A ênfase no cumprimento de prazo está disseminada em todos os níveis da empresa, da direção ao canteiro de obras.

A EC constrói empreendimentos imobiliários para atender públicos diferenciados no que diz respeito à tipologia, área construída, áreas de lazer e padrão de acabamento; busca construir obras com sistemas construtivos compatíveis com o produto a ser oferecidos aos clientes. Para tal, os projetos e os sistemas construtivos são compatibilizados com o propósito de otimizar o desempenho dos empreendimentos. Por exemplo, em produtos de alto padrão o projeto prevê grandes vãos entre pilares e é adotado o sistema de laje nervurada com protensão, enquanto, que em produtos de entrada (“primeiro imóvel”) é utilizado sistema estrutural com pilares com menor vão e laje maciça sem protensão.

Desde 2007, a EC vem disponibilizando seus canteiros de obras e profissionais para estudos conjuntos com os pesquisadores do ENGES/UEL com o intuito de melhorar a padronização da produção de forma a alcançar a execução das obras de forma mais estável.

O gerenciamento da produção de cada uma das obras é realizado com uma equipe própria da EC, composta, em geral, por um engenheiro residente, engenheiro de produção, técnicos de segurança no trabalho, mestre de obra, encarregados e estagiários de engenharia. A EC utiliza mão de obra terceirizada (empreiteiras) em quase todas as atividades produtivas existentes nos canteiros de obra. A mão de obra própria da empresa construtora é empregada somente para a realização de trabalho de apoio à produção (fabricação de argamassa, operação da grua e elevador cremalheira e confecção de proteções coletivas).

Embora a mão de obra empregada seja terceirizada, as empreiteiras que trabalham para a EC, em sua maioria, possuem uma parceria consolidada com a mesma. No entanto, com o aumento do volume de empreendimentos, ocorrido nos últimos anos, a empresa vem contratando novas empreiteiras, o que tem ocasionado dificuldades em manter a estabilidade na produção e o cumprimento de prazos.

Como forma de minimizar os problemas relacionados à instabilidade da produção, a EC vem buscando estreitar a relação com as empreiteiras por meio de incentivo ao desenvolvimento e aprimoramento delas e de seus trabalhadores.

O planejamento das obras é estruturado mediante o estabelecimento de dois *takt-times* para os serviços executados nos pavimentos. O primeiro refere-se aos serviços de obra bruta (estrutura, alvenaria, instalações, reboco e pisos cimentados). E o segundo *takt-time* refere-se aos serviços de obra fina (forro, cerâmica, esquadrias, pintura, louças e metais).

No planejamento, é previsto um *buffer* de tempo entre a fase de obra bruta e a fase de obra fina com o intuito de evitar que atrasos na primeira afetem o prazo de entrega do empreendimento.

O mesmo plano adotado para estabelecer os *takt-times* de cada etapa, adequando-os ao prazo de entrega do empreendimento (planejamento de longo prazo ou planejamento estratégico) é empregado para efetuar o planejamento das compras de materiais. Portanto, a abordagem de planejamento utilizada pela empresa construtora não segue os preceitos do modelo de planejamento e controle da produção proposto por Bernardes (2001).

#### **4.4.2 Estudo Empírico 1**

O Estudo Empírico 1 foi realizado no Empreendimento CIP que está sendo construído na cidade de Londrina/PR e consiste num edifício residencial de alto padrão, com área

construída total que supera os trinta e cinco mil metros quadrados, composto por 2 subsolos, térreo com área de lazer e uma torre com 23 pavimentos tipo, composta por 4 apartamentos por andar, com área da laje de 952,15 m<sup>2</sup>.

A obra iniciou em outubro de 2010 e foi entregue em fevereiro de 2014 (Figura 19). O primeiro estudo empírico iniciou nesse empreendimento em agosto de 2011, quando estava sendo executada a estrutura de concreto do 5º pavimento tipo.

**Figura 19 - Imagem do empreendimento CIP**



**Fonte:** Site da EC (2013).

A equipe da EC envolvida com a produção era composta por um engenheiro residente, um engenheiro de produção, um estagiário de engenharia, um mestre de obras e um encarregado de estruturas.

Haviam três empreiteiras diretamente envolvidas com a produção. A equipe da EMP-ARM era composta por um encarregado de armadura e onze armadores. A empreiteira responsável pela montagem das formas, confecção de pré-vigas e concretagem era composta por um encarregado de estrutura, vinte trabalhadores (carpinteiros, pedreiros, meio-oficiais e serventes) na área da laje e dois carpinteiros na central de pré-vigas. Também trabalhava na etapa estrutura, uma terceira empreiteira encarregada pelo serviço de protensão (EMP-PRO) que acontecia na véspera da concretagem.

#### **4.4.3 Estudo Empírico 2**

O Estudo Empírico 2 foi realizado no Empreendimento TON que está sendo construído na cidade de Londrina/PR e consiste num edifício residencial de alto padrão, composto por dois subsolos, térreo e dois níveis intermediários e torre com 22 pavimentos tipo contendo quatro

apartamentos por andar com área da laje de 587,61 m<sup>2</sup>. A obra iniciou em abril de 2012 e tem previsão para entrega em abril de 2015 (Figura 20). O estudo iniciou neste empreendimento quando estava sendo executada a etapa de fundação.

**Figura 20: Imagem do empreendimento TON**



**Fonte:** Site da EC (2013).

A equipe da EC envolvida com a produção era composta por um engenheiro residente, dois estagiários de engenharia, um mestre de obras e um encarregado de estruturas. Havia duas empreiteiras diretamente envolvidas com a produção. A EMP-ARM era composta por um encarregado de armadura e 11 armadores. A EMP-EST constituída por um encarregado de estrutura, 17 trabalhadores (carpinteiros, pedreiros, meio-oficiais e serventes) na área da laje e dois carpinteiros na central de pré-vigas.

O engenheiro residente deste empreendimento havia sido contratado recentemente pela empresa construtora e, embora tivesse experiência na gestão de obras, esta era a primeira vez em que o mesmo estava tendo contato com o a tecnologia utilizada na produção da empresa construtora.

#### **4.4.4 Tecnologia utilizada para execução da etapa estrutura**

Os estudos realizados nos Empreendimentos CIP e TON foram realizados na etapa da estrutura de concreto do pavimento tipo. A seguir, são apresentadas as principais características do sistema construtivo utilizado pela empresa construtora nos dois empreendimentos.

Os pilares têm a ferragem colocada e, posteriormente, recebem a fôrma<sup>13</sup>, que é constituída por painéis compostos por chapa de compensado plastificado, estruturados por montantes metálicos (longitudinais e transversais), agulhas, porcas, tubo e cone de PVC. As fôrmas dos pilares são posicionadas e fixadas na laje com o emprego de gachos metálicos.

A empresa utiliza o sistema de vigas pré-moldadas de concreto armado - Pré-Vigas (PV) - produzidas numa central dentro da própria obra. A central é composta por berços nos quais as armaduras são colocadas, as fôrmas posicionadas e, posteriormente, concretadas até a metade da altura da seção transversal.

Após um processo inicial de cura, as vigas são içadas e levadas a uma área de estoque. No momento em que as fôrmas dos pilares estão posicionadas, as PV's são içadas até o pavimento em execução e posicionadas sobre as fôrmas dos pilares, sendo devidamente escoradas.

Posteriormente à colocação das PV's, procede-se à concretagem dos pilares utilizando a grua. No dia seguinte, é feita a desfôrma dos pilares e, em seguida, é realizada a colocação da fôrma de borda nas PV's para, nas bordas externas, complementar a PV até a altura da laje a concretar e nas bordas internas para receber o escoramento da laje.

O sistema de laje empregado é do tipo nervurada podendo haver ou não faixas de protensão em função da definição do projeto estrutural. O escoramento utilizado é composto por escoras metálicas tipo *drop-head*<sup>14</sup> (com e sem cabeçal), vigas principais e vigas auxiliares (Figura 21). Sobre o escoramento é instalado um assoalho de chapas de madeira compensada, onde as fôrmas plásticas (cumbucas) são dispostas (Figura 22). Nos edifícios onde há a previsão no projeto estrutural de faixas protendidas na laje, utiliza-se o sistema de cordoalhas não-aderentes.

**Figura 21 - Sistema de escoramento**

**Figura 22 - Fôrma da laje nervurada**

---

<sup>13</sup> Será utilizado neste trabalho o termo “fôrma” (com acento circunflexo) para se referir ao elemento montado na obra para fundir o concreto.

<sup>14</sup> Possibilita a desfôrma dos demais componentes do escoramento da laje sem a necessidade de retirada das escoras metálicas, no entanto, a escora tem que ficar em contato com a superfície a ser concretada. Para isto, é necessário o recorte dos cantos das fôrmas plásticas e do assoalho.



Fonte: Fazinga (2012).

Posteriormente, colocam-se as armaduras na parte inferior da laje, depois, a tela metálica e, em seguida, a armadura na parte superior da laje. Os acabamentos de fôrma da laje são realizados (*shafts*, passagens, alinhamento da borda, etc.) e, logo após, a laje é concretada.

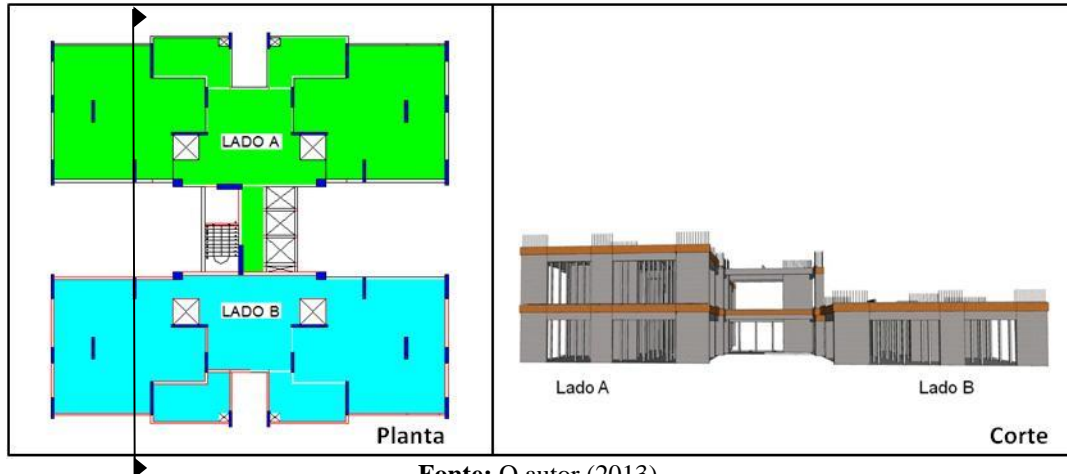
No dia posterior à concretagem da laje, o sistema de escoramento pode começar a ser removido, exceto as escoras metálicas tipo *drop-head* com cabeçal. Primeiro, é realizada a desfôrma das vigas do escoramento (principais e secundárias); na sequência, são retiradas as escoras tipo *drop-head* sem cabeçal. Posteriormente, o assoalho é retirado e, por fim, as cumbucas são desformadas. As escoras tipo *drop-head* com cabeçal só podem ser retiradas 21 dias após a concretagem e sempre devem ser mantidos, no mínimo, 3 pavimentos escorados.

Para a construção de edifícios verticais, a empresa construtora utiliza em suas obras um equipamento do tipo grua para realizar o transporte vertical e horizontal para a etapa de estrutura de concreto e também para realizar transporte em outras etapas da obra.

#### 4.4.5 Estratégia de produção da etapa estrutura

A prática corrente de execução de estrutura de concreto nas obras da empresa construtora é a execução da concretagem da laje em duas partes, sendo: uma parte referente à cerca de 60% (denominada de lado A) e outra parte com 40% (denominada de lado B) da área da laje, conforme apresentado na figura 23.

Figura 23: Definição das etapas de execução da estrutura de concreto



Fonte: O autor (2013).

Esta estratégia é adotada com o intuito de reduzir o tamanho do lote, conseqüentemente, reduzir o tempo de ciclo e possibilitar o compartilhamento de recursos entre os lados da laje.

A plataforma de proteção de periferia para montagem da fôrma dos pilares de borda é compartilhada entre os lados, bem como, os painéis das fôrmas dos pilares que também são compartilhados para os dois lados da etapa (A e B). Já as fôrmas de borda, sistema de escoramento, assoalho e cumbucas são disponibilizados em quantidade suficiente para todo o pavimento, não sendo compartilhados entre os lados.

A EC disponibiliza para a execução da etapa de estrutura de concreto um operador de grua, um encarregado de estrutura, além do mestre que supervisiona todos os serviços da obra. O operador de grua tem a função de realizar o transporte vertical e horizontal para a etapa e, também, para outros serviços. Enquanto o encarregado de estruturas, que é supervisionado pelo mestre, tem a função de acompanhar a execução dos serviços, bem como verificar a qualidade desses.

## 5 RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo apresenta os resultados referentes a cada um dos estudos empíricos, de acordo com as etapas descritas no delineamento da pesquisa.

### 5.1 Estudo Empírico 1

#### 5.1.1 Diagnóstico

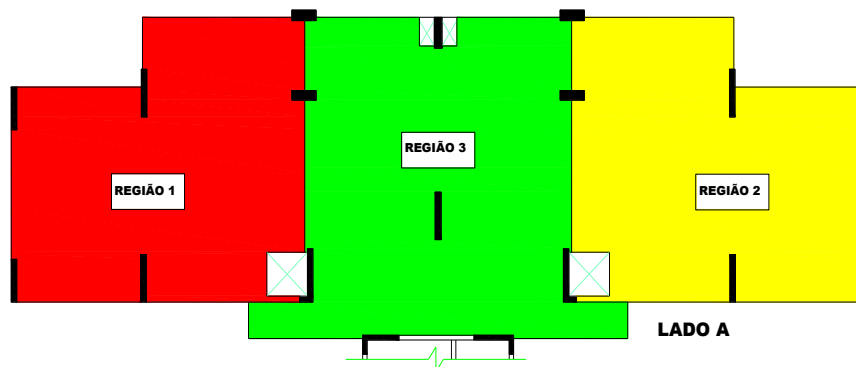
A etapa de compreensão foi efetuada a partir de um diagnóstico realizado durante o acompanhamento de ciclo de uma laje efetuado no empreendimento CIP. Inicialmente, foi realizada uma reunião da equipe de pesquisadores em que foi constatado que havia muitas informações a serem coletadas.

Optou-se, então, por realizar a coleta de informações relacionadas a quatro grandes grupos: a) tarefas em execução no lado A da laje; b) tarefas em execução no lado B da laje; c) tarefas complementares (desfôrma do pavimento inferior); e d) transportes realizados pela grua.

Para entender como a atividade se desenvolvia ao longo do ciclo de repetição, as tarefas pertencentes foram identificadas e sequenciadas. Com isso percebeu-se que as tarefas que compõem a atividade apresentam uma sequência técnica rígida.

Portanto, é necessário executar uma determinada tarefa para que a tarefa subsequente possa ser iniciada, por exemplo: a colocação de uma determinada pré-viga só pôde ocorrer depois que as fôrmas dos pilares em que a viga será apoiada estiverem colocadas. Como forma de reduzir o impacto desta rigidez (ter que concluir uma tarefa para iniciar a próxima), a equipe da EMP-EST executava cada tarefa seguindo uma ordem prioritária para execução dos elementos pertencentes à tarefa, conforme apresentado na figura 24.

**Figura 24 – Ordem prioritária de execução das tarefas para o Lado A**



Fonte: O autor (2013).

Essa priorização tinha o intuito de propiciar que, por exemplo, a execução da tarefa de fôrmas dos pilares seria executada primeiramente na região 1, depois na região 2 e pôr fim na região 3. Entretanto, a tarefa posterior (colocação das pré-vigas) na região 1 poderia ser iniciada logo após a finalização das fôrmas dos pilares da região 1.

Foram também obtidas informações relativas ao tempo necessário para a realização de cada tarefa, o número de trabalhadores envolvidos em cada tarefa e suas respectivas atribuições. Em relação ao tempo necessário foi observado que apenas duas tarefas (locação de pilar e colocação de armadura de pilar) eram realizadas com duração igual ou inferior a um período de trabalho (manhã ou tarde).

Constatou-se que muitos trabalhadores atuavam durante um mesmo período (manhã ou tarde) em mais de uma tarefa com o objetivo de que as mesmas fossem executadas, pois, em alguns momentos, o trabalhador estava, por exemplo, auxiliando na montagem da fôrma de pilar e, logo depois, ele estava trabalhando no posicionamento de pré-viga. Esta prática evidencia que, em algumas tarefas, ocorre o compartilhamento de trabalhadores, ou seja, as equipes não eram fixas para executar cada tarefa.

Em função desta variação de trabalhadores, na tarefa como a de forma de borda do lado A, a equipe de produção apresentou três diferentes formações em um intervalo de tempo de apenas 2,5 horas. Além dessas variações, verificou-se ainda um número considerável de faltas ao trabalho e de indisponibilidade momentânea para execução das tarefas (saídas dos trabalhadores do posto de trabalho).

Os pacotes de trabalho que compõem cada tarefa foram identificados e os tempos gastos computados na medida do possível, pois ocorreram várias paralisações na execução de determinadas tarefas para que a equipe se concentrasse na realização de outra tarefa. Com isso, muitos trabalhadores alternavam-se entre os PT's e não retornavam ao posto de trabalho original.

Outro aspecto observado foi a ocorrência de falta de materiais e componentes para a realização das tarefas, resultando em prejuízo ao trabalho das equipes. Isso ocorria porque os mesmos não eram disponibilizados antecipadamente ou não estavam disponibilizados na quantidade suficiente.

Foi realizado o monitoramento dos transportes efetuados pela grua e observou-se que, em determinados momentos, enquanto a grua realizava operações em um lado da laje, a equipe do outro lado limitava-se a realizar serviços auxiliares ou ficava paralisada, em virtude da indisponibilidade da grua.

Outra verificação foi a realização de transportes inseguros utilizando a grua, pois, por exemplo, alguns componentes do escoramento da laje (escoras, vigas metálicas) eram transportados pela grua sem o emprego de compartimento adequado, gerando risco iminente de queda dos mesmos (Figura 25). Presenciou-se ainda o depósito de uma pilha de armaduras de pilar em local inadequado (sobre o arranque de um dos pilares). Em função de depósito inadequado, a montagem deste pilar só poderia ser executada após a movimentação da pilha ocasionando retrabalho na movimentação das armaduras (Figura 26).

**Figura 25: Transporte arriscado das escoras metálicas**



**Figura 26: Pilha de armaduras depositadas sobre o arranque do pilar**

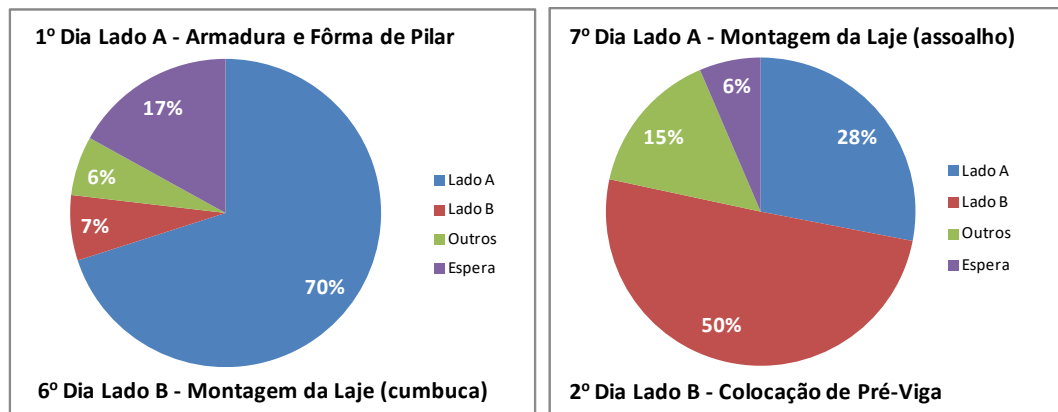


Fonte: O autor (2013).

Também foi observado que as tarefas que mais requisitam a grua, ocorrem nos primeiros dias do ciclo, mais precisamente desde a colocação de armadura dos pilares até o momento da desfôrma dos mesmos. Nessas tarefas, a grua é utilizada para transportar os recursos para a área da laje e executar as tarefas; sendo assim, o ritmo de execução da tarefa ficava condicionado à disponibilidade da grua. Já para as tarefas de montagem da laje, a grua era utilizada apenas para transportar os recursos até a área da laje e o tempo para realizar cada transporte era pequeno.

Foram também coletados dados sobre as operações realizadas pela grua ao longo dos dias. Na figura 27 é apresentada a distribuição do tempo da grua ao longo do dia para o atendimento da área da laje (lado A e B), a realização de outros serviços e os períodos em que a grua ficou ociosa (em estado de espera). Observando os dados do gráfico, fica nítido o uso intenso da grua nos primeiros dias do ciclo.

**Figura 27 - Gráfico de distribuição do uso da grua durante o ciclo**



Fonte: O autor (2013).

A necessidade de utilização da grua para efetuar transportes não relacionados à etapa de estrutura prejudicava o andamento dos serviços na área da laje, principalmente quando a grua precisava ficar totalmente dedicada a execução da tarefa. Notou-se que os transportes não relacionados à etapa estrutura poderiam ser programados para serem realizados nos momentos em que a grua se encontrava em estado de espera.

A definição do número de trabalhadores e dos tempos necessários para realização de cada tarefa não foi alcançada no diagnóstico em função dos problemas apontados anteriormente. Notou-se que as tarefas precisam ser divididas em PT's para melhorar o desempenho da produção da atividade, pois, por exemplo, a tarefa de montagem de fôrma de pilar ocorreu em cinco períodos distintos, utilizando um número variado de trabalhadores.

Também ficou claro que o transporte dos recursos precisava ser revisto e que, para alguns tipos de recurso, se fazia necessário o uso de meios de transporte adequados. Esses recursos deviam ser transportados até a área de trabalho na quantidade correta, no momento adequado, e deviam ser depositados em local apropriado para facilitar a execução das tarefas.

Por fim, observou-se que se fazia necessária a elaboração de uma rotina para os equipamentos compartilhados, em especial a grua. A rotina da grua deveria ser definida de modo a priorizar a execução das tarefas mais importantes para cada período do ciclo. Os transportes não relacionados diretamente à execução da atividade deveriam ser realizados, preferencialmente, nos horários de ociosidade da grua.

### 5.1.2 Elaboração do projeto da produção

Após o término do diagnóstico da etapa de estrutura de concreto foi iniciada a elaboração do projeto da produção da estrutura de concreto do pavimento tipo no referido empreendimento.

Para estruturar a elaboração do projeto da produção da atividade em estudo, foi utilizado como referência o modelo apresentado na figura 18 (4.2.1). Optou-se por apresentar os resultados da elaboração do projeto da produção de acordo com a sequência de fases estabelecidas no referido modelo.

A elaboração do projeto da produção foi iniciada quando estava ocorrendo o 5º ciclo da atividade, portanto, algumas decisões pertinentes às demais etapas do PSP que impactam a elaboração do projeto da produção já haviam sido definidas anteriormente, tais como: definição do leiaute do canteiro de obras; disponibilização dos componentes para serem utilizadas na atividade (escoras, fôrmas, cumbucas); e dimensionamento da central de pré-vigas. Com isso, essas decisões foram incorporadas ao projeto da produção em elaboração.

#### 5.1.2.1 Levantamento de documentos

Na fase de levantamento de documentos, a equipe de pesquisadores procurou conhecer e entender os documentos relacionados à etapa de estrutura.

Os documentos do sistema de gestão da qualidade foram consultados com o intuito de avaliar aspectos da qualidade do produto, critérios para aprovação dos serviços e informações pertinentes para realizar a produção. Estes procedimentos priorizavam aspectos relacionados às características do produto final dos elementos estruturais (pilar, viga e laje), tais como: conferência de prumo, alinhamento e de dimensões bem como a existência de nichos de concretagem.

Os projetos foram analisados com o objetivo de entender as especificidades da atividade. O projeto estrutural foi o principal documento analisado, no entanto, as plantas de fôrma e de escoramento da laje é que continham informações fundamentais para a execução da atividade. Por exemplo, a planta de escoramento, definia o local onde as escoras seriam posicionadas e relacionava o tipo e a quantidade dos componentes necessários para realizar a montagem do escoramento da laje.

#### 5.1.2.2 Especificações gerais da atividade

A fase de especificações gerais da atividade objetivou conhecer a tecnologia construtiva utilizada na etapa de estrutura e tomar conhecimento da estratégia de produção utilizada pela empresa construtora durante a execução da atividade.

Em decorrência de ter sido realizado diagnóstico da atividade, bem como de estar sendo executada durante a elaboração do projeto (possibilidade de realizar visitas na área de trabalho para esclarecimentos de dúvidas), o detalhamento desta fase foi facilitada.

Em um primeiro momento, as tarefas pertencentes ao ciclo da atividade foram listadas, a partir da experiência dos envolvidos com o projeto, como também das informações obtidas no diagnóstico. Para cada tarefa pertencente ao ciclo, foi realizado o levantamento das operações necessárias para sua realização, por exemplo, a tarefa de locação de pilar era constituída das seguintes operações: a) escarificar o concreto da laje no local do pilar; b) locar os pilares a partir das linhas de referência; e c) fixar os ganchos na laje.

Em seguida, as tarefas foram ordenadas de acordo com a sequência técnica de execução da atividade. Posteriormente, foi analisado como deveria ser definida a equipe para desempenhar cada uma das tarefas. Com base no diagnóstico realizado, percebeu-se que a equipe de execução do ciclo da laje se organizava em grupos menores e que cada um desses era responsável pela execução de um conjunto de tarefas, portanto, optou-se em realizar o dimensionamento dos grupos de acordo com esse critério. Após a formação dos grupos, foi realizado o dimensionamento do número de trabalhadores para cada grupo. A figura 28 sintetiza a fase de especificações das tarefas do pavimento tipo.

**Figura 28 - Distribuição das tarefas pertencentes ao ciclo**

Seq	Tarefas Pertencentes ao Ciclo de acordo com a sequência técnica	Grupo de Tarefas	Trabalhadores da EMP-EST
1º	Locação e colocação de gancho	Pilar e Pré-Viga	7
2º	Armadura de pilar		
3º	Fôrma de Pilar		
4º	Colocação de Pré-Vigas		
5º	Concretagem de Pilar		
6º	Desfôrma de Pilar		
7º	Fôrma de borda da Laje	Montagem da Laje	12
8º	Escoramento da Laje		
9º	Assoalho da Laje		
10º	Cumbrua da Laje		
11º	Arremates de Fôrma da Laje		
12º	Armadura Positiva da Laje	Armadura da Laje	-
13º	Armadura Negativa da Laje		
14º	Armadura de Protensão da Laje		
15º	Concretagem da Laje	Concretagem da Laje	15

**Fonte:** O autor (2013).

Além das tarefas elencadas no Quadro 6, o ciclo da atividade possuía também outras tarefas que apresentavam características particulares, dentre essas: a) a tarefa de desfôrma da laje do pavimento inferior era atribuída à equipe de montagem da laje; e b) a tarefa de confecção de pré-vigas era realizada na central de pré-vigas (pavimento térreo do empreendimento) composta por 2 trabalhadores da EMP-EST.

### 5.1.2.3 Levantamento de restrições

O levantamento das restrições refere-se a aspectos que impõem limitações ao desempenho da produção. Em decorrência de a etapa já estar sendo executada no empreendimento CIP várias decisões importantes pertinentes a outras etapas do PSP e que impactam no projeto da produção em elaboração já haviam sido tomadas, dentre essas: a) leiaute da central de pré-vigas e da central de armaduras; b) posicionamento da grua na torre; e c) acesso de caminhões para as concretagens. Mesmo assim, o grupo de trabalho se empenhou em buscar soluções para remover ou reduzir o impacto destas restrições já existentes com o intuito de flexibilizar a execução da atividade em estudo.

Em relação a central de pré-vigas, os pesquisadores questionaram os engenheiros da obra a respeito da necessidade de uso da grua para a concretagem das pré-vigas. O engenheiro residente afirmou que o posicionamento da central de pré-vigas no pavimento térreo inviabilizava a descarga direta do concreto dos caminhões para realizar a concretagem. Por outro lado, caso o caminhão tivesse acesso, seria necessário deslocar a equipe da área da laje para realizar a concretagem o que prejudicaria o andamento dos serviços na laje. Aqui vale observar que em outra obra da desta empresa, a mesma em que Fazinga realizou sua pesquisa, houve a mesma imposição em decorrência da não elaboração formal do PSP. Ou seja, não vinha ocorrendo uma aprendizagem da empresa no que diz respeito aos impactos das decisões tomadas nas demais etapas do PSP no projeto da produção. Esta deficiência vinha resultando em restrições importantes na execução da etapa estrutura, especialmente, no que se refere à sobrecarga da grua com repercussão em dificuldade para cumprir o tempo de ciclo almejado.

Desta forma, foi mantido o uso da grua para a concretagem das PV's. Como a grua seria utilizada para esse serviço, foi questionado se havia programação de horário para concretagem das PV's. O engenheiro de produção informou que não existia uma programação, pois, à medida que as PV's eram liberadas para a concretagem, o concreto era solicitado ao fornecedor. No momento que o concreto chegasse à obra, a grua teria que se dedicar exclusivamente a realização deste serviço.

Também foi questionado se existia uma programação para a retirada das PV's da central para a área de estoque, o engenheiro residente informou que, após o prazo de cura, elas eram retiradas da pista de concretagem para liberar a produção de mais uma remessa de PV's e que este transporte era prioritário.

Em relação à central de armaduras, foi questionado aos engenheiros se a grua era utilizada para movimentar as armaduras no térreo para a formação dos lotes de transporte (pilhas de armadura). O engenheiro de produção afirmou que a grua só era utilizada para realizar

o transporte das armaduras da central até a área da laje, sendo que a formação das pilhas era realizada manualmente.

Já em relação aos transportes realizados pela grua para outras atividades, o engenheiro residente salientou que, em alguns casos, se fazia necessário o uso da grua, pois não havia outro equipamento de transporte disponível que possibilitasse acessar algumas áreas de periferia do empreendimento. O engenheiro afirmou ainda que esses serviços aconteciam esporadicamente e que os encarregados destas áreas é que solicitavam o transporte diretamente ao operador de grua.

As restrições relacionadas ao compartilhamento de componentes já estavam definidas, pois as fôrmas de pilar estavam sendo compartilhadas entre os lados da laje e os componentes para montagem da laje eram compartilhados entre os pavimentos. Portanto, estas definições foram mantidas na elaboração do projeto da produção.

A fabricação de pré-vigas era a única restrição relacionada a estoque e optou-se por manter da forma que já vinha sendo realizado, ou seja, a central de pré-vigas devia manter estoque equivalente a um pavimento (lado A e B), a fim de evitar indisponibilidade de pré-vigas para a execução da atividade.

#### 5.1.2.4 Definição dos pacotes de trabalho

Para dimensionar os PT's foram obtidos os dados do plano mestre (planejamento de longo prazo) da atividade. No referido plano, estava previsto *takt-time* de doze dias trabalhados para cada lado da laje. O engenheiro residente estipulou que o tempo de ciclo fosse de dez dias trabalhados para haver um folga em relação ao *takt-time*.

Em seguida, foi realizada a distribuição das tarefas ao longo do ciclo para cada lado da laje com base nos dados obtidos no diagnóstico, bem como por meio da contribuição do mestre de obras e do encarregado de estrutura da EMP-EST. Posteriormente, foram determinadas as datas marco<sup>15</sup> para cumprir o tempo de ciclo estabelecido.

Além de respeitar as datas marco, também foi necessário respeitar a sequência técnica (Quadro 7) de execução das tarefas e observar o intervalo de tempo necessário entre a execução de determinadas tarefas. Por exemplo, a desfôrma dos pilares, só podia ser realizada doze horas após a concretagem dos mesmos.

---

<sup>15</sup> São datas que precisam ser respeitadas por cada grupo de tarefas de modo a viabilizar o cumprimento do tempo de ciclo. Na etapa, os grupos são: 1- Pilar e Pré-Viga com término no 4º dia; 2- Montagem da laje com término no 7º dia; 3- Armadura e protensão com término no 9º dia; e 4- Concretagem da laje com término no 10º dia.

Em função da estratégia de produção adotada pela EC (tópico 4.4.5), foi necessário especificar para cada período do ciclo a execução de tarefas diferentes para o lado A e para o lado B da laje para cada dia do ciclo da atividade. Esse procedimento teve como objetivo proporcionar que cada equipe executasse um grupo de tarefas em um lado e depois se deslocasse para o outro lado da laje para executar o mesmo grupo de tarefas.

A figura 29 sintetiza a versão final do grupo de tarefas a serem executadas em cada lado da laje, ao longo do ciclo da atividade.

**Figura 29 - Sincronização dos grupos de tarefa em cada lado da laje ao longo do ciclo**

LADO A					LADO B						
Dia	Per.	Equipes Responsáveis pelo Grupo de Tarefas				Dia	Per.	Equipes Responsáveis pelo Grupo de Tarefas			
		Pilar e Pré-Viga	Montagem da Laje	Armadura da Laje	Concretagem da Laje			Pilar e Pré-Viga	Montagem da Laje	Armadura da Laje	Concretagem da Laje
1º	M					6º	M				
	T						T				
2º	M					7º	M				
	T						T				
3º	M					8º	M				
	T						T				
4º	M					9º	M				
	T						T				
5º	M					10º	M				
	T						T				
6º	M					1º	M				
	T						T				
7º	M					2º	M				
	T						T				
8º	M					3º	M				
	T						T				
9º	M					4º	M				
	T						T				
10º	M					5º	M				
	T						T				

**Fonte:** O autor (2013).

Em decorrência do fato que determinadas tarefas requerem durações maiores do que outras, da constatação que as equipes trabalham em cada tarefa seguindo uma ordem prioritária e de que são numerosos os recursos necessários para executar cada tarefa, o grupo de trabalho optou por dividir os elementos pertencentes a cada tarefa do ciclo em um ou mais pacotes de trabalho. Como critério para definir o número de elementos em cada PT, o grupo estipulou que a duração de cada PT fosse limitada a um período de trabalho (manhã ou tarde) com o intuito de facilitar a execução e o controle da produção. Por exemplo, a tarefa de locação de pilar constituiu um PT, enquanto que a tarefa de posicionamento de pré-viga constituiu três PT's.

Após a distribuição das tarefas ao longo do ciclo e da opção de dividir as tarefas em PT's, o pesquisador e o engenheiro de produção (coordenadores do projeto da produção), começaram a dimensionar os PT's de cada tarefa. Foram respeitadas as datas-marco, os períodos em que as tarefas precisam ser executadas e a sincronização das tarefas entre os lados. Em função das inúmeras possibilidades de dimensionamento, os projetistas optaram por elaborar cada proposta e submetê-las a apreciação do grupo. Durante este processo de dimensionamento, a equipe de pesquisadores solicitou que o mestre de obras e o encarregado

de estrutura da EMP-EST participassem das reuniões, pois os mesmos possuíam muita experiência e poderiam contribuir no dimensionamento, entretanto, o mestre participou de três reuniões e o encarregado de apenas uma reunião. Inúmeras propostas foram apresentadas até que se chegou a uma proposta final do dimensionamento dos PT's.

Com os PT's dimensionados, a equipe de pesquisa propôs ao grupo de trabalho a discussão sobre a viabilidade ou não de sequenciar os elementos pertencentes a cada PT, por exemplo: um PT de montagem de fôrma de pilar é constituído dos seguintes elementos: P1, P2 e P3, portanto estes elementos podem ser executados aleatoriamente ou seguindo uma sequência (P3/P2/P1 ou P3/P1/P2). O estudo realizado por Fazinga (2012) indicou a necessidade de estabelecimento desta sequência com o intuito de reduzir a distância entre os elementos e minimizar os deslocamentos da equipe na laje.

O engenheiro residente argumentou que o estabelecimento de sequência para cada elemento pertencente ao PT poderia prejudicar o andamento da tarefa caso houvesse a falta de um ou mais recursos para executar o elemento previsto na sequência. Por exemplo, caso um dos painéis do P3 não estivesse disponível, o PT montagem teria que ser paralisado até que o painel faltando do P3 fosse disponibilizado na laje. Ao final da discussão, foi acatada a sugestão do engenheiro residente e não foi realizado o sequenciamento dos elementos pertencentes a cada PT.

Os PT's foram dimensionados para cada um dos dez dias do ciclo no lado A e no lado B. Na figura 30, é exemplificado o dimensionamento dos PT's no 3º dia do lado A. Por exemplo, o período da manhã contempla um PT de posicionamento de PV's contendo 9 elementos, um de PT de desfôrma de pilares contendo 6 elementos e um PT de colocação de fôrma de borda de um elemento.

**Figura 30 - Pacotes de trabalho do 3º dia do Lado A**

Dia	Período	Elemento	Ação	Local					
3 Dia A	Manhã	Pré Vigas	Posicionamento	V501-3/4	V502-4	V503-4	V501-3/4	V504-4/1	
				V504-4/2	V505-3/3	V510-4	V509-4		
		Pilares	Desfôrma	P4	P5	P6			
				P11	P12	P13			
	Laje	Forma de Borda	L-A-1-1						
	Tarde	Pré Vigas	Posicionamento	V501-3/2	V501-3/3	V505-3/2	V517-3		
				V517-4	V518-3	V516-3	V516-4		
		Pilares	Concretagem	P1	P2	P3	P10	P17	P18
				P7	P8	P9	P14	P15	P16
		Laje	Escoramento	L-A-1-1					

Fonte: O autor (2013).

#### 5.1.2.5 Levantamentos de recursos para execução dos pacotes de trabalho

Esta fase teve como objetivo levantar os recursos necessários à realização dos PT's na área da laje, dentre esses: materiais, componentes, máquinas, equipamentos e ferramentas. Os recursos foram levantados à partir dos projetos disponíveis, em especial a planta de fôrmas e de escoramento da laje, bem como, a partir de inspeções realizadas na área de trabalho em que a produção estava sendo executada com o intuito de verificar todos os recursos necessários para executar os PT's. Os recursos necessários para a execução dos PT's de armadura da laje não foram levantados durante a elaboração do projeto, pois os materiais já eram separados na central de armaduras.

O levantamento dos recursos para executar os PT's de fôrma de pilar e escoramento da laje resultou em um número considerável de itens com quantidades substanciais de cada recurso conforme é possível observar na figura 31. Por exemplo, o PT de montagem de fôrma de pilar (P21, P22, P23, P28, P29 e P30) requer quinze tipos de recurso. Portanto, optou-se, com base no trabalho de Saffaro et al. (2012), por formar lotes de transporte para enviar os recursos até a área de laje.

**Figura 31 - LT's contendo os recursos necessários para executar os PT's**

PACOTE DE TRABALHO	KIT DE RECURSO P/PT	LOTE	TIPO DE LOTE	DESCRIÇÃO DO RECURSO	RECURSO
Escoramento da Laje L-A-1-1	Componentes metálicos L-A-1-1	Lote 49 A	Vários Recursos	Vigas Metálicas	Viga Secundária 186 = 44 Viga Principal 186 = 7 Viga Secundária 121 = 40 Viga Principal 121 = 30
		Lote 50 A	Recurso único	Pontaletes 300R	Pontaletes 300R = 56
Escoramento da Laje L-A-1-2	Componentes metálicos L-A-1-2	Lote 51 A	Vários Recursos	Vigas Metálicas	Viga Secundária 186 = 35 Viga Principal 186 = 7 Viga Secundária 121 = 40 Viga Principal 121 = 30
		Lote 52 A	Recurso único	Pontaletes 300R	Pontaletes 300R = 50
Montagem das Fôrmas dos Pilares P21, P22, P28, P29 e P30	Painéis: P21, P22, P23, P28, P29 e P30 e acessórios p/ fôrma de todos os pilares	Lote 5 B	Recurso único	Painéis	P28; P21; P29
		Lote 6 B	Lote único	Agulha grande	Agulha grande = 213
		Lote 7 B	Lote único	Acessórios	Agulha pequena = 77
					Agulha p/ pré viga = 26
					Borboleta = 312
		Lote 8 B	Recurso único	Sapatas de escora	Sapatas de escora = 99
		Lote 9 B	Recurso único	Escoras de prumo	Escoras de prumo = 50
		Lote 10 B	Lote único	Tubos de PVC	20cm = 28
					25cm = 104
27cm = 9					
35cm = 5					
				40cm = 10	
				44cm = 10	
Lote 11 B	Recurso único	Painéis	Painel P30; P23; P22		

**Fonte:** O autor (2013).

A figura 31 apresenta a relação dos recursos necessários para executar três PT's e seus respectivos LT's. Os LT's foram dimensionados considerando que o transporte seria realizado somente pela grua, ou seja, não seria realizado transporte manual dos recursos. Para atender a esses objetivos foram propostos três tipos de LT:

- LT único: contendo recursos em grande quantidade que ocupam pouco volume para atender vários PT's de uma ou mais tarefas. Ex.: acessórios para PT de fôrma de pilar e de fôrma de borda da laje (Lote 7B);
- LT de recurso único: contendo um único tipo de recurso para atender um PT. Ex.: pontaletes para PT de escoramento da laje (Lote 52A);
- LT de vários recursos: contendo vários tipos de recurso para a execução de um único PT. Ex.: vigas metálicas para escoramento da laje (Lote 49A).

Após a conclusão do levantamento dos recursos e da formação dos LT's, o grupo de trabalho percebeu que a opção de utilizar LT's com mais de um recurso não seria a mais adequada, pois os componentes, por exemplo, do LT 49A (Figura 31) possuem tipologia e dimensões diferentes e estas diferentes tipologias e dimensões dos componentes poderiam ocasionar problemas de segurança durante o transporte, bem como dificultar a retirada dos

componentes do compartimento no momento de realizar a montagem do escoramento. Além disso, foi observado que, no momento em que os componentes fossem desformados, os trabalhadores teriam que quantificá-los para formar um novo LT de escoramento que seria utilizado no próximo ciclo.

Durante o dimensionamento dos PT's de montagem de laje (fôrma de borda, escoramento, assoalho e cumbuca) optou-se por dividir a área da laje em sete PT's. A adoção da subdivisão resultou numa pequena quantidade de recursos a ser transportado em cada LT.

Antes mesmo de finalizar o trabalho de levantamento dos recursos e de formação dos LT's, foi realizada uma reunião para apresentação desta fase do projeto e um dos representantes da equipe de obra no grupo de trabalho sugeriu que fosse realizada uma alteração na composição dos elementos dos PT's de uma determinada tarefa.

Os participantes presentes avaliaram que a sugestão não era viável, pois trazia prejuízo a PT's de outras tarefas. Entretanto, a possibilidade de eventual alteração nos PT's fez o pesquisador refletir sobre o impacto que uma eventual alteração poderia requerer a revisão de um ou mais PT's e, conseqüentemente, ocasionar a alteração dos LT's afetados pelos PT's a serem modificados.

#### 5.1.2.6 Leiaute da área de trabalho

Esta fase de definição do projeto da produção prevê a definição do leiaute da área de trabalho para definir o espaço e a localização em que os LT's serão dispostos na área da laje com o objetivo de que os LT's estejam posicionados no local mais adequado para reduzir os deslocamentos da equipe, bem como, para que a sua localização não venha a atrapalhar a execução dos PT's durante o período em que estes estarão dispostos sobre a laje.

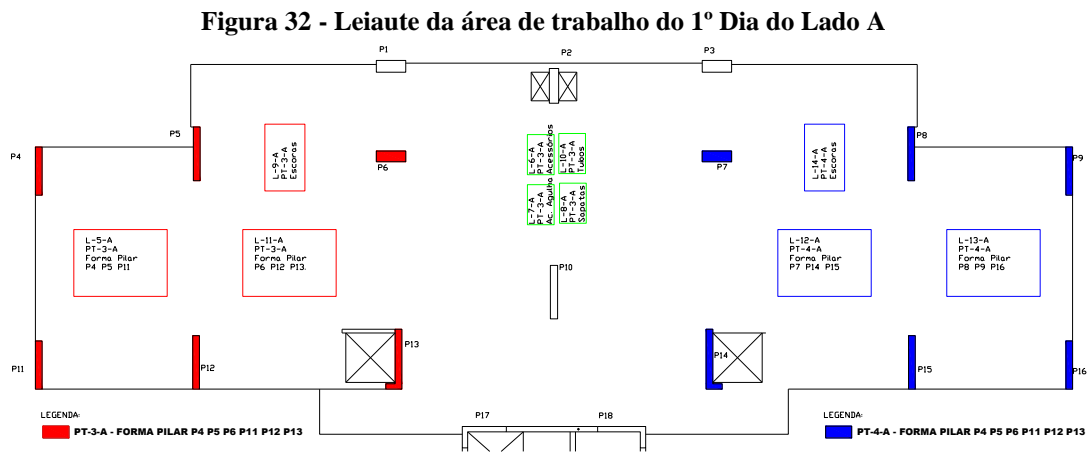
Como boa parte dos componentes estava sendo levada até a laje sem um compartimento, optou-se por realizar medições na área da laje em que a atividade está sendo executada, a fim de determinar as dimensões que os LT's ocupariam sobre a laje. A equipe de obra já utilizava caixas de madeira para transportar os componentes menores, tais como: agulhas, tubos de PVC e pinos (acessórios para as fôrmas de pilar). Também havia na área da laje um compartimento para o transporte de cumbucas da laje.

As constatações do diagnóstico (etapa de compreensão) e o acompanhamento da execução da etapa de estrutura, no presente estudo, foram fundamentais para facilitar o entendimento e avaliar os fatores que poderiam interferir no posicionamento dos LT's.

Durante a análise para escolha do local mais adequado para depósito dos LT's, os projetistas encontraram dificuldades em determinar o local adequado para o posicionamento,

pois buscou-se: (a) minimizar o deslocamento da equipe, optando por posicionar os LT's que seriam usados em mais de um PT, na região central da laje, enquanto os LT's que atendiam um PT específico foram posicionados na região próxima onde seriam utilizados; e (b) os LT's deviam estar posicionados na área da laje de modo a não atrapalhar a execução dos PT's, até que eles fossem retirados da laje. Todo esse processo foi realizado manualmente com software de desenho em 2D e exigiu dos projetistas um raciocínio acurado para encontrar o local mais adequado para o posicionamento dos LT's. No decorrer da elaboração, foi necessário realizar várias revisões no leiaute até se chegar à versão final em função de erros de posicionamento, pois à medida que as tarefas iam sendo executadas o espaço em que os LT's estavam depositados precisava ser liberado para que novos PT's pudessem ser executados na área de trabalho.

Na figura 32 é apresentado o leiaute da área de trabalho do 1º dia do lado A. O leiaute também continha informações sobre quais PT's estavam sendo executados no período. Para isso foram utilizadas cores para representar os PT's em execução e facilitar a visualização da equipe de obra. Por exemplo, os pilares P4/5/6/11/12/13, em que as fôrmas seriam montadas neste período, foram hachurados na cor vermelha e os demais P7/8/9/14/15/16 na cor azul.

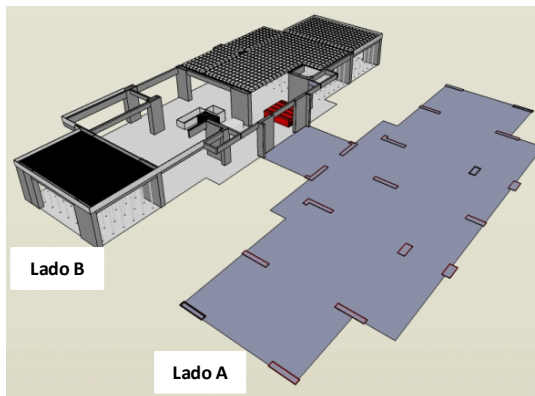


Em decorrência de não ter optado pelo sequenciamento dos elementos de cada PT, foi necessário prever durante a elaboração do leiaute, que todos os LT's de cada PT estivessem depositados na área de trabalho para que então fosse iniciada a execução do referido PT.

Após o término da elaboração do leiaute, o grupo de trabalho entendeu ser adequado representar por meio de imagens tridimensionais (3D) para propiciar à equipe de obra a visualização dos PT's a serem executados em cada período do ciclo, bem como demonstrar como os LT's seriam posicionados na área da laje (Figura 33).

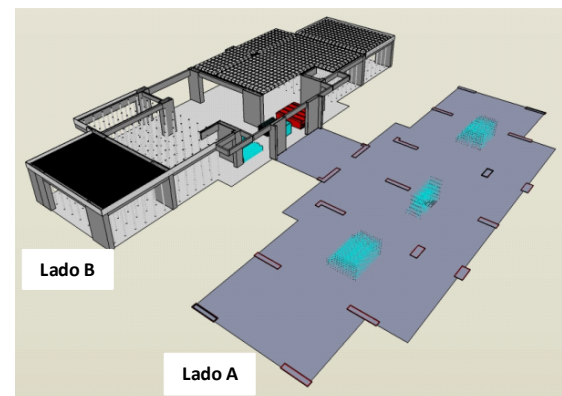
**Figura 33 - Apresentação da execução dos PT's, distribuição dos LT's e leiaute do 1º dia do lado A e 6º dia do lado B – Tarde**

**1ª IMAGEM**



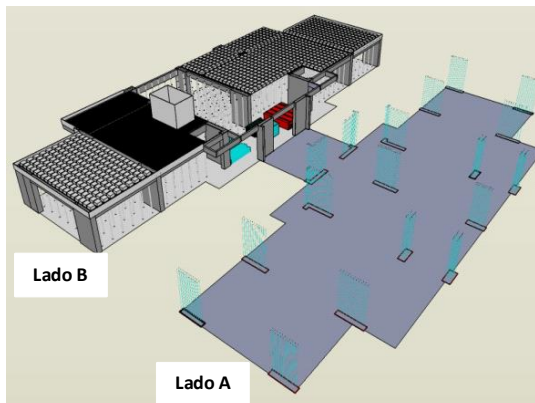
**LADO A:** PT e LT de Gastalho de Pilar  
**LADO B:** PT de Assoalho e Cumbuca da Laje

**2ª IMAGEM**



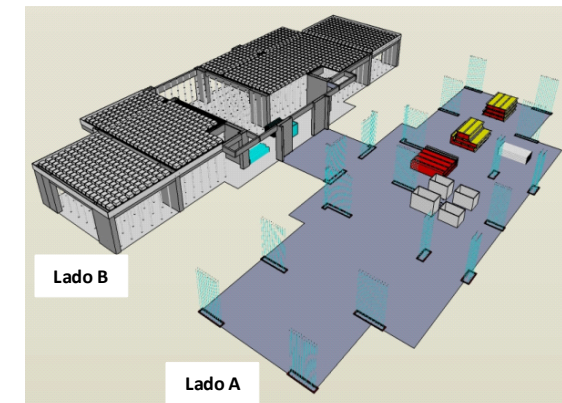
**LADO A:** LTs de Armadura de Pilar  
**LADO B:** PT e LTs de Escoramento da Laje

**3ª IMAGEM**



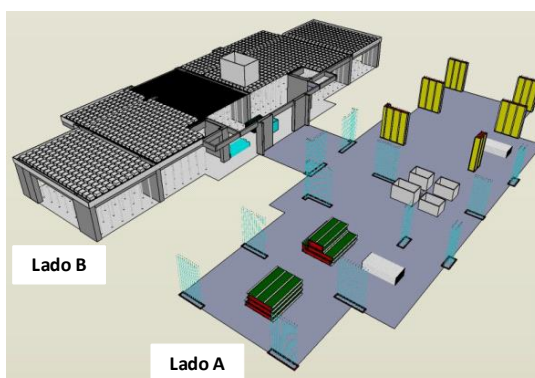
**LADO A:** PT de Armadura de Pilar  
**LADO B:** PT e LTs de Assoalho e Cumbuca da Laje

**4ª IMAGEM**



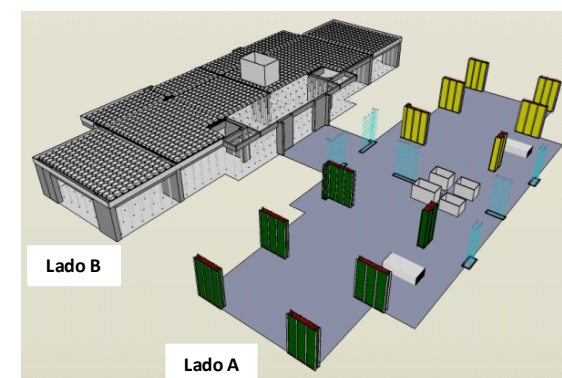
**LADO A:** LTs de Fôrma de Pilar  
**LADO B:** PT e LT de Escoramento e Cumbuca da Laje

**5ª IMAGEM**



**LADO A:** PTs e LTs de Fôrma de Pilar  
**LADO B:** PT e LTs de Assoalho da Laje

**6ª IMAGEM**



**LADO A:** PTs e LTs de Fôrma de Pilar  
**LADO B:** PT e LTs de Cumbuca da Laje

**Fonte:** O autor (2013).

### 5.1.2.7 Rotina dos recursos compartilhados

Esta fase teve como objetivo definir como seria realizada a rotina dos recursos compartilhados. Neste estudo, o principal recurso compartilhado foi a grua, equipamento este utilizado para realizar o transporte dos LT's, bem como para auxiliar a execução dos PT's que não podiam ser realizados manualmente das seguintes tarefas: colocação de armaduras de pilar, colocação de painéis de fôrma de pilar, colocação de pré-viga, desfôrma de pilar e concretagem de pilar.

Ao realizar sua pesquisa, Fazinga (2012) encontrou dificuldades em estabelecer uma rotina de operações para a grua, pois se fazia necessário especificar os LT's a serem transportados e os PT's a serem executados, com os respectivos tempos associados. Além disso, havia a necessidade de estabelecer o compartilhamento da utilização da grua entre o lado A, lado B e a realização de outros transportes (central de PV's, central de armadura e serviços não relacionados à atividade).

Mesmo realizando o diagnóstico, definindo os PT's, formando os LT's e estipulando o leiaute, não foi possível estabelecer a rotina de operações da grua, pois não havia informações suficientes para mensurar o tempo necessário para realizar cada transporte, o tempo necessário para a grua auxiliar na execução de um PT, não se sabia como a grua seria compartilhada entre os lados da laje e por fim não se sabia como a grua seria utilizada para realizar os transportes não relacionados diretamente à atividade, portanto, não foi possível estabelecer uma rotina de operações da grua. Uma simulação para estabelecimento de uma rotina de operações da grua pode ser ensaiada, por exemplo, a partir da análise da 5ª imagem da figura 33. Detendo-se apenas à evolução das operações apresentadas na 5ª imagem, a grua precisava ser utilizada para:

#### **Lado A:**

##### **◆ Executar os PT's:**

- Fôrma do pilar 4 (em amarelo);
- Fôrma do pilar 11 (em amarelo);
- Fôrma do pilar 5 (em amarelo);
- Fôrma do pilar 6 (em amarelo);
- Fôrma do pilar 12 (em amarelo);
- Fôrma do pilar 13 (em amarelo).

##### **◆ Transportar os LT's:**

- Painéis dos pilares 7, 14, 15 (em verde);
- Painéis dos pilares 16, 9, 8 (em verde);

- Aprumadores de pilar 1 (em branco).

**Lado B:**

◆ **Transportar os LT's:**

- Assoalho da laje (em preto);
- Gaiola de cumbucas da laje (em branco).

**Transportes não relacionados à atividade:**

- Nesta imagem não aparece nenhum transporte.

No exemplo acima não foram considerados os transportes não relacionados à atividade. O tempo gasto pela grua para auxiliar na execução dos PT's varia em função do tipo de PT e também em função da tipologia do elemento que está sendo executado. Por exemplo, os pilares com seção retangular a grua levava menos tempo para posicionar os painéis do que nos pilares com seção em "L". Em relação aos LT's, em geral, o tempo de dedicação da grua também sofria variações. Por exemplo, o transporte da gaiola de cumbuca era o mais rápido, já o transporte de pré-vigas requeria um tempo maior. Portanto, neste estudo não foi possível estabelecer a sequência de execução para cada operação da grua, entre: (a) auxiliar na execução dos PT's no lado A; (b) transportar os LT's no lado A e B; (c) optar por executar PT's ou transportar LT's no lado A ou B, e (d) realizar transportes não relacionados à atividade.

Além das dificuldades citadas acima, outro aspecto que complicava o estabelecimento da rotina detalhada da grua estava relacionado à relação de interdependência que existe no processo de especificação dos elementos do projeto da produção. Neste projeto, a interdependência ocorria entre a definição do tempo de duração para execução dos PT's e a disponibilidade da grua, pois o tempo de duração e a disponibilidade da grua são afetados pela variabilidade e, pelo fato, destes elementos estarem sendo especificados simultaneamente, ocorre um ciclo de dependência inter-relacionada que leva à variabilidade e, conseqüentemente, à dificuldade na determinação da rotina da grua.

#### 5.1.2.8 Especificações dentro dos pacotes de trabalho

As especificações dentro dos PT's não foram exploradas na elaboração deste projeto, pois não foram encontradas formas de determiná-los durante a etapa de elaboração do projeto. Em relação aos pontos de monitoramento, o presente projeto previu PT's com duração máxima de um período de trabalho, portanto, o cumprimento dos PT's é uma forma de monitorar a produção. Pontos de monitoramento com período inferior a um período de trabalho não foram estabelecidos, pois não se dispunha de dados estáveis de produtividade que propiciassem o seu estabelecimento. Em relação aos pontos-chave, estes não foram estabelecidos no estudo, pois

os pontos-chave são mais facilmente observados durante o acompanhamento da execução da atividade e isto não ocorreu, pois a execução da atividade já estava prestes a terminar (faltavam apenas cinco ciclos) e, em reunião realizada com a gerência de engenharia da EC, o grupo de trabalho entendeu não ser mais viável a aplicação do projeto da produção.

## **5.2 Estudo Empírico 2**

### **5.2.1 Elaboração do projeto da produção**

Após a conclusão da pesquisa no empreendimento CIP, buscou-se encontrar, preferencialmente, um empreendimento que apresentasse características similares ao do Estudo Empírico 1, dentre estas: (a) construção de edifício vertical, (b) estrutura executada em concreto no local, e (c) repetição dos pavimentos da laje. Além disso, ainda se fazia necessário que houvesse uma defasagem de tempo entre o início da pesquisa e o início efetivo da atividade no empreendimento para haver tempo hábil para elaborar o projeto da produção. Após algumas buscas, foi selecionado um empreendimento na mesma empresa construtora, no qual o segundo estudo desta pesquisa foi realizado.

Conforme descrito no item 4.2.2.2, foi formado um grupo de trabalho para elaborar o projeto da produção da atividade. A partir dos resultados obtidos no empreendimento CIP, os pesquisadores entenderam ser relevante que ocorresse a participação efetiva de representantes da equipe de obra na elaboração do projeto. Também foram convidados a participar do grupo, o engenheiro coordenador da EC e os gestores das empreiteiras envolvidas na atividade pesquisada.

O processo de elaboração do projeto da produção ocorreu por intermédio da realização de uma série de reuniões com a participação dos membros do grupo de trabalho. Nas reuniões, o grupo de trabalho efetivamente elaborava o projeto da produção da atividade por intermédio de discussões. Entre essas reuniões ocorriam encontros do pesquisador com o engenheiro residente e a equipe de apoio formada por dois estagiários da EC, com o propósito de: (a) elaborar versões do projeto de escoramento; (b) elaborar propostas de distribuição das tarefas ao longo do ciclo; (c) propor a definição dos PT's; (d) levantar os recursos necessários; (e) projetar os MT's; (f) dimensionar os LT's; (g) elaborar propostas de leiaute para área de trabalho e (h) elaborar os elementos gráficos para serem utilizados no teste do projeto.

Com o grupo de trabalho formado, foi iniciada a elaboração do projeto da produção em 02/08/12 e as reuniões se estenderam até 04/12/12. No início do estudo, a atividade estava prevista para iniciar em meados de novembro de 2012. Na figura 34, são apresentados os

principais dados das reuniões realizadas que seguiram as fases previstas no modelo apresentado na figura 18.

**Figura 34 - Reuniões realizadas para elaborar o projeto da produção**

Reunião	Data	Semana	Assuntos Tratados	Núcleos Participantes				Elaboração do Projeto da Produção							Teste do Projeto		
				Engenharia	Pesquisa	Obra	Coordenação	Preparação do Trabalho	Levantamento de Documentos	Especificações do Processo	Levantamento de Restrições	Definição dos PTs	Levantamento dos Recursos para os PTs	Especificações dos PTs	Apresentação	Acompanhamento	
1	02/08	1	Apresentação dos conceitos, do objetivo e do plano de trabalho para o estudo	●	●			●									
2	09/08	2	Discussão dos conceitos e solicitação da apresentação dos projetos da atividade	●	●			●	●								
3	24/08	4	Apresentação do projeto de canteiro e do sistema construtivo empregados na atividade	●	●			●	●								
4	28/08	5	Apresentação e avaliação da 1ª versão do projeto de escoramento da laje e apresentação dos conceitos do projeto da produção para os encarregados	●	●	●		●	●								
5	31/08	5	Apresentação e avaliação da 2ª versão do projeto de escoramento	●	●				●								
6	05/09	6	Apresentação e avaliação da 3ª versão do projeto de escoramento e relação das tarefas pertencentes ao ciclo	●	●	●			●	●							
7	12/09	7	Apresentação do projeto da produção para os empreiteiros (proprietários), definição de <i>takt time</i> , sequenciamento das tarefas, dimensionamento das equipes, definição dos recursos compartilhados e ratificação das responsabilidades dos envolvidos	●	●	●	●			●	●	●					
8	14/09	7	Definição das tarefas pertencentes ao ciclo e definição dos pacotes de trabalho (PTs) para cada período	●	●	●						●					
9	26/09	9	Discussão sobre os tamanhos dos PTs e sincronização das tarefas entre o lado A e B	●	●	●						●					
10	28/09	9	Distribuição dos PTs ao longo do ciclo com apresentação e discussão de 2 propostas	●	●	●						●					
11	03/10	10	Apresentação da proposta dos PTs com início do ciclo do lado B no 5º dia do lado A	●	●	●						●					
12	08/10	10	Apresentação da proposta para o encarregado de armaduras, sendo que houve a necessidade de adequar os PTs para atender a condição da armadura	●	●	●						●					
13	19/10	11	Apresentação dos lotes de transporte (LTs), meios de transporte (MTs) e leiaute da laje	●	●	●							●				
14	26/10	12	Definição da construção dos meios de transporte (MTs) e das datas para iniciar a implementação do projeto	●	●								●				●
15	21/11	16	Discussão e elaboração da apresentação para o treinamento da equipe	●	●	●									●		
16	04/12	18	Necessidade de alteração no desenho dos PTs e definição da data de início da implementação	●	●	●						●	●				●

Fonte: O autor (2013).

Nas reuniões iniciais, a equipe de pesquisadores apresentou ao grupo de trabalho, as pesquisas já realizadas pelo grupo de pesquisa sobre padronização, os objetivos do presente estudo e os principais conceitos relacionados ao tema. Após a explanação, foi apresentada a proposta de plano de trabalho para a realização do estudo.

Nas reuniões em que os representantes da equipe de obra participaram, foi observada certa preocupação dos mesmos, pois suas equipes estavam trabalhando no momento em que eles participavam das reuniões. Em algumas das reuniões, os representantes tiveram que se ausentar para resolver problemas urgentes na obra.

A equipe de pesquisa sugeriu que as reuniões fossem realizadas após o horário de trabalho da obra para que ficasse melhor para eles, mas os representantes da equipe de obra preferiram manter as reuniões no horário de trabalho. Diante das circunstâncias, as reuniões passaram a ser realizadas em duas partes. Na primeira parte, participavam as equipes de engenharia e de pesquisa e na segunda parte, a equipe de obra se integrava ao grupo de trabalho.

Outro ponto que chamou a atenção, durante as primeiras reuniões, foi o receio dos encarregados em expor suas ideias e se posicionar em relação às propostas apresentadas pela equipe de pesquisadores e do engenheiro residente. Notou-se também que os encarregados entendiam que as decisões relacionadas à elaboração do projeto da produção deviam ser realizadas somente pelos engenheiros e que o papel deles se restringia a executar o projeto depois de elaborado. À medida que as reuniões foram acontecendo, os encarregados começaram a se envolver mais e passaram a contribuir com propostas para o processo de elaboração do projeto.

A realização das reuniões ocorreu em um clima de cooperação entre os participantes, com exceção do encarregado da EMP-ARM que, durante as reuniões (4 e 6), fez algumas proposições que visavam facilitar, tão somente, o trabalho de sua equipe de armadores, porém, as proposições prejudicavam o atendimento das premissas do projeto. Posteriormente, este encarregado participou apenas das reuniões em que foram tratados assuntos relacionados com as tarefas sob sua responsabilidade (reuniões 7, 12 e 15).

A participação dos representantes do núcleo de coordenação (coordenador da EC e proprietários das empreiteiras) estava prevista para acontecer na reunião 3, todavia, ocorreu somente na reunião 7. A participação destes representantes nesta reunião tinha o objetivo de definir decisões importantes para a elaboração do projeto da produção da atividade, dentre as quais: a) definição do *takt-time*; b) definição do número de trabalhadores de cada equipe; c) definição dos serviços que cada empreiteira deveria executar; d) definição dos recursos que a EC iria disponibilizar; e e) compartilhamento dos recursos.

O atraso de cerca de 20 dias na realização da reunião prejudicou o avanço nas definições do projeto, pois nas reuniões 3 a 5 somente foi possível realizar a discussão em relação ao projeto de escoramento, enquanto que já se podia estar discutindo a duração das tarefas e o dimensionamento dos pacotes de trabalho. Entretanto, estas discussões requeriam que se tivesse definido o *takt-time* e o número de trabalhadores de cada empreiteira para executar a atividade. Entende-se que estas decisões são pertinentes às demais etapas do PSP e precisam ser tomadas, porque, conforme mencionado anteriormente, impactam na elaboração do projeto da produção.

#### 5.2.1.1 Levantamento de documentos

Durante a realização da reunião 2, a equipe de pesquisadores solicitou que o engenheiro residente providenciasse para a reunião seguinte os documentos necessários para a execução da atividade (projetos, documentos da qualidade e plano mestre).

Na reunião 3, o engenheiro residente apresentou o projeto do canteiro de obras, o projeto de fôrmas da laje do pavimento tipo, o projeto de armaduras, o projeto dos painéis dos pilares e os documentos da qualidade. Foram apresentadas duas opções de leiaute do projeto do canteiro, pois o projeto ainda não estava finalizado. Em relação à etapa de estrutura, as duas opções apresentadas previam: área de central de pré-vigas, área de estoque de pré-vigas, localização da grua e os acessos de veículos à obra. A central de armaduras estava localizada em outro terreno, próximo da obra. Segundo o engenheiro, o leiaute seria definido com o mestre de obras no retorno de suas férias. O engenheiro foi questionado sobre a elaboração do PSP e o mesmo informou que a empresa não possui um PSP estruturado. No entanto, a EC, à partir dos seus processos internos de gestão e da experiência com a execução de empreendimentos similares, toma várias decisões estratégicas que estão alinhadas com os modelos de PSP, descritos no capítulo 3.

Nesta mesma reunião, o projeto de fôrmas da laje do pavimento tipo foi apresentado e havia a previsão da execução de faixas de protensão, entretanto, o engenheiro não soube informar se a faixa seria efetivamente executada, mas que iria consultar o projetista. Durante a reunião, os pesquisadores questionaram se havia sido elaborado um projeto executivo para o escoramento ou se seria usado o projeto de escoramento contido no projeto estrutural (Proposta 1). O engenheiro afirmou que já havia solicitado à empresa fornecedora do sistema de escoramento, o fornecimento do projeto executivo (Proposta 2) e também informou que a equipe de engenharia da obra iria elaborar uma proposta com o objetivo de aproveitar os componentes de escoramento que estavam sendo liberados de um empreendimento da EC (Proposta 3).

Na reunião 4, os representantes da obra foram convocados a participar da primeira reunião, estando presentes os encarregados da EC e da EMP-EST. A equipe de engenharia apresentou três propostas para o projeto executivo de escoramento da laje. Após a análise das propostas, os representantes da equipe de obra e de pesquisa entenderam que a Proposta 2 era a mais adequada para a atividade, pois necessitava de um número menor de componentes e possibilitava maior agilidade na execução da atividade.

Entretanto, o engenheiro residente ponderou que a escolha da Proposta 2 impactaria na necessidade de contratar a locação de mais componentes, pois a EC não dispunha de todos e que não havia tempo hábil para contratação destes componentes antes do início da atividade, portanto foi adotada a Proposta 3.

Na reunião 5 e 6, foram apresentadas propostas revisadas do projeto executivo do escoramento da laje. As discussões ocorridas nas reuniões apontaram a necessidade de realizar novas alterações no referido projeto.

Na reunião 9, o engenheiro aventou a possibilidade de alterar o projeto para a Proposta 2, pois os componentes que viriam da outra obra não estavam em boas condições e não havia a quantidade necessária para atender a atividade.

Na reunião 10, o engenheiro confirmou que seria mantida a Proposta 3. Porém, somente na reunião 12, com início da participação do mestre de obras<sup>16</sup> nas reuniões é que o projeto executivo do escoramento foi finalizado, pois o mestre sugeriu alterações para facilitar a execução do escoramento. Nesta reunião, também foi informado que o calculista definiu que as faixas de protensão não seriam necessárias.

#### 5.2.1.2 Especificações gerais da atividade

A equipe de obra e a equipe de pesquisadores conheciam a tecnologia construtiva e a estratégia de produção utilizada pela EC na etapa de estrutura, no entanto, os membros da equipe de engenharia da obra (engenheiro residente e estagiários) nunca haviam participado da execução da etapa de estrutura com a tecnologia construtiva utilizada pela EC.

Na reunião 6, o encarregado de estrutura da EMP-EST, a partir de sua experiência prática, relacionou as operações necessárias para executar um ciclo resultando em 34 operações.

Na reunião 7, as operações foram apresentadas para todo o grupo e, posteriormente, na reunião 8, o mesmo encarregado incluiu mais 18 operações, totalizando 52 operações. De posse da relação dessas operações, a equipe de pesquisa e de engenharia fez o agrupamento das

---

<sup>16</sup> O mestre de obras estava de férias e só começou a participar do grupo na 11ª semana. O mestre de obras tinha grande experiência com execução de obras e já trabalha na EC há mais de 30 anos.

operações que resultaram em 17 tarefas<sup>17</sup> para completar um ciclo da atividade (1 pavimento-tipo). Na figura 35 é apresentado o exemplo o detalhamento das operações que pertencem à tarefa de montagem de fôrma de pilar.

**Figura 35 - Detalhamento das operações que pertencem à tarefa de fôrma de pilar**

TAREFA	OPERAÇÃO
<b>FÔRMA DE PILAR</b>	Passar o desmoldante nas fôrmas
	Colocar o fundo do pilar
	Passar as agulhas e os canos com as "chupetinhas"
	Colocar a tampa do pilar
	Pinar as sapatinhas
	Colocar as guias das prumadas
	Aprumar os pilares
	Conferir o esquadro

**Fonte:** O autor (2013).

Na reunião 7, o coordenador da EC, a partir da experiência de outros empreendimentos, definiu o número de trabalhadores a serem utilizados na atividade, sendo 20 trabalhadores da EMP-EST e 11 trabalhadores da EMP-ARM, mais um encarregado para cada empreiteira.

A definição da equipe para desempenhar cada uma das tarefas do ciclo foi objeto de inúmeras discussões nas reuniões, pois, havia uma intenção do grupo em dimensionar o número de trabalhadores para cada tarefa conforme preconizou Fazinga (2012), no entanto, a experiência obtida no empreendimento CIP evidenciou que as tarefas deviam ser agrupadas e para este agrupamento de tarefas deveria ser estipulado um número de trabalhadores. Portanto, optou-se por dividir a equipe da EMP-EST na área de trabalho (laje do pavimento-tipo) em dois grupos: um para realizar as tarefas de pilar/pré-viga e outra para realizar as tarefas de montagem da laje<sup>18</sup>.

### 5.2.1.3 Levantamento das restrições

Segundo o modelo de PSP proposto por Schramm (2004), qualquer atividade em obra requer que decisões estratégicas sejam tomadas, pois estas irão impactar em maior ou menor número e grau de restrições para a execução do empreendimento. A experiência do empreendimento CIP evidenciou que as decisões estratégicas, tais como: o leiaute de canteiro,

<sup>17</sup> As 17 tarefas incluem a tarefa de protensão. Como após a Reunião 12 a protensão foi excluída pelo calculista, restaram 16 tarefas.

<sup>18</sup> Além dos dois grupos na área de trabalho, havia um grupo composto por dois trabalhadores responsáveis pela central de pré-vigas.

a determinação das estruturas de apoio e os acessos para os materiais a obra, impactam na elaboração do empreendimento.

No momento em que a elaboração do projeto da produção foi iniciada no empreendimento TON, o mesmo já estava em fase de construção sendo que as fundações já estavam concluídas e havia sido iniciada a execução da estrutura de concreto dos pavimentos sub-solos.

Neste momento, a empresa construtora já havia tomado decisões estratégicas para executar o empreendimento, dentre as quais: a) a integração vertical do empreendimento (terceirização das principais atividades de produção); b) o plano de ataque do empreendimento (torre executada em paralelo com periferia) e a análise dos fluxos de trabalho; c) o sistema de transporte vertical de materiais e de pessoas; d) o canteiro de obras já possuía algumas instalações executadas, como, por exemplo, as instalações provisórias (escritório, refeitório, vestiário e almoxarifado) estavam sendo usadas e a grua já estava instalada e funcionando.

Em relação ao leiaute do canteiro de obras algumas decisões ainda precisavam ser tomadas para viabilizar o início da execução da atividade. O grupo de trabalho entendeu que era necessário definir o local onde a central de pré-vigas e área de estoque de pré-vigas seria localizada e como seria o acesso dos caminhões para realizar as concretagens da estrutura (pré-vigas, pilares e laje). A localização destas estruturas de apoio é de extrema importância, pois podem facilitar ou dificultar a execução da obra, principalmente em relação à atividade projetada. Na reunião 3, o engenheiro apresentou duas propostas de leiaute do canteiro de obras, mas efetivamente nenhuma decisão foi tomada nesta e nas reuniões seguintes.

Na reunião 7, o engenheiro coordenador mencionou a possibilidade de utilizar outra solução para realizar a concretagem das pré-vigas de modo a evitar a utilização da grua. Durante a reunião várias propostas alternativas para evitar o uso da grua foram apresentadas, no entanto, não se conseguiu estabelecer uma proposta viável. Com o retorno do mestre de obra, o local para a central de pré-vigas e a área de estoque de pré-vigas foram definidas. O mestre de obras propôs que a grua fosse utilizada para realizar a concretagem das PV's a fim de evitar que os trabalhadores tivessem que se ausentar da área da laje no momento das concretagens.

Ainda na reunião 7, os pesquisadores questionaram, a partir da experiência no empreendimento CIP, se a grua iria realizar serviços não relacionados à etapa de estrutura. O engenheiro coordenador afirmou que a prioridade da grua era para realizar os serviços relacionados à etapa estrutura, mas que a grua também teria que executar outros serviços. Em seguida, foi questionado se haveria uma programação da grua para realizar estes outros serviços de modo a não haver prejuízo à etapa. O mesmo afirmou ser complicado estabelecer uma

programação, pois poderiam, por exemplo, chegar materiais e o caminhão não poderia esperar a grua ter uma folga para realizar a descarga. Os pesquisadores alertaram que em função dessas decisões, seria provável que ocorresse sobrecarga de trabalho para a grua e que como consequência poderia haver prejuízo à execução da atividade. O encarregado da EMP-EST afirmou que a grua deveria estar disponível apenas para a atividade, pois, caso contrário, o cronograma dificilmente conseguiria ser seguido. Ao final da discussão, a decisão foi que a etapa estrutura tinha preferência para o uso da grua, mas que a grua teria que realizar os demais transportes.

De acordo com a tecnologia construtiva utilizada pela EC, haveria o compartilhamento dos painéis de fôrmas dos pilares entre os lados (um jogo de painéis para os dois lados) e que o escoramento, assoalho e cumbuca da laje seriam compartilhados entre os pavimentos. Também foi definido que devia ser previsto o estoque de pré-vigas equivalente a um pavimento (lado A e lado B), para que não ocorressem atrasos na etapa em função de falta de pré-vigas. As restrições quanto às especificações técnicas ficaram condicionadas a cura do concreto para içamento das pré-vigas da área de estoque até a laje, bem como para retirada do escoramento das lajes somente após 21 dias da concretagem e a condição de manter 3 lajes escoradas.

O engenheiro coordenador definiu na reunião 7 que a proteção de periferia da área da laje e a ascensão das bandejas seriam realizadas pela mesma equipe da EMP-EST que trabalhava na laje. Já, a ascensão da grua seria de responsabilidade de uma empresa subsidiária da EC, mas que, por questões de segurança, durante a ascensão efetiva da grua haveria a necessidade de parada de toda a equipe da área da laje. A equipe de pesquisa solicitou informações sobre qual o tempo necessário para realizar a ascensão da grua, mas as respostas obtidas foram desconstruídas, portanto, estimou-se um dia de trabalho.

#### 5.2.1.4 Definição dos pacotes de trabalho

O plano mestre do empreendimento previa o início da estrutura do pavimento tipo da torre na segunda quinzena de novembro de 2012 e o *takt-time* previa 8 dias trabalhados para cada laje. Em reunião, na qual a equipe de obra não estava presente, o engenheiro residente afirmou que o engenheiro coordenador definiu que o tempo de ciclo fosse de 7 dias para haver uma folga de 1 dia em relação ao *takt-time*.

Na reunião 7, o engenheiro coordenador comunicou aos membros do grupo que o tempo de ciclo seria de sete dias trabalhados. Durante a reunião o administrador da EMP-ARM e o encarregado da EMP-EST se manifestaram afirmando que o prazo de sete dias seria difícil de ser cumprido. A equipe de pesquisa não se pronunciou na reunião sobre o tempo de ciclo estipulado, mas a equipe entendia que o ritmo proposto seria difícil de ser cumprido em função

da tipologia da laje do pavimento tipo (muitos pilares) e da solução adotada para o escoramento da laje. Após algumas ponderações dos presentes, o engenheiro coordenador manteve o tempo de ciclo de sete dias e solicitou que todo o grupo trabalhasse para viabilizar o alcance da meta estipulada. O engenheiro coordenador salientou ainda que a EC iria dar o suporte necessário para viabilizar as condições adequadas para o cumprimento do tempo de ciclo.

Posteriormente, foi realizada a distribuição das tarefas ao longo do ciclo que demandou um grande esforço, pois levou a apresentação de várias propostas que foram discutidas ao longo de cinco reuniões (8, 9, 10, 11 e 12) com a participação ativa dos encarregados da EC e da EMP-EST e também da equipe de pesquisa.

A inexistência de dados de produtividade levou a equipe a encontrar dificuldades em determinar quantos períodos seriam necessários para executar as tarefas pertencentes à atividade. Também foi difícil definir quais PTs seriam realizados em paralelo ou de forma sequencial em cada período, por exemplo, poderiam ser propostas várias soluções, dentre estas:

- Solução 1:

- 1º Dia: fôrma de pilar (parcial) e posicionamento de PV (parcial);
- 2º Dia: fôrma de pilar (parcial), posicionamento de PV (parcial) e concretagem de pilar (parcial);
- 3º Dia: fôrma de pilar (parcial), posicionamento de PV (parcial) e concretagem de pilar (parcial);

- Solução 2:

- 1º Dia: fôrma de pilar (todos);
- 2º Dia: posicionamento de PV (todas);
- 3º Dia: concretagem de pilar (todos);

Em virtude das dificuldades apontadas para distribuir os PT's ao longo do ciclo, optou-se por determinar as datas-marco como já havia sido realizado no empreendimento CIP. A primeira data-marco determinada foi a concretagem dos pilares e a outra data-marco foi a concretagem da laje (prevista para o último dia do ciclo). Para definir a data-marco da concretagem dos pilares, foi necessário levar em conta dois fatores. O primeiro fator se referia à decisão de realizar a concretagem dos pilares em um único período (3º dia) ou em mais de um período (2º tarde e 3º tarde). O segundo fator estava atrelado à decisão de estabelecer a sincronização das tarefas entre os lados da laje, pois devia existir uma alternância entre as equipes especializadas (grupo de tarefas de pilar/pré-viga e de montagem da laje) entre os lados. O encarregado da EMP-EST do empreendimento TON estava habituado a executar vários PT's

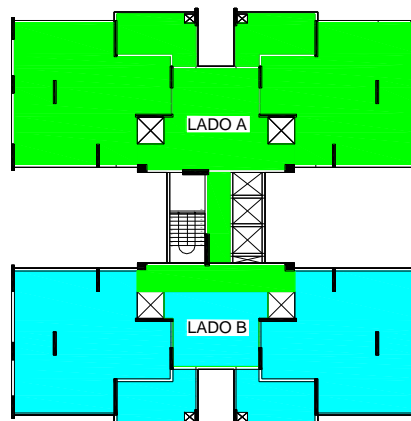
de uma mesma tarefa no mesmo dia. Por exemplo, executar a concretagem de todos os pilares numa só vez, ou seja, executar as tarefas em grandes lotes.

A equipe de pesquisadores procurou demonstrar as vantagens do dimensionamento realizado no empreendimento CIP, em que os PT's eram executados com um número menor de elementos (lotes de produção pequenos), no entanto, se executava na área da laje mais de uma tarefa ao mesmo tempo. Por exemplo, antes mesmos de todas as fôrmas de pilar estivessem posicionadas algumas pré-vigas já estariam colocadas. Após algumas discussões foi acatada a solicitação do encarregado da EMP-EST de realizar a concretagem de todos os pilares do lado A no 3º dia e do lado B no 2º dia.

O sistema construtivo adotado pela EC prevê a concretagem em duas etapas (lado A e B), portanto era preciso definir o local da junta de concretagem. A definição do local desta junta é de extrema importância, pois delimita o dimensionamento dos PTs que serão executados em ambos os lados da laje. Para a definição do local também precisa ser avaliada a sincronização das tarefas entre os lados da laje, pois as equipes responsáveis pelos grupos de tarefa precisam se alternar entre os lados da laje e não pôde haver sobrecarga de trabalho destas equipes em nenhum dos lados.

A prática comum da EC é a realização da junta na região da escada. Porém, esta solução implicava alguns problemas na execução dos pilares próximos a escada. Por exemplo, havia a necessidade de concretar dois pilares no primeiro dia do lado B para que no dia seguinte estes fossem desformados para que o escoramento da laje no lado A pudesse ser finalizada. A equipe de pesquisadores, apoiada pelo encarregado de estrutura da EC, propôs a execução da junta dentro da área do lado B para não haver conflito na região da escada. Após algumas discussões, optou-se pela solução de realizar a junta no lado B conforme é apresentado na figura 36.

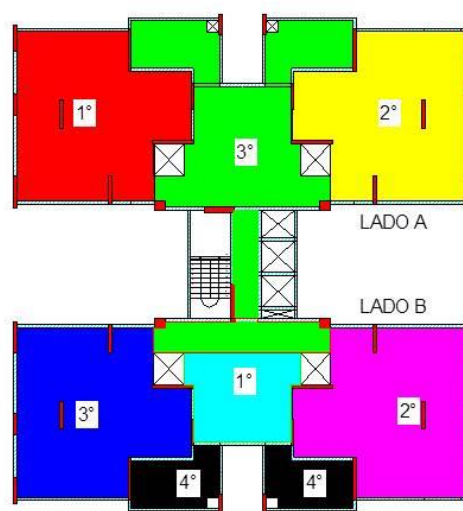
**Figura 36 - Local da junta de concretagem que divide dos lados**



**Fonte:** O autor (2013).

Após a definição das datas marco para a concretagem dos pilares, a definição da junta de concretagem entre os lados e a sincronização dos serviços entre os lados, os PT's de cada tarefa passaram a ser dimensionados. Da mesma forma que no empreendimento CIP, ficou estabelecido que o dimensionamento dos PT's fosse realizado de tal forma que os elementos pertencentes a cada PT seguissem a ordem de prioridade prevista para a execução por região da laje (Figura 37). Além da ordem de prioridade, foi estabelecido que o dimensionamento deveria prever um número de elementos em que cada PT de tal modo que o tempo para executar cada PT não ultrapasse um período de trabalho (manhã ou tarde). Esta exigência tinha o objetivo de estabelecer pontos de controle em cada um dos PT's pertencentes à atividade.

**Figura 37 - Sequência de execução das tarefas da atividade em cada lado da laje**



**Fonte:** O autor (2013).

A definição dos elementos que iriam pertencer aos PT's de cada tarefa foi pauta de três reuniões (10, 11 e 12), demandando um tempo considerável para a sua realização. Na reunião 12 também foi chamado o encarregado da EMP-ARM para avaliar a proposta, este fez uma série de exigências para a realização do trabalho dos armadores. No entendimento do encarregado da EMP-ARM, sua equipe só iniciaria a montagem da ferragem da laje depois que toda a fôrma da laje estivesse completamente executada. Portanto, na visão do referido encarregado, não poderia ser iniciada a montagem das armaduras em uma extremidade da laje, enquanto a equipe de montagem da laje finalizava a montagem da laje na outra extremidade. Após a avaliação da equipe foi definido que a solicitação do encarregado não seria acatada.

A opção de utilização de uma sequência para cada um dos elementos pertencentes ao PT foi exposta pela equipe de pesquisa ao grupo e, ao final da discussão, foi definido que a sequência dos elementos do PT iria ser utilizada nas seguintes tarefas: (a) locação de pilar; (b) armadura de pilar; (c) fôrma de pilar; (d) posicionamento de pré-viga; (e) concretagem de pilar e (f) desfôrma de pilar. O critério utilizado para definir a sequência dentro do PT foi de executar os elementos mais próximos (reduzir a movimentação dos componentes) e facilitar a organização dos LT's.

A figura 38 apresenta a distribuição dos PT's no 2º dia do lado A e 5º dia do lado B. Foi definido que a sequência dos elementos de cada PT seria realizada antes do levantamento e definição dos recursos necessários a executar as tarefas com o intuito de ordenar os LT's para cada PT.

**Figura 38 – Distribuição dos PT's no 2º dia lado A e 5º dia lado B**

Dia	Período	PT	Eq.	Tarefa	Sequência													
					1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	
2º Dia Lado A	M	07A		FÔRMA DE PILAR	17	1	7	6	13	5	12	11	21					
		08A		COLOC. PRÉ-VIGA	512-3A	512-3B	502-3	505-3A	505-3B	501-3	503-3	514-3						
	T	09A		FÔRMA DE PILAR	19	2	20	8	18	14								
		10A		COLOC. PRÉ-VIGA	512-4A	512-4B	502-4	505-4B	505-4A	501-4	503-4	514-4	504-3	516-3	516-4	506-A	506-B	
5º Dia Lado B	M	26B		CUMBUCA DA LAJE													Lote 3	
		27B		ASSALHO DA LAJ														Lote 4
	T	28B		CUMBUCA DA LAJE														Lote 4
		29B		DESMOLDANTE DA														Toda a Laje

EQUIPES       Pilar/Pré-Viga       Montagem da Laje

Fonte: O autor (2013).

### 5.2.1.5 Levantamento dos recursos para execução dos pacotes de trabalho

Após a realização da reunião 12, foi iniciado o levantamento dos recursos necessários para executar cada uma das tarefas (um ou mais PT's) pertencentes à atividade. O levantamento

foi realizado utilizando os arquivos eletrônicos do projeto de fôrma da laje e do projeto de escoramento. Da mesma forma que no empreendimento CIP, os PT's de armadura da laje não precisaram ser levantados, pois os materiais já eram separados na central de armaduras.

Com base no trabalho de Saffaro et al. (2012) e no aprendizado adquirido no empreendimento CIP, a equipe de pesquisa entendeu que deveria empregar compartimentos adequados para realizar os transportes de forma segura e organizada os quais foram denominados de meio de transporte (MT). Estes foram projetados para transportarem um número padrão de componentes e foram previstos três tipos de situação: (a) transporte de componentes específicos (escoras, aprumadores, vigas metálicas e cumbucas) (Figura 39); (b) transporte de múltiplos componentes (caixa de acessórios para fôrma de pilar e pré-viga) (Figura 40); e (c) transporte sem compartimento, pois o próprio recurso era levado pela grua (armadura de pilar, painéis de fôrma de pilar, assoalho da laje e armaduras da laje) (Figura 41).

**Figura 39: MT de componente específico**



**Figura 40: MT de múltiplos componentes**



**Figura 41: Transporte realizado sem compartimento**



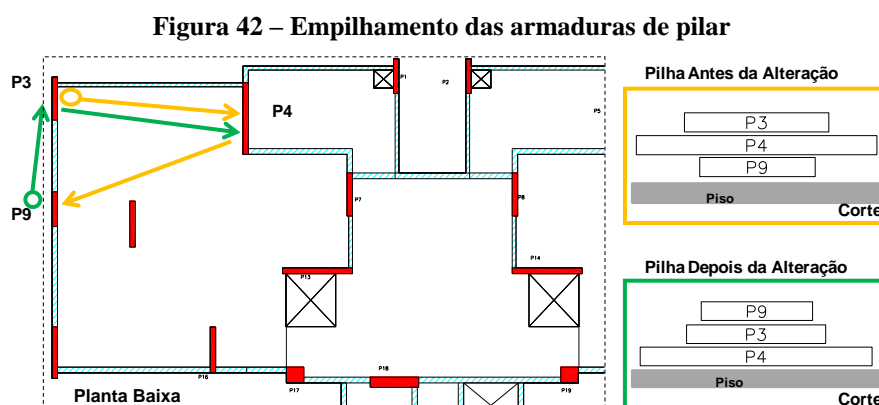
**Fonte:** O autor (2013).

No MT destinado a transportar os componentes específicos, foi estabelecido que cada MT seria carregado até o limite de sua capacidade padrão. Estes LT's seriam utilizados num determinado PT e os componentes remanescentes no MT seriam utilizados no próximo PT que utilizasse este mesmo componente. No momento que o MT fosse completamente esvaziado, um novo LT seria trazido à área de trabalho e assim sucessivamente. Esta escolha visava propiciar uma diminuição no número de LT's levados à área de trabalho. No MT destinado a transportar múltiplos componentes, o dimensionamento foi de tal forma que a quantidade fosse suficiente para atender todos os PT's do lado da laje em que se estava trabalhando, por exemplo,

todos os acessórios necessários para executar as seguintes tarefas: fôrma de pilar, posicionamento de pré-viga e fôrma de borda da laje.

O dimensionamento dos LT's durante a elaboração do projeto exigiu um controle detalhado para sua formação. Para exemplificar, na versão final do projeto, o lado A possuía 126 LT's e o lado B 99 LT's, totalizando 225 LT's. Dificuldades foram encontradas quando se fazia necessário alterar os elementos pertencentes a um PT ou para alterar o sequenciamento dos elementos de um PT, pois era necessário revisar, de forma manual, os LT's envolvidos com a alteração.

Nos LT's em que o transporte era realizado sem compartimento (o próprio recurso levado até a laje), ocorreram algumas dificuldades, por exemplo, na formação dos LT's de armaduras de pilar, foi detectado que o sequenciamento de determinados elementos do LT (que havia sido realizado na fase de definição dos PT's) gerava condição insegura para realização do transporte (Figura 42). Portanto, percebeu-se que a sequência dos elementos dentro do PT devia ter sido realizada na fase de formação dos LT's e não na fase de definição dos PT's. Nos casos em que ocorreu o problema, o sequenciamento dos elementos teve que ser alterado para atender à condição de segurança. Além disso, a pilha de cada LT devia ser limitada a conter um número máximo de pilares, pois a grua tinha um limite de capacidade de peso para realizar os transportes.

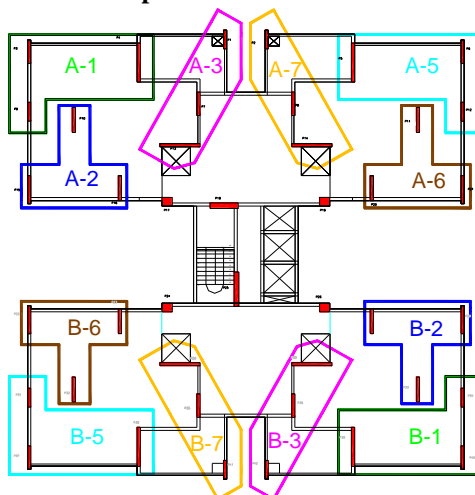


**Fonte:** O autor (2013).

O problema com o sequenciamento dos elementos do PT, também ocorreu na formação dos LT's de fôrmas de pilar, onde também foi necessário alterar a sequência dos elementos, em função de condição insegura e com isso os LT's foram limitados a 3 jogos de pilares (6 painéis). O PT de fôrmas de pilar previa o compartilhamento das fôrmas de pilar entre os dois lados da laje, portanto, foi necessária atenção para que o empilhamento fosse realizado da forma

adequada. Na linguagem da equipe de obra, o compartilhamento acontece em formato de “X” (Figura 43). Além disto, observou-se que a sequência de desfôrma dos pilares deveria ocorrer de forma inversa a da montagem (função da largura dos painéis).

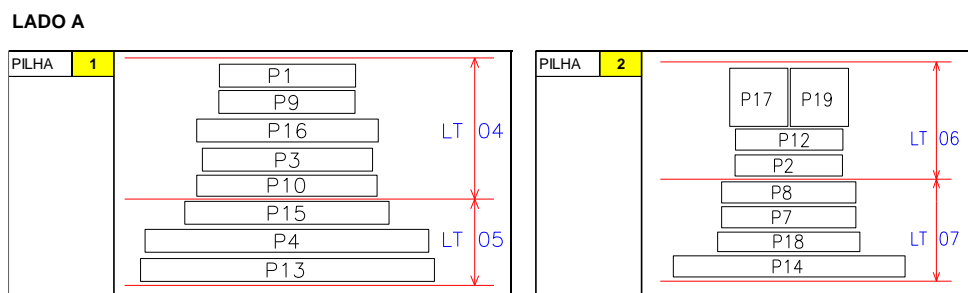
**Figura 43 - Compartilhamento das fôrmas de pilar**



**Fonte:** O autor (2013).

Para os materiais ou componentes (armadura de pilar, fôrma de pilar, pré-vigas e assoalho) que não necessitavam de compartimento, foi necessário elaborar a solicitação de transporte (romaneio) para que as equipes de suporte pudessem formar os LT's e realizar o transporte na sequência correta. Na figura 44, é apresentado o romaneio de quatro LT's de armadura de pilar.

**Figura 44 - Romaneio de quatro LT's de armadura de pilar**



**Fonte:** O autor (2013).

Após um período intenso de trabalho (11 dias) sem a realização de reuniões, foi apresentada, na reunião 13, a versão atualizada do projeto contendo a definição dos PT's, recursos, MT's e LT's. Após a apresentação, foi comentado pelos presentes que a elaboração

levou muito tempo e exigiu um grande esforço para ser finalizada. Nesta mesma reunião, foi definida que a próxima fase seria a elaboração do leiaute da área de trabalho.

#### 5.2.1.6 Leiaute da área de trabalho

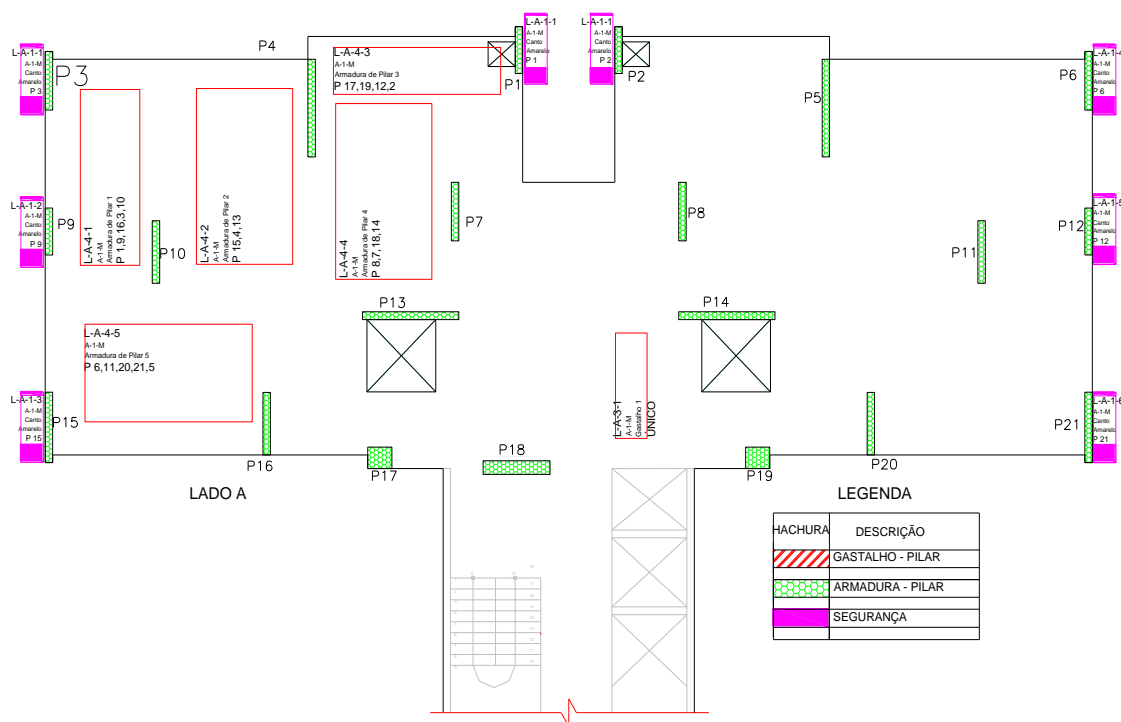
O procedimento para elaboração do leiaute da área de trabalho com a disposição dos LT's seguiu os mesmos critérios estabelecidos para o empreendimento CIP (item 5.1.3.6). Entretanto, no presente estudo, o leiaute foi elaborado para todos os dias e foram utilizadas as dimensões dos MT's projetados.

O fato de os elementos de cada PT estarem sequenciados facilitou o posicionamento dos LT's na área de trabalho. As dificuldades encontradas durante o projeto foram muito similares às do empreendimento CIP, pois foi necessária grande cautela dos projetistas para definir o melhor posicionamento dos LT's na área da laje. Durante esse processo, ocorreram sucessivos erros de posicionamento e nas informações contidas em cada LT. Novamente a eventual necessidade de alterações nos PT's impactaria na necessidade de revisão de todos os LT's envolvidos com a alteração e, conseqüentemente, na mudança do leiaute. As eventuais alterações teriam que ser realizadas de forma manual.

Outra dificuldade estava relacionada a encontrar uma forma adequada de representar graficamente o leiaute para os responsáveis pela atividade (encarregados e operador de grua). Após várias discussões, optou-se por apresentar as seguintes informações no projeto: a) leiaute da área de trabalho com os PT's previstos, identificados por meio de hachuras; b) relação dos PTs a serem executados com a identificação de seus elementos; c) relação dos LT's a serem transportados; e d) posicionamento dos LT's na área de trabalho. Estas informações foram dispostas em pranchas no formato A3 para cada um dos períodos do ciclo (1 prancha por período – 14 no total).

Para exemplificar o leiaute que foi elaborado para todos os períodos do ciclo, é apresentado, na figura 45 e 46, o leiaute da área de trabalho do 1º dia no período da manhã contendo os PT's. Neste período, está prevista a execução de três tarefas com PT único. Os elementos que estão com hachura demonstram qual a tarefa será executada.

**Figura 45 - Planta de leiaute da área de trabalho do 1º dia, manhã – lado A**



Fonte: O autor (2013).

Figura 46 – Relação de PT's a serem executados no 1º dia, manhã – lado A

PT	TAREFA	Sequência																						
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º
01A	SEGURANÇA 1	Sem sequencia																						
03A	LOCAÇÃO DE PILAR	3	9	15	10	16	4	13	7	1	6	12	21	11	20	5	14	8	2	17	19	18	19	
04A	ARMADURA DE PILAR	1	9	16	3	10	15	4	13	7	1	6	12	2	11	8	7	18	14	11	20	21	5	

Fonte: O autor (2013).

No leiaute da figura 35 constam também informações sobre os LT's necessários para a execução dos PT's. Neste leiaute os LT's são dispostos sobre a laje em locais adequados que não atrapalham na execução das tarefas. Os LT's são identificados com o tipo de recurso que está sendo transportado. Na figura 47, estão dispostas informações mais detalhadas dos LT's a serem transportados.

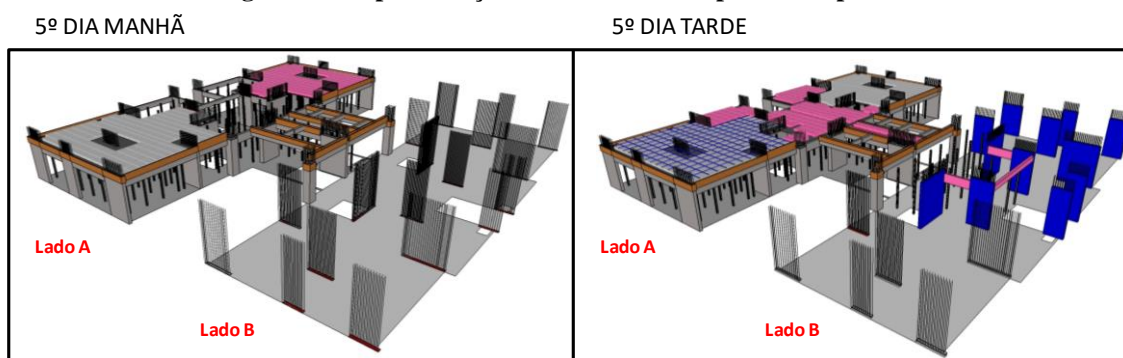
**Figura 47 – Relação de LT's a serem transportados no 1º dia, tarde – Lado A**

LOTES DE TRANSPORTE			PERÍODO	PT	TAREFA	DESCRIÇÃO	CONTEÚDO
LADO	PT	N					
A	1	1	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 1	P3
A	1	2	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 2	P9
A	1	3	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 3	P15
A	1	4	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 4	P6
A	1	5	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 5	P12
A	1	6	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 6	P21
A	1	6	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 7	P1
A	1	6	A - 1D M	01A	SEGURANÇA 1	Canto Amarelo 8	P2
A	3	1	A - 1D M	03A	LOCAÇÃO DE PILAR	Gastalhos 1	Único
A	4	1	A - 1D M	04A	ARMADURA DE PILAR	Armadura Pilar 1	1,9,16,3,10
A	4	2	A - 1D M	04A	ARMADURA DE PILAR	Armadura Pilar 2	15,4,13
A	4	3	A - 1D M	04A	ARMADURA DE PILAR	Armadura Pilar 3	17,19,12,2
A	4	4	A - 1D M	04A	ARMADURA DE PILAR	Armadura Pilar 4	8,7,18,14
A	4	5	A - 1D M	04A	ARMADURA DE PILAR	Armadura Pilar 5	6,11,20,21,5

Fonte: O autor (2013).

As pranchas contendo o leiaute da área da laje (Figura 34) foram elaboradas com o objetivo de serem utilizadas pelos encarregados (EC e EMP-EST) e pelo operador de grua. Entendeu-se que as informações acima eram muito detalhadas para serem apresentadas aos trabalhadores, portanto, optou-se por apresentar aos trabalhadores imagens em 3D de cada período do ciclo, com o objetivo de que eles soubessem quais tarefas e quais elementos seriam executados em cada período (Figura 48).

**Figura 48: Representação em 3D das metas para cada período**



Fonte: O autor (2013).

### 5.2.1.7 Rotina dos recursos compartilhados

Da mesma forma como proposto no empreendimento CIP, optou-se pela utilização de uma rotina mais flexível para a grua, a fim de garantir maior liberdade aos responsáveis pela execução da atividade. Pois, o leiaute e as informações contidas no Quadro 13 e 14 permitiam realizar o transporte dos LT's e utilizar a grua para apoiar a execução dos elementos dos PT's, desde que fossem respeitadas as seguintes regras:

- 1ª Regra: somente poderia ser iniciada a execução de um PT depois que todos os LT's deste PT estivessem disponíveis na área de trabalho;
- 2ª Regra: quando o PT começasse a ser executado, deveria ser respeitada a sequência de execução de cada elemento do PT;
- 3ª Regra: a alternância para realizar o transporte dos LT1's, apoiar a execução dos PT's, bem como, a realização de transportes não relacionados à atividade, deveria ser definida pelos encarregados de estrutura da EC e da EMP-EST. Estes definiriam a prioridade, mas a sequência de execução dos PT's e dos LT's deveria ser respeitada.

### 5.2.1.8 Especificações dentro dos pacotes de trabalho

As especificações relacionadas aos pontos-chaves foram abordadas durante a definição do projeto da produção em relação às categorias que impactavam na definição dos PT's. Foram utilizados na elaboração do projeto dois pontos-chave ligados à produtividade identificados na pesquisa de Fazinga (2012), são eles:

- Prioridade para executar determinados elementos pertencentes aos PT's que podiam impactar prejuízo na execução da atividade. Por exemplo, na região da junta de concretagem, dois pilares necessitavam ser concretados ainda no período da tarde, do 1º dia do lado B, para que os mesmos fossem desformados na manhã do 2º dia e, deste modo, liberar o término da montagem da laje do lado A neste mesmo período;
- Definição de duas equipes para realizar a concretagem dos pilares em função do tempo necessário para realizar a operação de vibração, ou seja, enquanto uma equipe lançava o concreto em um pilar, a outra equipe realizava a vibração do outro pilar e assim sucessivamente para melhorar a utilização da grua durante a concretagem.

Os demais pontos-chave (segurança, qualidade, custo e técnicas especiais) não puderam ser detectados durante o processo de elaboração do projeto da produção, pois não foi possível chegar a um nível mais aprofundado de detalhamento das operações dentro dos PT's.

A definição dos pontos de monitoramento ficou limitada ao cumprimento das metas estipuladas para cada período de trabalho (meio dia) e não foi possível definir pontos intermediários de monitoramento dentro de cada período, pois o grupo de trabalho entendeu que eles podiam ser identificados e definidos mais facilmente durante a etapa de teste do projeto.

### **5.2.3 Teste do projeto da produção**

Após a finalização da elaboração do projeto da produção, buscou-se realizar seu teste por meio da realização de duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada a apresentação do projeto da produção para equipe de obra e, na segunda etapa, foi realizado o acompanhamento da execução da atividade durante os primeiros ciclos, seguindo o projeto da produção. Estas etapas serão abordadas nos tópicos seguintes.

#### **5.2.3.1 Apresentação do projeto da produção**

Inicialmente, pensou-se em realizar um treinamento para toda a equipe de obra que estaria envolvida com a atividade em estudo. O treinamento começou a ser discutido pelo grupo de trabalho na reunião 13.

Nessa reunião, foi definido que seriam elaboradas imagens em 3D para cada um dos períodos do ciclo, contendo as informações relativas às metas dos PT's previstos em cada período. Posteriormente, foram realizadas outras reuniões para avaliar as informações contidas nas imagens, bem como, para definir a forma de realização do treinamento. Em função de dificuldades operacionais (espaço, recursos de mídia, tempo) para realizar o treinamento na obra, optou-se por realizar uma reunião em um ambiente adequado (auditório) para apresentar o projeto da produção aos envolvidos. O grupo de trabalho definiu que a apresentação seria realizada durante o horário de trabalho, utilizando recursos de multimídia (projeção de imagens), sendo que os envolvidos receberiam a impressão das imagens de cada um dos dias do ciclo.

A apresentação teve o objetivo de repassar à equipe como seria aplicado o projeto da produção durante a execução da atividade. Após a realização da apresentação, foi aberto espaço para os trabalhadores se manifestarem sobre o projeto e ocorreram alguns questionamentos.

Os questionamentos apresentados pelos trabalhadores referiam-se aos problemas que já vinham ocorrendo nas obras da EC, tais como: a) tempo de ciclo apertado; b) falta e atraso no fornecimento de recursos para a execução da atividade (ex.: atraso nas concretagens e falta de

componentes da montagem da laje); e c) questionamento em relação à escolha do local da junta de concretagem que divide o lado A e o lado B.

Os questionamentos em relação ao tempo de ciclo e à falta de recursos estavam ligados à experiência da equipe de obra com empreendimentos já executados pela EC, em que ocorreram problemas relacionados à indisponibilidade de *inputs* que prejudicavam o trabalho das equipes.

O questionamento em relação à posição da junta de concretagem evidenciou uma possível escolha equivocada durante a elaboração do projeto da produção, pois o encarregado da EMP-EST já havia alertado que o posicionamento da junta de concretagem naquele local poderia causar problemas na transição entre as tarefas dos dois lados da laje. Após algumas discussões, o mestre de obras argumentou que o projeto deveria ser seguido da maneira como havia sido elaborado e, caso o mesmo não fosse viável, se retornaria à proposta de realizar a junta de concretagem na região da escada. Logo em seguida a apresentação foi finalizada.

Posteriormente à reunião com a equipe de obra, este pesquisador apresentou o projeto da produção para um grupo de pesquisadores de universidades parceiras ao grupo de pesquisa e ocorreu o mesmo questionamento em relação ao possível desequilíbrio de serviços entre os lados.

Diante da dúvida sobre a viabilidade de realizar a junta no local projetado, foi retomada a análise da posição da referida junta. Ao reanalisar o projeto das armaduras da laje observou-se que a junta foi definida com base no projeto da armadura negativa da laje; entretanto, para executar a armadura positiva nesta região da laje implicaria na necessidade de realizar uma série de outros serviços no lado B e estes serviços não estavam contemplados no projeto.

Diante dos fatos, a pesquisadora responsável pelo projeto foi consultada e optou-se pela revisão do projeto para alterar a posição da junta de concretagem. Com esta decisão os PT's envolvidos com a junta de concretagem precisaram ser alterados e, conseqüentemente, foi necessária a alteração dos LT's e do leiaute da área de trabalho. Como o pesquisador já tinha conhecimento do processo de elaboração do projeto, não foi necessária a realização de reuniões para rediscutir o projeto.

Após a realização das alterações no projeto, foram convocados o operador de grua e os dois encarregados de estrutura (EC e EMP-EST), no entanto, o encarregado da EMP-EST não participou do treinamento. O treinamento teve como objetivo repassar orientações aos encarregados e ao operador de grua de como proceder à execução da atividade utilizando os elementos gráficos desenvolvidos para o projeto da produção (leiaute da laje, informações dos PT's e dos LT's). Eles foram orientados a respeitar o sequenciamento previsto para executar os

PT's, realizar o transporte dos LT's de acordo com o previsto no projeto, dispor os LT's sobre a laje nos locais previstos no leiaute. Além disso, foram orientados sobre como proceder para realizar o compartilhamento da grua durante a realização de suas operações.

Inicialmente, havia sido previsto realizar o treinamento em dois encontros, mas como, ao final do primeiro encontro, os trabalhadores afirmaram que haviam entendido o projeto, não foi necessário realizar o outro encontro.

#### 5.2.3.2 Acompanhamento do teste do projeto da produção

O acompanhamento da execução do projeto da produção teve o objetivo de testar o referido projeto verificando a pertinência, relevância e se o nível de detalhamento das especificações contidas no projeto atendia às condições necessárias para que a equipe realizasse a atividade.

Antes do início da execução, foram realizadas reuniões com a participação do pesquisador, do engenheiro residente e do mestre de obra, com a finalidade de definir a data de início da atividade na obra. Para tal, foram verificadas se todas as condições necessárias para a realização da atividade estavam programadas.

Em relação aos MT's, o grupo havia decidido confeccionar apenas um MT por tipo com intuito de testá-los e, caso estes desempenhassem bem sua função, poderiam ser adquiridos mais um por tipo para formar um par de cada MT. A utilização de pares de MT's possibilitaria que enquanto um MT estivesse sendo carregado o outro poderia estar sendo descarregado na área de trabalho, agilizando o trabalho da equipe da laje e também da equipe responsável pelo envio destes recursos.

Em decorrência de dificuldades da EC em contratar o fornecedor e também pelo fato deste fornecedor atrasar a entrega de alguns MT's, a atividade teve que ser iniciada sem que alguns MT's estivessem disponibilizados.

Logo em seguida, o projeto da produção passou a ser implementado no primeiro pavimento tipo do lado A. O pesquisador solicitou ao encarregado de estrutura da EMP-EST que, antes de iniciar o ciclo da atividade, fosse realizada uma reunião rápida com os trabalhadores na área da laje com o objetivo de aderir às especificações do projeto da produção registradas nos documentos técnicos, no leiaute da laje e nas imagens 3D que expressavam as metas para cada período.

No entanto, o encarregado não permitiu a realização no primeiro dia, sob o argumento que a conversa iria atrapalhar a execução da atividade. No segundo dia, a conversa foi realizada com a equipe responsável pelos pilares e pré-vigas, oportunidade em que o pesquisador

esclareceu que para a implementação ser bem sucedida o projeto elaborado deveria ser respeitado (Figura 49).

**Figura 49: Reunião com a equipe de obra na área de trabalho**



**Fonte:** O autor (2013).

Com o início da execução e com a efetiva participação do pesquisador, os trabalhadores se preocuparam em obter as informações no projeto para realizar as tarefas, respeitando os PT's e a sequência prevista para cada um dos elementos.

À medida que o trabalho foi evoluindo, os trabalhadores passaram a ter o hábito de perguntar ou buscar a informação no projeto sobre qual PT devia ser executado na sequência. A equipe também passou a questionar sobre o sequenciamento e até mesmo sugerir outras formas de realizar as tarefas.

Em relação à adoção do agrupamento de trabalhadores para executar um grupo de tarefas, percebeu-se que está prática foi muito importante para a realização da atividade. Notou-se que os trabalhadores atuam em determinados momentos numa tarefa e depois vão para outra tarefa e, se for necessário, acabam retornando para a tarefa inicial.

A alternância dos trabalhadores entre as tarefas tem como objetivo fazer com que a atividade seja executada da melhor maneira possível. Por exemplo, o grupo de pilar/pré-viga trabalhava no lado A, na manhã do 2º dia, em um primeiro momento com oito trabalhadores executando a tarefa de fôrma de pilar e logo depois que a fôrma de quatro pilares estava finalizada, quatro destes trabalhadores passaram a realizar a colocação de pré-vigas. Portanto, os trabalhadores são compartilhados entre as tarefas pertencentes ao grupo com objetivo de executar a atividade de acordo com o projeto.

Como já havia sido discutido na fase de elaboração de projeto, o uso compartilhado da grua acabou sendo um entrave para a execução da atividade, pois a mesma ficou sobrecarregada

em quase todos os períodos, o que, conseqüentemente, prejudicou a execução dos PT's e o transporte dos LT's. Por exemplo, no 1º ciclo do lado B, a grua foi utilizada para realizar transportes não relacionados à atividade durante 10 horas<sup>19</sup> e, com isso, a execução de tarefas do ciclo acabou sendo prejudicada.

As solicitações de transporte não relacionadas à atividade eram tão numerosas, que, em reunião, o mestre de obras determinou que a grua somente realizasse esses transportes com o seu aval e autorizou o aumento da jornada de trabalho do operador de grua para que esses transportes fossem realizados nos horários que não prejudicassem a execução da atividade. Entretanto, poucos dias após esta decisão, as solicitações de transporte não relacionados à atividade voltaram a ser dirigidas ao operador de grua.

Durante a elaboração do projeto da produção, foi estabelecido que a equipe da EMP-EST seria composta por 20 trabalhadores para realizar a atividade; no entanto, o acompanhamento diário do número de trabalhadores (Figura 50) demonstrou que, em nenhum dos dias monitorados, a equipe da EMP-EST estava completa.

**Figura 50 – Equipe da EMP-EST trabalhando na atividade (lado A e B)**

Data	Dia	Ciclo	EQUIPE EMP-EST		
			TORRE	PV	TOTAL
04/jan	Sexta	1º	13	2	15
07/jan	Segunda	2º	14	2	16
08/jan	Terça	3º	16	2	18
09/jan	Quarta	4º	16	2	18
10/jan	Quinta	5º	15	2	17
11/jan	Sexta	6º	16	2	18
14/jan	Segunda	7º	14	2	16
15/jan	Terça	8º	15	2	17
16/jan	Quarta	9º	14	2	16
		<b>Média</b>	<b>14,8</b>	<b>2,0</b>	<b>16,8</b>

**Fonte:** O autor (2013).

O projeto da produção estabeleceu a divisão das tarefas em pacotes de trabalho para executar a atividade, atendendo o tempo de ciclo de 7 dias. Durante o acompanhamento, notou-se que, em vários momentos, o encarregado da EMP-EST não respeitou o projeto elaborado e preferiu, por exemplo, colocar todas as fôrmas de pilar para somente depois iniciar a colocação

<sup>19</sup>O pesquisador realizou o monitoramento dos transportes da grua durante o acompanhamento da implementação.

das pré-vigas, enquanto o projeto previa a colocação de uma parte das fôrmas de pilar e, em seguida, as pré-vigas desta área.

Na figura 51, são apresentadas as tarefas previstas e as efetivamente realizadas no 1º ciclo do lado A. Observa-se que ocorreu aumento na duração de algumas tarefas. Por exemplo, a tarefa de escoramento da laje estava prevista para ser realizada em três períodos, mas acabou levando cinco períodos para ser finalizada. Em função dessas variações, a laje do lado A foi concluída no 9º dia do ciclo, superando em dois dias do tempo de ciclo previsto.

**Figura 51 – Duração das tarefas pertencentes ao 1º ciclo do lado A**

TAREFA		1º		2º		3º		4º		5º		6º		7º		8º		9º		Períodos A Mais
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	
SEGURANÇA 1	Previsto																			
	Realizado																			
LOCAÇÃO DE PILAR	Previsto																			
	Realizado																			+1
ARMADURA DE PILAR	Previsto																			
	Realizado																			+1
FÔRMA DE PILAR	Previsto																			
	Realizado																			+1
COLOCAÇÃO DE PRÉ-VIGA	Previsto																			
	Realizado																			-1
CONCRETAGEM DE PILAR	Previsto																			
	Realizado																			-1
DESFÔRMA DE PILAR	Previsto																			
	Realizado																			+1
FORMA DE BORDA	Previsto																			
	Realizado																			
ESCORAMENTO DA LAJE	Previsto																			
	Realizado																			+2
ASSOALHO	Previsto																			
	Realizado																			
CUMBUCA	Previsto																			
	Realizado																			+1
ARMADURA DA LAJE	Previsto																			
	Realizado																			-1
ARREMATES	Previsto																			
	Realizado																			
CONCRETAGEM DA LAJE	Previsto																			
	Realizado																			

Fonte: O autor (2013).

A distribuição das tarefas relacionadas aos pilares e pré-vigas sofreu pequenas alterações em relação ao previsto no projeto, no entanto, as concretagens de pilar que estavam previstas para o 3º dia foram cumpridas em dois dos três ciclos do lado A e em um dos dois ciclos do lado B (Figura 52). Já o prazo para concretagem da laje não foi alcançado em nenhum dos ciclos acompanhados.

**Figura 52 - Concretagens realizadas durante os ciclos acompanhados**

Ciclo	Concretagens			
	Lado A		Lado B	
	Pilares	Laje	Pilares	Laje
1º	3º	9º	3º	10º
2º	4º	11º	4º	9º
3º	3º	10º		

Fonte: O autor (2013).

Durante o acompanhamento da execução da atividade, foi detectado que algumas tarefas relacionadas à segurança não foram contempladas pelo projeto, entre as quais: (a) colocação de proteções de piso nos “buracos” do elevador e escada; (b) instalação do cabo guia nos pilares, após a realização da desfôrma dos mesmos; e (c) colocação de proteção de periferia após a execução do assoalho da laje.

Durante o teste, notou-se que a tarefa de colocação das escadas pré-moldadas não havia sido prevista na elaboração do projeto da produção. No entanto, a prática da EC é de colocar as escadas pré-moldadas a cada dois ou três ciclos de concretagem da laje. Durante um dos ciclos, o encarregado da EMP-EST resolveu realizar a colocação de um lance de escada, na manhã do 4º dia do lado A, e a necessidade de uso da grua nessa tarefa resultou na parada da equipe na área da laje.

Também foi detectado durante o teste do projeto que não havia sido previsto tempo de ciclo diferenciado (maior) para os ciclos em que a grua teria que ser ascendida. Esta ascensão ocorre a cada três pavimentos e requer que a grua fique sem realizar operações. Durante o teste a ascensão ocorreu no oitavo dia do lado A do segundo ciclo. A grua teve que ser paralisada às 08:51 horas, mas os trabalhadores puderam ficar na área de trabalho executando tarefas que não necessitavam da grua e, em função dessa indisponibilidade, o ritmo de execução da atividade foi diminuído e houve redução no número de trabalhadores na laje. Às 14:40 h, a torre foi evacuada para a ascensão e, às 16:00 h, a equipe pôde retornar a área da laje.

No projeto elaborado foi previsto que os PT's de cada tarefa seriam dimensionados seguindo uma ordem prioritária de execução (regiões da laje) para facilitar o trabalho das equipes responsáveis pelos dois grupos de tarefa.

No grupo de tarefas de montagem, armadura e concretagem da laje a adoção desta prática trouxe benefício à execução das tarefas. Já para o grupo de tarefas de pilar e de pré-viga<sup>20</sup>, além da ordem prioritária, foi estipulado o sequenciamento de execução de cada um dos

<sup>20</sup> Tarefas com ordem de prioridade e sequenciamento de cada elemento do PT: segurança, locação de pilar, armadura de pilar, fôrma de pilar, colocação de pré-viga, concretagem de pilar e desfôrma de pilar.

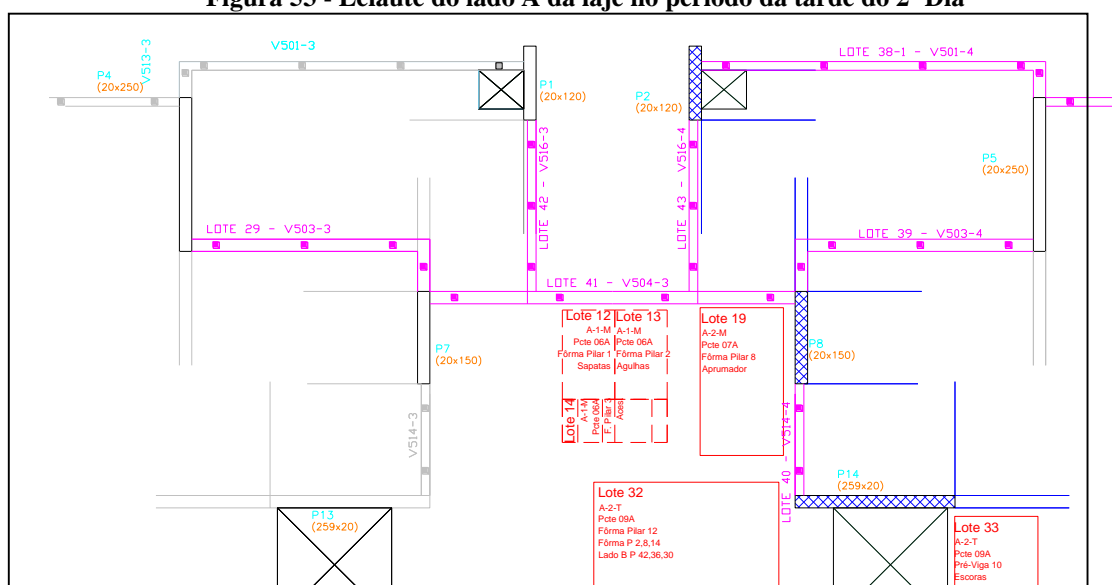
elementos pertencentes ao PT, no entanto, durante o acompanhamento da execução percebeu-se que, em algumas tarefas, o sequenciamento facilitou a execução dos PT's, mas em outras a sequência não trouxe benefícios significativos. Como se pode perceber no sequenciamento do PT de segurança dos pilares de periferia (canto amarelo) não trouxe benefício, pois este PT é o primeiro a ser realizado na área de trabalho e o início da execução dos demais PT's é condicionado à sua completa finalização.

Já o sequenciamento dos elementos do PT de locação de pilar trouxe benefícios, pois a locação precisa ser realizada na área sem que as armaduras estejam depositadas de modo a não atrapalhar a passagem das linhas para locação dos pilares. Após a locação de uma parte dos pilares na laje, os LT's de armaduras podem ser depositados na área de trabalho e o PT de montagem de armaduras pode ser iniciado, simultaneamente à execução da locação.

Em relação ao PT de colocação de pré-viga e de concretagem de pilar, o sequenciamento de cada elemento que foi previsto no projeto da produção não trouxe benefícios a execução dos PT's, com exceção dos elementos (pré-vigas) que possuem pontos-chave.

Na figura 53, a PV 504-3 precisa ser colocada antes da PV 503-3 e PV 503-4, pois a armadura de ancoragem destas pré-vigas precisa ser encaixada por dentro da armadura da PV-504-3. A PV 516-3 e PV 516-4 também só podem ser colocadas após a PV-504-3, pois as mesmas são apoiadas em septos existentes na referida viga.

**Figura 53 - Leiaute do lado A da laje no período da tarde do 2º Dia**



**Fonte:** O autor (2013).

Nos PT's de armadura de pilar, fôrma de pilar e desfôrma de pilar, a sequência de execução de cada elemento é decorrente da sequência de empilhamento dos mesmos no

momento da formação dos LT's, com exceção dos elementos que possuem pontos-chave para execução. Por exemplo, conforme apresentado na figura 54 a desfôrma do P14 só pode ser efetivada após a desfôrma do P8, pois há uma limitação de espaço entre os pilares, que dificulta a retirada de um dos painéis de fôrma do P14.

Durante a realização da fôrma de borda no 2º ciclo do lado A, a equipe que estava realizando a tarefa não seguiu a sequência prevista para a tarefa e iniciou a execução no centro da laje, ao invés de realizar no lado esquerdo. Dessa forma, a equipe de escoramento teve que alterar a sequência e iniciar o escoramento no meio da laje e, portanto, ocasionou problemas para finalizar o escoramento da região do meio. No outro ciclo, a sequência voltou a ser respeitada.

Os romaneios utilizados para a formação dos LT's de armadura de pilar não foram utilizados de forma correta pela equipe da central de armaduras, pois ocorreu a formação de LT's com empilhamento incorreto e também os LT's foram enviados para a área de trabalho não seguindo a sequência prevista no romaneio. Como consequência disto, a equipe da laje teve dificuldades para executar os PT's.

O fato de haver apenas um MT de cada tipo resultou na demora do transporte dos recursos e ocasionou ociosidade da equipe da laje responsável por utilizar o recurso como também da equipe responsável por enviar estes recursos até a laje, pois em determinados momentos estes tinham que aguardar a chegada do MT para realizar o trabalho.

Alguns dos MT's projetados e fabricados não propiciaram condições ergonômicas adequadas para serem utilizados pelos trabalhadores. Embora tenham sido adequados, posteriormente, ocorreu a resistência de alguns trabalhadores em utilizá-los (equipe responsável pelo desfôrma e escoramento da laje). Com intuito de não utilizar os MT's disponibilizados e não depender da grua, esta equipe preferia descer ao andar inferior, realizar o transporte vertical dos componentes utilizando os septos ("buracos") existentes nos *shafts*. Entretanto, a equipe depositava os componentes em quantidade superior a necessidade daquela região da laje gerando a necessidade de realizar a movimentação destes componentes no momento de executar a tarefa neste local.

O depósito era realizado diretamente sobre a laje e não eram colocados calços de madeira para passagem do cabo de içamento, pois, se estes fossem dispostos, poderia possibilitar que o transporte dos recursos remanescentes fosse realizado utilizando a grua. Como consequência desta prática inadequada gerou a necessidade de reempilhamento manual dos mesmos em determinados momentos.

O projeto da produção definiu que os LT's de fôrma de pilar fossem montados, um pilar por vez (todos os painéis do P1, depois do P9 e P3), ou seja, todos os painéis de pilar de um LT (pilha) para, posteriormente, iniciar a montagem dos painéis de pilar do próximo LT. Entretanto, durante o acompanhamento, notou-se que a equipe intercalava a montagem dos painéis de pilar entre dois LT's (duas pilhas). Esta prática tinha o objetivo de agilizar a preparação dos painéis e a aplicação do desmoldante nos mesmos. Em função desta constatação o projeto foi revisado e a sequência de montagem das fôrmas dos pilares foi alterada.

Durante o acompanhamento da desfôrma da laje, foi verificado que na medida em que os componentes do escoramento da laje (escoras, vigas principais, vigas secundárias, etc.) eram desfôrmodos, eles iam sendo armazenados em regiões da laje, de acordo com a sequência dos PT's previstas no projeto. No momento em que fosse realizado o próximo ciclo de escoramento da laje, esses componentes eram encaminhados para o mesmo local na laje superior, ou seja, não precisavam ser quantificados, mas a equipe tinha que ter cuidado para que todos os componentes fossem transportados para a execução do próximo ciclo. Entretanto, verificou-se que a equipe que formava os LT's não realizava a conferência adequada para garantir que todos os componentes fossem transportados para a área da laje. Como consequência desta conferência inadequada, os trabalhadores tinham que se deslocar até a área de trabalho para procurar os componentes faltantes nos pavimentos inferiores.

Para formar os LT's de chapas para o assoalho da laje, estava previsto no projeto que as chapas de assoalho seriam numeradas, armazenadas em sequência e colocadas sobre calços para facilitar a passagem do cabo de aço para realizar o içamento com a grua.

No entanto, a equipe de desfôrma não estava executando a tarefa conforme previsto no projeto e, com isso, estava ocorrendo desperdício de material com recortes nas chapas e redução da produtividade da equipe de assoalho em função da dificuldade para encontrar as chapas. Posteriormente, a equipe de assoalho passou a descer na laje inferior para formar os LT's. Mesmo assim, tinha dificuldades para encontrar as chapas para formar cada LT. Foi sugerido ao encarregado da EMP-EST que solicitasse que a equipe procedesse à formação dos LT's de maneira correta; entretanto, a equipe se opôs a realizar o trabalho conforme solicitado e foi necessária a substituição destes trabalhadores.

O leiaute mostrou-se relevante para otimizar a execução dos pacotes de trabalho, entretanto, notou-se que o mesmo estava muito detalhado, tanto que os encarregados de estrutura (EC e EMP-EST) e, principalmente, o operador de grua tinham dificuldades para executar os PT's, transportar os LT's e acompanhar o leiaute previsto no projeto. Determinados locais previstos no projeto para depositar os LT's mostraram-se inadequados, pois alguns

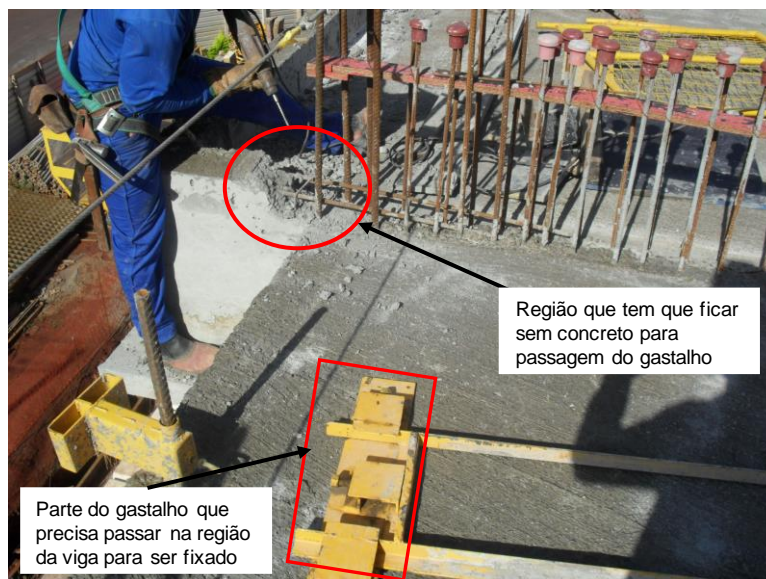
fatores não foram considerados durante a elaboração do projeto, entre esses: o local em que a caixa de acessórios estava prevista atrapalhava a locação dos pilares e o local previsto para depositar os aprumadores atrapalhava a montagem de um pilar.

O encarregado da EMP-EST tinha uma grande preocupação em otimizar o uso da grua; no entanto, seu intuito em agilizar o transporte dos elementos para a área da laje gerou prejuízo para a atividade e também para a grua. Por exemplo, durante a colocação de PV's no lado A, o encarregado não respeitou a sequência de execução da fôrma de pilar e de colocação de PV prevista no projeto. O encarregado ordenou o transporte de uma pré-viga antes mesmo do pilar estar aprumado, com isso a grua ficou indisponível por mais de dez minutos até que o encarregado solicitou que a PV fosse depositada sobre a laje e a grua fosse liberada para realizar outra operação, pois o pilar não ainda não estava aprumado. Após a finalização do prumo do pilar, a grua finalizou o transporte da pré-viga e a mesma pode ser apoiada sobre os pilares.

Durante o treinamento realizado com o operador de grua, ele foi orientado a realizar o compartilhamento da grua entre os PT's, LT's e os lados da laje; no entanto, o referido operador demonstrou, em algumas circunstâncias, uma tendência a finalizar completamente uma série de operações para um determinado PT ou LT. Por exemplo, na manhã do 6º dia do lado A (3º ciclo) e 2º dia do lado b (2º ciclo), a equipe responsável pela montagem do assoalho do lado B ficou parada por 56 minutos, em decorrência de a grua não estar disponível para realizar o transporte das chapas de assoalho, pois estava realizando a montagem de fôrma de pilar no lado B. Entretanto, no momento que o operador de grua resolveu realizar o transporte, o fez em apenas 3 minutos.

Durante o acompanhamento da atividade, além dos pontos-chave já citados (colocação de PV e desfôrma de pilar), foram identificados outros pontos-chave. Um ponto-chave estava relacionado à necessidade de parar a concretagem das vigas invertidas da sacada na região próxima ao pilar, a fim de possibilitar a colocação do gualho metálico sem a necessidade de realizar a demolição de parte do concreto (Figura 54).

**Figura 54: Detalhe do ponto-chave para colocação do gualho do pilar**



**Fonte:** O autor (2013).

No primeiro ciclo, este procedimento não foi realizado e foi necessário um trabalhador executar a demolição do concreto por cerca de 1 hora para propiciar a passagem do componente do gualho. Outro ponto-chave detectado foi a necessidade de realização de escoramento diferenciado para duas PV que ficavam apoiadas em apenas um pilar (em balanço), sendo que este serviço demandava componentes especiais e um tempo maior da equipe para realizá-lo. Ficou evidente que os pontos-chave são de difícil identificação durante a elaboração do projeto da produção.

## **6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

No empreendimento CIP a elaboração do projeto ocorreu no momento em que a atividade já estava sendo executada e, com isso, a liberdade para projetar ficou, em grande parte, condicionada a prática que já vinha sendo utilizada pela equipe.

Pelo fato de no empreendimento TON a elaboração do projeto da produção ter sido realizado em um momento anterior ao início da atividade na obra, houve a possibilidade de que os envolvidos com a elaboração do projeto pudessem buscar inúmeras soluções para o problema, indo ao encontro do conceito da função projeto proposto por Schmitt (2006).

À medida que o projeto avançava no processo de definição, a atividade passava a ter suas especificações detalhadas. Ao final do detalhamento das especificações, estas estavam detalhadas ao nível de se tornarem planos a serem executados e, portanto, poderiam ser inseridas, por exemplo, no *Last Planner* configurando a função planejamento a que Schmitt se referia. Elas se tornariam plano, a partir do momento que os PT's fossem inseridos no planejamento de curto prazo. No entanto, ainda sofreriam ajustes porque, muito provavelmente, as especificações não seriam adequadas. O plano de curto prazo para a etapa estrutura deveria indicar a consolidação dos PT's.

No empreendimento CIP a participação de representantes da equipe de obra ocorreu de forma pouco expressiva e o projeto foi elaborado basicamente pelo engenheiro de produção da obra e pelo pesquisador.

No empreendimento TON, o grupo de trabalho optou por envolver representantes da equipe de obra na elaboração do projeto da produção e a experiência foi bastante proveitosa, pois a participação destes possibilitou um melhor entendimento do grupo de trabalho sobre a atividade em estudo no tocante à: características do sistema construtivo, sequência de execução, quantidade de trabalhadores em cada grupo de tarefas, determinação dos pacotes de trabalho.

Durante a elaboração do projeto da produção, os representantes da equipe de obra exerceram efetivamente o papel de projetistas. Esta constatação está alinhada ao que é apontado pela literatura, em especial por Howell e Ballard (1999) e Ballard (2000b). Também foi constatado no empreendimento CIP que a participação dos representantes da equipe de obra na elaboração do projeto deve ser a mais objetiva possível e não deve requerer muitas horas destes, pois durante a realização das reuniões, os mesmos ficam impossibilitados de estar com suas equipes na área de trabalho.

A participação ativa dos representantes da equipe de obra no empreendimento CIP foi fundamental para a elaboração do projeto da produção, pois o conhecimento prático destes profissionais facilitou o desenvolvimento do projeto desde a distribuição das tarefas, a definição dos grupos de tarefa e das datas-marco, o dimensionamento dos PT's e outras especificações. Durante as reuniões estes representantes argumentavam aos demais participantes sobre a viabilidade prática de adotar determinadas especificações e também proporcionaram que problemas fossem antecipados caso uma determinada especificação fosse definida. Por exemplo, no empreendimento CIP a definição dos grupos de tarefa para executar a atividade foi proposta pelos representantes da equipe de obra e também as implicações que a decisão de adotar a junta de concretagem fora da escada iria impactar na execução da atividade. Em relação a junta de concretagem ficou evidente que o grupo de trabalho deveria ter concebido o projeto

da produção com a junta na região da escada de acordo com a sugestão dos representantes da equipe de obra.

No empreendimento CIP não houve a participação do núcleo de coordenação nas reuniões para elaboração do projeto da produção e, no empreendimento TON, a participação deste núcleo ocorreu apenas na sétima reunião (quatro reuniões depois do previsto). O fato de a mesma ter sido realizada 20 dias após a data prevista atrasou a elaboração do projeto da produção, pois decisões importantes, tais como: definição do *takt-time*, número de trabalhadores das empreiteiras e de como os recursos seriam compartilhados, não haviam sido tomadas. Tais decisões são estratégicas e devem ser tomadas nas etapas iniciais do empreendimento contemplando o projeto do canteiro e definições que podem impactar no projeto da produção, em especial, para as atividades críticas. A falta de decisões neste sentido levará a ocorrência de restrições no sistema de produção.

O fato do núcleo de coordenação ter participado apenas de uma reunião impossibilitou a troca de experiências entre estes membros e os demais participantes da elaboração do projeto. Caso o núcleo de coordenação participasse mais ativamente poderia haver maior integração com o intuito de evitar alguns problemas que foram constatados. Por exemplo, durante o teste do projeto estava previsto que a EMP-EST teria uma equipe de vinte trabalhadores, porém, isto não ocorreu em nenhum dos dias monitorados. Se este núcleo estivesse mais envolvido com o projeto, o coordenador da EC poderia cobrar do responsável da EMP-EST que fosse disponibilizado o efetivo acordado.

Com base nas constatações acima, entende-se que a elaboração do projeto da produção e o acompanhamento, principalmente, nos primeiros ciclos, devem envolver os coordenadores, a equipe de engenharia da obra e também os representantes da equipe de produção.

De acordo com Schramm (2004) e Souza Neto (2007), a elaboração do PSP do empreendimento deve ser realizada na fase de preparação para o início de obra, pois facilita a organização do sistema de produção. Por exemplo, durante a elaboração do PSP é possível avaliar várias possibilidades de solução para o leiaute do canteiro de obras e, caso estas decisões deixem para ser tomadas após o início das obras, podem ocorrer escolhas equivocadas que levam ao aumento das restrições para realização de determinadas atividades na obra, principalmente, as atividades críticas.

Rodrigues (2006) propõe que, no modelo de projeto do sistema de produção para empreendimentos complexos, as decisões passem de amplas para mais específicas, à medida que o empreendimento evolua desde a fase de preparação da obra até a fase de construção. Esta variação nas decisões foi constatada durante a elaboração do projeto da produção no

empreendimento TON, pois, por exemplo, no momento de iniciar a elaboração do projeto da produção o leiaute do canteiro não estava totalmente finalizado e com o desenvolvimento do projeto da produção as áreas de apoio à produção da etapa tiveram seu local definido de modo a facilitar a execução da atividade. Ou seja, conforme se aproxima o início da atividade, as especificações do projeto da produção passam a ser mais detalhadas e podem servir de subsídios para o planejamento de médio e curto prazo do empreendimento.

No decorrer do teste realizado no Empreendimento TON percebeu-se que os trabalhadores que fazem parte do grupo de tarefas se alternam entre a execução das tarefas pertencentes ao grupo, de tal modo que em determinados momentos há um grande número deles fazendo uma determinada tarefa e, logo depois, estes se mobilizam para executar outra tarefa. Desse modo, entende-se que a elaboração de projeto de produção para atividades com características semelhantes a esta pesquisa deve ser concebida considerando que a atividade seja executada por meio do estabelecimento do compartilhamento de trabalhadores para executar grupos de tarefas. Cada grupo de tarefa deve englobar, preferencialmente, tarefas sequenciais e os trabalhadores designados devem estar aptos a executar todas as tarefas pertencentes ao grupo respeitando o projeto elaborado.

Diante dessas constatações, é possível afirmar que em atividades com características semelhantes a esta pesquisa, em que, entre outras particularidades, ocorre o compartilhamento dos trabalhadores para a execução de grupos de tarefa, se mostra inadequado elaborar uma rotina específica para cada trabalhador como ocorre no STP (trabalho padronizado).

Na realização do teste do projeto no empreendimento TON foi constatado que algumas tarefas que são necessárias à realização dos ciclos da atividade não estavam contempladas no projeto elaborado. Estas tarefas não relacionadas pertenciam a duas categorias: tarefas principais e tarefas de apoio.

O projeto da produção acabou limitando-se a abranger apenas as tarefas principais, ou seja, tarefas de produção da atividade, tais como: fôrma de pilar, colocação de pré-viga, escoramento da laje e concretagem de laje. Mesmo abrangendo estas tarefas principais, a tarefa de colocação da escada pré-moldada não foi incluída no projeto.

A prática adotada pela EC é de realizar a colocação das escadas a cada dois ciclos de laje, pois a empresa possui escadas metálicas provisórias que permitem o acesso da equipe até a laje dos pavimentos. Entende-se que a esta tarefa não foi incluída pelos participantes do projeto em decorrência do fato de que a mesma ocorre a cada dois ciclos de laje, diferentemente das demais tarefas que ocorrem a cada ciclo. Sinaliza-se, então, que se deve ter o cuidado em

incluir as tarefas que se repetem a cada ciclo da atividade e também aquelas em que a repetição acontece em um período maior.

Conforme verificado durante o teste do projeto da produção, as tarefas de apoio que não foram incluídas estão relacionadas às medidas de segurança que precisam ser tomadas para viabilizar a execução da atividade em cada ciclo de produção. Estas tarefas precisam ser obrigatoriamente realizadas para que as tarefas principais subsequentes venham a ser executadas, de modo a não oferecer risco aos trabalhadores e as pessoas que estão nas proximidades da torre. Por se tratarem de tarefas obrigatórias, estas precisam ser incluídas na elaboração do projeto da produção.

Outra tarefa de apoio que necessita ser realizada é a ascensão da grua. A prática da EC é de realizar esta tarefa a cada três ciclos da atividade. Durante o teste do projeto, realizado no empreendimento TON, constatou-se que a grua ficou indisponível para realizar suas operações durante um período de seis horas (70% de um dia de trabalho).

O projeto elaborado não contemplou tempo de ciclo diferenciado para realização da ascensão da grua em relação aos demais ciclos. Também não foi projetada a distribuição diferenciada das tarefas nos períodos em que a grua seria ascendida. Entende-se que a cada três ciclos da atividade exista um tempo de ciclo diferenciado (1 dia a mais) para a ascensão da grua e que esta ascensão seja programada para ser realizada, preferencialmente, em um dia do ciclo em que a grua esteja menos sobrecarregada.

A demora na definição do projeto do escoramento da laje-tipo do empreendimento TON impactou diretamente no aumento do tempo necessário para elaboração do projeto da produção. Esta definição apresenta características técnicas devendo ser definida durante a elaboração do projeto estrutural e também precisa ser definida durante a fase de início de obra em relação a como os recursos serão disponibilizados para executar a atividade.

No tocante ao projeto estrutural, este, à época do início da atividade na obra, ainda não está totalmente finalizado e, portanto, a equipe responsável pela elaboração do projeto da produção<sup>21</sup> pode propor adequações no projeto do escoramento.

No tocante à disponibilização de recursos, a empresa precisa decidir se terá condições de utilizar os recursos disponíveis em estoque ou se será necessário contratar uma empresa terceirizada para fornecer os componentes a serem utilizados, por exemplo, no escoramento da laje.

---

<sup>21</sup> A equipe responsável pela elaboração do projeto da produção busca alternativas para executar o escoramento com variações nos componentes (vigas principais e secundárias com comprimentos diferentes), no entanto, respeita o posicionamento das escoras previstos no projeto estrutural.

A demora na definição de como seriam disponibilizados os componentes no empreendimento CIP fez com que o tempo de elaboração do projeto da produção fosse aumentado. Isto sinaliza que, caso a EC possuísse um PSP estruturado, a decisão poderia ser tomada mais rapidamente e implicaria na diminuição do tempo necessário para elaboração do projeto da produção.

A utilização do critério de datas-marco para término da execução dos grupos de tarefa facilitou o trabalho da equipe de projeto para dimensionar os pacotes de trabalho das tarefas pertencentes à atividade, pois delimitou o espaço de tempo disponível para que cada equipe executasse o grupo de tarefas atribuído a eles. As datas-marco também serviram para definir a sincronização entre as tarefas a serem executadas em ambos os lados da laje, pois, no momento em que a equipe de pilar e pré-viga finalizasse a desfôrma de pilares (última tarefa atribuída a esta equipe), o grupo estaria disponível para ser deslocado para o outro lado da laje com o intuito de iniciar novamente a execução das tarefas pertencentes ao grupo de pilar/pré-viga.

Portanto, entende-se que, em atividades com características similares a este estudo, a utilização do critério de datas-marco facilita a elaboração do projeto.

A tentativa de alterar o posicionamento da junta de concretagem evidenciou que é necessário, antes de qualquer proposta de alteração, em especial, sobre as especificações que já estão consolidadas no sistema construtivo utilizado pela empresa, sejam estudadas com profundidade para avaliar as implicações que uma eventual alteração pode impactar na produção e, conseqüentemente, no projeto da produção.

Neste estudo de alteração devem ser envolvidos os representantes dos núcleos de coordenação, engenharia e da obra para avaliar a pertinência da alteração e se o grupo entender que é adequada, se pode, então, viabilizá-la. Estas discussões precisam ser realizadas na fase inicial do projeto da produção, mais especificamente antes do dimensionamento dos pacotes de trabalho de modo a evitar que a alteração implique na necessidade de revisão do projeto, como ocorreu no empreendimento CIP.

O dimensionamento dos pacotes de trabalho para cada tarefa, utilizando a sequência de execução por regiões da laje, contribuiu para reduzir os lotes de produção possibilitando que, mesmo antes de todos estivessem concluídos, já seria possível o início da execução dos pacotes de trabalho de uma tarefa subsequente.

A opção de definir a sequência de execução de cada um dos elementos pertencentes ao PT reduziu ainda mais o tamanho dos lotes de produção, pois os elementos foram sequenciados de forma a facilitar a execução da tarefa, em função, por exemplo, da proximidade dos elementos a serem executados.

A redução dos lotes de produção na indústria da construção não está associada somente a quantidade de produtos e sub-produtos, como ocorre na manufatura, mas também em relação ao espaço que precisa ser delimitado para executar as tarefas pertencentes a atividade.

A tentativa de estabelecer a sequência de execução de cada um dos elementos pertencentes aos PT's não se mostrou adequado para alguns destes, pois a adoção da sequência tornou mais rígida a execução dos pacotes de trabalho dificultando o trabalho da equipe, do operador de grua e dos encarregados.

Para o PT de locação de pilar a sequência foi benéfica, em virtude de possibilitar que determinados pilares tivessem sido locados antes do momento do depósito de alguns LT's de armadura de pilar sobre a laje, pois, caso isso ocorresse, haveria prejuízo à locação dos mesmos. Esta sequência deve ser determinada no momento da definição do leiaute da área de trabalho, em especial, quando for definido o local onde os LT's de armadura de pilar serão depositados.

Para os PT's em que forem utilizados recursos em LT's empilhados (armadura e fôrma de pilar), o próprio empilhamento já determina uma sequência para execução dos elementos do PT. A tarefa de fôrma de pilar apresenta uma particularidade a mais, pois os painéis de fôrmas de pilar são montados a partir de duas pilhas, ou seja, a grua içava os painéis de dois pilares de forma intercalada. Para estes PT's, a sequência dos elementos só deve ser definida no momento da formação dos LT's.

As tarefas de fôrma de borda, escoramento da laje, assoalho, cumbuca, armadura da laje, arremates e concretagem da laje possuem apenas um pacote de trabalho e este é constituído por apenas um elemento (região da laje), portanto, não há a necessidade de se determinar sequência.

Para os demais PT's (colocação de pré-viga e concretagem de pilar), a sequência só deve ser adotada para os elementos que sejam reconhecidos como pontos-chave, pois a sequência pode ser um requisito para a execução do pacote de trabalho. Durante a elaboração do projeto deve-se buscar indícios de que existem pontos-chave para execução de determinados elementos, no entanto, o acompanhamento dos primeiros ciclos da atividade é que proporcionam melhores condições de encontrá-los. Ao encontrar estes pontos chave durante os primeiros ciclos, o projeto da produção precisa ser revisto para atender estas especificações ocorrendo o processo de interação e iteração conforme sugerem Howell e Ballard(1999) e Ballard (2000b).

A tentativa de projetar os lotes de transporte para garantir que os recursos (materiais, componentes, máquinas e equipamentos) necessários para executar as tarefas fossem disponibilizados na área de trabalho exigiu um grande esforço para ser realizada em ambos os empreendimentos. A opção de levar os LT's até a área de trabalho em quantidades-padrão

mostrou-se mais adequada do que a opção de levar recursos diferentes no mesmo LT. Esta opção propiciou que os LT's contivessem um maior número de recursos e também proporcionou que os recursos fossem mais facilmente retirados dos LT's para uso na execução dos PT's.

A realização do teste do projeto no empreendimento TON propiciou observar que LT's precisam ter tratamento diferenciado em função das características e da forma em que estes são compartilhados. Abaixo, as categorias de recursos são apresentadas:

- a) Recursos compartilhados entre os lados da laje: esses recursos são utilizados duas vezes no mesmo ciclo (lado A e lado B), portanto, ao finalizar a utilização destes componentes em um lado, os mesmos precisam ser armazenados e transportados, na sua totalidade, para realizar a tarefa no outro lado e, assim sucessivamente, isto é, não há necessidade de contá-los a cada utilização. Recursos incluídos nesta categoria: segurança de pilar de periferia, fôrma de pilar, acessórios (locação de pilar, fôrma de pilar e pré-viga) e equipamentos para concretagem (andaimes e vibrador);
- b) Recursos compartilhados entre os andares: esses recursos são utilizados uma vez a cada ciclo (andar 1, andar 2), portanto, ao finalizar a utilização destes recursos em um andar, estes precisam ser convenientemente armazenados e, posteriormente, transportados, na sua totalidade, para realizar a tarefa no outro andar e assim por diante, não havendo necessidade de contá-los a cada utilização. Recursos incluídos nesta categoria: fôrma de borda, escoramento da laje, assoalho da laje e cumbuca da laje;
- c) Recursos acessórios consumidos a cada ciclo: estes recursos devem ser enviados pela equipe da central de pré-vigas na quantidade correta para ser utilizados nas tarefas que eles se fazem necessários. A quantidade enviada deve atender a realização de um ciclo (lado A e B). Recursos incluídos nesta categoria: tubo/cone de PVC para agulha, pino de aço para fixação de componentes (gastalho e sapata) no concreto da laje;
- d) Recursos consumidos no ciclo e que ficam incorporados ao produto: estes precisam ser previamente preparados, de acordo com as características definidas, respeitando as exigências técnicas e depois precisam ser enviados até a área de trabalho para serem utilizados nas tarefas previstas de cada ciclo. Recursos incluídos nesta categoria: armadura para pilar e laje, pré-viga e concreto para pilar e laje.

Os componentes compartilhados entre os lados da laje e entre os andares precisam ser quantificados durante a elaboração do projeto da produção com o objetivo de garantir que todos os recursos estejam disponíveis na área de trabalho para executar as tarefas. Caso, após a realização dos primeiros ciclos da atividade, for constatado que o dimensionamento do projeto atende as necessidades, não se faz mais necessária a contagem destes recursos, no entanto, a equipe de apoio deve garantir que estes sejam recolhidos, armazenados e transportados adequadamente para serem utilizados no outro lado da laje ou no outro andar.

Os recursos acessórios e os recursos consumidos para realizar cada ciclo também devem ser quantificados durante a elaboração do projeto da produção e a empresa responsável pelo empreendimento deverá tomar as providências cabíveis para que estes recursos cheguem até a área de trabalho de acordo com a especificação, na quantidade correta e no momento adequado. Uma ferramenta que pode ser utilizada para garantir a disponibilidade destes recursos é o uso do *kanban*<sup>22</sup>.

A fabricação e disponibilização dos MT's apresentaram alguns inconvenientes que foram detectados durante a fase de teste do projeto, como: falta de ergonomia de alguns MT's e o outro decorrente a quantidade insuficiente de MT's.

Observou-se no teste do projeto, que determinados trabalhadores da EMP-EST tinham uma cultura arraigada de realizar determinadas tarefas baseada na experiência pregressa de outros empreendimentos. Como o projeto da produção previa determinadas premissas (ex.: utilização da grua para todos os transportes) e especificações (ex.: usar MT's e formar LT's de acordo com o projeto) que eram diferentes da prática usual, acabou gerando resistência de seguir o previsto no projeto por parte de alguns trabalhadores. Deste modo, entende-se que o projeto da produção deva ser apresentado de maneira adequada para todos os trabalhadores envolvidos com a atividade na obra. Esta apresentação deve esclarecer as vantagens da adoção desta prática, demonstrar a importância da participação dos trabalhadores, apresentar os métodos de implantação do projeto e outras medidas que se fizerem necessárias de modo a evitar que existam barreiras para seguir o projeto da produção.

Durante a elaboração do projeto nos dois empreendimentos, percebeu-se que o pesquisador ficou com uma demanda maior de trabalho e de responsabilidades para elaborar o projeto da produção do que o engenheiro de obra. Em determinadas situações o engenheiro de obra precisava tomar decisões para que o projeto continuasse e isto acaba não ocorrendo de maneira satisfatória. Portanto, é de extrema importância que o engenheiro e a equipe de

---

<sup>22</sup> O *kanban* visa indicar o que vai ser produzido, quanto produzir, quando produzir e informa para onde devem ser levados os produtos produzidos (SHINGO, 1996).

engenharia de obra tenham disponibilidade para participar ativamente do processo de elaboração do projeto da produção.

Entretanto, durante a elaboração do projeto de produção esta atividade terá que ser absorvida pelo engenheiro de obra e pela equipe de engenharia da obra. e o envolvimento do engenheiro de obra da EC

Em ambos os estudos realizados, a tentativa de estabelecer um leiaute para o posicionamento dos lotes de transporte na área da laje exigiu dos projetistas, empenho e um número elevado de horas para fazê-lo. No entanto, durante a realização do teste do projeto percebeu-se que para executar a atividade não se faz necessário a elaboração de um leiaute com nível detalhado. Uma das razões para não elaborar o leiaute detalhado, se refere à necessidade de envolver grandes esforços para realizar alterações no leiaute decorrentes de erro durante a elaboração do projeto ou até mesmo em função de sugestões de alteração de leiaute que as equipes propõem durante os primeiros ciclos de execução da atividade.

Com base na experiência vivenciada durante a realização dos estudos, entende-se que o leiaute deva ser elaborado com um nível de detalhamento menor. Sugere-se, que a elaboração do projeto da produção estabeleça premissas para realizar a disposição dos recursos na área de trabalho, tais como: a) estabelecer locais onde os recursos não podem ser depositados a fim de evitar que ocorra prejuízo na execução de determinados pacotes de trabalho ou ocorra a necessidade movimentar recursos já depositados na área de trabalho; b) os recursos que serão utilizados em toda a área da laje devem, preferencialmente, ser depositados na região central da mesma; c) os recursos a serem utilizados em um pacote de trabalho devem, preferencialmente, ser depositados nas proximidades onde a tarefa será realizada; e d) elaborar leiaute simplificado para ser utilizado durante a execução da atividade.

Durante a elaboração dos dois projetos da produção buscou-se elaborar uma rotina para a grua, todavia, em ambos os empreendimentos não foi possível estabelecer esta rotina. No empreendimento TON a rotina da grua foi projetada e, posteriormente, testada em alguns ciclos, entretanto, o teste do projeto evidenciou a complexidade para viabilizar uma rotina detalhada do equipamento. A dificuldade em estabelecer uma rotina para a grua está relacionada ao grande número de tipos de operações que a grua precisa realizar simultaneamente durante o ciclo da atividade, pois a grua precisa ser utilizada para: transportar os recursos até a área de trabalho nos dois lados da laje, auxiliar na execução de determinadas tarefas nos dois lados da laje e ainda realizar operações fora do ciclo da atividade.

O teste de projeto ainda evidenciou que a rotina proposta no empreendimento TON não se mostrou adequada para ser utilizada pelo operador da grua, pois a rotina previa que este

profissional precisava verificar no projeto os LT's a serem transportados, observar os locais onde esses seriam depositados na laje, verificar o PT que seria executado e respeitar a sequência de execução dos elementos de cada um dos PT's. Além disto, o operador precisava realizar os transportes não relacionados à atividade.

A proposta de rotina da grua não previa o tempo necessário para realizar cada uma das operações, bem como, não estipulava a sequência de operação (entre PT's, LT's, lados da laje e outros transportes), portanto, a rotina prevista para a grua não foi adequada para ser utilizada em atividades com características similares ao estudo realizado.

As dificuldades encontradas para estabelecer a rotina da grua para os dois projetos elaborados, como também a dificuldade do operador de grua em atender todas as demandas identificadas no teste do projeto, evidenciam que a elaboração de uma rotina com tal grau de detalhamento não se mostra viável para ser implementada.

Entende-se, a partir das evidências obtidas nos resultados, que a elaboração da rotina da grua incluía especificações menos detalhadas. Propõe-se que seja estabelecida uma rotina para a grua, elencando as operações prioritárias para cada período do ciclo, ou seja, em determinados intervalos de tempo de cada período, a grua será disponibilizada para realizar determinadas operações e em outros períodos, o equipamento estará liberado para executar outras operações. Uma proposta de rotina de prioridades para operação da grua é apresentada na figura 55.



**Figura 55 - Proposta de rotina de prioridades para operação da grua**

Dia	Período	Tarefa - PT	ELEMENTOS														GRUA		Dia	Período	Tarefa - PT	ELEMENTOS		GRUA		USO DA GRUA PARA REALIZAR OPERAÇÕES FORA DO CICLO						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	PRIORIDADE	DURAÇÃO DA OPERAÇÃO						PRIORIDADE	DURAÇÃO DA OPERAÇÃO							
2º Dia	M	FÔRMA DE PILAR	17	19	18	12	11	6	5									ALTA	DEMORADA	5º Dia	M	FÔRMA DE BORDA	Meio	SEM	-	Somente após o término da colocação das PVs						
		COLOCAÇÃO DE PRÉ-VIGA	512-3A	512-3B	502-3	505-3A	505-3B	501-3	503-3	514-3	F502-3							ALTA	DEMORADA			ESCORAMENTO DA LAJE	Meio	MÉDIA	RÁPIDA							
																							ASSOALHO DA LAJE	Lado Esquerdo	MÉDIA		RÁPIDA					
																							CUMBUCA DA LAJE	Lado Esquerdo	MÉDIA		RÁPIDA					
Lado A	T	FÔRMA DE PILAR	2	8	20	21	14											ALTA	DEMORADA	Lado B	T	ASSOALHO DA LAJE	Meio	MÉDIA	RÁPIDA	Após o término da colocação das PVs e antes do transporte das armaduras						
		COLOCAÇÃO DE PRÉ-VIGA	512-4A	512-4B	502-4	505-4B	505-4A	501-4	503-4	514-4	F502-4	504-3	516-3	516-4	506-A	506-B		ALTA	DEMORADA			CUMBUCA DA LAJE	Meio	MÉDIA	RÁPIDA							
																												DESMOLDANTE DA FÔRMA DA LAJE	Toda a Laje	SEM	-	
																													ARMADURA INFERIOR DA LAJE	Lado Direito	ALTA	MÉDIA

Fonte: O autor (2013).

O grau de prioridade da grua foi definido em três escalas: alta, média e baixa. Para os pacotes de trabalho em que o uso da grua é requisito para auxiliar na execução do PT e para transportar os recursos até a área de trabalho, utiliza-se a escala alta. Para os pacotes de trabalho em que a grua é utilizada somente para transportar os recursos até a área de trabalho, utiliza-se a escala média. Para os pacotes de trabalho em que a grua não é utilizada para executar o PT e nem para transportar os recursos, utiliza-se a escala sem.

Além de definir o grau de prioridade, a rotina proposta apresenta uma variável referente o tempo de duração de cada operação da grua. Para as operações em que a grua seja utilizada por um tempo maior, adota-se a escala demorada. Para as operações em que a grua realize a operação em tempo intermediário, adota-se a escala médio. Por fim, para as operações em que a grua ocupe um tempo curto para realizar o transporte, adota-se a escala rápida.

Para as operações fora do ciclo propõe-se que estas respeitem as condições apresentadas na figura 55, ou seja, ocorram em momentos que a sua execução impactem menos na execução da atividade previstas para o período.

A definição destes parâmetros tem por finalidade propiciar que o operador de grua e os encarregados tenham condições de fazer o compartilhamento da grua de modo a executar os PT's, transportar os LT's e realizar outros transportes da forma mais adequada possível para otimizar o uso da grua e não causar prejuízos na execução da etapa e nos demais serviços do empreendimento.

Durante a elaboração do projeto da produção foram identificados dois pontos-chave ligados à produtividade. A identificação destes foi possível a partir do detalhamento das especificações das tarefas. Um foi relacionado à necessidade de concretagem de pilares na região próxima à junta e foi detectado no momento de detalhar as tarefas que precisavam ser executadas nas proximidades da junta de concretagem. O outro foi definido a partir da experiência da equipe de obra que indicou que a concretagem dos pilares precisa ser executada em duas frentes para otimizar o uso da grua. A identificação destes durante a elaboração do projeto da produção sinaliza que quanto mais especificado for o projeto, mais pontos-chave podem ser descobertos.

Os pontos-chave relacionados às categorias de segurança, qualidade, custo e técnicas especiais não puderam ser localizados durante a elaboração do projeto da produção. Na fase de teste do projeto, realizada no empreendimento TON, foram identificados pontos-chave relacionados à categoria de técnicas especiais (interrupção da concretagem das vigas invertidas da sacada para facilitar a colocação do gualho do pilar e realização de escoramento diferenciado de duas pré-vigas).

Isto evidencia que a execução dos primeiros ciclos da atividade possibilita um melhor entendimento do processo de produção da atividade e propicia que melhorias na produção sejam implementadas, ou que elementos não especificados anteriormente possam ser, a partir de então, detalhados de modo que um padrão de produção possa a vir ser estabelecido para a atividade.

Com base nos resultados obtidos nos dois empreendimentos, entende-se que a opção de dividir as tarefas em pacotes de trabalho que tivessem duração máxima de um período (manhã ou tarde) de cada dia do ciclo propiciou que o cumprimento ou não do prazo para execução do pacote de trabalho se tornasse um ponto de controle. Este parâmetro auxiliou os responsáveis pela execução da atividade na seguinte avaliação: se atividade estava adiantada ou atrasada em relação ao ciclo.

## **7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Esta pesquisa propõe a apontar diretrizes para a elaboração do projeto da produção em atividades da indústria da construção. As diretrizes foram elaboradas com base no referencial teórico (capítulos 2 e 3) e nas evidências obtidas no desenvolvimento dos estudos empíricos. Esse capítulo apresenta um resumo das conclusões e, ao final do mesmo, são sugeridos temas para elaboração de trabalhos futuros.

## **7.1 Conclusões**

A realização dos estudos empíricos nos dois empreendimentos foi fundamental para propor as diretrizes para elaboração do projeto da produção em atividades na indústria da construção com características similares a esta pesquisa.

Ao longo deste tópico será apresentado um resumo das diretrizes com o objetivo de estabelecer para cada um dos elementos do projeto: o quê especificar, como especificar e em que momento especificar.

A elaboração do projeto da produção, nos empreendimentos analisados, evidenciou que o atual processo de projeto, desde a fase de concepção até a execução, apresenta falta de integração e acaba prejudicando o desenvolvimento do empreendimento. Nos empreendimentos estudados constatou-se que a empresa construtora não dispunha de um projeto do sistema de produção e que a integração entre o projeto do produto, muitas vezes não estava alinhada com os projetos dos subsistemas (estrutura, instalações elétricas, hidráulicas) e estes projetos, por sua vez, especificavam determinados elementos de forma diferente de que a equipe de obra tinha condições de executar. Assim, entende-se que deve haver uma melhor integração entre os projetos e que uma das maneiras que isso pode vir a ser alcançado é por intermédio da elaboração de projetos seguindo o modelo do LPDS.

Entende-se também que o projeto do sistema de produção deva ter sua elaboração iniciada antes do início das obras do empreendimento, pois é necessário que as decisões estratégicas já tenham sido tomadas para alimentar as decisões do projeto da produção. Na fase de elaboração do PSP precisam ser definidas especificações para que o projeto da produção tenha melhores condições de ser elaborado, dentre essas: integração vertical do empreendimento, plano de ataque do empreendimento, análise dos fluxos de trabalho, definição dos sistemas de transporte a serem utilizados na obra e definições básicas do leiaute de canteiro de obras (escritório, almoxarifado, áreas de vivência).

Em relação à elaboração propriamente dita do projeto da produção, Howell e Ballard (1999) propõem que o projeto tenha sua elaboração iniciada de três a seis semanas antes de a atividade iniciar a execução.

O projeto elaborado no empreendimento TON levou doze<sup>23</sup> semanas em função da ocorrência de indefinições na obra que prejudicou o projeto, do atraso no término da atividade antecessora (laje do pavimento de garagem) e do caráter experimental do projeto (construção de um artefato inovador). Presume-se que a elaboração de projeto da produção, em atividade com característica similar a esta pesquisa, deva ter sua elaboração, preferencialmente, iniciada no mínimo seis semanas antes da atividade começar na obra.

A participação de representantes de todos os envolvidos com a atividade mostrou-se benéfica para a elaboração do projeto da produção. A participação dos coordenadores (empresa construtora e das empreiteiras) é de fundamental importância e deve ocorrer logo nos primeiros encontros, pois estes têm poder decisório sobre as definições estratégicas para a realização do empreendimento e conseqüentemente para a atividade que está sendo projetada.

O envolvimento dos representantes da produção é primordial para que o projeto da produção tenha suas especificações detalhadas, de modo a que a atividade possa ser executada adequadamente. A participação desses representantes (mestre de obras, dos encarregados e do operador de grua) é muito importante para facilitar a execução da atividade permitindo que durante o processo de projeto muitas dúvidas sejam dirimidas e também que problemas possam ser antecipados ainda na fase de projeto.

As características da atividade a ser projetada são de suma importância para nortear o grau de especificação que poderá ser estabelecido. Neste estudo, mostrou-se adequado agrupar determinadas tarefas e estas serem executadas por uma equipe especializada em ambos os lados da laje, ou seja, os trabalhadores especializavam-se em realizar várias operações com o intuito de que um grupo de tarefas fosse concluído.

No decorrer do acompanhamento da atividade no empreendimento TON evidenciou-se que a estratégia de grupos de tarefa e de datas-marco mostrou-se adequada e permitiu que os trabalhadores se auto-organizassem para cumprir as metas estabelecidas para completar o ciclo da atividade.

No dimensionamento das tarefas pertencentes ao ciclo, é de extrema importância que se dê atenção as tarefas principais e também as tarefas auxiliares, principalmente, as relacionadas a segurança. Também é importante atentar para as tarefas que possuem ciclo de repetição

---

<sup>23</sup> Foram realizadas reuniões até a décima oitava semana em função do atraso ocorrida na execução da atividade antecessora, mas o projeto já estava finalizado na décima segunda semana.

diferente da atividade, ou seja, apresentam periodicidade maior (exemplo: colocação de escada pré-moldada e içamento da grua) que o ciclo.

A adoção de redução do tamanho dos lotes de produção por intermédio da priorização por regiões da laje utilizando o conceito de pacote de trabalho se mostrou adequada facilitando a organização da produção e também a disponibilização dos recursos na área de trabalho.

O dimensionamento dos pacotes de trabalho para que tivessem duração de no máximo um período de trabalho possibilitou que estes fossem usados como pontos de controle para verificar se o ciclo estava atrasado ou não.

O sequenciamento dos elementos pertencentes aos pacotes de trabalho se mostrou adequado para algumas tarefas, mas para outras tarefas que necessitavam de recursos que estavam dispostos em pilhas a própria retirada destes das pilhas definia a sequência de execução do pacote de trabalho. Já os pacotes de trabalho de tarefas que apresentam elementos reconhecidos como pontos-chave se deve respeitar a sequência para não haver prejuízo a execução da atividade.

Entende-se que os recursos (materiais, componentes, máquinas e equipamentos) necessários para executar a atividade precisam ser quantificados, organizados e devem ter uma rotina estabelecida para serem transportados até a área de trabalho. A adoção de formar lotes de transporte em compartimentos projetados para levar quantidades-padrão de recursos se mostrou adequada no empreendimento TON. Os recursos foram categorizados em função do tipo de compartilhamento (entre lados da laje e entre andares) e dos recursos consumidos (a cada ciclo e para realizar o ciclo). Os recursos que são compartilhados precisam ser quantificados antes do início da atividade e posteriormente é importante mantê-los organizados para serem utilizados em todos os ciclos. Já os recursos acessórios consumidos a cada ciclo e para realizar o ciclo precisam ser disponibilizados a cada ciclo para não haver prejuízo à execução da atividade. Estes devem ser quantificados no primeiro ciclo e devem abastecer a área de trabalho a cada ciclo por intermédio da adoção da ferramenta *kanban*.

Na indústria da construção o recurso espaço tem grande importância, pois a produção ocorre em várias partes do empreendimento (produto). Durante a elaboração do projeto da produção buscou-se estabelecer um leiaute detalhado em que houvesse a previsão do local em que os recursos pudessem ser depositados na área de trabalho ao longo do ciclo.

Porém, durante o acompanhamento da execução da atividade constatou-se que não é viável estabelecer um leiaute tão detalhado, pois os encarregados e o operador de grua não dispõem de condições operacionais para viabilizar o uso. Entende-se ser adequado adotar premissas para dispor os recursos na área de trabalho.

Em função das características da atividade, as duas tentativas de elaboração de rotina da grua não se mostraram adequadas, portanto, propõe-se que a rotina seja elaborada por meio do estabelecimento de operações prioritárias que a grua deve realizar em cada período e também haja a consideração em relação à duração de que cada operação de transporte iria requerer. O operador de grua deve intercalar a execução de operações para auxiliar na execução dos pacotes de trabalho e também realizar o transporte dos recursos até a área de trabalho.

Os pontos-chave puderam ser estabelecidos em menor escala durante a elaboração do projeto e foram mais facilmente identificados durante o acompanhamento dos primeiros ciclos da atividade.

Isso evidencia que a elaboração do projeto da produção não termina no momento em que a atividade é iniciada, mas que durante os primeiros ciclos o projeto precisa sofrer melhorias, para que após a estabilização da produção um padrão possa ser estabelecido.

## **7.2 Recomendações**

A partir dos estudos realizados na presente pesquisa, apresentam-se as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- a) Avaliar a aplicabilidade das diretrizes propostas nesta pesquisa em atividades que apresentem características diferenciadas (tempo de ciclo, organização da equipe, número de trabalhadores);
- b) Elaborar projeto de produção em atividade com características similares considerando as diretrizes propostas nesta pesquisa com o intuito de avaliar se um padrão pode ser estabelecido logo nos primeiros ciclos;
- c) Avaliar como integrar o projeto da produção, área de suprimentos (planejamento de médio prazo) e o planejamento de curto prazo.



## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- AQUINO, J. P. R. de. **Análise do desenvolvimento e da utilização de projetos para produção de vedações verticais na construção de edifícios.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2004. .
- BALLARD, G. Work structuring. *Lean Construction Institute White Paper*, n. 5, 1999. Disponível em: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org). Acesso em: 24 jun. 2010.
- \_\_\_\_\_. *The last planner system of production control.* Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, 2000a.
- \_\_\_\_\_. Lean project delivery system. *Lean Construction Institute White Paper*, n. 8. 2000b. Disponível em: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org). Acesso em: 07 jul. 2013.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. A. Lean project management. *Building Research & Information*. v. 31, n. 1, p. 1-15, 2003.
- BALLARD, G. et al. Production system design: work structuring revisited. *LCI White Paper*, n. 11, January 24, 2001a. Disponível em: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org). Acesso em: 25 mai. 2011.
- \_\_\_\_\_. Production system design in construction. In: 9th annual conference of the Int'l. Group for Lean Construction, National University of Singapore, August, 2001. *Proceedings...* Singapore, 2001b.
- BARROS, M. M. B. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: SEMINÁRIO VEDAÇÕES VERTICAIS, 1., São Paulo, 1998. *Anais...* São Paulo: EPUSP, 1998. p. 21-39.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BERGER, A. *Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs.* Integrated Manufacturing Systems, v.8, n. 2, 1997, pp. 110-117.
- BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Informativo Econômico - Construção Civil: desempenho e perspectivas.** Brasília, p. 21. 2011. Disponível em: [http://www.cbic.org.br/sites/default/files/BALANCO\\_CBIC\\_2011-PAPER.pdf](http://www.cbic.org.br/sites/default/files/BALANCO_CBIC_2011-PAPER.pdf). Acesso em: 10 jul. 2013.

---

**setor privado.** Brasília, nov. 2013. Disponível em: [http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Balanco\\_2013.pdf](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Balanco_2013.pdf). Acesso em: 10 mar. 2014. **Visão do**

CAMPOS, V. F. **Qualidade total:** padronização nas empresas. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CHALITA, A. C. **Estrutura de projeto pra produção de alvenaria de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento da eficiência na produção.** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, 2010.

CONTE, A. S. I. Lean construction: from theory to practice In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10, 2002. *Proceedings...* Gramado, 2002.

COSTA, D. B.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. A importância do projeto do sistema de produção em empreendimentos habitacionais de interesse social. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...* 18-21 jul. 2004, São Paulo.

COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual de teoria das restrições.** Porto Alegre: Bookman, 2002.

DUEÑAS PEÑA, M. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. *Management Research: an introduction.* London: Sage, 1991.

EMILIANI, M. L. Standardized work for executive leadership. *Leadership & Organization Development Journal*, v. 29, n. 1, p. 24-46, 2008.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

FAZINGA, W. R. **Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2012.

FRANCELINO, T. R. et al. Melhorias de processos com a aplicação da filosofia lean. In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP. Fortaleza. *Anais...* ABEPRO, 2006.

FRANCO, L. S. O projeto de vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. In: I SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais. São Paulo, 1998. *Anais...* EPEUSP/PCC, 1998. p. 221-236.

GRADVOHL, R. F. et al. Desenvolvimento de um modelo para análise da acumulação de capacidades tecnológicas na indústria da construção civil: subsetor de edificações. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 41-51, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000100004>. Acesso em: 23 mai. 2012.

HOWELL, G. BALLARD, G. Design of constructions operations. White paper n. 4. **Lean Construction Institute**, 1999. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org>. Acesso: 24 jun. 2012.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundation of manufacturing management**. Irving: McGraw-Hill, 2000.

HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M. Bridging practice and theory: a design science approach. **Decision Sciences**. v. 40, n. 1, p. 65–87, feb. 2009,

HUNTZINGE, J. The roots of lean. **Lean Enterprise Institute**, 2005. Disponível em [http://www.leaninstituut.nl/publications/Roots\\_of\\_Lean\\_TWI.pdf](http://www.leaninstituut.nl/publications/Roots_of_Lean_TWI.pdf). Acesso: 12 fev. 2013.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: a commonsense, low-cost approach to management**. New York: McGraw-Hill, 1997.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, p. 243-264, 1993.

KISHIDA, M. et al. **Benefícios da implementação do trabalho padronizado na Thyssenkrupp**. Lean Institute Brasil, 2006.

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

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report**, v. 72, 1992.

KOSKELA, L. Which kind of science is construction management. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., 2008. **Proceedings...** p. 51-60, 2008.

KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999. 12 p. Disponível em: <http://www.iglc.net/>. Acesso em: 10 jan. 12.

LIB – LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

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

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota** – manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LUKKA, K. *The constructive research approach*. In: Case study research in logistics. Series B1. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003, p. 83 – 101.

MACIEL, L. L. **O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

MANNESCH, K. **Escopo de projeto para produção de vedações verticais e revestimentos de fachada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARIZ, R. N. **Método para aplicação do trabalho padronizado em serviços de construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2012.

MARIZ, R. N. et al. A review of the standardized work application in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., 2012. *Proceedings...* 2012.

MARTIN, T. D.; BELL, J. T. *New horizons in standardized work: techniques for manufacturing and business process*. New York: Taylor and Francis Group, 2011.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M. Projeto da produção e projeto para produção: discussão e síntese de conceitos. In ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998.

MELHADO, S. B. et al. Coordenação de projetos de edificações. 1ª edição. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MEPSV (Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Vedações). 2009. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manuais>. Acesso em: 10 jul. 2012.

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

PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENTS TEAM. *Standard work for the shopfloor*. New York: Productivity Press, 2002.

RODRIGUES, A. A. **O projeto do sistema de produção no contexto de obras complexas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RONEN, B. The complete kit concept. *International Journal of Production Research*, London, v. 30, n.10, p. 2457-2466, Oct. 1992.

SAFFARO, F. **Uso da prototipagem para gestão do processo de produção da construção civil.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

SAFFARO, F. A.; SILVA, A. C.; HIROTA, E. H. Um diagnóstico da padronização em canteiro de obras: estudo de caso em empresas de Londrina/PR. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, Ceará. Out. 2008.

SAFFARO, F. A. et al. Critérios para a definição de especificações relativas aos kits de recursos para execução de tarefas na construção civil. Juiz de Fora / MG. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora. Out., 2012.

SANTOS, A. *Application of production management flow principles in construction cities.* Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, 1999.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; TOOKEY, J. E. Expanding the meaning of standardization within construction process. *The TQM Magazine*, York, Engl., v. 14, n. 1, p. 25-33, 2002.

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

SCHRAMM, F. K. **Projeto de sistemas de produção na construção civil utilizando simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão.** Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

SCHMITT, J, F. *A systemic concept for operational design.* 2006. Disponível em: [http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/usmc/mcwl\\_schmitt\\_op\\_design.pdf](http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/usmc/mcwl_schmitt_op_design.pdf). Acesso em: 4 mar. 2014.

SERAPHIM, E.C; SILVA, I. B.; AGOSTINHO, O. L. Lean Office em organizações militares de saúde: estudo de caso do posto médico da guarnição militar de Campinas. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 389-405, 2010.

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

SILVA, M. M. de A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** Dissertação – Mestrado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

SMALLEY, A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean,** 2007. Disponível em: [http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade\\_artigos](http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos). Acesso em: 8 jan. 2013.

SMALLEY, A; KATO, I. *Toyota Kaizen methods: six steps to improvement*. New York: Taylor and Francis Group, 2010.

SOMMER, L. **Contribuições para um modelo de identificação de perdas por improvisação em canteiro de obras**. Dissertação de Mestrado - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOUZA, R. et al. **Sistemas de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini, 1995.

SOUZA, Ana Lúcia R. **O projeto para produção das lajes racionalizadas de concreto armado de edifícios**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SOUZA, J. C. S. **Impermeabilização dos pisos do pavimento tipo de edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SOUZA NETO, G. **Projeto do Sistema de Produção para construtoras incorporadoras de edifícios multipavimentados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

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

SWANK, C. K. The lean service machine. *Harvard Business Review*. Boston, v. 81, n. 10, p. 123-9, 2003.

TREVILLE, S; ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management*, v. 24, n. 2, p. 99-123, 2005.

TSAO, C. C. Y. *Use of Work Structuring to Increase Performance of Project-Based Production Systems*. Dissertation in Engineering – Civil and Environmental Engineering. University of California, Berkeley, 2005.

TSAO, C. C. Y. et al. Case study for work structuring: installation of metal door frames. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., Brighton, UK. *Proceedings...* Brighton: IGLC, 2000.

VAISHNAVI, V. K.; KUECHLER, W. L. *Design science research methods and patterns*. New York: Auerbach, 2007.

VAN AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. *Journal of Management Studies*, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. *Revisiting the three peculiarities of production in construction*. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney. Austrália, 2005. *Proceedings...* Australia, 2005. Disponível em: <http://www.iglc.net/>. Acesso em: 12 fev. 13.

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

YU, H. et al. Maning variability in house production. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15, 2007, Michigan, USA. *Proceedings...* Michigan: IGLC, 2007.

WHITMORE, T. Standardized work. *Manufacturing Engineering*. v. 140, n. 5. May, 2008.