



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

WANESSA ROBERTA FAZINGA

**PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO
PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO**

LONDRINA
2012

WANESSA ROBERTA FAZINGA

**PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO
PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO**

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.

Profa. Dra. Fernanda Aranha Saffaro Orientadora

LONDRINA
2012

WANESSA ROBERTA FAZINGA

**PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO
PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO**

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.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Fernanda Aranha Saffaro (Orientadora)
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Ercília Hitomi Hirota
Universidade Estadual de Londrina - UEL

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

Londrina, 17 de janeiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder mais esta oportunidade na vida.

À Prof. Dra. Fernanda Aranha Saffaro, pela sensibilidade e dedicação na orientação deste trabalho e pelo incentivo em todos os momentos.

À prof. Dra. Ercília Hitomi Hirota, pela grande contribuição nas discussões ao longo da pesquisa.

Ao prof. Dr. Eduardo Luis Isatto, pela disponibilidade e seriedade com que contribuiu para o aprimoramento do trabalho.

A toda a minha família, pelo incentivo e, especialmente à minha mãe, por seu apoio em todos os momentos e pela atenção dedicada à minha filha nos momentos de minha ausência.

À minha filha Ana Clara, minha pequena companheira, porque sua existência é o que me impulsiona para todas as conquistas.

Aos amigos do mestrado, especialmente Karina, Ana Luíza, Alexandre e Evandro, pela companhia e apoio durante esta jornada.

À Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade e à CAPES pelo financiamento desta pesquisa.

À empresa construtora pela parceria no desenvolvimento dos estudos e em especial aos engenheiros Rogério Cardoso, Manoel de Lima e Anderson Cazarin pela disponibilidade em contribuir com a pesquisa.

FAZINGA, Wanessa R. Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2012.

RESUMO

A padronização é uma ferramenta de gestão voltada para a redução da variabilidade no processo produtivo, além de ser um dos requisitos para certificação de empresas em Programas de Qualidade. Contudo, há evidências de que a padronização não tem sido efetiva, uma vez que, empresas certificadas continuam enfrentando dificuldades de cumprimento de prazos e dos custos previamente definidos. Pesquisas já realizadas pelo Grupo de Gestão da Universidade Estadual de Londrina apontaram deficiências no processo de padronização, especialmente quanto ao conteúdo inadequado dos padrões estabelecidos para orientar a produção frente ao preconizado pela literatura. Este trabalho tem como objetivo identificar quais são as especificações que devem compor o trabalho padronizado na construção civil, de forma a alcançar um processo de produção estável. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, na etapa executiva de estrutura de concreto armado, em uma construtora da cidade de Londrina/PR, utilizando como referencial teórico o conceito de trabalho padronizado (TP), advindo do Sistema Toyota de Produção. Os elementos constituintes do TP puderam ser evidenciados no contexto da construção, porém, algumas adaptações mostraram-se necessárias, resultando em especificações que expressam os três componentes genéricos do padrão citados na literatura: meta, restrições e método. O *takt-time* pode ser associado a uma meta, uma vez que o cumprimento de prazos é sempre valorizado na construção. O método mostrou-se influenciado pela presença de restrições e apresentou um conjunto mais completo de especificações, abrangendo os *kits* necessários para a execução dos pacotes de trabalho, pontos-chave para execução da tarefa de forma a cumprir a meta e uma rotina de operações com menor nível de detalhamento e com foco no trabalho em equipe. A pesquisa também explicou como os elementos que compõem o TP estão relacionados de forma a conduzir a estabilidade do processo. O TP mostrou-se como uma ferramenta potencialmente eficaz para o gerenciamento do processo produtivo na construção.

Palavras-chave: Padrão. Padronização. Trabalho Padronizado.

FAZINGA, Wanessa R. Peculiarities for implementing the standardized work in construction. 2012. Dissertation (Mastering in Construction and Sanitation Engineering) - State University of Londrina. Londrina. 2012.

ABSTRACT

Standardization is a management tool aimed at reducing variability in the production process and also a requirement for company certification in Quality Programs. However, there are evidences that the standardization has not been effective, since companies are still facing difficulties in meeting deadlines and costs previously defined. Researches already carried out by the Management Group of the State University of Londrina have pointed out deficiencies in the standardization process, especially regarding the inappropriate content of the standards established to guide the production compared to that recommended in the literature. This research aims to identify what are the specifications that should comprise the standard in construction in order to achieve stability in the production process. A case study was conducted during the structure phase in a construction company at Londrina/PR. The concept of standardized work (SW) coming from the Toyota Production System (TPS) was adopted as a theoretical reference. The elements of the standardized work could also be detected in the construction context. However, some adjustments were needed, resulting in specifications that express the three components of the standard mentioned in the literature: goals, constraints and method. The *takt-time* can be associated with a goal, since meeting deadlines is always valued in construction. The method has showed influenced by the constraints and has presented a range of specifications including the complete kit to attend the work package, the critical points that guide the performance to the goals and an operation routine with a lower level of detail and focused on teamwork. This research also has explained how the elements of SW are connected in order to stabilise the production process. The SW has proved to be a potentially effective tool for managing de production process in the construction sector.

Key-words: Standard. Standardization. Standardized Work.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo da Função Produção	25
Figura 2 - A casa do STP	27
Figura 3 - Classificação de padrões	41
Figura 4 - Modelo de padrão técnico de processo	45
Figura 5 - Diagrama homem-máquina segundo a abordagem da administração científica	52
Figura 6 - Exemplo de rotina de operações	61
Figura 7 - Desenvolvimento temporal da pesquisa	70
Figura 8 - Sistema de escoramento	81
Figura 9 - Formas plásticas distribuídas	81
Figura 10 - Divisão do pavimento tipo em duas fases de execução	82
Figura 11 - Representação do ciclo de concretagens da estrutura	85
Figura 12 - Planilha de programação de serviços utilizada pela empresa construtora	86
Figura 13 - Variações quanto ao transporte de materiais	90
Figura 14 - Ocorrência de improvisações associadas ao <i>making-do</i>	91
Figura 15 - Representação do encaixe das formas plásticas nas escoras.....	94
Figura 16 - Ilustração da galga para início da montagem do escoramento das lajes	95
Figura 17 - Vista dos painéis de forma de bordas	96
Figura 18 - Procedimento utilizado para nivelamento das formas na região de encaixe de pré-vigas	97
Figura 19 - Delineamento do processo de produção da estrutura.....	101
Figura 20 - Documentação do modelo TP2 exposta no pavimento de trabalho	112
Figura 21 - Utilização de carrinhos para transporte em area de trabalho organizada.....	114
Figura 22 - Limpeza na area de trabalho e armazenagem de formas no pavimento.....	115
Figura 23 - Duração dos ciclos de execução dos pavimentos	118
Figura 24 - Diagrama de controle diário da produção	122
Figura 25 - Categorização do conteúdo do TP segundo os elementos conceituais do padrão.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Fases do estudo de caso.....	69
Quadro 2 -Variáveis e ferramentas de coleta.....	77
Quadro 3 -Visualização parcial da planilha do modelo TP1	104
Quadro 4 -Visualização parcial da planilha descritiva da rotina de operações para a grua, constituinte do modelo TP2	109
Quadro 5 -Visualização parcial da planilha do modelo TP3	120
Quadro 6 -Especificações relevantes para a estabilidade da produção na construção.....	125
Quadro 7 -Elementos constituintes do TP na construção civil	127

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

ISO – International Organization for Standardization

JIT – Just-in-time

LIB – *Lean Institute* Brasil

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PTP – Padrão Técnico de Processo

PCP – Planejamento e Controle da Produção

ROP – Rotina de Operações Padrão

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

SiAC – Sistema de Avaliação da Conformidade de empresas de serviços e obras

STP – Sistema Toyota de Produção

TOC – Teoria das Restrições

TP – Trabalho Padronizado

WIP – Work-in-progress (Trabalho em progresso)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Problema de Pesquisa.....	15
1.2	Objetivos.....	17
1.3	Delimitações.....	18
1.4	Estrutura do trabalho.....	18
2	GESTÃO DA PRODUÇÃO.....	20
2.1	A Evolução da gestão da produção.....	20
2.1.1	Administração científica e produção em massa.....	20
2.1.2	O Sistema Toyota de Produção.....	23
2.2	A influência dos modelos de gestão na construção civil.....	29
3	PADRONIZAÇÃO.....	31
3.1	A evolução da padronização: de Taylor ao STP.....	31
3.1.1	A padronização no sistema de produção em massa.....	31
3.1.2	A padronização no Sistema Toyota de Produção.....	33
3.2	O papel da padronização na gestão da produção.....	36
3.3	O Padrão.....	37
3.3.1	Desdobramento de padrões.....	39
3.3.1.1	Padrão técnico de processo.....	42
3.3.1.2	Procedimento operacional.....	43
3.4	Elementos do Padrão.....	44
3.4.1	Meta.....	45
3.4.2	Restrições.....	47
3.4.3	Método.....	51
3.5	Trabalho Padronizado.....	56
3.5.1	Elementos do trabalho padronizado.....	58
3.5.1.1	<i>Takt-time</i>	58
3.5.1.2	Rotina de operações padrão.....	60
3.5.1.3	Trabalho em progresso.....	63
3.5.2	Considerações finais sobre o conteúdo do TP.....	64

4	MÉTODO DE PESQUISA.....	65
4.1	Oportunidade para a Pesquisa.....	65
4.2	Estratégia de Pesquisa	66
4.3	A Empresa	66
4.4	Seleção do Processo a ser Analisado.....	68
4.5	Processo de Pesquisa	68
4.5.1	Fase de compreensão	71
4.5.2	Fase de definição	72
4.5.3	Fase de implementação.....	73
4.5.4	Fase de avaliação	73
4.6	Ferramentas de coleta de dados	74
4.6.1	Entrevistas	74
4.6.2	Análise de documentos.....	75
4.6.3	Observação direta	75
4.6.4	Registro de imagens	76
4.7	Variáveis Observadas	76
5	ESTUDO DE CASO	80
5.1	Descrição do Processo Construtivo	80
5.2	Desenvolvimento do Estudo de Caso	84
5.2.1	Fase de compreensão	84
5.2.2	Fase de definição.....	100
5.2.3	Fase de implementação.....	110
5.2.4	Fase de avaliação.....	113
5.3	Resultados.....	126
5.3.1	As especificações do TP.....	132
5.3.2	Como os elementos constituintes do TP se relacionam.....	135
6	CONCLUSÕES.....	137
6.1	Particularidades da construção civil para implantação do TP	138
6.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	143

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é constantemente criticado pelas características de seu processo produtivo, visto como ineficiente e gerador de desperdícios. Fatores como a grande variedade de materiais, número elevado de fornecedores, baixo nível de instrução da mão-de-obra e produção de caráter artesanal, dificultam o gerenciamento do processo de produção. Como consequência, as empresas construtoras têm seu desempenho e competitividade afetados de maneira negativa.

Souza et al (1997) acrescentam que a gestão da produção na construção é dificultada por algumas particularidades do setor, tais como: a) caráter único do produto; b) uso intensivo de mão de obra; c) produção sujeita a ação de intempéries; d) responsabilidades diversas e pouco definidas; e) grau de precisão menor do que em outros tipos de indústria, seja em termos de precisão dimensional ou de prazos e custos.

Por sua vez, Vrijhoef e Koskela (2005) destacam três particularidades da construção civil, que se combinam e contribuem para dificuldades a serem vencidas na gestão da produção no setor. Estas particularidades são: a produção local, produto único e organização temporária para a produção.

A produção local refere-se ao fato de que o processo de produção está sempre ligado às características do local do empreendimento, tais como, condições do solo, clima e disponibilidade de fornecedores. Além disso, são também peculiares, o processo construtivo, as condições ambientais e a possibilidade de variações na situação econômica da região durante o longo período de desenvolvimento do produto. A característica de produto único se refere à baixa ou nenhuma repetitividade dos empreendimentos. O caráter de organização temporária implica trabalhar a partir da união entre profissionais de diversas especialidades e grande número de fornecedores, que podem variar de um empreendimento para outro, dificultando a transferência de conhecimento e de melhorias em longo prazo.

Estas peculiaridades, normalmente destacadas ao caracterizar o contexto da construção civil, aliadas a falhas de âmbito gerencial, tais como, falta de planejamento ou a adoção de modelos excessivamente simplificados e inadequados para planejar e controlar o sistema produtivo implicam dificuldade de obter resultados previsíveis e repetitivos, ou seja, um processo de produção estável. Pelo contrário, os empreendimentos da construção civil se desenvolvem em um ambiente de alta incerteza, gerada pela presença da variabilidade. Segundo Hopp e Spearman (1996), a presença da variabilidade pode resultar em longos tempos de ciclo de produção, aumento dos níveis de estoque em processo e redução na capacidade de produção devido à má utilização dos recursos. Estas penalidades decorrentes da variabilidade explicam, de forma direta e indireta, o desempenho descrito anteriormente, de alto nível de desperdício de materiais, baixos níveis de produtividade e dificuldade para cumprir prazos e custos acordados.

González e Alarcón (2009) destacam que, o gerenciamento da variabilidade é um dos maiores desafios para a gestão da produção, tanto na indústria de manufatura, quanto na construção civil.

Uma das ações no sentido de permitir gerenciar de forma mais efetiva o sistema produtivo da construção civil tem sido a busca por referenciais teóricos que permitam representá-lo de maneira mais adequada. Neste sentido, destaca-se o paradigma da *Lean Production*, ou Produção Enxuta, surgido no Japão na década de 1950, que tem como principal expoente o Sistema Toyota de Produção (STP).

No STP, a concepção de processo proposta por Shingo (1996) permitiu que as atividades de inspeção e, principalmente, as atividades de transporte, freqüentes na construção civil, fossem evidenciadas. O desprezo às mesmas, segundo Koskela (1992), constitui-se em uma das causas da variabilidade. Esta concepção de Shingo propiciou, também, o entendimento de que a espera, outra etapa constituinte do processo e abundante na construção civil, seja valorizada sob o ponto de vista gerencial porque, embora não consuma recursos físicos (materiais, mão de obra e equipamentos), é responsável por grande parcela do tempo de entrega do produto ao cliente. Além deste inconveniente, a espera constitui-se em uma evidência da presença da variabilidade ou decorre de uma ação intencionada em proteger o

fluxo de produção dos efeitos da variabilidade e, com isso, acoberta problemas, normalmente de ordem gerencial.

Outra ação voltada a melhorar o desempenho do sistema produtivo na construção civil e, especialmente, com repercussão no combate à variabilidade, tem sido o emprego de ferramentas de gestão mais tradicionalmente utilizadas na manufatura. Entre estas ferramentas, autores como Monden (1997), Spear e Bowen (1999), Liker (2005), Imai (2005) e Liker e Meier (2007) apontam a padronização.

Para Campos (1992), a padronização é uma ferramenta gerencial que permite à organização obter melhorias em qualidade, custo, segurança e cumprimento de prazos. Souza *et al* (1997) complementam que os procedimentos padronizados contribuem para a redução da variabilidade no processo de produção e do produto final, na medida em que resulta em produtos uniformes e em concordância com os requisitos dos clientes. Além dos benefícios relativos à redução da variabilidade, os procedimentos padronizados devem representar um método de execução da tarefa que permita o melhor emprego dos recursos: materiais, mão de obra e equipamentos.

A padronização tem ganhado importância na construção civil porque faz parte dos requisitos para a adesão das empresas ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Este programa foi instituído pelo Governo Federal em 1998 e teve como objetivo estabelecer diretrizes para a implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) visando à qualificação das empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão-de-obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios e avaliação de tecnologias inovadoras. Em síntese, o PBQP-H tem como meta a qualificação de toda a cadeia produtiva do setor da construção civil para estruturação de um novo ambiente em torno de duas questões principais: qualidade do habitat e modernização produtiva, buscando conciliar habitação de qualidade e de baixo custo. (PBQP-H, 2011)

No entanto, apesar do esforço empreendido pelo PBQP-H, e do crescente número de empresas com SGQ implantado, estudos apontam a incidência elevada de patologias nas edificações e dificuldades de cumprimento dos prazos e dos custos

previamente acordados para as obras habitacionais (SAFFARO; SILVA; HIROTA, 2008). Desta forma, há indícios de que a padronização não tem contribuído de maneira efetiva para a estabilização dos processos produtivos na construção civil.

Com o objetivo de entender como vem sendo implementada a padronização dentro dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) das empresas de construção civil e porque esta ferramenta não vem cumprindo seus propósitos, no período de 2007 a 2009, foi conduzido um projeto de pesquisa intitulado *Instrumentos gerenciais para melhoria da qualidade de projeto e produção de EHIS*. Este projeto teve financiamento da FINEP e envolveu várias instituições do país, além da Universidade Estadual de Londrina.

Esta tentativa de entendimento foi respaldada pelos conceitos provenientes da manufatura, em especial do STP. A justificativa para a adoção da padronização no STP como referencial teórico reside nos seguintes aspectos: (a) a já mencionada adequação da concepção de processo preconizada no STP, permitindo a gestão de aspectos associados à estabilidade do sistema produtivo, sendo este o principal propósito da padronização; (b) a literatura referente ao STP descreve os componentes do padrão empregado, assim como, a repercussão da padronização em elementos importantes do STP, tais como, o *Just in Time*, o TQM (*Total Quality Management*) e a autonomia. Este aspecto favoreceu o entendimento do contexto no qual a padronização está inserida na Toyota, permitindo análises quanto à aplicabilidade no setor da construção.

Os resultados do projeto apontaram deficiências nas práticas adotadas pelas empresas analisadas, sendo estas associadas, principalmente, aos conceitos de padronização e padrão preconizados na literatura.

A literatura referente à manufatura menciona que a padronização não está restrita simplesmente à definição de um padrão e seu registro no SGQ. De acordo com o Productivity Press Development Team (2002), a padronização é um processo que compreende o estabelecimento, a comunicação, a adesão e a melhoria de padrões.

Um padrão, por sua vez, é definido como uma especificação que forneça claras expectativas sobre um produto ou sobre o processo de produção (PRODUCTIVITY PRESS

DEVELOPMENT TEAM, 2002). Kondo (1991) acrescenta que um padrão é expresso por meio de três elementos: meta, restrições e método.

Os resultados do projeto, apresentados em Saffaro, Silva e Hirota (2008) indicaram que a padronização na construção civil não está sendo abordada sob a mesma ótica da literatura, uma vez que o procedimento padrão era interpretado como uma forma fixa de se executar uma atividade, dando pouca ênfase à melhoria contínua. Em adição, os elementos do padrão preconizados pela literatura não estavam explicitados nos procedimentos padronizados documentados no SGQ.

Desta forma, constatou-se a oportunidade para aprofundar os estudos relativos à padronização na construção civil, com o propósito de preencher lacunas conceituais e permitir que os padrões sejam empregados como um instrumento para a gestão efetiva da produção.

1.1 Problema de Pesquisa

Como mencionado anteriormente, a padronização não tem contribuído para a estabilidade dos processos produtivos na construção civil. Esta situação é influenciada pela falta de adesão a padrões, seja àqueles advindos do SGQ ou a padrões implícitos praticados pelos operários. Entretanto, os problemas relativos à adesão são precedidos por outra dificuldade, de caráter conceitual, referente à falta de conhecimento a respeito do conteúdo do padrão, ou seja, sobre o teor das especificações contidas no mesmo, que possam conduzir à estabilidade da produção.

O conceito de padrão apresentado por Kondo (1991) será tomado como referência para esta pesquisa, visto que o autor fornece uma diretriz sobre o conteúdo do padrão, ao mencionar seus elementos: meta, restrições e método. Porém, não há esclarecimentos sobre a abrangência das metas, que aspectos podem configurar uma restrição e que elementos devem compor o método.

Para melhor compreensão do conteúdo do padrão, há necessidade de traduzir seus elementos conceituais para o nível operacional da produção. Para tanto, entende-se que, as informações referentes a cada elemento do padrão (meta, restrições e método) devem ser detalhadas, resultando em uma série de especificações, que orientarão a organização do trabalho a ser desempenhado pelos operários.

O conceito de trabalho padronizado do STP corresponde a uma forma particular do STP de abordar o conceito de padrão e efetivá-lo no chão-de-fábrica. Retrata, portanto, as especificações direcionadas aos operários, facilitando a análise de como estas podem ser aplicadas em contextos de produção diferentes.

Com base em Shingo (1996), Ohno (1997), Monden (1997), Productivity Press Development Team (2002), Liker (2005) e Dennis (2008), entende-se que o trabalho padronizado (TP) corresponde a uma especificação detalhada para a rotina de trabalho dos operários em um processo, de forma a produzir com um mínimo de perdas, em prazo adequado à demanda do cliente e mantendo baixo nível de estoque.

Tendo em vista a importância do TP para a obtenção da estabilidade do sistema de produção na Toyota, entende-se que o mesmo representa uma ferramenta potencialmente eficaz para o alcance de uma capacidade sistemática de produção também na construção civil, a partir de adaptações conceituais pertinentes.

As adaptações são necessárias em função das particularidades de cada sistema de produção. No TP, o método, enquanto elemento do padrão, é representado pela definição de uma rotina de operações detalhada, com foco no operário, ou seja, na forma como o mesmo deve proceder para cumprir suas tarefas no tempo requerido. No entanto, na construção civil, em que os tempos de ciclo são longos, há dúvidas quanto à pertinência de rotinas detalhadas. Além disso, o estabelecimento do TP é direcionado ao cumprimento de um prazo atrelado à demanda. Porém, há dúvidas sobre como o método poderia ser definido visando ao atendimento de metas relacionadas a diferentes vertentes, como qualidade ou custos.

O esclarecimento das referidas adaptações conduz à formulação de especificações que representem os componentes, meta, restrições e método, traduzidos para o nível operacional da produção na construção.

A partir do exposto, foi formulada a seguinte questão de pesquisa:

Quais são as particularidades da construção civil que influenciam o conteúdo do trabalho padronizado?

Como desdobramento da questão principal, pretende-se também responder:

- a) Quais são os elementos conceituais e as especificações que compõem o trabalho padronizado na construção?
- b) Como estes elementos se relacionam para orientar a produção?

A resposta para estas questões permitirá esclarecer se, os elementos do TP relatados na literatura do STP são evidentes, também, no contexto da construção. Posteriormente, será investigado se as especificações relativas a cada elemento componente do TP apresentam alguma diferenciação em função das peculiaridades da construção.

1.2 Objetivo

O objetivo da pesquisa consiste em identificar quais são as particularidades da construção civil que influenciam o conteúdo do trabalho padronizado.

Como objetivos específicos pretende-se:

- Identificar quais são os elementos e as especificações contidas no TP para o contexto da construção civil;
- Explicar as relações entre os elementos que constituem o TP na construção civil.

1.3 Delimitações

Como mencionado anteriormente, as distorções entre conceitos relativos à padronização nos ambientes de manufatura e da construção civil acontecem sob vários aspectos. Contudo, o foco deste trabalho é explorar apenas a primeira etapa do processo de padronização, ou seja, a definição do padrão.

Os aspectos relacionados ao modo como o padrão deve ser comunicado aos operários, fatores que influenciam a adesão e ocorrência de melhorias apresentaram deficiências nas pesquisas realizadas no projeto de pesquisa mencionado anteriormente, no entanto, não serão abordados neste trabalho. Mesmo com relação à definição do padrão, há aspectos que não serão discutidos, como a importância da participação dos operários nesta etapa.

Destaca-se, também, que, esta pesquisa foi desenvolvida na etapa de produção de estruturas, que tem o trabalho em equipe como aspecto característico. Sendo assim, os resultados alcançados estão sujeitos a trabalhos executados em equipe.

1.4 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro apresenta o contexto da pesquisa, o problema que motivou seu desenvolvimento e os objetivos a serem atingidos.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre a gestão da produção, de forma evolutiva, desde os princípios da administração científica até a consolidação do sistema Toyota de Produção, procurando evidenciar como estes paradigmas influenciaram o setor da construção.

O capítulo 3 trata da padronização e suas implicações na gestão da produção. São abordados os conceitos de padrão e trabalho padronizado, bem como seus elementos constituintes no contexto da manufatura.

No capítulo 4 apresenta-se o método de pesquisa, descrevendo a estratégia adotada e as ferramentas utilizadas para a coleta de dados.

O capítulo 5 relata o desenvolvimento do estudo de caso, bem como a discussão dos resultados.

No capítulo 6 encontram-se as conclusões da pesquisa e as sugestões para estudos futuros.

2. GESTÃO DA PRODUÇÃO

Este capítulo tem como propósito apresentar um breve histórico sobre a evolução da gestão da produção, desde a concepção da administração científica até a Produção Enxuta. Este referencial teórico contribui para a compreensão de como o Sistema Toyota de Produção (STP) foi influenciado pelas idéias da administração científica. Além disso, procura-se esclarecer como o processo produtivo era entendido, sob a ótica do modelo de conversão e, posteriormente, sob o mecanismo da função produção, proposto no contexto do STP.

A evolução dos modelos de gestão também permitirá esclarecer, no próximo capítulo, como a padronização foi empregada ao longo do tempo, até a conformação do trabalho padronizado, referencial importante para esta pesquisa.

2.1 A evolução da gestão da produção

2.1.1 Administração científica e produção em massa

A indústria de manufatura americana, no início do século XX, foi marcada pela crescente demanda do mercado consumidor. Em função desta demanda, as indústrias dedicadas a grandes volumes de produtos destacavam-se no mercado e requeriam soluções para o aumento da eficiência do processo produtivo. O propósito era a redução dos custos unitários de produção, tornando os produtos acessíveis à maior parte da população, por meio da produção de maior quantidade de produtos com menos recursos (CORRÊA E CORRÊA, 2007).

Corrêa e Corrêa (2007) complementam que foi diante deste cenário que se desenvolveram os princípios da administração científica, fruto dos estudos de Frederick Taylor (estudos de tempos), e, posteriormente, do casal Gilbreth (estudos dos movimentos). Estes estudos estiveram voltados ao aumento requerido de produtividade da mão de obra, e

preconizavam: (a) divisão das tarefas em partes elementares, com baixo grau de dificuldade na execução; (b) seleção do melhor operário para cada tarefa; e (c) hierarquização das funções de planejamento, execução e controle das tarefas, ficando cada um destes aspectos, designados a pessoas ou departamentos específicos.

Barnes (1977) menciona que Taylor buscava sistematizar os estudos sobre a eficiência nos processos industriais e definir a maneira correta de executar cada tarefa, treinando os operários a realizá-las desta forma e mantendo constantes as condições do ambiente. Hopp e Spearman (1996) complementam que, ao desenvolver os estudos sobre como as tarefas deveriam ser executadas, Taylor intencionava eliminar o esforço excessivo ou movimentos desnecessários dos operários.

Os estudos voltados a descobrir métodos melhores e mais simples de se executar as tarefas foram complementados pelo casal Gilbreth que se dedicaram a estudos sobre a monotonia no trabalho, fadiga dos operários e inserção de melhorias nos processos (BARNES, 1977), visando à utilização racional dos recursos envolvidos na produção (CHIAVENATO, 2000).

A associação dos trabalhos de Taylor e Gilbreth deu origem ao paradigma da administração científica, também referenciado pelo termo *estudo de tempos e movimentos* (MAXIMIANO, 2000). Barnes (1977) sintetiza os propósitos da administração científica, como segue:

- (a) Desenvolver o método preferido, ou seja, a maneira considerada ideal para se executar uma tarefa, o que, neste contexto, estava bastante associado à redução dos custos unitários de cada atividade específica, sem considerar a interdependência entre as mesmas;
- (b) Padronizar este método;
- (c) Determinar o tempo padrão associado a este método (o tempo gasto por uma pessoa devidamente treinada, trabalhando em ritmo normal, para executar a tarefa segundo o método definido);
- (d) Treinar o operário no método definido.

Chiavenato (2000) ressalta que, ao desenvolver o método preferido para cada tarefa, Taylor acreditava que obteria melhorias em todo o sistema de produção. Para Koskela (1992), este entendimento de Taylor sobre o desencadeamento de melhorias reflete a concepção do processo produtivo como um conjunto de atividades de conversão (modelo de conversão), em que o processo resulta da soma de diversas operações que promovem uma mudança de estado do produto. Esta interpretação conduz ao entendimento de que processo e operação pertencem a um mesmo eixo de análise, e que a melhoria de cada operação, de forma isolada, pode levar à melhoria de todo o processo (KOSKELA, 1992).

De acordo com Maximiano (2000), os estudos de Taylor e Gilbreth tiveram forte influência na gestão industrial da época, inclusive no desencadeamento da produção em massa.

As características principais da produção em massa foram a fabricação de produtos não diferenciados e em grande quantidade, a adoção de peças padronizadas e intercambiáveis e a especialização do trabalhador (MAXIMIANO, 2000). A especialização do trabalhador refere-se ao fato de que o mesmo se tornava perito na tarefa sob sua responsabilidade, pois a executava repetidamente. Estas tarefas eram bastante simples e requeriam um nível elementar de habilidade (CHIAVENATO, 2000).

Como destaque da produção em massa, cita-se a configuração de linha de montagem móvel, concebida por Henry Ford, na qual o produto em processo desloca-se ao longo de um percurso enquanto os operadores permanecem fixos no posto de trabalho. Chiavenato (2000) menciona que esta configuração de linha teve origem na preocupação em simplificar a produção, na medida em que a progressão do produto através do processo deveria ser planejada e sem interrupções. Além disso, a permanência do operário em seu posto fixo eliminava deslocamentos desnecessários dos mesmos em busca de insumos.

Para Hopp e Spearman (1996), a linha de montagem de Ford traduz o princípio de fluxo contínuo de materiais com o objetivo de obter velocidade na produção, uma vez que ele entendia que a produção veloz e a manutenção de baixos níveis de estoque resultariam na possibilidade de atender a demanda a um baixo custo.

No entanto, com base em Hopp e Spearman (1996) e Shingo (1996), entende-se que, embora Ford compreendesse os benefícios do fluxo contínuo, a ênfase na redução de custos unitários conduzia à produção em grandes lotes. Sendo assim, na prática, a manutenção do fluxo contínuo era dificultada.

Hopp e Spearman (1996) ressaltam, também, que, devido à rápida comercialização dos veículos em função da demanda de mercado elevada, a produção em grandes lotes, de fato, não resultava em altos níveis de estoque de produtos em processo, levando a uma interpretação de que o fluxo de produção e a demanda estavam equilibrados.

A partir de 1930, as dificuldades internas na fábrica somaram-se à recessão do mercado industrial americano, em decorrência da quebra da bolsa de valores. A queda na demanda do mercado e a intensificação da concorrência com as indústrias internacionais evidenciaram que a estratégia competitiva com ênfase na redução de custos unitários não seria suficiente, uma vez que os consumidores passaram a valorizar de forma mais intensa os aspectos de qualidade do produto e a diversidade dos mesmos (CORRÊA E CORRÊA, 2007).

A demanda por diversidade de produtos aumentou a complexidade de gestão da linha de produção e revelou as deficiências do modelo de produção em massa, marcando o início do declínio deste sistema. As estruturas organizacionais especializadas eram lentas demais para responder a mudanças de qualquer ordem (MAXIMIANO, 2000).

2.1.2 O Sistema Toyota de Produção (STP)

Segundo Liker (2005), no período pós Segunda Guerra Mundial, o Japão enfrentava uma forte recessão econômica, a maioria das fábricas havia sido destruída e a cadeia de fornecedores estava comprometida. O mercado consumidor fragmentado demandava pequenos volumes de modelos diferentes de automóveis.

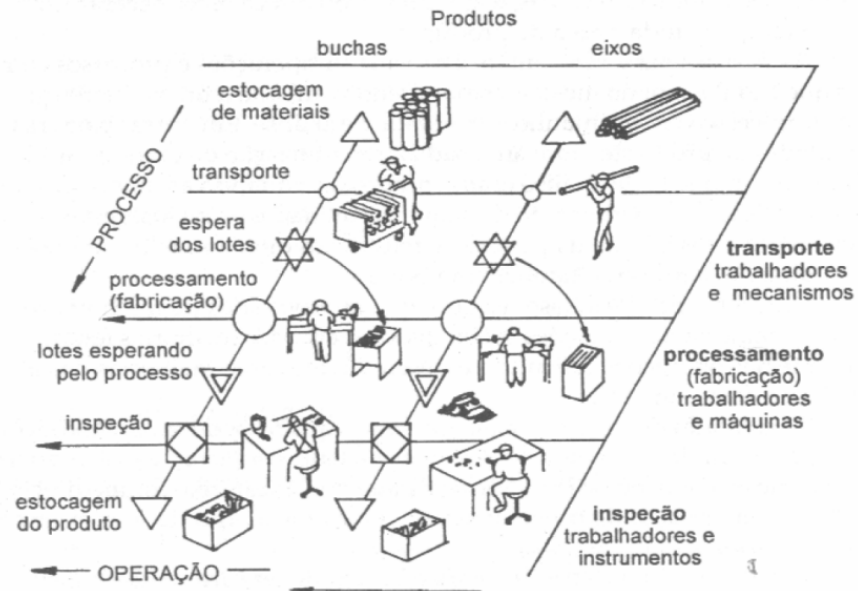
Taiichi Ohno, incumbido da tarefa de estudar a produtividade alcançada pela Ford e promover melhorias no sistema de produção da Toyota, procurou extrair os conceitos fundamentais da produção em massa e adaptá-los à realidade japonesa, de forma a obter

produtos de alta qualidade, com baixo custo e com prazo reduzido. Ohno reconheceu alguns pontos positivos que o sistema de produção da Ford apresentava, como por exemplo, a idéia de fluxo contínuo, e procurou agregar a capacidade de atender com flexibilidade a demanda dos clientes, mantendo a eficiência da produção (OHNO, 1997).

Ohno (1997) menciona que, para o cenário de mercado da Toyota, era necessário reduzir o tamanho dos lotes de produção para que os produtos fluíssem continuamente ao longo do processo com um tempo mínimo de espera entre as etapas. Esta afirmação evidencia que a ocorrência de espera dos produtos ao longo do processo (estoque) passou a ser evidenciada e entendida como prejudicial ao sistema de produção.

A repercussão negativa refere-se à influência que a ocorrência de espera tem sobre o tempo de atravessamento (HOPP e SPEARMAN, 1996), entendido como o tempo que uma peça leva para percorrer todo o percurso do processo (ROTHER e SHOOK, 1999). Sendo assim, a consideração do tempo como um dos recursos para a produção representa uma evolução quanto ao entendimento do processo produtivo, que passa a ser representado pelo Mecanismo da Função Produção (MFP) proposto por Shingo (1996).

Segundo o MFP, a produção é uma rede de processos e operações, conforme a Figura 1. O eixo vertical da figura representa o processo, como um fluxo de materiais no tempo e no espaço, transformando a matéria-prima em produto semi-acabado e, posteriormente, em produto final. O eixo horizontal representa as operações, que consistem em uma atuação da mão de obra ou de equipamentos, que provocam uma mudança de estado no material. Assim, um processo não é simplesmente uma soma de operações (SHINGO, 1996).

Figura 1: Mecanismo da função produção

Fonte: Shingo, 1996

Shingo (1996) descreve, ainda, que, o processo é formado por quatro elementos, sendo eles:

- Processamento: alterações na forma e composição do material;
- Inspeção: comparação com um padrão;
- Transporte: movimentações dos materiais ou produtos;
- Espera: período de tempo em que não ocorre processamento, inspeção ou transporte.

Koskela (2000) utiliza o termo transformação para se referir às operações de processamento, destacando que somente estas operações agregam valor ao produto, uma vez que quando o material é transportado, inspecionado ou permanece em estado de espera, não há evolução do produto sob a ótica do cliente.

A partir do MFP, a eficiência da produção passa a ser atribuída à interação de todos os elementos que compõem o processo. Sendo assim, Koskela (2000) menciona que as ações voltadas à melhoria da produção devem ser focadas no processo e, somente em segunda

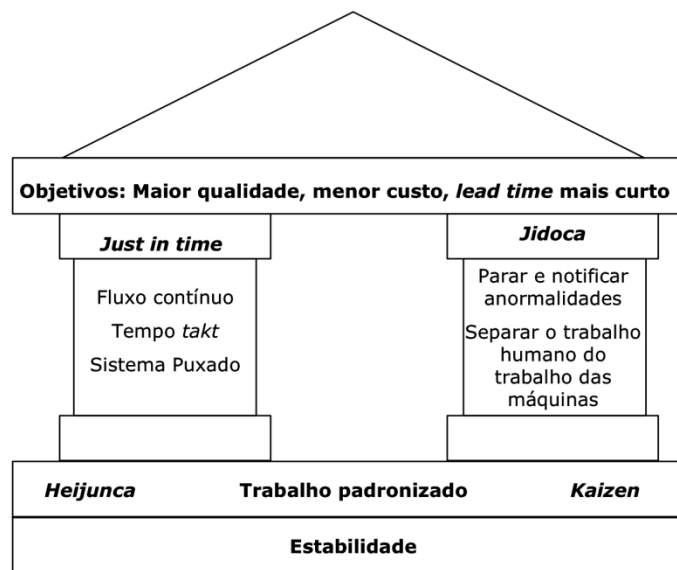
análise, nas operações. Esta afirmação decorre da percepção de que a melhoria de cada operação, de forma isolada, pode não repercutir de forma positiva para o processo como um todo, especialmente devido a existência de espera entre as etapas do mesmo.

O entendimento do processo baseado no MFP permitiu, ainda, uma análise aprofundada do processo de produção e a identificação de tipos variados de perdas, tais como: processamento desnecessário, ocorrência de espera, transporte desnecessário ou pouco eficiente, superprodução, movimentos desnecessários, estoque e ocorrência de defeitos nos produtos (OHNO, 1997). O combate às perdas, como foco principal da produção no STP, é referenciado por diversos autores, tais como, Shingo (1996), Ohno (1997), Monden (1998) e Liker (2005).

Ohno (1997) relata que a redução das perdas mencionadas era condição necessária para a capacidade de atender a demanda com flexibilidade, ou seja, produzir em pequenos lotes. Like e Meier (2007) acrescentam que a maneira para efetivar o combate às perdas é o estabelecimento do fluxo contínuo de produção e a produção *Just-in-Time (JIT)*, referenciada por Ohno (1997) como um dos pilares de sustentação do STP.

Outros autores, como Koskela (2000), o LIB (2003) e Dennis (2008) também ressaltam a importância do *JIT* para o STP e apresentam discussões sobre os diversos fundamentos que regem a produção neste contexto. Para tanto, adotam uma representação denominada diagrama casa do STP (Figura 2) em que o *Just in Time* e a automação (*jidoka*) destacam-se como pilares para atingir os objetivos de qualidade, custo e prazo.

Figura 2 - A casa do STP



Fonte: LIB, 2003

Em essência, o *JIT* compreende a criação de um fluxo contínuo de produção em que a produção é puxada a partir da demanda do cliente, sendo esta, numericamente representada pelo *takt-time*. Nenhum produto deve ser produzido sem que tenha sido solicitado pelo cliente (LIKER, 2005).

Para Rother e Shook (1999), o fluxo contínuo compreende a produção de uma peça de cada vez ou de pequenos lotes, sendo que as peças são transferidas de um processo a outro sem interrupções e somente na quantidade requerida pelo processo seguinte. Entende-se que a ausência de interrupções mencionada, refere-se ao fluxo de produtos em processamento, ou seja, cada peça percorre a linha de produção sem ficar em situação de espera pela formação de estoques entre os processos. Esta conceituação reforça que a espera é fortemente combatida no STP, uma vez que sua ocorrência evidencia a presença de variabilidade no processo.

Womack e Jones (2004) ressaltam que, é necessário que o fluxo esteja atrelado à demanda. Caso contrário, apenas representará o movimento do material ao longo do processo. A conexão de fluxo e demanda se dá por meio do sistema puxado de produção, em

que se estabelece uma relação de cliente e fornecedor entre os diversos processos que compõem a linha de produção.

Para que a produção *JIT* seja sustentada, há necessidade de combater as perdas por ocorrência de defeitos que provocam paradas constantes na linha, tornando o fluxo e o sistema puxado impraticáveis. Sistemas *kanban* entram em colapso quando peças defeituosas passam para o processo seguinte. Os custos aumentam e ocorrem desvios em relação ao *takt-time* (DENNIS, 2008).

Guinato (1996) cita que esta capacidade de impedir a geração e propagação de defeitos e de combater as anormalidades no fluxo de produção pode ser atribuída à autonomia. Por esta estreita relação com a sustentação do *JIT*, a autonomia é citada como o segundo pilar do STP.

Para Shingo (1996), a autonomia representa uma evolução na relação entre trabalhador e máquina. Inicialmente, as máquinas substituíram o trabalho humano de processamento do material, mas havia necessidade de que os trabalhadores permanecessem próximos à máquina, para supervisionar o trabalho, identificar anormalidades e corrigi-las.

Posteriormente, as máquinas foram equipadas com dispositivos de parada automática, de forma que, quando o processamento do material fosse concluído, a máquina interrompia automaticamente seu funcionamento. Isto permitiu que um único operário pudesse ser responsável por abastecer e remover os produtos de várias máquinas. Mais tarde, foram acoplados mecanismos para detecção automática de anormalidades, facilitando a supervisão por parte do operário e evitando a produção continuada de produtos com defeitos (SHINGO, 1996).

Ohno (1997) ressalta que, uma vez que a máquina identifica uma anormalidade e paralisa o processamento, o operário atua na identificação da causa fundamental do problema, de forma a evitar sua recorrência e, conseqüentemente, reduzir as paradas da linha de produção. Para tanto, Guinato (1996) menciona a importância de desenvolver trabalhadores com múltiplas habilidades e treinados em solucionar problemas, aptos a

proporcionar uma resposta rápida às paralisações, favorecendo a manutenção do fluxo contínuo.

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

2.2 A Influência dos Modelos de Gestão na Construção Civil

As atividades do setor da construção civil vêm se desenvolvendo com base no modelo de conversão (KOSKELA, 1992). Como exemplo desta prática, pode-se citar a elaboração de orçamentos, nos quais o processo de produção da edificação é desmembrado em sub-processos que transformam insumos em produtos intermediários. Os sub-processos (estrutura, alvenaria, instalações, etc.) são analisados isoladamente, em termos de custos, e, posteriormente, somados para compor o orçamento de toda a obra.

Alves (2000) acrescenta que a mesma mentalidade rege a execução da obra, uma vez que, cada equipe preocupa-se com seu trabalho específico e as interferências existentes entre as mesmas não são devidamente consideradas.

As práticas de gestão mencionadas por Koskela (1992) e Alves (2000), somadas à complexidade do processo produtivo na construção, contribuem para a permanência das dificuldades enfrentadas pelas empresas do setor relacionadas à falta de estabilidade na produção e falta de aderência a prazos e custos.

Estas dificuldades refletem as falhas inerentes à gestão baseada no modelo de conversão, em que apenas as operações de processamento são geridas com maior ênfase, enquanto as operações de transporte e inspeção (que consomem tempo e não agregam valor ao produto), não são explicitamente consideradas. Ao serem negligenciadas, estas operações

tendem a aumentar, inculcando variabilidade no processo produtivo (KOSKELA, 1992; HOPP e SPEARMAN, 1996).

Isatto e Formoso (1998) afirmam que no contexto industrial contemporâneo, em que produtos e processos de produção tornaram-se mais complexos e diversificados, o modelo de conversão tende à obsolescência. O novo entendimento da produção, referente ao contexto do STP, passou a influenciar diversos outros setores industriais, inclusive o da construção civil.

Mais especificamente, os estudos voltados à adaptação dos conceitos da Produção Enxuta tiveram impulso com a publicação de Koskela (1992), denominada *Application of the new production philosophy in the construction industry* (KOSKELA, 1992). A partir de então, iniciou-se um esforço por disseminar este novo paradigma à construção civil que passou a ser chamado de *Lean Construction* e ganhou impulso com a formação do *International Group for Lean Construction*, reunindo pesquisadores de diversos países empenhados em evoluir na compreensão desta nova filosofia de produção.

Dentre os estudos relativos à Lean Construction, o tema padronização ainda oferece inúmeras possibilidades de exploração. O trabalho padronizado exerce um papel fundamental para a gestão da produção no STP, porém, estudos que relatem sua transferência para o contexto da construção ainda são incipientes. No próximo capítulo será discutido como o TP contribui para a estabilidade da produção na Toyota e para a redução dos estoques ao longo do processo, combatendo as situações de espera, cujas repercussões negativas foram destacadas neste capítulo.

3. PADRONIZAÇÃO

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a padronização, iniciando pela concepção da produção em massa e destacando suas influências para a abordagem de padronização que, posteriormente, se consolidou no Sistema Toyota de Produção. Uma vez que o STP foi tomado como referencial teórico desta pesquisa, procurou-se esclarecer a abrangência e contribuições da padronização neste contexto.

Na sequência, são apresentados os conceitos de padrão na indústria de manufatura, seus elementos constituintes e a maneira como estes padrões se disseminam pelos níveis organizacionais da empresa. Ao final, apresenta-se o conceito de trabalho padronizado, correspondente à abordagem particular do STP em relação ao padrão e, procura-se demonstrar como os elementos do TP cumprem a função de estabilizar o processo de produção.

3.1 A Evolução da Padronização: de Taylor ao STP

3.1.1 A Padronização no Sistema de Produção em Massa

Para Hopp e Spearman (1996), na administração científica, a definição do padrão refletia a busca pela melhor forma de executar cada tarefa, eliminando movimentos lentos ou desnecessários e preconizava a utilização de mão de obra pouco qualificada, a qual competia simplesmente o cumprimento daquilo que estava prescrito. Chiavenato (2000) reforça que os operários eram considerados um instrumento passivo, não exercendo qualquer tipo de influência na especificação das tarefas.

Com a concepção da linha de montagem, a padronização foi direcionada para as características do produto e para as peças e componentes utilizados na fabricação. A adoção de peças padronizadas e intercambiáveis está relacionada à simplificação das mesmas e à utilização de máquinas especializadas (MAXIMIANO, 2000). Chiavenato (2000)

acrescenta que o produto era padronizado em termos de seu material componente, mão de obra designada, maquinário necessário e projeto, sendo estas especificações definidas com o objetivo de menor custo possível. Este autor relata que havia uma condição precedente para que esta concepção de padronização fosse válida: a capacidade de consumo em massa, ou seja, alta demanda de mercado.

Com relação à padronização do trabalho desenvolvido pela mão de obra, Maximiano (2000) relata que, originalmente, a Ford operava de maneira artesanal e que os operários, além de efetuar as montagens do produto, eram também responsáveis pelo abastecimento do posto de trabalho com as peças necessárias. Esta situação resultava em constantes deslocamentos dos operários para atividades de transporte e, conseqüentemente, aumentava o tempo para conclusão das tarefas. Com a configuração de linha móvel, o operário passou a ser responsável por uma tarefa específica e a ocupar uma posição fixa dentro de uma seqüência de tarefas.

Slack, Chambers e Johnston (2007) descrevem que a divisão de tarefas e a especialização do operário apresentavam algumas vantagens, tais como, a facilidade de aprendizagem dos operários, já que eram treinados para tarefas pequenas e simples, e a facilidade de substituir estas tarefas simples por equipamentos, ou seja, automatizar a linha de produção.

No entanto, este tipo de configuração para a produção teve, também, repercussões negativas, como a baixa motivação do operário com relação às tarefas sob sua responsabilidade. A insatisfação dos trabalhadores culminou em alto índice de absenteísmo, greves e conflitos sindicais (CORRÊA e CORRÊA, 2007). Chiavenato (2000) explica que um dos pontos de conflito consistia no fato de que os operários não conseguiam trabalhar dentro do tempo padrão associado às tarefas, levando à interpretação de que os padrões haviam sido fixados segundo um desempenho superestimado. Diante desta situação, Liker e Meier (2007) relatam que os operários entendiam os padrões como uma medida do esforço que deveriam exercer para concluir as tarefas.

Liker e Meier (2007) relatam outro ponto considerado deficiente na abordagem de padronização da produção em massa. Este ponto refere-se ao entendimento do padrão

como uma forma fixa de trabalhar, que representa o máximo nível de desempenho. Deste modo, não havia estímulo para melhorias, além de pouca comunicação entre gerência e operários. Para Kondo (1991), o subemprego da capacidade criativa dos operários foi o mais grave obstáculo para a padronização no contexto da produção em massa.

3.1.2 A Padronização no Sistema Toyota de Produção

O Productivity Press Development Team (2002) define a padronização como um processo que envolve o estabelecimento, a comunicação, a adesão e a melhoria de padrões. Um padrão, por sua vez, é uma especificação que fornece claras expectativas sobre um produto ou sobre um processo.

Esta conceituação demonstra um entendimento diferente do padrão em relação à produção em massa. O padrão passa a ser entendido como um instrumento para instituir a melhor maneira de se realizar uma tarefa, porém, não representa uma forma fixa de trabalhar, mas sim uma base sobre a qual serão identificadas as oportunidades para constantes melhorias.

A importância dos padrões para o STP é evidenciada no diagrama Casa do STP (Figura 2), apresentado no capítulo anterior, onde a padronização aparece na base do sistema, sustentando os fundamentos da produção *JIT* e da autonomia. O padrão no STP é expresso pelo conceito de trabalho padronizado (TP), entendido como a especificação de uma rotina de trabalho para os operários, que permita produzir em prazo adequado à demanda do cliente e com baixo nível de estoque (MONDEN, 1997; LIB, 2003).

Para Ohno (1997), o TP apóia a produção *JIT*, na medida em que proporciona uma capacidade sistemática de produção, isto é, uma estabilidade ao processo, de tal forma que seja cumprido regularmente um tempo de ciclo adequado à demanda do cliente (*takt-time*).

Neste ponto, fica evidente uma divergência em relação aos padrões adotados na produção em massa. Naquele contexto, o método padronizado também estava associado a um tempo específico, ou tempo-padrão. Contudo, enquanto o tempo-padrão estava centrado na

máxima produtividade para a tarefa de forma isolada, o TP está associado ao tempo em que os produtos são requeridos pelo cliente.

A execução das tarefas dentro de um tempo determinado (aderência ao *takt-time*), é um objetivo do STP, alcançado segundo um entendimento mais adequado do processo, a partir do MFP. Sendo assim, todos os postos de trabalho são submetidos ao tempo *takt*, considerando as interfaces entre os mesmos, para que as diferenças de velocidade sejam devidamente tratadas. Para permitir a sincronização entre os postos, há o estabelecimento intencional de estoque entre os mesmos, porém de forma controlada (LIKER E MEIER, 2007). O emprego de um estoque controlado representa uma maneira de manter a ocorrência de espera sob controle, utilizando-a conscientemente, a favor da estabilidade do fluxo de produção.

Com relação à obtenção de estabilidade no processo, colocada como propósito do TP (OHNO, 1997), significa dizer que, com a adesão ao TP, obtem-se resultados repetidos ao longo do tempo, ou seja, a produção de uma mesma quantidade de produto, utilizando a mesma quantidade de recursos, atingindo a qualidade requerida.

Em síntese, para que um processo seja considerado estável, há necessidade de: (a) mão de obra treinada para executar a tarefa; (b) conhecimento da capacidade teórica e da capacidade demonstrada de produção das máquinas, de forma a atuar corretivamente quando estas não atendem à demanda; (c) dimensionamento adequado de estoques de materiais em função de diferenças entre tempos de abastecimento e ritmos de demanda; (d) existência de método de trabalho padronizado (SMALLEY, 2007).

Estas quatro condições refletem a disponibilidade dos recursos materiais, máquinas, mão de obra e métodos, aos quais Smalley (2007) se refere como 4 M's. O referido autor complementa que, quando estes recursos estão sistematicamente disponíveis, de forma suficiente e em condições adequadas, caracteriza-se uma situação de estabilidade básica.

Segundo Liker e Meier (2007), o trabalho padronizado colabora para a obtenção da estabilidade, na medida em que representa a base sobre a qual os operários e

supervisores são treinados, levando-os a obter profundo conhecimento do trabalho. Este conhecimento lhes proporciona atuar nas ações de identificação e combate a perdas, respondendo com eficácia às anormalidades da linha de produção e reduzindo os obstáculos para a consolidação da produção *JIT*.

A capacitação dos operários para a identificação e correção das anormalidades é, também, o aspecto que sustenta o segundo pilar do STP, a autonomia, possibilitando o rápido restabelecimento do fluxo de produção quando algum problema tiver paralisado a linha (LIKER E MEIER, 2007).

Imai (2005) acrescenta que, por meio da correção das anormalidades percebidas, o TP vai sendo constantemente revisado e melhorado e, por isso, é referenciado como base para a melhoria contínua. Segundo o autor, o TP, uma vez definido e documentado, torna-se a representação da melhor maneira com que o trabalho pode ser realizado. A ocorrência de desvios em relação à condição ideal (padrão) ressalta problemas e permite identificar perdas e efetuar melhorias. No entanto, para que seja consolidada, a melhoria precisa ser também padronizada, por meio da atualização do TP. Neste sentido, Dennis (2008) complementa que a existência de padrões no STP é importante, justamente, por tornar as anormalidades visíveis e impulsionar a tomada de ações corretivas, eliminando o problema em sua causa raiz.

Imai (2005) complementa que a forte associação dos padrões com a melhoria contínua faz com que a monotonia em executar tarefas repetidamente da mesma maneira, aspecto negativo da administração científica, seja amenizada, pois os operários são instigados a refletir sobre seu trabalho e propor melhorias, encontrando um equilíbrio entre procedimentos rígidos e a possibilidade de atuar criativamente.

O estímulo à participação dos operários no aprimoramento do padrão é outra diferença com relação à padronização no contexto da produção em massa. No STP, o trabalhador é reconhecido como um recurso valioso da organização, capaz de analisar e resolver problemas. Obtendo um conhecimento aprofundado das tarefas e do processo, os operários dispõem de autonomia para paralisar a linha de produção quando anormalidades são identificadas (LIKER E MEIER, 2007). Assim, a padronização na Toyota não está associada

a regras impostas e coercivas, mas ao empenho em fazer um bom trabalho, utilizando-se dos padrões como apoio para a aprendizagem e melhoria de desempenho (LIKER, 2005).

Em síntese, os padrões no STP cumprem a função de expor as dificuldades do sistema de produção para que os problemas sejam resolvidos e padrões melhores sejam instituídos. Estes ciclos de aprimoramento implicam conhecimento aprofundado do trabalho e resultam em desenvolvimento dos trabalhadores e consolidação da estabilidade do sistema produtivo.

Diante da repercussão relatada para a padronização no STP, e tendo em vista a intenção de analisar a transferência deste conceito para o contexto da construção civil, se faz necessária uma compreensão sobre as contribuições gerais da padronização para a gestão da produção que possam ser associadas a qualquer ambiente de produção.

3.2 O Papel da Padronização na Gestão

Além das contribuições da padronização já mencionadas, relacionadas à gestão do processo produtivo, tais como, redução da variabilidade, promoção de melhoria contínua e monitoramento frente ao atingimento das metas, a padronização tem papel importante, também, no âmbito organizacional.

Para Tachizawa e Scaico (1997), a padronização é essencial para a gestão empresarial e contribui para a atribuição de responsabilidades entre as pessoas, garantia de qualidade dos produtos e acúmulo de conhecimento na empresa.

A transferência de conhecimento é citada, também, por Imai (2005), ressaltando que a gestão baseada na padronização permite a transmissão de experiências individuais entre operários e a transmissão de experiências individuais à organização, promovendo um ambiente de aprendizagem constante. Campos (1992) acrescenta que a padronização representa uma forma de transmitir informações sobre os regulamentos internos da empresa e levar ao nível operacional da hierarquia, as informações necessárias ao desempenho de suas funções.

Hino (2006) aborda esta contribuição da padronização de forma mais abrangente, ressaltando que a existência de padrões documentados permite que os conhecimentos sejam transmitidos de geração a geração dentro da empresa, consolidando sua cultura e resultando em enriquecimento do conhecimento acumulado.

Em síntese, entende-se que o desenvolvimento de estudos sobre a padronização, independentemente das ferramentas utilizadas para sua aplicação, deve visar ao alcance dos seguintes propósitos:

- a) Redução da variabilidade;
- b) Melhoria contínua dos processos;
- c) Atribuições claras de responsabilidades;
- d) Possibilidade de exercer controle sobre a produção;
- e) Garantia de qualidade do produto final;
- f) Transferência sistematizada de informações por todos os níveis organizacionais;
- g) Aprendizagem sobre os processos por meio do acúmulo de experiência;

Uma vez compreendidas as implicações da padronização na gestão da produção, fez-se necessária uma investigação na bibliografia a respeito do padrão, tendo em vista que o mesmo representa o instrumento pelo qual a padronização é efetivada.

3.3 O Padrão

Como já mencionado, os padrões são especificações que esclarecem as características que um produto deve possuir ou como o processo de produção deve se desenvolver para atingir estas características (PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 2002).

A definição dos padrões deve ser baseada em análise de fatos e dados, não em costumes ou decisões intuitivas. Como fontes de informações relevantes para os padrões, estão as práticas consensuais adotadas por uma equipe, experiências já vivenciadas e especificações técnicas (PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 2002).

Saffaro, Silva e Hirota (2008) desenvolveram estudos em canteiros de obras e constataram que há uma dificuldade em caracterizar a existência de um padrão vigente, em decorrência de dúvidas quanto ao grau de rigidez ou detalhamento que o mesmo deve possuir.

O grau de detalhamento do padrão é, também, abordado por Berger (1997), que aponta diferentes tipologias de padrões, conforme as características do produto e do processo em questão. Para ambientes que não favorecem uma especificação detalhada da tarefa no nível operacional, a padronização ainda pode ser efetivada por meio do que o autor denomina padrão indireto, que envolve especificações relativas aos *inputs* para a produção (recursos e informações), à qualificação da mão de obra e à maneira como as informações são transmitidas. De outro modo, há situações que permitem a aplicação de padrões diretos, abrangendo especificações detalhadas, tais como, a quantidade e sequência das atividades que compõem o processo, delimitações de tempo para cumprir as atividades e definições relativas a estoque.

Diante da questão levantada quanto ao detalhamento das especificações contidas no padrão, fez-se necessária uma investigação de seu conteúdo. Na literatura consultada, dois autores discutem o conteúdo do padrão: Kondo (1991) e Campos (2004). Para Campos (2004), um padrão deve indicar a meta do trabalho e o método, ou seja, os procedimentos para execução das tarefas de modo que cada operário tenha condições de assumir a responsabilidade pelos resultados de seu trabalho e conduzi-lo em direção à meta.

Por sua vez, Kondo (1991) afirma que o padrão é constituído por três elementos:

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

No entanto, os autores não apresentam esclarecimentos sobre a abrangência das metas, que aspectos configuram uma restrição e que especificações devem compor o método. Como forma de identificar como estes elementos são explicitados e, acima de tudo, reforçar o entendimento sobre o que consiste um padrão, outras fontes da literatura foram consultadas. Foram encontradas diversas categorias de padrões, direcionados a níveis hierárquicos

diferentes da organização, uma vez que, para cada nível organizacional, há informações específicas de interesse, além da devida adequação de linguagem. Estas categorias de padrões serão abordadas no próximo tópico.

3.3.1 Desdobramento de padrões

Para Campos (2004), todo sistema de produção tem como propósito garantir o atendimento das necessidades dos clientes. Este objetivo somente pode ser atingido por meio da prática do controle de qualidade na organização, efetivado a partir dos ciclos de estabelecimento, manutenção e melhoria de padrões.

A abordagem de garantia da qualidade vem evoluindo ao longo do tempo. Primeiramente, o enfoque de qualidade era centrado em detectar não conformidades no produto final por meio de comparação com especificações prévias (inspeções). Um segundo enfoque consistia em exercer o controle sobre o processo produtivo, fazendo com que as especificações fossem cumpridas ao longo de todas as atividades que o compõem. Um terceiro enfoque, mais atual, preconiza que, a qualidade deve ser garantida durante todo o ciclo de produção, incluindo a etapa de concepção do produto (CAMPOS, 2004).

Sobre este último enfoque de garantia de qualidade, Cheng et al (1995) apontam para a necessidade de gerir de forma adequada a transmissão das informações captadas do mercado consumidor por todos os níveis organizacionais da empresa. Com base nas necessidades dos clientes, as empresas determinam suas metas estratégicas que orientarão o desenvolvimento dos produtos. Estas metas são sucessivamente desdobradas e documentadas por meio dos padrões até que resultem em um plano de ação a ser implementado no chão de fábrica.

Cheng et al (1995) e Cheng e Melo Filho (2007) mencionam que estes desdobramentos ocorrem segundo um método denominado *Quality Function Deployment (QFD)*, ou desdobramento da função qualidade, que auxilia a conversão dos requisitos dos clientes em uma linguagem de projeto para produção. Cheng et al (1995) definem o *QFD* como uma forma de comunicar, sistematicamente, as informações relacionadas com a qualidade e de explicitar o trabalho necessário para obter os requisitos almejados.

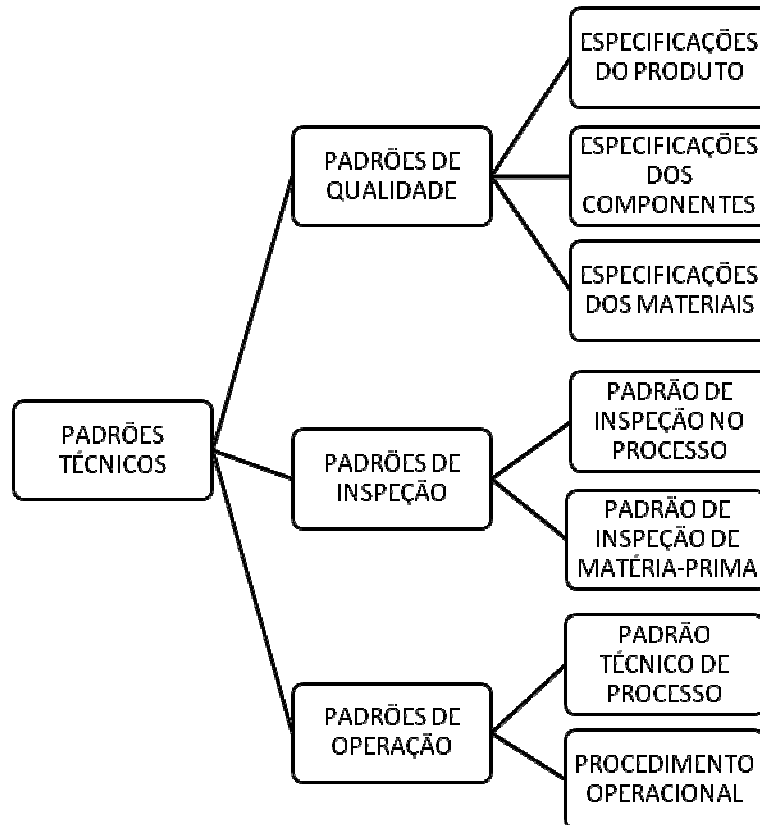
A partir da meta estratégica, são determinadas as características da qualidade para os produtos, definidas por Campos (1992) como os itens que devem ser garantidos por cada processo para que os requisitos dos clientes sejam atendidos. Como exemplo, Cheng et al (1995) mencionam que os consumidores podem apontar para a necessidade de que um produto seja fácil de transportar. Para traduzir esta necessidade em linguagem de projeto, a mesma pode ser representada por três características da qualidade, como peso, forma e dimensão do produto.

Estas características precisam ser mensuráveis e a empresa deve definir os valores meta para cada uma delas, que representarão a qualidade projetada para o produto. Estes valores serão disseminados entre os envolvidos no processo de produção por meio do estabelecimento de diversos tipos de padrões (CAMPOS, 1992).

Para Campos (1992), há duas categorias principais de padrões: padrões de sistema, que são utilizados para processos administrativos ou de serviço (que não serão abordados nesta pesquisa), e padrões técnicos que são utilizados para processos de fabricação de produtos.

Há, ainda, subcategorias para os padrões técnicos, conforme exposto na Figura 3. Esta subdivisão tem como objetivo, a simplificação e a clareza das informações, pelo fato de que estes padrões representam o meio de comunicação da empresa com seus colaboradores. A facilitação da comunicação está baseada na crença de que os operários são os responsáveis pela garantia da qualidade do produto, desde que a administração leve até os mesmos todas as informações necessárias, direcionando suas ações ao fabricar. As subcategorias dos padrões técnicos serão esclarecidas na sequência, segundo a concepção de Campos (1992).

Figura 3 - Classificação de padrões



Fonte: adaptado de Campos (1992)

Os padrões de qualidade referem-se às especificações relativas ao produto, tais como suas dimensões, aparência, funções, desempenho, componentes, entre outras. Estas especificações representam as características da qualidade em uma linguagem compreensível para o operário do chão de fábrica. As especificações de qualidade podem estender-se, também, à matéria-prima e componentes necessários para a produção.

Os padrões de inspeção cumprem a função de evitar que itens não conformes com os padrões de qualidade sejam transferidos para o próximo processo. Cabe ressaltar que as inspeções devem ser efetuadas entre os estágios do processo produtivo e não apenas no produto final.

A categoria de padrões de operação é constituída pelo padrão técnico de processo e pelo procedimento operacional. Estes são os tipos de padrão de maior interesse para esta pesquisa, por tratarem da especificação do processo de produção. Serão descritos com maiores detalhes nos tópicos seguintes.

3.3.1.1 Padrão técnico de processo

O padrão técnico de processo (PTP) refere-se ao conjunto de especificações para todo o processo de fabricação, desde o momento em que a matéria prima começa a ser trabalhada até a conclusão do produto, com informações que possibilitam exercer o controle sobre a produção (CAMPOS, 1992). Este autor complementa que o conteúdo do PTP pode variar de acordo com as necessidades de cada empresa, porém, alguns itens são essenciais, tais como:

- (a) O fluxograma do processo
- (b) As características da qualidade do produto;
- (c) Os itens de controle dos operadores;
- (d) A descrição de como o controle será efetuado (por quem será feito, com que periodicidade, com qual instrumento e como os parâmetros serão registrados).

O fluxograma do processo tem por objetivo identificar todas as atividades que compõem o processo e ordená-las de forma seqüencial, constituindo o desenho do fluxo de produção. Para cada atividade do fluxo, serão descritas as características da qualidade correspondentes. Para que os valores meta das características da qualidade possam ser atingidos, há necessidade de identificar os itens de controle para cada atividade, traduzindo-os em fatores mensuráveis sobre os quais os operadores podem exercer controle (CHENG et al, 1995).

Adicionalmente, no PTP, deve ser especificada a maneira como cada item de controle será verificado, os responsáveis por tal ação, a periodicidade das verificações e os instrumentos para efetuá-las (CAMPOS, 1992).

A figura 4 ilustra um exemplo de PTP. No primeiro quadro da figura, o conteúdo do PTP foi descrito de forma genérica, segundo as diretrizes de Campos (1994). O

segundo quadro foi elaborado a partir de um exemplo fornecido por Cheng e Melo Filho (2007).

Figura 4: Modelo de padrão técnico de processo

PROCESSO	CARACTERÍSTICA DA QUALIDADE	VALOR ASSEGURADO	NÍVEL DE CONTROLE		MÉTODO DE CONTROLE			
			ITEM DE CONTROLE	VALOR ESPECIFICADO	Responsável	Frequência	Como medir	Registro
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Atividade 1</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Atividade 2</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Atividade 3</div>	É uma meta (o que tem que ser garantido pelo processo)	Valor desejado para a característica da qualidade	Como a meta pode ser atingida. É uma variável a ser ajustada pelo operador.	Valor desejado para o item de controle	Orientação sobre como exercer o controle sobre os itens especificados			
EXEMPLO DE PTP								
PROCESSO	CARACTERÍSTICA DA QUALIDADE	VALOR ASSEGURADO	NÍVEL DE CONTROLE		MÉTODO DE CONTROLE			
			ITEM DE CONTROLE	VALOR ESPECIFICADO	Responsável	Frequência	Como medir	Registro
Furação de chapa metálica	Diâmetro do furo	8mm	Diâmetro da ferramenta	8mm	Preparador da máquina	Em toda operação	Paquímetro	Ordem de serviço
			Curso da ferramenta	160mm	Operador	A cada 500 peças	Medidor de curso	Controle de turno

Fonte: Baseado em Campos (1994) e Cheng e Melo Filho (2007)

Entende-se que o PTP incorpora os padrões de qualidade do produto em termos das características da qualidade, e, também, os padrões de inspeção, ou seja, os procedimentos para garantir que estas características sejam atingidas.

Nas especificações contidas no PTP, há um foco no processo, na medida em que todas as atividades são explicitadas e ordenadas na sequência em que ocorrem. Desta forma, é possível compreender o fluxo dos materiais ao longo do processo. No entanto, as definições sobre como controlar cada atividade para garantir que os itens de controle atendam aos valores determinados têm foco na operação, na medida em que especifica como as pessoas devem proceder ao longo do processo.

3.3.1.2 Procedimento operacional

Os PTP's são documentos essencialmente técnicos baseados nos requisitos dos clientes e no conhecimento tecnológico da empresa. No entanto, estas informações precisam

ser direcionadas às pessoas que atuam diretamente no processo de produção com o objetivo de atingir de forma eficiente e segura as características da qualidade. O documento que representa este ponto final do fluxo de informações pela empresa é o procedimento operacional, específico para os operários do chão de fábrica (CAMPOS, 1992).

Segundo Tachizawa e Scaico (1997), o procedimento operacional é um padrão voltado a cada uma das atividades de um processo e tem foco nas tarefas prioritárias, ou seja, as tarefas que tem influência direta na obtenção das características da qualidade do produto e no desempenho do processo. Deste modo, cada PTP dá origem a vários procedimentos operacionais.

Campos (1992) acrescenta que o conteúdo dos procedimentos operacionais deve ser:

- a) Relação dos equipamentos, peças e materiais necessários para realizar a tarefa;
- b) Especificações de qualidade;
- c) Descrição dos procedimentos da tarefa e condições de operação;
- d) Pontos proibidos em cada tarefa;
- e) Itens de controle das características da qualidade;
- f) Anomalias passíveis de ação;
- g) Inspeção diária dos equipamentos de produção.

Com base no Mecanismo da Função Produção, proposto por Shingo (1996), o procedimento operacional, como a própria denominação indica, tem como foco as ações do operador, explicitando o objetivo do trabalho realizado e como o mesmo deve proceder para garantir este resultado.

3.4 Elementos do Padrão

A discussão levantada neste último tópico tem como propósito esclarecer como os padrões são utilizados para disseminar as informações relativas à produção para todos os níveis organizacionais. A descrição das especificações contidas no PTP e no procedimento operacional demonstra informações que foram categorizadas por estarem direcionadas a

diferentes agentes do processo produtivo. No entanto, estas informações devem refletir o conteúdo conceitual do padrão: meta, restrições e método.

Nos tópicos seguintes, cada elemento do padrão será discutido com o intuito de identificar sua origem e relevância para a gestão do processo produtivo.

3.4.1 Meta

Para Campos (1994), gerenciar é atingir metas por meio do estabelecimento, manutenção e melhoria de padrões. Esta abordagem assume que a padronização é um instrumento gerencial para garantir que as pessoas trabalhem em direção a metas.

Kondo (2000) defende que o esclarecimento das metas do trabalho é importante para incitar nos operários um senso de responsabilidade sobre as tarefas desempenhadas, contribuindo para que se sintam motivados a alcançar o objetivo proposto.

O Productivity Press Development Team (2002) também enfatiza que a clareza das metas permite uma melhor avaliação dos planos propostos para resolução de problemas ou das ações direcionadas a melhorias. Paladini (1994) acrescenta que uma das maneiras de identificar a ocorrência de melhoria em um processo é analisar duas situações determinadas, antes e depois das ações direcionadas ao melhoramento. Um procedimento é melhor que outro quando se aproxima mais do objetivo pretendido para o processo. Esta afirmação reforça a importância de que o objetivo, ou meta, esteja claramente estruturado.

Esta análise de proximidade de resultados com as metas indica a necessidade de que as mesmas sejam mensuráveis (PALADINI, 1994). É o que ocorre com as metas direcionadas aos operários do chão de fábrica que devem ser descritas no PTP e no procedimento operacional na forma de parâmetros quantificáveis e com a indicação do valor desejado para o resultado.

Segundo Imai (2005), deve ocorrer um monitoramento contínuo dos processos, verificando se as metas que foram desdobradas para cada nível organizacional estão sendo

atingidas. Se forem constatados desvios negativos, como o não cumprimento de alguma especificação ou ocorrência de produtos defeituosos, suas causas devem ser rigorosamente analisadas para que medidas corretivas sejam tomadas. Quando os resultados são melhores que as metas estabelecidas, ainda assim são considerados como desvios ao padrão, porém de caráter positivo. Neste caso, as causas são investigadas para que possam servir de base para a revisão do padrão, consolidando a melhoria.

Diante desta consideração de Imai (2005), entende-se que as metas operacionais são parâmetros que devem ser alcançados e, sempre que possível, excedidos, impulsionando a melhoria dos padrões. No entanto, estas metas, como já mencionado, resultam de desdobramentos ocorridos a partir de uma meta maior, de caráter estratégico da empresa.

A estratégia competitiva refere-se à maneira como a empresa pretende se posicionar frente ao mercado em que atua ou pretende atuar. A formulação desta estratégia é baseada em critérios competitivos, ou seja, um conjunto de prioridades que devem ser valorizadas para apoiar as decisões estratégicas (BARROS NETO, 1999).

Barros Neto (1999) faz uma compilação destes critérios competitivos citados por diversos autores. Os critérios são: custo, velocidade de entrega, confiabilidade na entrega, flexibilidade de volume produzido ou de produto e, por fim, qualidade.

Tendo como foco os critérios competitivos priorizados, deve ser formulada a estratégia de produção, ou seja, a coordenação de um conjunto de decisões acerca de como os recursos de uma empresa devem ser utilizados para que a produção possa sustentar os objetivos definidos na estratégia competitiva (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006). Cabe ressaltar que poderá haver incompatibilidade entre dois ou mais critérios competitivos, o que caracteriza a existência de *trade-offs*. Barros Neto (1999) explica que um *trade-off* representa um conflito de escolhas e ocorre nas situações em que a valorização de um critério competitivo implica um impacto negativo em outro critério.

Uma vez que os critérios competitivos foram determinados e os *trade-offs* considerados, o processo de produção deve ser estruturado ao nível do chão de fábrica para dar suporte aos critérios priorizados (BARROS NETO, 1999). O QFD é o instrumento para este desdobramento de metas até o estabelecimento dos procedimentos operacionais. Para Campos (1992), a adesão aos procedimentos representa uma das maneiras para o alcance das metas operacionais que, por sua vez, estão em concordância com a estratégia competitiva da empresa.

3.4.2 Restrições

Kondo (1991) afirma que as restrições são elementos do padrão que limitam a maneira como as tarefas podem ser executadas. Este autor complementa que as restrições devem ser respeitadas ao executar o trabalho e que as mais importantes são aquelas que garantem a segurança dos operários e preservam a qualidade do produto.

No entanto, Kondo (1991) não apresenta descrições complementares acerca do conceito de restrições. Assim, buscou-se apoio em literatura relacionada aos temas de planejamento e gestão da produção com o intuito de obter novos componentes que auxiliem no entendimento deste elemento do padrão.

Na literatura referente ao planejamento e controle da produção, encontra-se a definição de Ritzman e Krajewski (2004). Segundo estes autores, uma restrição é qualquer fator que limite o desempenho de um sistema, podendo ser classificada em três categorias:

- a) Restrições físicas, como capacidade da mão-de-obra, escassez de espaço ou de materiais;
- b) Restrições comerciais, como queda na demanda de mercado;
- c) Restrições administrativas, como políticas internas da empresa que tenham repercussão no fluxo de produção.

De forma semelhante, Sipper e Bulfin¹ (1997) apud Fernandes e Godinho Filho (2010) afirmam que o *output* de um sistema de produção é definido por suas restrições, sendo estas entendidas como qualquer elemento ou fator que impeça que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho em relação à sua meta. Os referidos autores apontam três categorias para as restrições, semelhantes às aquelas citadas por Ritzman e Krajewski (2004): (a) restrições internas, referentes à capacidade de produção dos processos; (b) restrições de mercado, quando a demanda limita o ritmo de produção e; (c) restrição de política, quando decisões administrativas condicionam a produção, como, por exemplo, não admitir subcontratações.

A restrição relacionada à capacidade de produção, chamada de gargalo, foi difundida por Goldratt e Cox (2002) ao desenvolverem a teoria das restrições (TOC). Para estes autores, gargalo é o recurso ou processo mais lento do sistema de produção e sendo assim, a capacidade da linha permanecerá condicionada à velocidade de produção deste recurso. O gerenciamento da produção baseado na TOC tem como princípio utilizar mecanismos para igualar a capacidade dos gargalos à demanda.

Fernandes e Godinho Filho (2010) comentam que os gargalos podem ser de caráter externo ou interno ao sistema de produção. Como gargalos externos os autores apontam a demanda de mercado em níveis baixos, como fator que limita o volume a ser produzido, ou ainda, a falta de capacidade de um fornecedor como condicionante do ritmo de produção da fábrica. Como gargalo interno cita-se a capacidade de qualquer processo da linha de produção que possa restringir o volume produzido por todo o sistema, corroborando com Goldratt e Cox (2002).

Para a obtenção de bons resultados por meio do gerenciamento da produção baseado na TOC, Goldratt e Cox (2002) apresentam uma sequência de ações: (a) identificar as restrições do sistema, (b) decidir como explorar as restrições identificadas, (c) subordinar todo o sistema de produção às decisões do passo anterior, e (d) elevar as restrições, que significa aumentar a capacidade de produção das mesmas.

¹ Sipper, D. and Bulfin, R.L. Jr (1997), *Production: Planning, Control and Integration*, MacGraw Hill, New York, NY.

Outra fonte de informações sobre as restrições é a abordagem de Ballard e Howell (1998), denominada *shielding production* ou mecanismo de produção protegida. Este mecanismo tem por objetivo reduzir a incerteza e variabilidade no fluxo de produção e está centrado no sistema *Last Planner* de controle da produção. O *Last Planner* tem como princípio que o planejamento para um empreendimento deve ser realizado em três níveis gerenciais da organização, sendo estes: estratégico ou longo prazo, tático ou médio prazo, e operacional ou curto prazo (BALLARD, 2000). Em decorrência da incerteza presente no processo produtivo, cada nível de planejamento requer diferente grau de detalhamento (BERNARDES, 2001).

O mecanismo de produção protegida refere-se à interface entre os horizontes de médio e curto prazo. Segundo Ballard e Howell (1998), proteger a produção significa incluir no planejamento de curto prazo somente aquelas tarefas que tiveram suas restrições analisadas e removidas. Ballard (2000) explica que tal proteção assegura que a capacidade de produção não seja prejudicada em função de problemas que poderiam ser evitados pela análise prévia das restrições. Esta medida, além de visar a melhor utilização dos recursos, tem como propósito tornar mais confiável o cumprimento dos planos de curto prazo.

Sob esta abordagem, a análise de restrições envolve a antecipação das condições gerais da produção, de modo que obstáculos que impeçam ou dificultem a realização de uma tarefa sejam previamente identificados e removidos (BALLARD; HOWELL, 1998). Ballard (2000) acrescenta que estes obstáculos podem estar relacionados à disponibilidade de informações de projeto ou de procedimentos de trabalho, conclusão de tarefas precedentes e disponibilidade dos recursos materiais, mão de obra e equipamentos.

Estes obstáculos mencionados por Ballard (2000), acrescidos do fator condições climáticas, configuram um conjunto de requisitos ou *inputs* para que uma tarefa possa ser executada em condições adequadas (KOSKELA, 1992). Em síntese, Koskela (1992) aponta sete categorias de *inputs*: informações de projeto, materiais, mão de obra, equipamentos, espaço físico, tarefas precedentes e condições externas. Entende-se que, uma restrição existirá sempre que pelo menos um destes inputs esteja indisponível.

A situação em que uma tarefa tem início antes que os *inputs* estejam disponíveis resulta em um tipo de perda na produção denominada *making-do*, apresentada por Koskela (2004). Esta perda envolve a execução da tarefa em condições desfavoráveis, podendo levar, por exemplo, à adoção de uma sequência de execução diferente da ideal ou a outros tipos de improvisações, comprometendo a estabilidade do processo. Koskela (2004), baseado em Ronen (1992), apresenta outras conseqüências da ocorrência de *making-do*, tais como, maior tempo para conclusão da tarefa, retrabalhos, menor produtividade e prejuízos à segurança.

Estabelecendo uma analogia entre os autores citados, pode-se perceber que todos eles se referem às restrições como fatores que impõem limitações ao desempenho de um sistema, seja por falta de capacidade de um recurso, por decisões administrativas ou pela indisponibilidade de *inputs*. Este será, portanto, o conceito de restrição adotado nesta pesquisa.

No entanto, há algumas diferenças entre as abordagens da TOC e da *shielding production*. Quando Goldratt e Cox (2002) mencionam que se deve decidir sobre como explorar as restrições e, posteriormente, subordinar o sistema a estas decisões, entende-se que as restrições não precisam ser necessariamente removidas. Uma vez que elas existem, deve-se avaliar como o processo de produção pode ser estruturado de forma a reduzir o impacto destas restrições no sistema de produção. Esta estruturação do processo em função das restrições existentes significa que as mesmas representam fatores que influenciam no estabelecimento do método de execução do processo produtivo.

De forma diversa, a abordagem da produção protegida preconiza que, a não remoção das restrições identificadas implica a ocorrência de desvios em relação à forma adequada de se executar a tarefa, ou seja, variações em relação a um método anteriormente estabelecido, assumido como aquele que leva ao desempenho desejado. Entende-se que a *shielding production* sugere uma associação entre a remoção de restrições e o alcance de metas de desempenho da produção, relação esta que não é claramente definida sob a abordagem da TOC.

Diante deste entendimento contraditório, optou-se apenas por assumir que as restrições impõem limitações de desempenho ao processo produtivo e incluir como propósito desta pesquisa a análise sobre a repercussão da existência ou da remoção das restrições no estabelecimento do método.

3.4.3 Método

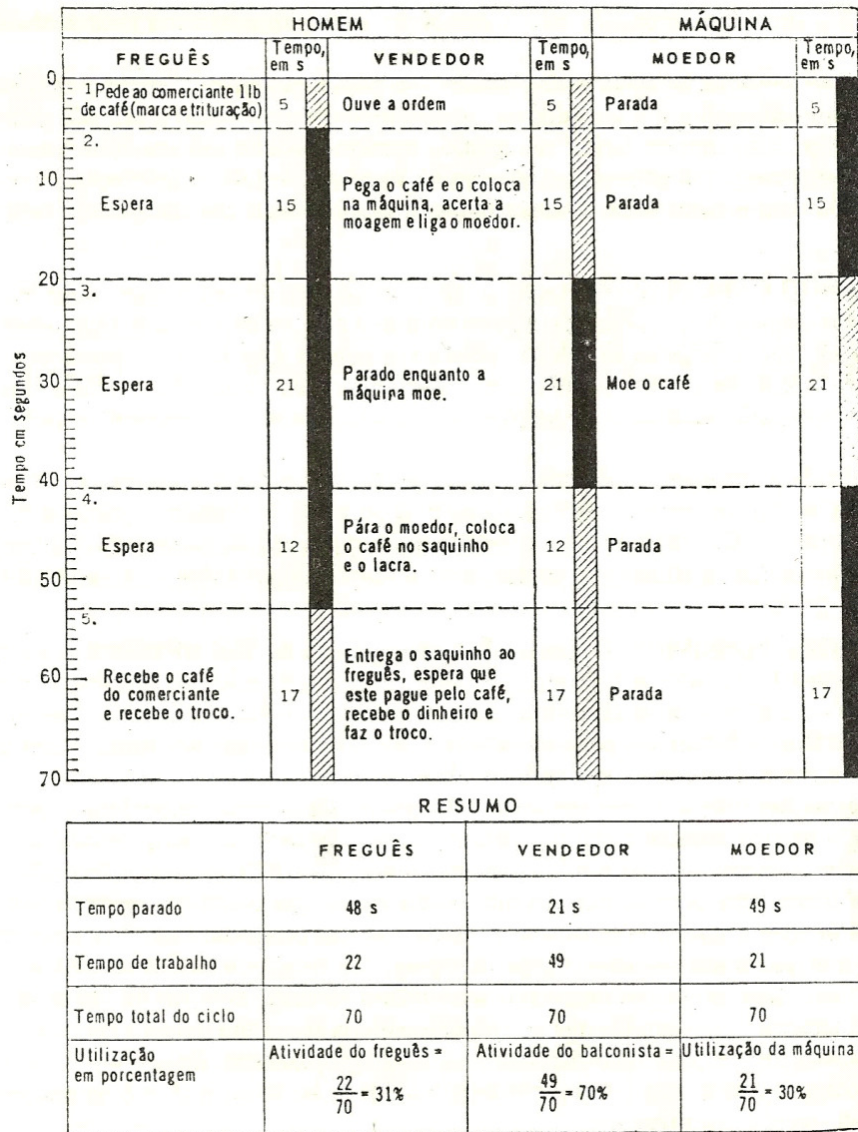
A identificação dos elementos que compõem o método padronizado na construção é uma das investigações desta pesquisa. Porém, como ponto de partida, buscou-se alguns autores que indicam elementos relevantes para a especificação de uma tarefa ou processo.

Iniciando pela abordagem da administração científica, Barnes (1977) explica que o desenvolvimento de métodos estava baseado em análises sistemáticas dos processos de produção, geralmente, em busca de redução de custos. Sob esta abordagem, deveriam ser identificadas, primeiramente, as atividades componentes do processo e a sequência das mesmas, para, então, desenvolver o estudo do método de trabalho.

O estudo do método contava com a utilização do diagrama homem-máquina, uma ferramenta gráfica que permite representar as atividades coordenadas entre a mão de obra e as máquinas, identificando a ocorrência de trabalho independente de cada um destes recursos e o trabalho combinado entre os mesmos (BARNES, 1977). Para Mayer (1981), a análise deste diagrama contribui, também, para identificar a ocorrência de ociosidade da mão de obra ou dos equipamentos e subsidiar decisões que permitam a eliminação de perdas ao estabelecer o método padronizado.

A Figura 5 ilustra um exemplo de diagrama homem-máquina para uma atividade de comprar café, apresentado por Barnes (1977). Embora o exemplo não reflita um processo de fabricação de manufatura, o intuito de apresentá-lo é elucidar as informações que podem ser extraídas deste tipo de diagrama.

Figura 5: Diagrama homem-máquina, segundo a abordagem da administração científica



Fonte: Barnes, 1977.

O diagrama permite verificar como os recursos envolvidos no processo se relacionam e que, neste caso, há tempos significativos de espera que podem ser minimizados. Algumas análises decorrem do diagrama:

- (a) Possibilidade de adotar um estoque de café moído, a fim de reduzir as situações de espera do vendedor e do cliente, aumentando o número de clientes que poderiam ser atendidos no mesmo período de tempo;

- (b) Possibilidade de aumentar o número de vendedores e de máquinas, se o estabelecimento comercial assim permitisse;
- (c) Distribuição das tarefas entre os vendedores, de forma que uns poderiam apenas atender os clientes e outros poderiam apenas operar as máquinas ou que cada um deles faria todas as operações, mas atenderiam vários clientes simultaneamente;
- (d) Decisões sobre como garantir a entrega de café moído recentemente aos clientes.

As decisões advindas destas análises resultam nas especificações do método. Barnes (1977) cita algumas destas especificações: (a) designação de tarefas aos operários, (b) ferramentas e equipamentos necessários, (c) espaço requerido, (d) tempo padrão. Entende-se que são requeridas também as definições sobre a manutenção de estoques e sobre as características que o produto deve possuir para atender satisfatoriamente os clientes, para que fornecedor e cliente tenham suas expectativas atendidas.

É possível notar que, algumas destas especificações referenciadas no contexto da administração científica são, também, identificáveis nos padrões descritos por autores que retratam outros contextos de gestão. Nas descrições de Campos (1992) e de Cheng e Melo Filho (2007) referentes aos padrões técnicos de processo e procedimentos operacionais, também são citados os seguintes elementos para o método: características de qualidade do produto, identificação dos materiais e equipamentos necessários e sequência para as atividades.

Outros autores complementam as informações sobre a composição do método, tais como, Currie (1997) e Ballard e Tommelein (1999). Currie (1997) não se refere de forma específica a um método padronizado, mas expõe alguns aspectos que devem ser considerados para especificar como executar uma tarefa sob intervenção em um processo de melhoria. Estes aspectos são:

- a) O propósito do trabalho;
- b) Leiaute da área de trabalho;
- c) Quantidade dos materiais necessários;
- d) Método empregado na execução;

- e) Especificações de qualidade para o produto;
- f) Momentos de ocorrência de inspeções;
- g) Condições necessárias para o ambiente de trabalho.

Ballard e Tommelein (1999), por sua vez, delimitam aspectos que devem ser considerados para especificar uma atividade com o objetivo de implementar um fluxo contínuo de produção. Estes aspectos são:

- a) Conteúdo do trabalho: descrição das operações que constituem o processo, inclusive aquelas relacionadas a transporte, armazenagem e inspeção;
- b) Desenho do método: não há esclarecimento sobre o que constitui este item;
- c) Tempo de *set up*: preparação para o início dos serviços, mobilização e desmobilização de equipamentos;
- d) Recursos mínimos: por exemplo, a equipe mínima de operários para executar a tarefa;
- e) Tamanho do lote mínimo de processo: quantidade de trabalho designada para uma equipe;
- f) Capacidade de produção: refere-se ao tempo requerido para que a equipe mínima possa cumprir o lote mínimo de trabalho;
- g) Espaço e condições de acesso: considera acesso e condições de movimentação de materiais e operários, podendo incluir definição de leiaute da área de trabalho;
- h) Materiais empregados: dimensionamento dos lotes de materiais entregues e as condições de espaço para seu armazenamento.

Ballard e Tommelein (1999) destacam, ainda, a necessidade de conhecer as relações entre os diversos processos, tais como, a identificação de recursos compartilhados entre as atividades e a quantidade de trabalho em progresso entre os processos.

Outra fonte de informações relativas ao método é o trabalho de Slack, Chambers e Johnston (2007) referente à administração da produção. Os autores apontam aspectos que devem ser considerados para a definição da maneira como as pessoas devem trabalhar no âmbito operacional da produção.

O primeiro aspecto diz respeito à alocação de tarefas entre os operários, ou seja, à especificação do conteúdo do trabalho (conjunto de operações) a ser desenvolvido pelos operários. Pode-se optar por atribuir continuamente o mesmo conjunto de operações para cada operário com o intuito de que este aprofunde seu conhecimento sobre o trabalho designado e, conseqüentemente, tenha sua eficiência aumentada. Por outro lado, pode-se optar por alocar tarefas variadas para cada membro da equipe de produção, como forma de reduzir a monotonia do trabalho e desenvolver habilidades variadas no operário. Uma terceira forma de alocar as tarefas consiste em designar um conjunto maior de operações para um grupo de operários, oferecendo liberdade para que eles próprios definam como irão distribuí-las entre os membros do grupo.

O segundo aspecto refere-se ao estabelecimento de uma sequência para a realização das etapas que compõem o trabalho, definindo claramente a relação de precedência entre as tarefas.

Um terceiro aspecto considera a definição das instalações da área de trabalho e dos equipamentos necessários para a atividade. Significa considerar a interface entre o elemento humano e o ambiente físico de trabalho.

O quarto aspecto diz respeito à definição de quais habilidades os operários necessitarão para desempenhar seus trabalhos. Esta definição será a base para a condução de treinamentos.

Os aspectos mencionados pelos diversos autores citados foram tomados como base para a investigação das especificações relevantes para a estabilidade da produção na construção.

3.5 Trabalho Padronizado

Os diversos autores que abordam o conceito de trabalho padronizado (TP) divergem entre si quanto às denominações utilizadas. Shingo (1996), Ohno (1997) e Monden (1997) empregam o termo operação padrão, enquanto Liker (2005), Liker e Meier (2007), Dennis (2008) e Whitmore (2008) empregam o termo trabalho padronizado. Neste texto será adotado sempre o termo trabalho padronizado (TP) para citações de quaisquer autores.

Segundo Ohno (1997), o TP representa a combinação efetiva de materiais, operários e máquinas para produzir de forma eficiente, ou seja, tendo como foco o combate ao desperdício, a prevenção da ocorrência de produtos defeituosos, erros operacionais e acidentes, além da incorporação das idéias dos trabalhadores à forma de executar o trabalho.

De acordo com o LIB (2003) e Kishida (2006), o TP é uma ferramenta do STP aplicada em processos repetitivos e centrada no movimento e trabalho do operador visando à estabilidade da produção. Os autores complementam que o TP estabelece procedimentos precisos para cada um dos operadores do processo em questão com base em três elementos:

- a) *Takt-time*: que representa a demanda e deve ditar o ritmo com que os produtos devem ser produzidos na linha de produção;
- b) Sequência do trabalho: correspondente à sequência com que o operador deve realizar suas tarefas dentro do tempo *takt*;
- c) Estoque padrão de processo: correspondente à quantidade de produtos semi-acabados para manter o processo operando continuamente.

Monden (1997) corrobora com Kishida (2006) quanto aos elementos constituintes do TP. Porém, o autor utiliza o termo rotina de operações padrão para se referir à ordem com que os operadores realizam as tarefas e o termo trabalho em progresso para se referir à quantidade padrão de estoque em processo.

Para Monden (1997), a aplicação dos elementos do TP se destina ao cumprimento de três propósitos importantes para o STP. O primeiro é atingir alta produtividade, sem esforço excessivo, por intermédio da redução de perdas. O segundo propósito é cumprir sistematicamente a rotina de operações com um tempo de ciclo adequado

ao *takt-time*. Desta forma, há condições de buscar um balanceamento entre todos os processos da linha de produção para atingir um terceiro propósito que é reduzir o estoque entre os processos por intermédio do estabelecimento da quantidade padrão de trabalho em progresso. O nível reduzido de estoque em processo é uma das premissas da produção JIT (LIKER, 2005).

Dennis (2008) acrescenta que o TP tem como objetivo a eficiência geral da linha de produção, uma vez que, quando um processo é mais rápido que outro ocorre perda por superprodução e aumento nos níveis de estoque em processo. Para evitar esta situação, o TP deve ser planejado de tal forma que todos os processos da linha estejam equilibrados em função de seus tempos de ciclo.

Com base nos autores citados, adota-se neste trabalho a seguinte definição para o trabalho padronizado: uma especificação clara e detalhada para a rotina de trabalho dos operários em um processo, de forma a produzir com um mínimo de perdas, em prazo adequado à demanda do cliente e mantendo baixo nível de estoque.

Diante do exposto, entende-se que o TP corresponde a uma forma particular do Sistema Toyota de Produção de abordar o conceito de padrão. No contexto do STP, a efetivação do padrão no chão de fábrica, utiliza-se de elementos que são especificamente condizentes com os princípios da produção *JIT*, já citada como um dos pilares do STP.

Ainda que os elementos do TP sejam específicos ao contexto da Toyota, é possível estabelecer semelhanças conceituais entre os elementos do padrão citados por Kondo (1991), da seguinte forma:

- a) O *takt-time* está associado à meta a ser atingida, ou seja, produzir somente em concordância com a demanda de mercado. O ritmo de produção atrelado à demanda tem como meta maior, o combate à perda por superprodução, vista por Ohno (1997) como a forma mais prejudicial de perda;
- b) A rotina de operações é parte constituinte do método de trabalho;
- c) A limitação de uma quantidade padrão de estoque pode ser relacionada a uma restrição, ou seja, representa uma condicionante para a definição do

como executar o trabalho no tempo atrelado à demanda, porém, respeitando um limite de itens em espera, aguardando para serem processados no posto de trabalho seguinte.

Cabe ressaltar que em ambientes de produção diferentes, ainda que os objetivos de implementação do TP sejam os mesmos do STP, pode haver necessidade de adaptações no âmbito de seus elementos constituintes devido às especificidades de cada tipo de indústria

3.5.1 Elementos do trabalho padronizado

3.5.1.1 *Takt-time*

De acordo com Liker e Meier (2007), o *takt-time* é definido a partir da demanda de mercado e o tempo disponível para a produção. Em termos matemáticos, é o resultado da divisão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas. Em outras palavras, em uma linha de produção, a cada intervalo definido pelo *takt-time*, uma unidade deve ser concluída. Por exemplo, em uma linha de montagem de automóveis, se o tempo de operação disponível em um dia for de 800 minutos e a demanda do produto é de 400 unidades por dia, o *takt-time* será de 2 minutos. Assim, a cada 2 minutos deve sair um automóvel pronto ao final da linha de produção.

Para Alvarez e Antunes Jr (2001), o *takt-time* é entendido como o tempo que rege o fluxo de materiais em uma linha de produção e representa uma meta à qual o sistema de produção deve atender. Liker e Meier (2007) ressaltam que, no STP, atender a esta meta não é tarefa simples, uma vez que a produção sofre os efeitos das variações de demanda ao longo do tempo.

A influência das variações de demanda do mercado na gestão dos processos é citada como uma diferença relevante quando se analisa a aplicação do tempo *takt* no contexto da construção. Bulhões (2009) afirma que os empreendimentos da construção têm seu prazo fixado contratualmente com o cliente, por meio de um cronograma, em que são especificadas as durações dos principais processos que não devem variar durante todo o período de

execução da obra. Sendo assim, a cada processo caberá um *takt-time* específico, cujo cálculo consiste da razão entre o tempo de produção disponível para o processo (definido no cronograma) e o número de unidades repetitivas do processo (pavimento, apartamento, etc).

Uma vez determinado o *takt-time*, deve-se estruturar o processo produtivo em busca de um tempo de ciclo ligeiramente menor que o *takt*. O tempo de ciclo refere-se ao tempo decorrido entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, ou seja, a frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo, conforme evidenciado pela observação (ROTHER e SHOOK, 1999; LIB, 2003).

Sob o ponto de vista do MFP, o tempo de ciclo está relacionado à função operação, pois a noção de ciclo somente se aplica aos sujeitos do trabalho: homens e máquinas trabalhando. Sendo assim, o tempo de ciclo de uma célula de produção é função das características dos equipamentos e da alocação dos operários para as tarefas, ou seja, da configuração da célula (ALVAREZ e ANTUNES JR, 2001).

Alvarez e Antunes Jr (2001) acrescentam que, uma vez definida a configuração da célula, o tempo de ciclo da mesma será aquele correspondente à operação mais lenta, que pode ser da máquina ou de um dos operadores envolvidos. Ao expandir a unidade de análise para todo o processo ou linha de produção, permanece a lógica de que o tempo de ciclo estará condicionado à célula ou posto de trabalho mais lento da linha (gargalo, ou restrição de capacidade).

A utilização do termo “tempo de ciclo do processo” pode gerar confusão, uma vez que, como mencionado anteriormente, o tempo de ciclo está associado à função operação. Entende-se que mencionar o tempo de ciclo de cada posto de trabalho permite compreender a frequência em que produtos semiacabados são concluídos, ao passo que mencionar o tempo de ciclo do processo permite verificar a conclusão do produto em sua forma final.

A questão relevante é compreender que, qualquer que seja a unidade de análise (máquina, operador, célula ou linha de produção), o *takt-time* sempre se refere à demanda e o tempo de ciclo à capacidade de produção.

O tempo de ciclo é, muitas vezes, confundido com o tempo de atravessamento (*lead time ou throughput time*) do processo. Koskela (1992) e o Productivity Press Development Team (2002) definem, equivocadamente, tempo de ciclo como a soma dos tempos de processamento, inspeção, transporte e esperas, ou seja, a soma de todos os tempos necessários para produzir um produto. Esta é, na verdade, a definição de tempo de atravessamento: o tempo requerido para um produto (ou peça) se movimentar por todas as etapas do processo (ROTHER e SHOOK, 1999). Tempo de ciclo e de atravessamento seriam iguais se apenas um operário executasse todas as tarefas de um processo (ALVAREZ E ANTUNES JR, 2001).

3.5.1.2 Rotina de operações padrão

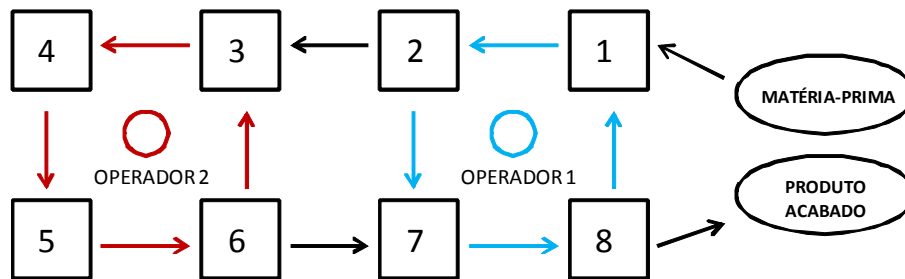
O termo rotina de operações padrão (ROP) é empregado por Monden (1997). Ohno (1997), o Productivity Press Development Team (2002) e Dennis (2008) apresentam o termo sequência do trabalho.

Ambos os termos referem-se à ordem das ações que cada trabalhador deve executar dentro de um tempo de ciclo determinado. Quando o trabalho é executado por apenas um operário, a rotina de operações refere-se à ordem com que o operário deve executar as diversas tarefas sob sua responsabilidade. Neste caso, a rotina de operações coincide com a ordem das operações no processo (MONDEN, 1997).

De acordo com o Productivity Press Development Team (2000), há situações em que um único operário pode executar todas as operações em um posto de trabalho e terminá-las dentro do *takt-time*. Em outras situações, vários operários são necessários em um mesmo posto de trabalho para atender ao *takt-time*. Quando vários operários trabalham juntos, cada um deles terá uma sequência de tarefas a cumprir dentro de um tempo específico.

A Figura 6 ilustra a sequência de trabalho para dois operários alocados no mesmo posto de trabalho. Um operário executa as operações 1,2,7 e 8, enquanto outro é responsável pelas operações 3,4,5 e 6. Nota-se que a sequência de operações para cada operador é diferente da sequência de operações do processo.

Figura 6 - Exemplo de rotina de operações



Fonte: Adaptado de Productivity Press Development Team (2002)

Spear e Bowen (1999) ressaltam a importância de rotinas claramente definidas no STP, descrevendo que todas as atividades devem ser detalhadamente especificadas em termos de seu conteúdo, sequência, tempo e resultados esperados. A definição destas especificações é baseada em um rigoroso método de resolução de problemas e teste de hipóteses com a participação dos líderes e operários. Os autores mencionam, ainda, que o objetivo das especificações detalhadas é fazer com que duas hipóteses implícitas possam ser testadas. A primeira delas é referente à capacidade do operário em realizar a tarefa corretamente. A segunda hipótese busca comprovar que a realização da tarefa como prescrito cria o resultado esperado. A invalidação de uma destas hipóteses indica que o trabalho precisa ser reformulado ou que o operário precisa ser submetido a novo treinamento. Esta dinâmica é a base para a melhoria gradativa do TP.

Liker e Meier (2008) ressaltam que somente operários com conhecimento aprofundado do trabalho e capacitados para solucionar problemas são capazes de cumprir uma rotina de operações detalhada sem interrupções constantes, em concordância com o *takt-time*.

Sob este entendimento, a capacitação dos operários no STP está centrada na identificação das tarefas críticas do trabalho ou pontos-chave. Os pontos-chave representam as tarefas que precisam ser acompanhadas por um alto grau de precisão em sua execução. Se não houver exatidão, um defeito ocorrerá (LIKER E MEIER, 2008). Estes representam, portanto, aspectos rígidos do método definido no padrão, nos quais desvios são inaceitáveis. As demais parcelas do trabalho têm uma faixa de aceitação mais ampla, dando liberdade para que o operário atue criativamente.

Há cinco categorias de pontos-chave, citadas por Liker e Meier (2008) e Feng e Ballard (2008). São elas:

- a) Segurança: referem-se a evitar ferimentos ou lesões por esforço repetitivo;
- b) Qualidade: referem-se a como as tarefas podem ser executadas sem cometer erros que causem defeitos;
- c) Produtividade: referem-se a permitir que o trabalho seja executado dentro do tempo especificado;
- d) Custo: referem-se a manter o custo padrão do serviço;
- e) Técnicas especiais: referem-se a aspectos do trabalho que exigem destreza especial.

Em função das categorias mencionadas, conclui-se que a relação dos pontos-chave com a ocorrência de defeitos citada por Liker e Meier (2008) não está restrita às especificações de qualidade do produto, mas também a aspectos do processo de produção, como prazos e custos. Neste caso, o termo defeito deve ser entendido como a consequência de desvios ocorridos em relação ao método padronizado.

Além dos pontos-chave, outro aspecto que influencia a definição da ROP é o grau de repetitividade das tarefas. Há tarefas que ocorrem repetidamente em todos os ciclos de produção e outras que ocorrem apenas uma vez em vários ciclos. Segundo Liker e Meier (2007), tarefas repetitivas e eventuais não devem estar definidas em um único TP.

Como exemplo, os autores citam o caso em que um operário deve operar uma máquina, realizar inspeções de qualidade e trocar as ferramentas quando as mesmas estiverem desgastadas. Ativar o equipamento e realizar as inspeções são tarefas de natureza repetitiva, que tem sua documentação facilitada, na medida em que é possível estabelecer o tempo de processamento da máquina e um número específico de inspeções a serem efetuadas. Quanto à terceira tarefa, referente à troca de ferramentas, não há uma frequência constante para sua ocorrência, pois o desgaste das mesmas pode variar em função do tipo ou do volume de peças processadas. Desta forma, há dificuldade em associar estas três tarefas em um único TP, razão pela qual Liker e Meier (2007) recomendam o isolamento da variação advinda da tarefa de ocorrência eventual, devendo a mesma ser padronizada separadamente e designada a outro operador.

3.5.1.3 Trabalho em progresso

Conforme cita Monden (1997), o trabalho em progresso (*Work-in-progress - WIP*) refere-se à quantidade total de produtos parcialmente acabados que se acumulam ao longo da linha de produção, ou seja, caracteriza-se como um estoque intermediário de segurança, pois protege os postos de trabalho subsequentes quando há algum problema que paralise a produção.

O *WIP* é um tipo específico de *buffer*. Este último é um conceito mais amplo, uma vez que não abrange somente estoque de produtos semiacabados como forma de proteção do sistema de produção contra os efeitos da variabilidade e do desequilíbrio da capacidade de produção dos postos de trabalho. González e Allarcón (2009) citam os seguintes tipos de *buffers*:

- (a) *Buffer* de materiais: estoques de matéria prima, produtos em processo e produtos acabados;
- (b) *Buffer* de capacidade: mão de obra em excesso ou trabalhando em horas adicionais, ou, ainda, capacidade extra de equipamentos;
- (c) *Buffer* de tempo: folgas de tempo propositalmente inseridas na programação das tarefas.

Porém, sob a ótica do MFP, o estoque de matéria prima e de produtos semiacabado e acabado é classificado como espera, constituindo-se, portanto, em uma etapa do processo que não agrega valor e consome tempo, aumentando o tempo de atravessamento. É preciso considerar, também, que, quando se trata de altos níveis de estoque, além de capital investido de forma antecipada e do potencial aumento nos tempos gastos com transporte, há o inconveniente de que os problemas permanecem encobertos, não propiciando soluções definitivas para os mesmos. No entanto, a repercussão negativa ocorre quando os estoques são instituídos sem uma análise cuidadosa das condições de produção, como ocorre na construção civil, em que as decisões são efetuadas sem embasamento em teorias racionais para a adoção de estoques, assim como ocorre no JIT (GONZALÉZ e ALARCÓN, 2009). Em função da impossibilidade ou inviabilidade de eliminar todas as causas de variabilidade ou da

diferença de capacidade entre postos de trabalho, uma quantidade controlada de estoques é necessária.

No contexto do STP, a manutenção de níveis mínimos de estoque está associada ao combate às perdas e aos princípios que regem o fluxo contínuo de produção. A perda por superprodução é evitada por meio do controle de *WIP*. Além disso, quando ocorre algum problema em um posto de trabalho, a existência de quantidade controlada de estoque permite que os postos de trabalho subsequentes continuem trabalhando por algum tempo sem paralisar a linha de produção (LIKER E MEIER, 2007).

Whitmore (2008) menciona que, quando há definição de quantidades padrão de trabalho em progresso, é possível enxergar a ocorrência de problemas por meio das variações nesta quantidade. O nível de *WIP* deve manter-se ao longo dos ciclos de produção. A ocorrência de quantidades maiores ou menores que aquela estabelecida como padrão evidenciará descompasso entre os postos de trabalho, podendo resultar em superprodução ou situações de espera dentro dos postos de trabalho.

Uma vez detectada a causa das variações do *WIP*, tem início o processo de resolução de problemas para corrigir o desvio e evitar sua recorrência. Deste modo, o *WIP* pode ser entendido como uma ferramenta para identificar e combater perdas, atrelado ao conceito de melhoria contínua.

3.5.2 Considerações finais sobre o conteúdo do TP

Como síntese das considerações apresentadas sobre os elementos takt-time, rotina de operações padrão e trabalho em progresso, é possível apontar um conjunto de especificações que devem compor o conteúdo do TP:

- (a) Atividades que compõem o processo;
- (b) Sequência para execução as atividades;
- (c) Tempo designado para conclusão de cada atividade;
- (d) Quantidade de operários designados para as atividades;
- (e) Pontos-chave;
- (f) Quantidade de estoque em processo.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente serão apresentadas a estratégia de pesquisa e as justificativas para escolha da empresa e do processo estudado. Na sequência, descreve-se o delineamento do processo de pesquisa e as ferramentas utilizadas para a coleta de dados. Ao final do capítulo, estão discriminadas as variáveis envolvidas na coleta de dados.

4.1 Oportunidade para a Pesquisa

A oportunidade para realização do estudo ocorreu a partir da manifestação de insatisfação do gerente de produção de uma empresa construtora com relação à demora que as equipes de produção apresentavam para atingir a meta de desempenho estipulada pelo planejamento de longo prazo dos empreendimentos da empresa. Sempre que iniciada uma etapa executiva, o *takt-time* almejado era atingido apenas após a repetição de algumas unidades de produção.

A empresa tinha interesse em solucionar este problema, uma vez que o mesmo acarretava um descolamento em relação ao cronograma inicial do empreendimento e impunha um esforço posterior para recuperação do desvio de prazo. A empresa gostaria de evitar esta situação, especialmente, porque se posicionava no mercado como cumpridora de prazos de entrega de seus empreendimentos.

Motivada pelo problema apresentado, a equipe de pesquisadores vislumbrou a possibilidade de implementação de um processo de padronização que auxiliasse a empresa a cumprir, não apenas a qualidade na execução dos serviços, mas também os prazos de execução previamente estabelecidos. Para a empresa interessava implementar um padrão que permitisse o cumprimento de execução de um pavimento de estrutura a cada sete dias, enquanto para os pesquisadores interessava identificar que elementos deveriam compor este padrão, considerando as peculiaridades da construção civil.

4.2 Estratégia de Pesquisa

Com base em Yin (2001), a estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso. Segundo o referido autor, o estudo de caso deve ser empregado quando o pesquisador tem controle limitado sobre o fenômeno investigado e o foco da investigação encontra-se em fenômenos contemporâneos. Neste aspecto, destaca-se que a pesquisa se desenvolveu em ambiente real e natural de construção e que a pesquisadora fez uso de fatos, eventos e atitudes observados neste ambiente para o entendimento e análises dos fatores relacionados à pesquisa.

Os estudos de caso utilizam múltiplas ferramentas de coleta de dados, com enfoque quantitativo ou qualitativo. As várias fontes de evidência permitem desenvolver uma linha convergente de investigação, cruzando dados, num processo chamado de triangulação, que tem por objetivo aumentar a confiabilidade dos resultados da pesquisa (YIN, 2001).

No decorrer do estudo de caso, a autora contou com o auxílio de outros dois pesquisadores do programa de mestrado da Universidade Estadual de Londrina, que contribuíram participando das reuniões com a empresa construtora. O objetivo desta participação foi enriquecer as discussões e a interpretação sobre os dados coletados e sua associação com a literatura.

Destaca-se, ainda, que houve a preocupação em efetuar a coleta de dados abrangendo mais de um ciclo de observação, com a intenção de detectar a repetição de atitudes e fatos observados. Houve ainda, a confirmação dos fatos observados por intermédio de entrevistas com operários, encarregados, engenheiro de produção e coordenador da qualidade.

4.3 A Empresa

A empresa na qual os estudos foram realizados atua há 40 anos no mercado, tendo iniciado suas atividades no segmento industrial e, posteriormente, abrangendo também o segmento de incorporação residencial. Neste segmento, foco deste trabalho, a empresa está presente em oito cidades brasileiras, distribuídas em quatro estados, e já realizou

aproximadamente 165 empreendimentos. A coleta de dados foi realizada em um canteiro de obras na cidade de Londrina-PR.

Em 2004, a empresa obteve a certificação ISO 9000: 2000 e o nível “A” no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), certificados que persistem até o período atual.

Outro aspecto importante consiste no elevado nível organizacional dos seus canteiros de obra evidenciado pelo emprego de *kanbans* para abastecimento de materiais importantes, tais como, argamassa e pela adoção do princípio da transparência na armazenagem de materiais e controle de estoques. Em adição, conforme mencionado anteriormente, a empresa demonstrou interesse em colaborar com a realização da pesquisa de campo.

A empresa possui reconhecida competência para cumprir prazos de entrega acordados, em virtude, principalmente, de ter iniciado suas atividades na incorporação residencial após anos de atuação no segmento industrial, no qual o cumprimento de prazos é fator importante. Em decorrência do aquecimento do mercado, houve um aumento significativo de empreendimentos em execução simultânea, o que acarretou a necessidade de contratação de novas empreiteiras prestadoras de serviços e, conseqüentemente, dificuldades em manter a estabilidade no processo de produção e prazos.

No entanto, a empresa procura manter uma relação de parceria com as empreiteiras, contribuindo para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades dos operários, com o intuito de evitar problemas de qualidade e instabilidade no processo de produção.

Outro aspecto relevante refere-se ao fato de que a empresa, ao elaborar o planejamento de longo prazo dos empreendimentos, adota a prática de estabelecer um mesmo *takt-time* para todos os serviços de obra bruta e um segundo *takt-time* para os serviços de obra fina. Esta prática evidencia a preocupação da empresa com relação a sua competência para estabilizar seu processo de produção em torno do *takt-time* estabelecido. O Planejamento previa, também, um *buffer* de tempo entre as fases de obra bruta e fina, com o propósito de

absorver possíveis atrasos nas etapas iniciais da obra, sem comprometer o prazo de entrega do empreendimento.

4.4 Seleção do Processo a ser Analisado

A produção de estrutura foi considerada uma boa oportunidade para aplicação do conceito de trabalho padronizado por envolver o trabalho conjunto de operários com habilidades diferenciadas, tais como equipes de fôrmas, armação e concretagem, que executam tarefas intercaladas, cuja produtividade não é facilmente mensurável, dificultando a gestão do processo. Além disso, o fato de a estrutura ser a primeira atividade repetitiva e a prática da empresa de adotar *takt-time* iguais para as atividades de obra bruta indicava que atingir um ciclo de produção estável nesta etapa seria um passo inicial importante para beneficiar o empreendimento de forma global.

Um novo empreendimento da empresa estava sendo iniciado e esta foi a oportunidade encontrada para acompanhar a execução da estrutura a partir de seu início. Este empreendimento era um edifício residencial composto por dois subsolos, pavimento térreo, vinte e seis pavimentos tipo e cobertura. Cada pavimento tipo possuía 575,74 m² de área.

4.5 Processo de Pesquisa

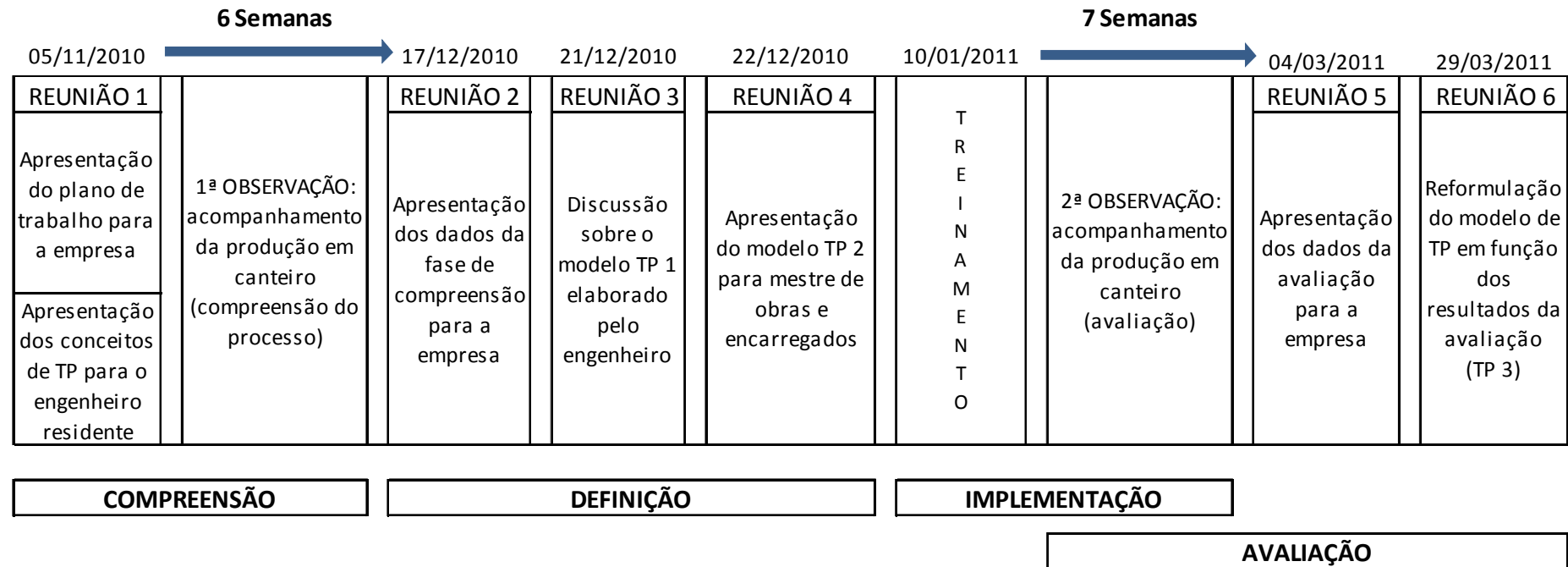
O Quadro 1 ilustra o processo de pesquisa, que foi dividido em quatro fases, denominadas: compreensão, definição, implementação e avaliação, tendo em vista seus propósitos.

Quadro 1 - Fases do estudo de caso

FASE	AÇÕES	PROPÓSITO DAS AÇÕES
COMPREENSÃO	Reunião de apresentação	Apresentar o plano de trabalho e o objetivo do estudo
	Entrevistas	Apresentar à empresa os principais conceitos relativos à padronização
	Acompanhamento da produção em canteiro	Compreender o processo de produção
	Análise de documentos e projetos	
DEFINIÇÃO	Organização dos dados coletados na fase de compreensão	Identificar elementos do padrão e do TP
	Discussão dos dados com a empresa	Definir um modelo de TP para ser implementado
	Documentação do TP	
	Discussão do TP com líderes da produção	
IMPLEMENTAÇÃO	Treinamento dos operários	Comunicar o TP aos operários
	Acompanhamento das atividades em canteiro	Implementar o modelo de TP
AVALIAÇÃO	Acompanhamento das atividades em canteiro	Analisar os elementos do TP frente ao modelo implementado
	Organização dos dados e análise frente aos conceitos da literatura	Refinar o modelo de TP

Para ilustrar como estas fases se desenvolveram ao longo do tempo, apresenta-se a Figura 7.

Figura 7 - Desenvolvimento temporal da pesquisa



4.5.1 Fase de compreensão

Para o início do estudo de caso, foi realizada uma reunião com a empresa construtora, quando foi apresentado um plano de trabalho para a realização da pesquisa, além da explanação para o engenheiro residente da obra sobre os principais conceitos relativos à padronização no contexto da produção enxuta.

A partir desta reunião, teve início a coleta de dados para a compreensão do processo. Esta coleta foi realizada por meio de entrevistas com o engenheiro e equipe de produção, análise dos projetos de estrutura e dos documentos do SGQ e da observação das atividades em canteiro de obras.

O objetivo foi compreender o processo construtivo adotado pela empresa e identificar práticas seguidas em canteiro ou informações nos procedimentos registrados no SGQ e nos projetos que pudessem ser utilizadas para a composição de um TP que explicitasse os elementos encontrados na literatura (meta, restrições e método).

Nos projetos e documentos do SGQ, buscou-se informações sobre os requisitos de qualidade do produto, critérios para aprovação dos serviços executados e recomendações que pudessem ser consideradas como condicionantes para a produção.

Também foi analisada uma planilha de programação de serviços elaborada pelo engenheiro para orientar a produção, com a intenção de compreender a distribuição diária dos serviços para a execução de cada pavimento da estrutura.

Na sequência, partiu-se para o acompanhamento das atividades em canteiro de obras, com observação diária da produção por um período de seis semanas, que correspondeu à execução do segundo, terceiro e quarto pavimentos. Durante a permanência em canteiro de obras, a pesquisadora observava o trabalho e efetuava questionamentos aos encarregados de produção e aos operários, buscando identificar os elementos do TP.

4.5.2 Fase de definição

Esta fase da pesquisa consistiu na compilação dos dados da fase de compreensão e sua apresentação para a empresa, resultando, após refinamentos, em um modelo de trabalho padronizado que seria implementado.

Os dados foram compilados em forma de planilha descritiva e discutidos com o engenheiro residente da obra na reunião de número 2. A partir destas informações, o engenheiro elaborou a primeira versão do TP, também em forma de planilha descritiva. Esta versão do TP foi chamada de modelo TP1 e foi analisada e discutida na reunião 3, na qual foram refinados aspectos sobre a distribuição dos pacotes de trabalho² entre os dias do ciclo de concretagens e a melhor forma de representação do TP para os encarregados e operários.

O modelo refinado passou a ser chamado de TP2 e foi apresentado para o mestre de obras e encarregados de produção na reunião 4, para que fossem absorvidas as opiniões sobre a sua exeqüibilidade.

A documentação do modelo TP2 foi concluída pelo engenheiro após a reunião de número 4. Além da planilha descritiva, foi concluída, também, uma representação do TP2 sobre o leiaute do pavimento, de forma a facilitar a visualização dos pacotes de trabalho que deveriam ser executados em cada dia do ciclo.

4.5.3 Fase de implementação

Esta fase corresponde à comunicação do modelo TP2 para a equipe de produção, ou seja, os operários, encarregado da empresa construtora e encarregado da empreiteira.

² Pacotes de trabalho correspondem à quantidade de trabalho a ser realizada com base em informações de projeto e recursos (CHOO et al, 1998). Nesta pesquisa, o termo pacotes de trabalho foi usado para definir o número de elementos estruturais a serem executados em cada atividade do processo. Os pacotes foram definidos com base na carga de trabalho adequada à capacidade de produção diária dos grupos de operários alocados em cada uma das fases de produção das lajes.

O engenheiro elaborou um material direcionado ao treinamento dos operários, que consistia de uma apresentação via computador, mostrando a planilha documentada do TP, que foi explicada em sala de aula. Participaram do treinamento, o mestre de obras, os encarregados de produção e os operários.

Na semana seguinte ao treinamento, a documentação do modelo TP2, na forma de planilha descritiva e leiaute, foi disponibilizada para a equipe de produção no pavimento de trabalho, sendo impressa e fixada em painéis de madeira. A partir de então, teve início a segunda etapa de observação em canteiro, sendo considerada uma atividade comum às fases de implementação e avaliação do TP definido.

4.5.4 Fase de avaliação

Esta fase teve início com a retomada das observações diárias em canteiro por um período de sete semanas, correspondente à execução do quinto ao oitavo pavimento.

Durante este período de observação, procurou-se identificar quais os pontos do modelo de TP que obtiveram adesão dos operários, bem como a ocorrência de melhorias na produção decorrentes da implementação. Desta forma, seria possível verificar a repercussão dos elementos até então definidos no TP e confirmar se os mesmos tinham o potencial de conduzir a produção à estabilidade e à meta de prazo.

Os dados observados foram novamente compilados e apresentados ao engenheiro na reunião de número 5, identificando os pontos do processo de produção que não estavam de acordo com o TP e evidenciando os reflexos da falta de adesão aos mesmos.

A partir destes dados, o modelo de TP foi reformulado pelo engenheiro, sendo então chamado de modelo TP3. No entanto, este novo modelo não foi implementado devido a dificuldades da empresa com relação à disponibilidade de tempo para novo treinamento e para o acompanhamento mais intensivo em canteiro.

Mesmo sem ter sido levado a termos práticos, o modelo TP3 foi útil para a análise dos elementos constituintes do TP, porque continha um refinamento das

especificações do trabalho que evidenciavam os elementos do padrão como indicado na literatura.

4.6 Ferramentas de Coleta de Dados

A coleta de dados em todas as fases do processo de pesquisa foi realizada com a utilização das ferramentas de coleta descritas a seguir.

4.6.1 Entrevistas

Yin (2001) aponta as entrevistas como fontes essenciais de evidências no desenvolvimento de estudos de caso, pois apresentam a vantagem de captar a percepção do entrevistado a respeito do fenômeno abordado.

As entrevistas informais foram o meio utilizado para obter informações do engenheiro de produção quanto à sua percepção sobre o desempenho da equipe de estrutura e as metas estabelecidas pela empresa.

Foram entrevistados, também, o mestre de obras e o encarregado responsável pelo serviço de estruturas da empresa. Estas pessoas foram consideradas como tendo um papel importante no estabelecimento do trabalho padronizado. Isto porque eles detêm um conhecimento prático sobre o processo produtivo adotado pela empresa e porque representam uma ponte de comunicação entre a administração e os operários.

Os questionamentos aos operários foram efetuados durante a execução das tarefas, de forma aleatória e informal. Não houve seleção prévia dos operários que seriam abordados nem foram formuladas questões específicas. O objetivo era obter relatos sobre os aspectos críticos do trabalho, possibilidades de melhorias que pudessem ser incorporadas no estabelecimento do método e pontos que representassem dificuldades de execução. Além disso, pretendia-se perceber se os operários tinham conhecimento sobre as metas de prazo e qualidade estipuladas pela empresa.

4.6.2 Análise de documentos

Foi efetuada análise da documentação relativa ao Sistema de Gestão da Qualidade da empresa, em especial, do procedimento padrão documentado para a estrutura. Além disso, foi analisada uma planilha de programação diária de serviços para os ciclos de concretagem dos pavimentos, elaborada pelo engenheiro de produção e que era utilizada, juntamente com o procedimento padronizado para orientar a equipe de produção.

Também foi consultado o projeto estrutural, com o objetivo de compreender o processo de produção e avaliar detalhes construtivos que deveriam estar explícitos na documentação do trabalho padronizado.

Nos documentos consultados, buscou-se, ainda, identificar informações que pudessem ser associadas aos padrões de qualidade e inspeção, ou seja, as especificações relativas às características do produto final e os itens a serem aferidos durante o processo para garantir que estas características sejam alcançadas.

4.6.3 Observação direta

Yin (2001) menciona que a observação direta é uma forma de coleta de fontes de evidências que permite registrar eventos, ações, comportamentos e condições relevantes quando se efetua uma visita de campo ao local de desenvolvimento da pesquisa.

A observação teve como foco os seguintes aspectos:

- a) Familiarização da pesquisadora com a tecnologia do processo de produção adotado pela empresa;
- b) Identificar pontos de dificuldade de execução e oportunidades de melhorias;
- c) Identificar a possibilidade de executar operações em paralelo;
- d) Compreender como a equipe se organizava para a execução das tarefas;
- e) Analisar o compartilhamento de recursos;
- f) Obter parâmetros de tempos de execução;
- g) Compreender a sequência com que as atividades eram executadas.

4.6.4 Registro de Imagens

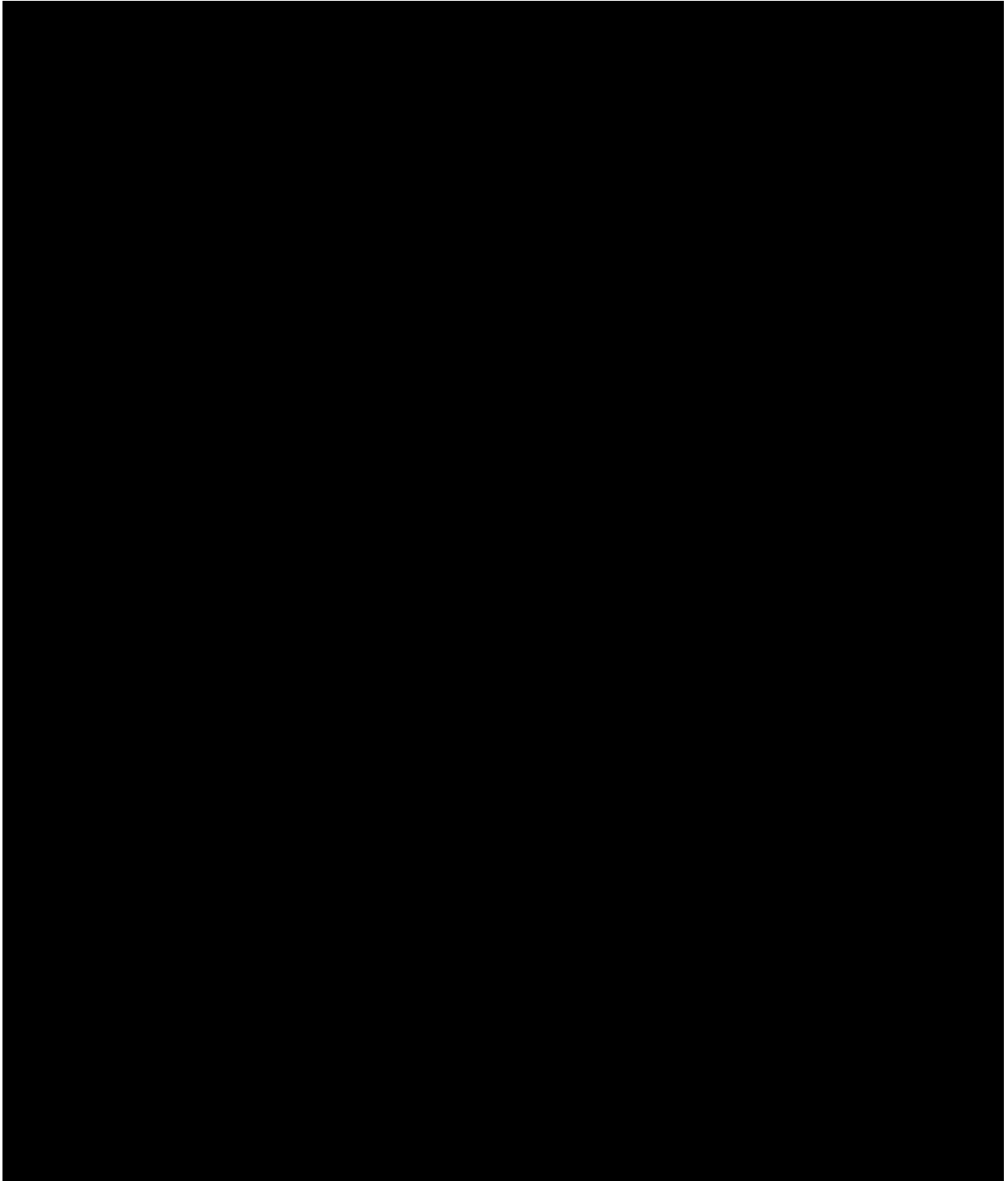
Como cita Yin (2001), a obtenção de imagens é um importante meio de registrar as características de um estudo de caso, pois podem traduzir o contexto em que as atividades são realizadas.

Neste trabalho o registro fotográfico foi utilizado para documentar os seguintes aspectos:

- a) A forma como os materiais eram transportados ou movimentados no canteiro;
- b) Práticas referentes ao estoque de materiais e equipamentos;
- c) Ferramentas de trabalho e de aferição utilizadas pelos operários;
- d) Providências quanto às condições de segurança ao realizar o trabalho.

4.7 Variáveis Observadas

A partir do referencial teórico e durante o desenvolvimento do processo de pesquisa, procurou-se identificar as variáveis envolvidas com a definição dos elementos do TP. Estas variáveis passaram a ser foco de coleta de dados e estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis e ferramentas de coletaThe content of the table is completely obscured by a large black rectangular area. No text or data is visible within this region.

Quadro 2: Continuação

CLASSES DE VARIÁVEIS	VARIÁVEIS	JUSTIFICATIVA PARA OBSERVAÇÃO	FERRAMENTA DE COLETA
Recursos compartilhados	Deslocamento de operários para outras atividades	Definições relativas ao método (o conhecimento de atividades que utilizam a mesma mão de obra é necessário para a definição da rotina de operações)	Observação e entrevistas
	Equipamentos atendendo atividades fora dos pavimentos da estrutura	Definições relativas ao método e identificação de restrições (o conhecimento das atividades que exigem o uso dos mesmos equipamentos permite verificar se os mesmos representam uma restrição para a produção e estabelecer a rotina de trabalho considerando esta restrição)	Observação e entrevistas
	Ocorrência de espera por materiais	Identificação de restrições (a interrupção do trabalho devido à espera por materiais compartilhados pode indicar que os mesmos representam uma restrição para a produção, que deve ser considerada para a definição da rotina de operações)	Observação
Dificuldades de execução	Longo tempo de execução	Identificação de pontos-chave (atividades que demoram para ser finalizadas podem indicar a dificuldade da mão de obra em executá-las e revelar um ponto-chave com repercussão na produtividade)	Observação
	Consulta aos projetos	Identificação de pontos-chave (a consulta constante ao projeto pode indicar a dificuldade do operário em compreender a tarefa a ser executada e revelar um ponto-chave com repercussão na qualidade)	Observação e entrevistas
	Ocorrência de improvisações	Definições relativas ao método (o conhecimento sobre as causas da improvisação conduz a tomada de decisões na definição do método)	Observação
Alocação de operários	Constância no número de operários por serviço	Definições relativas ao método (conhecimento sobre o número de operários necessários para executar cada serviço)	Observação
	Operários executando a mesma tarefa repetidamente	Definições relativas ao método (avaliação da atribuição específica de tarefas aos operários como forma de reduzir a variabilidade no processo)	Observação e entrevistas
	Tarefas executadas por operários de funções diferentes	Definições relativas ao método (avaliação do grau com que os operários podem se alternar entre serviços diferentes, atenuando os impactos da rotatividade e absenteísmo da mão de obra no método padronizado)	Observação e entrevistas

Quadro 2: continuação

CLASSES DE VARIÁVEIS	VARIÁVEIS	JUSTIFICATIVA PARA OBSERVAÇÃO	FERRAMENTA DE COLETA
Perdas	Operações desnecessárias	Definições relativas ao método (o método deve ser definido de forma que todas as perdas identificadas sejam minimizadas)	Observação e análise documental
	Materiais em estoque		Observação
	Ociosidade de equipamento		Observação
	Ociosidade de mão de obra		Observação
	Tarefas demoradas		Observação

As variáveis relacionadas ao conteúdo do trabalho são o ponto de partida para a especificação do processo, especialmente para a definição de elementos do método, tais como a sequência de execução, dimensionamento da equipe e previsão do tempo de duração do processo.

Algumas das classes de variáveis, tais como, pontos de inspeção, identificação de equipamentos, recursos compartilhados e alocação de operários, foram indicadas na literatura, por autores como Currie (1997), Ballard e Tommelein (1999) e Slack, Chambers e Johnston (2007), ao se referirem à especificação do trabalho.

Outras variáveis foram identificadas ao longo da coleta de dados, pois refletiam aspectos que se mostravam relevantes, como aquelas relacionadas às perdas, que deveriam ser combatidas ao se definir o método padronizado. Procurou-se também, estabelecer variáveis que tivessem o potencial de revelar pontos-chave do processo, relacionados a aspectos detalhados das tarefas, como a práticas de aferições ou a ocorrência de não conformidades e retrabalhos. Ao longo do próximo capítulo, a descrição do estudo de caso permitirá compreender mais detalhadamente a relação de cada variável adotada com os elementos do TP.

5. ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem o propósito de apresentar os resultados do estudo de caso, que serão descritos segundo a evolução das fases de desenvolvimento.

Para uma melhor compreensão dos resultados será apresentada inicialmente a descrição do processo construtivo empregado para a produção de estrutura e do ciclo de produção, segundo o planejamento de longo prazo do empreendimento. Em seguida, são apresentados os resultados do estudo de caso, segundo as etapas do delineamento da pesquisa descritas no capítulo anterior.

5.1 Descrição do Processo Construtivo

A produção de estrutura contava com um equipamento de transporte vertical e horizontal do tipo grua, que era utilizado exclusivamente para esta etapa da obra.

As formas de pilares eram feitas de chapas de compensado plastificado estruturadas com montantes metálicos. Devido à dimensão das peças, o manuseio das mesmas somente podia ser feito com o auxílio da grua.

As lajes eram do tipo nervuradas e protendidas. Utilizava-se sistema de escoramento metálico conectado a vigas metálicas (Figura 8) e, sobre estas, era executado um assoalho de chapas de madeira compensada que apóiam as fôrmas plásticas para a laje nervurada (Figura 9). Havia algumas faixas protendidas na laje, utilizando o sistema de cordoalhas não-aderentes.

Figura 8 - Sistema de escoramento**Figura 9 - Formas plásticas distribuídas**

A empresa adotava o uso de vigas pré-moldadas de concreto, produzidas no próprio canteiro de obras. Entretanto, no pátio de produção, as vigas eram concretadas até aproximadamente metade da altura de sua seção transversal, sendo assim denominada de pré-vigas. O restante de sua altura era concretada após o posicionamento da peça na estrutura do pavimento tipo, juntamente com a concretagem da laje, solidarizando o conjunto laje-vigas. A central de produção destas pré-vigas foi instalada em uma das laterais da edificação, no nível do primeiro subsolo, porém em área descoberta.

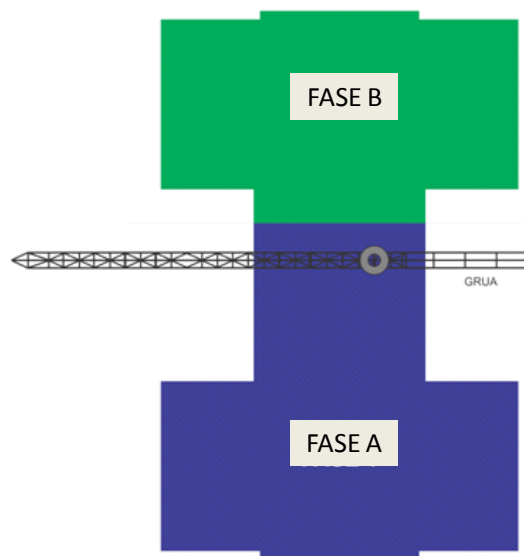
Antes de iniciar a montagem do escoramento das lajes, era preciso executar as formas de madeira ao longo das pré-vigas completando a altura de sua seção. Estas formas eram chamadas de formas de borda.

A equipe de produção era composta por três empresas empreiteiras. Um delas, chamada aqui de empreiteira A era responsável pelos serviços de montagem e posicionamento de armadura na estrutura. A empreiteira B executava os serviços de protensão na laje e a empreiteira C era composta por 18 operários, entre oficiais de carpintaria, pedreiros e serventes, que executavam todos os demais serviços até a concretagem e a produção de pré-vigas. Os serviços eram conduzidos pelo encarregado de produção da empreiteira C e supervisionados pelo encarregado de produção da construtora.

Cada laje de pavimento tipo foi dividida em duas etapas de execução, chamadas de Fases “A” e “B”, como indicado na Figura 10. Para executar a etapa estrutura em conformidade com o planejamento de longo prazo, havia necessidade de concluir um

pavimento (Fase A + Fase B), a cada sete dias trabalhados. Para tanto, a equipe de produção se dividia entre as fases da laje, executando-as de forma paralela. Porém, a fase B deveria sempre iniciar três dias após a fase A, para que alguns materiais pudessem ser compartilhados, ou seja, enquanto uma das fases contemplava serviços de pilares e pré-vigas, a outra fase contemplava a montagem da laje. A execução intercalada tornava possível a reutilização das formas e do material de escoramento de uma fase para outra.

Figura 10 - Divisão do pavimento tipo em duas fases de execução



O tempo de atravessamento da cada fase, correspondia, também, a sete dias. Assim, a execução intercalada das fases era uma estratégia para conseguir um tempo de ciclo por pavimento adequado ao planejamento de longo prazo. A ordenação das atividades do processo, de forma que algumas delas sejam executadas em paralelo, é uma das alternativas citadas por Koskela (1992) para a redução do tempo de ciclo (TC).

A Figura 11 permite um entendimento mais claro sobre a forma de execução de cada pavimento.

Nota-se que se não houvesse a intercalação entre as fases da laje, o tempo de atravessamento para cada pavimento seria de 14 dias (fase A+B). Na forma como o trabalho foi organizado, intercalando a execução das fases e, também, entre os pavimentos (enquanto uma equipe executa a fase B em um determinado pavimento, a outra equipe já inicia a fase A, no pavimento superior), foi possível planejar a produção para um tempo de ciclo de 7 dias.

5.2 Desenvolvimento do Estudo de Caso

5.2.1 Fase de compreensão

Após a reunião de apresentação do plano de trabalho para o engenheiro de produção da obra, teve início a coleta de dados para a compreensão do processo construtivo.

Em consulta ao projeto estrutural, buscou-se levantar informações técnicas que fossem relevantes para o estabelecimento do TP, podendo ser associadas aos padrões de qualidade do produto ou especificações relativas ao processo de produção. Além disso, procurou-se identificar recomendações ou exigências que pudessem ser entendidas como restrições e pontos-chave.

As principais informações levantadas nesta fonte de coleta foram referentes à: esquema de re-escoramento das lajes, detalhes técnicos relativos ao encaixe das pré-vigas nos pilares, esquema de escoramento e travamento lateral das pré-vigas, orientações sobre içamento das pré-vigas e detalhes técnicos para montagem do sistema de escoramento das lajes.

Algumas informações foram associadas às especificações do processo de produção, que deveriam ser consideradas ou explicitadas no TP:

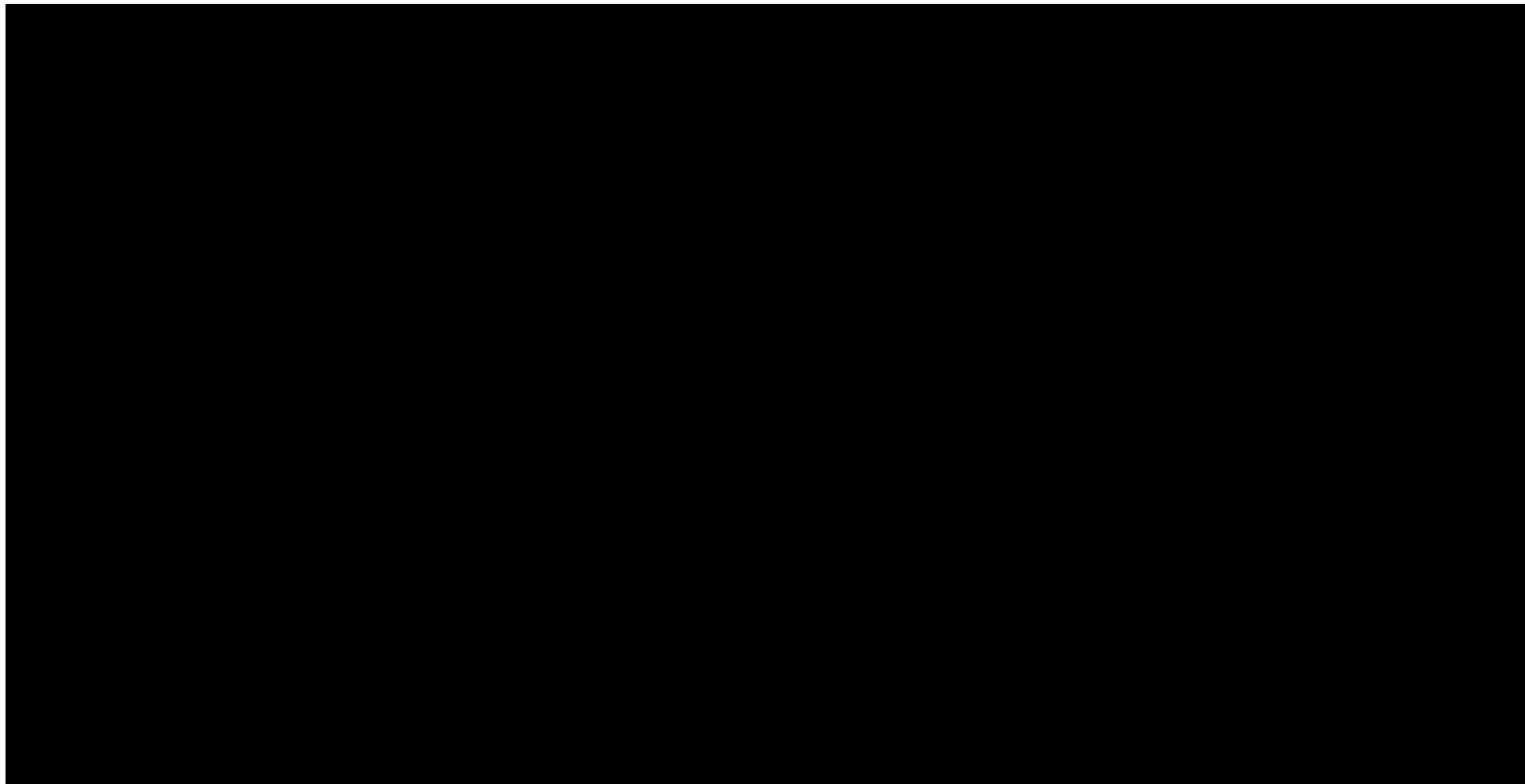
- a) Manutenção de três pavimentos escorados, sendo que sete dias após a concretagem da laje, parte das escoras poderia ser retirada e o restante somente depois de decorridos vinte e um dias;
- b) Em algumas pré-vigas, as barras longitudinais da armadura negativa somente poderiam ser dispostas após o posicionamento das pré-vigas nos pilares. Esta recomendação decorria de dificuldades de encaixe da armadura nesta interface;

- c) Somente algumas pré-vigas precisavam de travamento lateral quando posicionadas. O que determinava a necessidade de travamento era o formato da peça ou a sua posição na periferia da laje;
- d) Idade necessária para movimentação e posicionamento de pré-vigas, sendo que após três dias da concretagem na central de produção, as mesmas poderiam ser retiradas da forma e movimentadas para uma área de armazenagem. Somente sete dias após a concretagem, as pré-vigas poderiam ser posicionadas no pavimento.

Além dos projetos, foram analisados os procedimentos registrados no SGQ, cujas versões válidas foram elaboradas no ano de 2008. Três procedimentos referiam-se à produção de estruturas, sendo eles: armação, formas e concretagem. Estes documentos continham uma descrição voltada para aspectos técnicos da realização dos serviços, com ênfase para o estabelecimento de pontos de inspeção ao longo do processo, relacionados, principalmente, a prumo, nivelamento e esquadro dos elementos estruturais, evidenciando apenas metas de produção relacionadas às características do produto final. Não constavam informações que evidenciassem a preocupação com o controle de prazo para os ciclos de concretagens, ainda que este aspecto fosse bastante valorizado pela empresa, que se posiciona no mercado como cumpridora dos prazos de entrega.

Outro documento analisado foi a planilha de programação de serviços (Figura 12), elaborada pelo engenheiro de produção, na qual constava a distribuição diária dos serviços para a execução de cada pavimento da estrutura. Esta planilha não fazia parte da documentação do SGQ, mas era utilizada para orientar a produção, pois continha informações sobre o prazo a ser seguido para as concretagens das lajes.

Figura 12 - Planilha de programação de serviços utilizada pela empresa construtora



Relacionando o conteúdo da planilha com os elementos meta, restrições e método, apontados por Kondo (1991) como constituintes do padrão, nota-se que as informações eram pouco detalhadas. Não havia menção às restrições do trabalho e o método consistia apenas de um seqüenciamento das tarefas ao longo dos sete dias. A planilha indicava os serviços a serem executados em cada dia, porém sem esclarecer o lote correspondente a cada serviço. Por exemplo, no primeiro dia do ciclo para a fase A, a planilha indicava a execução de pilares, sem desmembrar os serviços de armadura e formas. Também não constava a informação sobre quais eram os pilares e em que ordem deveriam ser executados. A indicação do lote a ser processado aparecia somente para a concretagem de pilares, pois este serviço era considerado como um marco dentro do ciclo. A planilha também não fazia menção ao compartilhamento de recursos, alocação da equipe de produção ou às operações de transporte e armazenagem.

Após a análise dos documentos, partiu-se para o acompanhamento das atividades em canteiro de obras, com observação diária da produção, iniciada na execução do segundo pavimento.

Durante a permanência em canteiro, a pesquisadora observava o trabalho e efetuava questionamentos aos encarregados de produção e aos operários, buscando compreender também os seguintes aspectos:

- a) Se a equipe demonstrava conhecer a meta de prazo definida pela empresa para execução de cada pavimento. A valorização desta meta de prazo indicaria sua relevância como elemento do padrão;
- b) Se a equipe trabalhava em conformidade com a planilha de programação de serviços, indicando uma rotina sistematizada de trabalho, que representaria um ponto de partida para a definição do método;
- c) Se a produção era conduzida em concordância com as recomendações dos procedimentos documentados do SGQ, evidenciando um empenho em atingir as metas de qualidade do produto, visto que as recomendações do SGQ precisariam ser incorporadas ao TP.

As entrevistas informais com os operários evidenciaram que eles não só estavam conscientes quanto ao ciclo de sete dias para as concretagens, mas que a obediência a

este prazo era o aspecto mais valorizado pela empresa. O empenho em cumprir o ciclo estava associado à valorização por parte da empresa em honrar o prazo acordado com o cliente.

O *takt-time* foi associado aos sete dias do ciclo de concretagens, visto que este prazo foi tomado como a taxa de demanda para a execução das lajes. Este ciclo era decorrente do planejamento de longo prazo, que levava em conta a capacidade do público alvo em disponibilizar recursos financeiros dentro do intervalo de tempo que compreendia o empreendimento. Assim, o *takt-time* estabelecido de sete dias para a concretagem de cada pavimento correspondia ao elemento meta do padrão destacado por Kondo (1991). Esta meta era compatível com o critério competitivo confiabilidade no prazo de entrega, valorizado pela empresa, indicando que havia concordância entre a estratégia de posicionamento da empresa no mercado e a sua estratégia de produção. Cabe ressaltar ainda, que o *takt-time* deveria ser constante ao longo de todo o período de produção da estrutura, pois para o tipo de negócio do empreendimento, a produção não é diretamente afetada pelas variações de demanda dos clientes, como exposto por Bulhões (2009). Porém, devido ao não cumprimento do *takt-time* nos primeiros pavimentos da estrutura, poderia ser necessário ajustar o *takt-time* para os pavimentos finais, tendo em vista cumprir o prazo de término da estrutura. No entanto, a empresa optou por manter o tempo *takt* de sete dias para todos os pavimentos e consumir parte do *buffer* disponível entre o término da obra bruta e início da obra fina.

No entanto, a preocupação com relação ao prazo não estava explícita nos documentos do SGQ voltados a orientar a produção. A planilha de programação de serviços ilustrava a ocorrência dos serviços ao longo do ciclo, porém não oferecia diretrizes sobre como conduzir a produção, tais como, a distribuição das tarefas entre a equipe, destacada por Slack, Chambers e Johnston (2007), ou a definição dos lotes de produção e dos recursos necessários citados por Ballard e Tommelein (1999).

A ênfase para o cumprimento do ciclo era disseminada entre a equipe, principalmente, de forma verbal. Ressalta-se que, até o quarto pavimento tipo, a equipe de produção não conseguiu cumprir o prazo, evidenciando um descompasso entre o tempo de ciclo e o *takt-time*.

De fato, durante as observações foi possível perceber dificuldades de organização da equipe com reflexos no tempo de execução das tarefas.

Inicialmente, cabe ressaltar que a observação em canteiro permitiu identificar, com base nas variáveis referentes a atividades cíclicas e executadas em paralelo, diversas atividades que não estavam relacionadas na planilha de programação de serviços, tais como:

- a) Desforma das bordas de vigas;
- b) Posicionamento de plataformas metálicas para trabalhos na periferia do edifício, chamadas de plataformas de proteção;
- c) Posicionamento das armaduras negativas das pré-vigas;
- d) Posicionamento do sistema de proteção de periferia dos pavimentos;
- e) Fechamentos das formas de pilares nas regiões de encaixe de pré-vigas;
- f) Posicionamento das escadas pré-fabricadas de concreto entre pavimentos;

Algumas destas atividades constavam no procedimento documentado do SGQ, mas eram citadas sem identificar os momentos de sua ocorrência ao longo do ciclo.

Considera-se que a omissão destas atividades na distribuição dos serviços prejudica o dimensionamento do volume de trabalho diário, bem como a previsão sobre a utilização da grua entre as fases da laje. Desta forma, o conhecimento detalhado do conteúdo do trabalho é importante, pois é ponto de partida para a definição de outros elementos, tais como a sequência de execução, o compartilhamento de recursos e a capacidade de produção da equipe.

Também não havia orientações claras para a equipe de produção com relação ao transporte de materiais ou locais de armazenagem provisória dos mesmos. Segundo relatos do engenheiro e do encarregado de produção da construtora, estas orientações eram feitas apenas de forma verbal e já estavam disseminadas entre a equipe, considerando que a mesma empreiteira já havia executado outras obras da empresa com o mesmo processo construtivo.

Como exposto pelos líderes da construtora, os materiais do sistema de escoramento de lajes, tais como escoras, vigas metálicas e formas plásticas deveriam sempre ser transportados manualmente entre as fases A e B de concretagem ou entre os pavimentos. No entanto, não havia especificações sobre como este transporte manual deveria ocorrer, como por exemplo, de que forma os materiais deveriam ser acondicionados para o transporte.

Foram observadas situações variadas para a ocorrência destes transportes (Figura 13). As escoras e vigas metálicas eram transportadas manualmente e, também, pela grua. Formas plásticas eram levadas manualmente ou acondicionadas em uma gaiola metálica e transportadas pela grua. Variações também foram notadas quanto ao transporte de itens pequenos e numerosos, como tensores de formas, gastalhos e bases de fixação de escoras. Operários repetiam várias vezes o trajeto entre pavimentos, transportando estas peças manualmente, em pequenas quantidades por vez. Em outras ocasiões, os mesmos itens eram transportados pela grua.

Figura 13 - Variações quanto ao transporte de materiais



Ainda quanto ao transporte, constatou-se que, quando os pilares eram desformados, os painéis de forma eram sempre levados com a grua para armazenagem no pavimento térreo até sua próxima utilização. Considerando que o edifício teria vinte e seis pavimentos, a partir de certa altura, este transporte representaria claramente uma perda que deveria ser evitada.

As variáveis relativas a alocação de operários e ocorrência de perdas permitiram evidenciar a ocorrência de interrupções constantes no trabalho, ou de situações de espera da mão de obra quando a grua era deslocada para movimentar materiais. Além disso, havia alternância de operários nas operações de transporte, ou seja, não havia designação específica dos responsáveis pelo transporte e abastecimento dos insumos no posto de trabalho. Estas circunstâncias mostraram que as definições sobre a maneira de realizar as operações de transporte são significativas para estabilidade do fluxo de produção e, por este motivo, deveriam estar incluídas no método padrão. Estas definições teriam reflexos sobre a

distribuição de operários entre as tarefas e, especialmente, sobre a decisão de utilizar ou não a grua para estas operações.

Além disso, foi observado que algumas tarefas eram executadas sob condições de improvisação, tais como, transporte de materiais utilizando formas plásticas como recipiente, ou a utilização de formas plásticas como plataforma de trabalho para operários, como mostra a Figura 14. Estas improvisações foram entendidas como perdas do tipo *making-do*, citada por Koskela (2004), ocasionada por falhas na disponibilidade dos *inputs* para execução das tarefas, levando, por exemplo, à má utilização dos recursos e condições inseguras de trabalho.

Figura 14 - Ocorrência de improvisações associadas ao *making-do*



A observação da ocorrência de improvisações levou ao entendimento de que o método deveria conter especificações que evitassem este tipo de perda, oferecendo o suporte necessário para a execução adequada dos pacotes de trabalho.

Outro aspecto relevante nesta fase de compreensão foi a observação das variáveis relacionadas aos recursos compartilhados. O uso compartilhado da grua entre as duas fases de execução das lajes mostrou-se como um fator que influenciava de forma significativa a maneira como as tarefas poderiam ser distribuídas entre as fases da laje e, sendo assim, influenciava, também, o alcance da meta de prazo. Em função desta repercussão no fluxo de produção, entende-se que o compartilhamento da grua poderia estar associado ao que Kondo (1991) denomina como restrição, na medida em que, quando em uma das fases da

laje estiver sendo realizada uma atividade que necessita da grua, a outra fase deverá contemplar serviços que dispensem sua utilização. Ou seja, a utilização da grua por uma das fases restringe os serviços que podem ser executados na outra fase. Os principais serviços que exigiam o uso da grua nos pavimentos eram o posicionamento de pré-vigas e a movimentação de formas de pilares, que devido a sua dimensão e peso, não podiam ser montados ou desformados manualmente.

A grua era necessária, também, para realizar a concretagem de pré-vigas no pátio de produção, pois a região do canteiro de obras disponibilizada para a fabricação das vigas tinha um desnível no terreno que impossibilitava o acesso de carrinhos de mão e do caminhão para a concretagem das peças. Assim, nos períodos desta concretagem a grua deixava de atender a produção nos pavimentos da estrutura.

Foi constatado, ainda, o uso da grua para a confecção das bandejas de proteção coletiva para a fachada do edifício. A execução das bandejas não é uma atividade que acontece em todos os ciclos dos pavimentos, mas somente a cada três.

Do mesmo modo que a grua, outros recursos tinham seu uso compartilhado entre as fases, como por exemplo, formas de bordas, material de escoramento metálico, assoalho de madeira e formas plásticas para as lajes. Isso significa que não era possível iniciar a montagem do escoramento em uma fase sem que a outra fase tivesse sido desformada, repercutindo na continuidade dos serviços. Painéis de forma de pilares também eram reutilizados de uma fase para outra da laje.

Desta forma, o uso compartilhado da grua e dos demais materiais citados tem relação com o conceito de restrições físicas apresentado por Ritzman e Krajewski (2009) e referem-se à capacidade do equipamento e escassez de materiais, respectivamente. Confirma-se a relevância das variáveis associadas ao compartilhamento de recursos, relacionadas no capítulo anterior, para a identificação de restrições.

Diante da importância da grua para o fluxo de produção, ficou evidente a relevância de estabelecer uma rotina de operações para a mesma, como forma de considerar todas as atividades que demandam sua utilização e a interação destas com os trabalhos nos pavimentos. Esta rotina, por ser focada em um único operário que comanda a grua, sugere

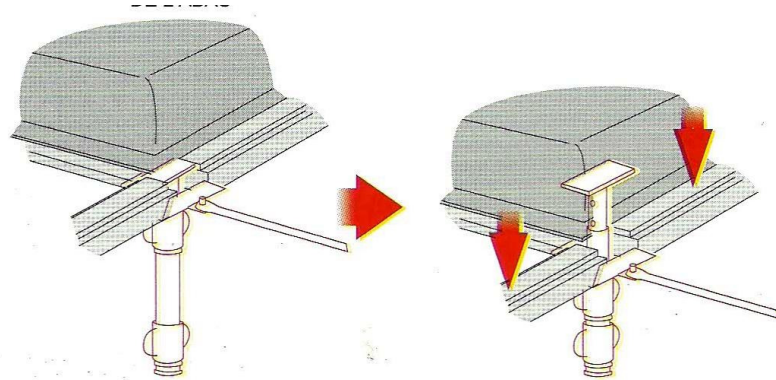
uma menor dificuldade de ser elaborada. Entretanto, somente é possível que o operador de grua siga uma rotina diária se os operários estiverem trabalhando de forma estável e sincronizada entre as fases de produção das lajes.

Segundo o proposto por Liker e Meier (2007), atividades como a confecção e subida das bandejas, por exemplo, deveriam ser padronizadas separadamente da estrutura, como forma de isolar a variabilidade por elas representada, uma vez que não acontecem em todos os ciclos da estrutura, mas interferem no cumprimento do TP, por utilizarem-se dos mesmos recursos.

No entanto, além de utilizar a grua, a execução das bandejas é um serviço que também está sob a responsabilidade da empreiteira C e, por isso, deve ser executado pelos mesmos operários alocados na estrutura. Como consequência do deslocamento da grua e dos operários, os trabalhos nos pavimentos eram interrompidos a cada vez que fosse necessário trabalhar na elevação das bandejas. Ainda que fosse possível designar outros operários, sem relação com a estrutura, para a execução das bandejas, o vínculo desta atividade com a grua não poderia ser eliminado. Uma das alternativas para evitar imprevisibilidade no fluxo de produção dos pavimentos, seria estabelecer um ciclo de produção diferenciado para os pavimentos que incluem a execução das bandejas, sendo um ou dois dias mais longo que os demais.

Outra dificuldade importante observada em canteiro se refere à montagem do sistema de escoramento. O sistema exige precisão no posicionamento das escoras, uma vez que a cabeça da escora deve coincidir com a região de encaixe de quatro formas plásticas e com um recorte no assoalho, para que seja possível desformar a laje sem retirar as escoras (sistema *Drop-Head* – Figura 15). Sendo assim, a posição da escora tem influência na distribuição das formas plásticas sobre o assoalho. Erros no posicionamento das escoras impedem o encaixe das formas.

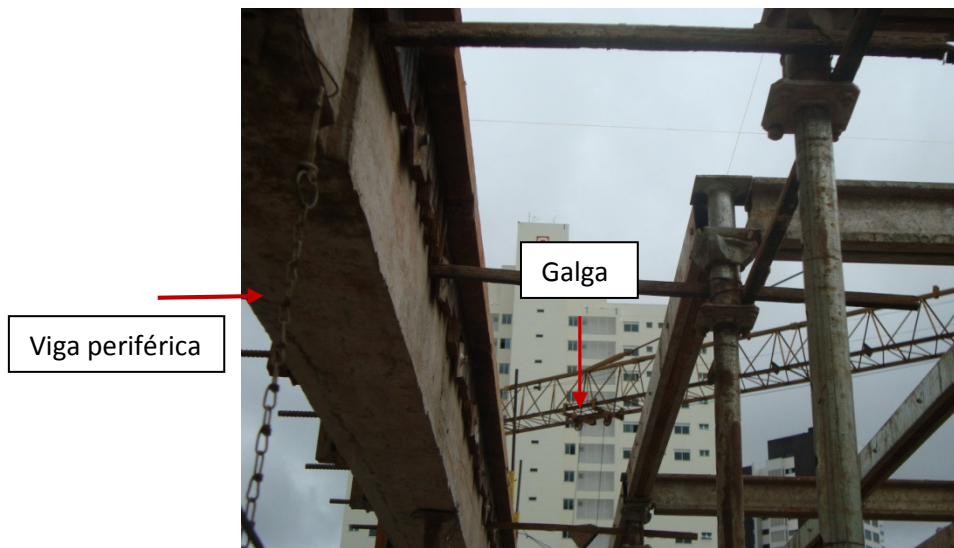
Figura 15 - Representação do encaixe das formas plásticas nas escoras



As formas plásticas não podem ser apoiadas sobre a cabeça das escoras, pois neste caso elas ficariam presas até a retirada total do escoramento. Por este motivo, é necessário um posicionamento preciso, de modo que as formas sejam encaixadas apenas contornando a escora.

Apesar de haver um projeto orientativo para a montagem do escoramento, observou-se a recorrência de erros de posicionamento e retrabalho nesta operação de montagem. A montagem do escoramento era iniciada pelas bordas da laje, sendo que para posicionamento da primeira linha de escoras era feita uma galga com pedaços de madeira, entre a face da viga periférica da laje e o alinhamento da primeira fila de escoras, seguindo a medida determinada no projeto de montagem do escoramento. A distância entre as demais linhas de escoras em relação à primeira era determinada pelo comprimento das vigas metálicas de travamento entre elas. Assim, entende-se que a precisão no posicionamento das escoras é dependente da operação de marcação da galga (Figura 16), sendo que esta marcação pode, então, ser associada a um ponto-chave com repercussão na qualidade descrito por Liker e Meier (2008).

Figura 16 - Ilustração da galga para início da montagem do escoramento das lajes



Outra dificuldade observada na montagem das lajes foi a distribuição das chapas de madeira compensada para o assoalho. Observou-se que havia dificuldades por parte dos operários em encaixar as peças entre as linhas de escoras, consumindo tempo em testar várias opções de encaixe ou efetuando recortes nas chapas para que as escoras se encaixassem. Embora as chapas de madeira estivessem numeradas, não havia um leiaute para orientar sua distribuição e elas não eram armazenadas de forma ordenada na ocasião da desforma. A correta identificação das peças do assoalho, associada a um leiaute de montagem, pode ser considerada como um ponto-chave. Com base na classificação proposta por Liker e Meier (2008) e Feng e Ballard (2008), este ponto-chave tem repercussão na produtividade, pois implica na simplificação da tarefa, contribuindo para sua conclusão dentro do tempo previsto.

Assim, as variáveis relacionadas à ocorrência de retrabalho e longo tempo de execução foram úteis para a identificação dos pontos-chave referentes ao posicionamento das escoras e da montagem do assoalho das lajes.

A montagem das formas de bordas das pré-vigas também foi considerada uma atividade improdutiva, devido ao tempo consumido para sua conclusão e a falta de terminalidade observada. O painel da forma deveria ser apoiado nos tensores metálicos de travamento e, para tanto, a forma continha recortes que possibilitavam o encaixe nos tensores,

de modo que a face superior do painel ficasse perfeitamente nivelada em concordância com o nível da laje, como mostra a Figura 17. A dificuldade neste serviço estava associada ao reaproveitamento dos painéis entre os pavimentos, pois o painel recortado conforme a disposição de tensores em uma viga deveria ser reutilizado no pavimento superior na viga de mesma denominação.

Figura 17 - Vista dos painéis de formas de bordas



Os painéis de forma não eram numerados ou identificados conforme a viga de utilização. Assim, durante a desforma e transporte, as peças se misturavam, dificultando o encaixe no pavimento superior. Após várias tentativas de encaixe sem sucesso, os operários acabavam por recortar o painel uma vez mais, o que, por vezes, anulava a possibilidade de uma próxima utilização.

Deste modo, a identificação dos painéis de forma de borda de acordo com a viga para a qual se destina foi considerado um ponto-chave com repercussões em dois fatores, conforme a classificação proposta por Liker e Meier (2008): na produtividade, uma vez que afetava o tempo requerido para esta tarefa e, também, no custo, pois influenciava o número de utilizações possíveis para as peças de forma.

Outro ponto-chave identificado estava relacionado ao posicionamento das pré-vigas. Segundo o procedimento documentado do SGQ, as vigas deveriam ser posicionadas

diretamente sobre as escoras metálicas e o nivelamento do fundo da viga, feito por meio do ajuste destas escoras.

No entanto, a observação em canteiro mostrou que os operários executavam o nivelamento da forma do pilar no recorte onde as pré-vigas seriam encaixadas e utilizavam para esse nivelamento calços de madeira e mangueira de nível (Figura 18). Sendo assim, era necessário que todas as formas de pilares fossem niveladas antes de dar início à montagem das vigas. Porém, em diversos momentos da observação, constatou-se que a grua ficava em situação de espera, com a viga içada, até que a operação de nivelamento fosse concluída.

Estando nivelada a forma do pilar, não era feita a conferência de nível das pré-vigas após seu posicionamento. Desta forma, o nivelamento das formas de pilares foi associado a um ponto-chave com repercussão na qualidade para a operação de montagem das pré-vigas.

Figura 18 - Procedimento utilizado para nivelamento das formas na região de encaixe de pré-vigas



As diversas dificuldades constatadas em canteiro podem ser associadas às perdas descritas por Ohno (1997), especialmente quanto à ocorrência de esperas da mão de obra ou da grua, transportes manuais demorados e retrabalho. A consideração destas perdas como variáveis para a coleta de dados mostrou-se relevante, pois além de auxiliar na identificação dos pontos-chave, subsidiaram a tomada de decisões para a definição do método padronizado, no sentido de combater estes desperdícios identificados. A ocorrência das perdas pode ser atribuída à inexistência de uma rotina de operações que orientasse os operários e o uso da grua.

A ausência de uma rotina de trabalho foi também evidenciada pelas seguintes constatações: a) para uma mesma atividade, havia variações no tempo de execução de um ciclo para outro; b) havia variação na quantidade de operários que trabalhavam em uma mesma atividade; c) falta de terminalidade nos serviços, especialmente na desforma das lajes e execução das formas de bordas; d) variações no modo de transportar os materiais entre os pavimentos; e) variações nos locais de estoque provisório de materiais entre os ciclos, especialmente as formas de pilares.

Ainda com referência à ROP, procurou-se observar as variáveis relacionadas à alocação dos operários nas atividades. Constatou-se que dois operários da empreiteira C eram alocados no pátio de produção de pré-vigas. Outros dezesseis operários trabalhavam nos pavimentos, divididos em duas equipes distintas, uma delas trabalhando na montagem de pilares e pré-vigas e a outra trabalhando em formas de bordas e montagem das lajes.

Algumas atividades eram executadas sempre pelos mesmos operários, trabalhando em conjunto, como por exemplo, o posicionamento das pré-vigas, em que os quatro operários necessários foram os mesmos em todos os ciclos observados nesta fase de compreensão.

Considera-se que a permanência dos operários na mesma atividade tem como aspecto favorável, o conhecimento aprofundado que os mesmos adquirem sobre a tarefa, como foi ressaltado por Slack, Chambers e Johnston (2007). No exemplo das pré-vigas, estes operários teriam domínio sobre as condições de encaixe das armaduras na interface com os pilares, sobre a operação de nivelamento das vigas e sobre a execução do travamento lateral das peças. O treinamento destes operários poderia ressaltar os pontos-chave e restrições

associadas à atividade destinada a eles, contribuindo para o cumprimento do trabalho padronizado.

No entanto, os questionamentos feitos pela pesquisadora aos encarregados de produção e aos operários evidenciaram que eles eram contrários à designação específica de atividades, pois consideravam mais importante a interação entre todos os membros da equipe, criando um ambiente em que todos se ajudavam, independente de sua função específica.

Este aspecto levantou dúvidas quanto ao estabelecimento da rotina de operações padrão. Uma vez que os operários poderiam se alternar para a execução de uma mesma atividade, parece haver dificuldades em estabelecer uma rotina de operações com foco no indivíduo, como preconiza a literatura referente ao STP. Soma-se a isso, os seguintes aspectos como obstáculos à definição de uma rotina com foco no indivíduo: (a) o fato de a equipe ser composta por número elevado de operários (18 pessoas); (b) longo tempo de ciclo dos pacotes; e, (c) os problemas com absenteísmo e rotatividade da mão de obra na construção civil.

A alternância dos operários entre as diversas atividades permite afirmar que uma rotina de operações pode envolver mais de um processo. Tomando como foco um operário, ou mesmo uma equipe de operários ao longo de um dia, esta equipe executa diferentes pacotes de trabalho, ou seja, atua em diversos processos ao longo deste período.

Encerrando a fase de compreensão, procurou-se identificar definições relativas ao trabalho em progresso. Este elemento do TP foi percebido na atividade de produção de pré-vigas.

Cada vez que um lote de pré-vigas era concretado no pátio de produção, as peças eram retiradas das formas e armazenadas sobre a laje do pavimento térreo, liberando as formas para a próxima utilização. A empresa estipulou que este lote em estoque deveria ter sempre a quantidade de vigas necessárias para a execução de um pavimento da estrutura.

Desta forma, observa-se que foi estabelecida uma quantidade padrão de estoque em processo para as pré-vigas em função da determinação de projeto de que as vigas somente poderiam ser utilizadas após sete dias de sua concretagem. Esta medida tinha como

finalidade, proteger a produção quanto a paralisações decorrentes de atrasos nas concretagens das pré-vigas.

A determinação da idade mínima de sete dias para o uso das pré-vigas foi considerada como uma restrição. Desta forma, a programação cuidadosa das datas de concretagens das vigas era importante para o fluxo dos serviços nos pavimentos, podendo representar um bloqueio em sua continuidade caso faltassem vigas com idade adequada para serem posicionadas na estrutura. Sendo assim, a definição do estoque em processo padrão para as pré-vigas representa uma maneira de atenuar o efeito desta restrição sobre o ritmo de produção da estrutura.

Por meio da observação em canteiro, constatou-se que houve ciclos em que este estoque intermediário de pré-vigas foi totalmente consumido devido à falta de regularidade nas concretagens no pátio de produção. Conseqüentemente, a produção nos pavimentos ficou condicionada ao ritmo em que as pré-vigas eram liberadas para uso. Este fato reforça a consideração sobre a idade de utilização das pré-vigas como uma restrição.

Com estas informações relatadas concluiu-se a fase de compreensão da produção, na qual foram explorados aspectos sobre a definição do método padrão de trabalho, restrições, pontos-chave e trabalho em progresso. De posse destas informações, foi efetuada uma análise conceitual frente à literatura consultada com o propósito de compilar os dados para apresentá-los à empresa, evidenciando os elementos a considerar na definição do TP.

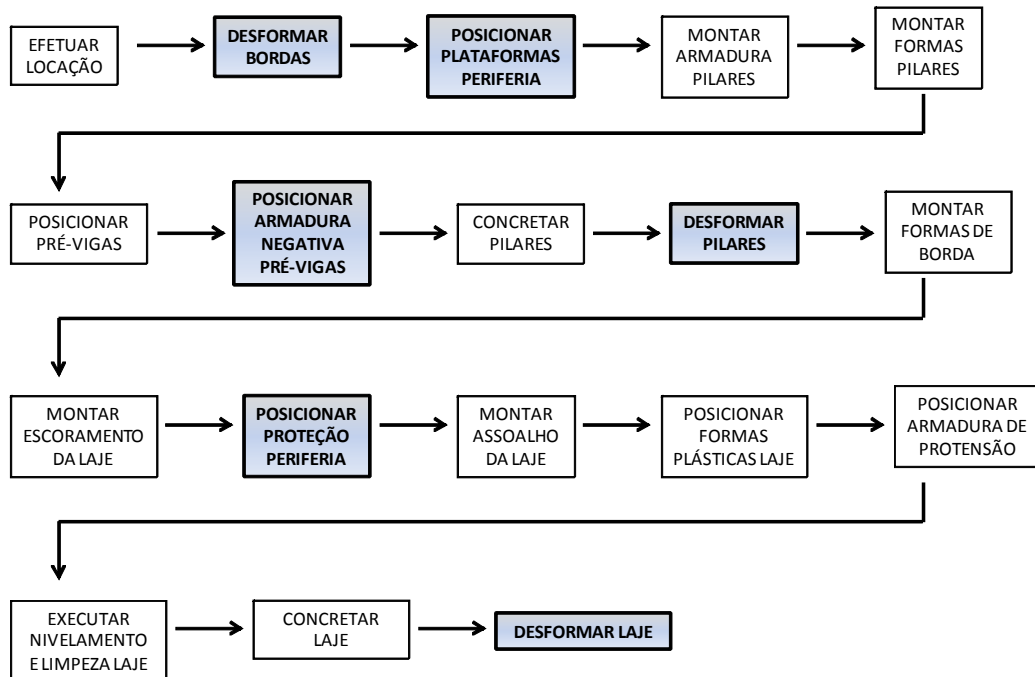
5.2.2 Fase de definição

Esta fase teve início com a documentação dos dados advindos da fase de compreensão, para que fossem apresentados ao engenheiro da empresa construtora.

Primeiramente, procurou-se discriminar detalhadamente as atividades que compunham o processo, tomando por base as atividades listadas na planilha de programação de serviços e acrescentando aquelas identificadas por meio da observação em canteiro. Estas ações tiveram o objetivo de esclarecer o conteúdo do trabalho.

Desta forma, obteve-se também o seqüenciamento das atividades, como mostra a Figura 19. Os itens destacados na figura indicam aqueles que não estavam relacionados na planilha de programação de serviços que a empresa utilizava.

Figura 19 - Delineamento do processo de produção de estrutura



Após o detalhamento do conteúdo do trabalho, as atividades foram organizadas em forma de planilha descritiva e distribuídas em cada um dos dias do ciclo de concretagens. Ao estabelecer o documento desta forma, a intenção era deixar evidente a meta de prazo a ser alcançada, pois ficava claro que todas as atividades seriam concluídas dentro do horizonte de tempo desejado para cada ciclo.

Para algumas atividades, tais como, montagem de armadura de pilares, formas de pilares, e montagem do escoramento das lajes foi identificado certo grau de repetição nas quantidades processadas para cada dia do ciclo, de acordo com o que foi observado em canteiro durante a fase de compreensão. Por exemplo, quanto à montagem de armadura de pilares, no primeiro dia da fase A, a quantidade executada era de 18 pilares. Com relação à montagem do escoramento da laje, observou-se que no quarto dia da fase A, esta montagem ocorria sempre em uma mesma região da laje.

O propósito desta informação foi verificar se a produção apresentava alguma concordância com o volume diário de serviços estabelecido inicialmente pelo engenheiro da obra em sua planilha de programação de serviços. Além disso, como já mencionado, procurava-se analisar a inserção dos pacotes de trabalho a serem concluídos em cada dia como elemento relevante do método.

A planilha descritiva relativa à fase de compreensão continha ainda a indicação de quais atividades necessitavam da grua, de modo que, ao estabelecer o método, fosse mais fácil considerar seu compartilhamento entre as fases da laje e, ainda, conciliar o direcionamento da grua para a concretagens das pré-vigas no pátio de produção.

As dificuldades enfrentadas pela equipe de produção também foram indicadas, com o propósito de que estas pudessem ser minimizadas pela definição do método. Chamava-se atenção para as operações de transporte, não só relacionadas aos materiais, mas também quanto à movimentação de escadas de acesso provisório, bancadas para leitura de projetos, plataformas para concretagem, carrinhos de transporte, enfim, uma série de itens que consumiam um tempo da grua para seu manuseio.

Em síntese, as seguintes informações foram repassadas ao engenheiro da obra:

- (a) conteúdo do trabalho;
- (b) sequência das atividades;
- (c) referências sobre o volume de produção diário para cada atividade;
- (d) atividades que demandam uso da grua;
- (e) dificuldades e deficiências observadas no processo, tais como interrupções constantes no fluxo de produção, transportes demorados, movimentações desnecessárias de materiais e deslocamentos constantes dos operários do posto de trabalho.

Estas informações foram apresentadas e discutidas com o engenheiro da obra na reunião de número 2, da qual participaram também a autora e os dois pesquisadores colaboradores vinculados ao programa de mestrado.

A partir de então, ficou sob a responsabilidade do engenheiro a tomada de decisões específicas, tais como, a divisão do conteúdo do trabalho em pacotes, o tamanho de

cada pacote e o número de operários designados aos mesmos. O engenheiro elaborou, então, a primeira versão da planilha de trabalho padronizado, denominada modelo TP1.

O modelo TP1 é um documento extenso, e por isso, sua visualização completa neste texto fica dificultada. O quadro 3 reflete uma visualização parcial, correspondente ao primeiro dia do ciclo para a fase A da laje e quinto dia para a fase B.

Quadro 3 - Visualização parcial da planilha modelo TP1

PRIMEIRA FASE DA LAJE				SEGUNDA FASE DA LAJE			PRODUÇÃO DE PRÉ-VIGAS			
DIA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.	DIA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.
1º dia	Locação de 18 pilares	Locação gualhos (1 op. + encarregado) - Fixação bases de escoras para pilares (1 op.)	6	5º dia	Desforma da laje do pavimento inferior		11	Descanso das pré-vigas	1 operário sobe para ajudar nos pavimentos	1
	Desforma de bordas	Desforma de bordas (4 op.)			Montagem escoramento BKS (L3 - L4 - L5)	Montando cimbramento (4 op.)				
	Posicionamento de plataformas de periferia	Colocando plataformas (4 op.)			Assoalho e formas plásticas	Montando assoalho e distribuindo formas plásticas (4 op.) - buscando peças do pav. Inferior (3 op.) - 1 operário vem da produção de pré-vigas para o pavimento.				
	Montagem de armadura de 18 pilares	Armadores			Armadura da laje	Armadores - após 12:00h				
	Montagem de formas de pilares (5 a 9 un)	Colocando formas e agulhas (2 op.) - colocando escoras + prumo e esquadro (2 op.) - limpando formas e aplicando desmoldante (2 op.)								
	Posicionamento de pré-vigas (4 a 9 un)	2 op. na cabeça dos pilares + 2 op. segurando escoras + 2 conferindo esquadro								
	Desforma da laje do pavimento inferior									

No primeiro campo da planilha, estava a indicação do dia correspondente do ciclo, de um a sete. No segundo campo, estava a descrição das atividades a serem desenvolvidas no dia correspondente, ou seja, os pacotes de trabalho, relacionados conforme a sequência de execução. Nesta relação, foram incluídas algumas das atividades identificadas pela autora durante as observações em canteiro, as quais não constavam na programação de serviços anteriormente utilizada pela empresa, como destacado na Figura 19. Outras atividades, como o posicionamento de armadura negativa de pré-vigas, nivelamento e arremate das formas de pilares na região de encaixe das pré-vigas e ajuste de alinhamento das pré-vigas após seu posicionamento na estrutura, não foram descritas na planilha TP1, pois se considerou que as mesmas não tinham representatividade significativa no tempo de ciclo do processo.

Para alguns serviços havia a indicação exata do tamanho do pacote a ser processado naquele dia, como por exemplo, na execução de armaduras de pilares do primeiro dia, estava determinado que o pacote correspondia a 18 pilares, tomando como base os parâmetros de quantidade executada coletados na fase de compreensão.

Para execução de formas de pilares e posicionamento de pré-vigas, a opção foi por não fixar o tamanho do pacote a ser concluído, mas apenas estipular uma faixa de valores. Como exemplo, pode-se citar a execução de formas de pilares, que deveria ficar entre 5 a 9 unidades no primeiro dia da fase A.

Segundo o engenheiro, esta forma de indicação do pacote de trabalho foi uma maneira de evitar a rigidez nas definições do método. No entanto, considera-se que esta quantidade variável de unidades a serem processadas poderia gerar dúvidas para a equipe de produção sobre o momento de encerrar um serviço e iniciar o próximo. Além disso, as unidades pendentes se acumulariam aos pacotes de trabalho do dia seguinte, interferindo no tempo necessário para sua conclusão. Se uma das fases da laje solicitar um tempo maior de utilização da grua, em função de pendências do dia anterior, a outra fase será prejudicada, podendo comprometer todo o fluxo de produção.

Embora houvesse a definição sobre quais elementos estruturais correspondiam aos pacotes determinados diariamente (tamanho do pacote), esta informação não estava

explícita na planilha descritiva, devido ao excesso de informações textuais. Por este motivo, foi elaborada uma representação dos serviços sobre a figura de leiaute do pavimento.

Havia um leiaute para cada dia do ciclo, sendo que os pacotes de trabalho estavam representados por cores. Assim, o líder de produção, ao consultar a planilha descritiva, veria que no primeiro dia do ciclo, a equipe deveria, por exemplo, posicionar de 4 a 9 pré-vigas na fase A da laje. Porém, para identificar quais vigas correspondiam a este pacote, precisaria consultar o leiaute, onde estas vigas estariam destacadas conforme a cor atribuída a este serviço.

O terceiro campo da planilha indicava o número de operários alocados em cada pacote de trabalho. Por exemplo, no primeiro dia do ciclo na fase A da laje, deveriam trabalhar 6 operários. Mais detalhadamente, para o pacote de formas de pilares, deveria haver 2 operários posicionando as formas, 2 posicionando as escoras e aferindo prumo e esquadro e os outros 2 operários estariam efetuando a limpeza e aplicação de desmoldante nas formas de pilares. Todos os outros serviços do processo foram detalhados desta mesma forma.

Entende-se que, esta forma de organização dos serviços contempla alguns elementos indicados pela literatura como constituintes do método, tais como:

- a) Definição das atividades constituintes do processo (conteúdo do trabalho);
- b) Sequência de execução das atividades;
- c) Definição dos pacotes a serem processados, ainda que com uma faixa admissível de variação;
- d) Dimensionamento da equipe.

No entanto, alguns elementos do TP ainda não ficaram claramente explícitos, levantando dúvidas quanto à possibilidade de atingir um maior grau de detalhamento nas especificações.

Um dos aspectos que deixou lacunas na especificação foi o *takt-time*. Tendo em vista que o *takt-time* de sete dias para cada pavimento é um valor de tempo longo, este não representava um parâmetro efetivo para o monitoramento da produção. Procurou-se obter um parâmetro de tempo menor que permitisse identificar desvios em relação ao tempo *takt* ao longo da produção e não somente ao final de cada ciclo. Tomou-se, então, cada dia do ciclo

como um parâmetro de monitoramento, ficando claro que a equipe teria o período de nove horas, correspondente à jornada diária de trabalho, para concluir todos os pacotes de trabalho designados para aquele dia. A designação de tarefas diárias foi o menor intervalo de tempo conseguido no estudo de caso. Entretanto, considera-se que um avanço nos estudos poderia levar a especificações mais detalhadas, como por exemplo, a atribuição de tempos para a conclusão de cada um dos pacotes de trabalho ao longo do dia e de pontos intermediários de monitoramento ao longo da duração do pacote.

Com relação à designação das equipes para o cumprimento dos pacotes de trabalho diários, apenas o número de operários foi definido, deixando a cargo dos encarregados de produção, a distribuição das tarefas entre os operários da equipe segundo as habilidades necessárias para cada serviço. Desta forma, entende-se que haveria uma rotina repetida de trabalho para a equipe e não para o indivíduo.

Outro aspecto pouco explorado no modelo TP1 se refere às questões de transporte e armazenagem dos insumos, pois apesar das discussões feitas sobre o assunto, o modelo não contemplava qualquer definição sobre como executá-las.

Quanto à fabricação das pré-vigas, o TP1 continha informações sobre o número de operários alocados nesta função e sobre os momentos de ocorrência das concretagens, levando em conta o uso da grua.

As restrições identificadas na fase de compreensão não foram indicadas como tal no modelo, porém, aquelas relativas ao compartilhamento de recursos foram levadas em consideração para distribuir os pacotes de trabalho entre os dias do ciclo.

Na reunião de número 3, o engenheiro apresentou este modelo TP1 aos pesquisadores para que seus elementos fossem discutidos e validados.

Foram tratadas as seguintes questões:

- a) Necessidade de definir a sequência com que os elementos de cada pacote deveriam ser executados;
- b) Inclusão de definições sobre transporte e armazenagem;
- c) Possibilidade de atribuir funcionários específicos para cada tarefa;

d) Maneiras de melhorar a documentação para facilitar a compreensão do TP.

As definições sobre a sequência para os pacotes e a atribuição dos funcionários foram descartadas pelo engenheiro que julgava não ser necessário chegar a este nível de detalhamento na documentação, considerando que devido ao longo tempo de ciclo e ao número elevado de operários envolvidos, haveria dificuldades em cumprir especificações muito detalhadas.

Além disso, havia o fato de que a concretagem de pilares era considerada como uma data marco, pois representava o momento do ciclo em que a equipe alocada nos trabalhos de pilares e pré-vigas era substituída pela equipe alocada nos trabalhos da montagem da laje. Desta forma, o engenheiro interpretava que, desde que no dia determinado todos os pilares de uma fase estivessem prontos para a concretagem, não importava a ordem em que os serviços anteriores tivessem sido executados. Este argumento fez com que a sequência mencionada para execução dos pacotes definidos no TP1 não fosse especificada como um elemento do método.

Foram acordadas, então, apenas complementações na representação de leiaute, incluindo as áreas disponíveis no pavimento para a armazenagem temporária de materiais e do número de operários alocados em cada fase da laje.

Foi sugerida, ainda, a elaboração de uma rotina de operações para a grua, em função das justificativas já apresentadas na fase de compreensão e com a intenção de evitar a ocorrência de situações de espera da mão de obra e da grua ou interrupções no fluxo de produção.

Esta rotina foi, então, estabelecida no mesmo formato do modelo TP1 e, paralelamente a cada serviço relacionado para os dias do ciclo, eram indicados os insumos que a grua deveria movimentar para abastecer a produção, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Visualização parcial da planilha descritiva da rotina de operações para a grua, constituinte do modelo TP2

Planejamento da Execução da Estrutura – UTILIZAÇÃO DA GRUA							
1ª FASE DA LAJE			2ª FASE DA LAJE			PRÉ-VIGAS	
Dia	Atividade a ser Desenvolvida	Descrição	Dia	Atividade a ser Desenvolvida	Descrição	Atividade a ser Desenvolvida	Descrição
1º Dia	Locação dos Colarinhos de 18 pilares	TRANSPORTAR OS GASTALHOS P/ PAVIMENTO	5º Dia	Escoramentos (BKS) Forração + Fôrmas plásticas Desforma Montagem da ferragem	S/ GRUA – APOIO P/ TRANSPORTE DE PEÇAS S/ GRUA – APOIO P/ TRANSPORTE DE PEÇAS S/ GRUA S/ GRUA – APOIO P/ TRANSPORTE DAS ARMADURAS	Descanso das Pré-Vigas	
	Retirada de borda	TRANSPORTE DE PEÇAS P/ CIMBRAMENTO					
	Colocação plataforma canto + proteção periferia	TRANSPORTE DAS PLATAFORMAS + PROTEÇÕES					
	Colocação das ferragens de 18 pilares	TRANSPORTE DAS ARMADURAS APOIO TRANSPORTE FÔRMAS PLÁSTICAS					
	Fechamento de 5 a 9 pilares	TRANSPORTE FUNDO + TAMPA DAS FORMAS					
	Colocação de 4 a 9 pré-vigas	TRANSPORTE DAS PRÉ-VIGAS					
2º Dia	Fechamento de fôrmas de 13 a 9 pilares	TRANSPORTE FUNDO + TAMPA	6º Dia	Montagem da Ferragem Talisamento da Laje Limpeza + Segurança	S/ GRUA – APOIO TRANSPORTE DE FERRAGEM + TELAS S/ GRUA S/ GRUA	Desforma e retirada das pré-vigas + limpeza do Local	TRANSPORTE DAS PRÉ-VIGAS (utilizar horário do almoço)
	Colocação de 15 a 10 pré-vigas	TRANSPORTE DAS PRÉ-VIGAS					
	Colocação das ferragens pré-vigas	TRANSPORTE DAS ARMADURAS					
	Concretagem de Pilares de 16 pilares	TRANSPORTE DAS PLATAFORMAS DE TRABALHO (ANDAIMES) TRANSPORTE DE CONCRETO (CAÇAMBA)					

É possível notar que a planilha descritiva da rotina da grua trazia a indicação de quais insumos seriam transportados pela mesma, porém, não delimitava o tempo associado a cada uma destas operações de transporte. Também não era possível compreender os momentos de alternância entre as fases A e B e a central de produção de pré-vigas ao longo de um mesmo dia.

A atualização do modelo de TP após estas considerações deu origem ao modelo TP2, que, por sua vez, foi apresentado aos encarregados de produção na reunião de número 4.

O modelo TP2 foi explicado pelo engenheiro a todos os presentes na reunião, enfatizando o cumprimento dos pacotes de trabalho estabelecidos para cada dia do ciclo. E foi, justamente sobre este aspecto relacionado ao dimensionamento dos pacotes de trabalho que os encarregados fizeram suas observações, argumentando que alguns dias apresentavam um volume de produção além do que eles julgavam exequível.

No entanto, ficou acordado que antes de proceder as alterações na distribuição dos serviços, seria feita uma tentativa de seguir o TP da forma como estava.

5.2.3 Fase de implementação

Esta fase teve início com a aplicação de um treinamento sobre o modelo TP2 para os operários e encarregados da equipe de produção, por meio de palestra em sala de aula. A apresentação foi elaborada e transmitida pelo engenheiro da obra, enfatizando que a elaboração do trabalho padronizado representava a tentativa da empresa de conduzir a produção em direção ao cumprimento sistemático do ciclo de sete dias para os pavimentos.

Foi apresentada a planilha descritiva do TP2 com uma explicação sobre a ordem dos pacotes de trabalho a concluir em cada dia do ciclo. Posteriormente, por meio de um fluxograma do processo, houve uma explicação sobre quais pacotes seriam feitos com o uso da grua. Destacou-se a importância de manter um ritmo de trabalho sincronizado entre as duas fases de produção da laje, de forma que ambas pudessem ser atendidas pela grua sem

que ocorressem interrupções frequentes no processo e situações de espera da grua e dos operários.

Conceitualmente, como já mencionado, o uso compartilhado da grua foi considerado como uma restrição. Embora o engenheiro não tenha utilizado este termo durante o treinamento, pode-se dizer que esta restrição foi ressaltada para os operários, pois foram comentadas as dificuldades que poderiam surgir durante a produção em decorrência do uso compartilhado da grua.

Foi, também, apresentada uma descrição técnica sobre o processo de montagem dos pilares, sobre o posicionamento das pré-vigas e sobre a montagem do sistema de escoramento. Durante esta descrição, os principais aspectos ressaltados, considerados como elementos do método, foram:

- (a) O desenho do fluxo de produção;
- (b) A sequência das tarefas dentro de cada pacote;
- (c) Os pontos de ocorrência de inspeção, tais como, os momentos de conferência de prumo e nivelamento dos elementos;
- (d) A quantidade necessária de operários trabalhando em cada tarefa.

Os pontos-chave, relacionados ao nivelamento das pré-vigas ao posicioná-las sobre os pilares, à identificação das formas de borda e das peças do assoalho da laje e ao uso da galga da primeira linha de escoras para a montagem da laje, apesar de não constarem na documentação do TP, foram ressaltados verbalmente aos operários.

Quanto às questões relacionadas ao transporte, não houve explicações detalhadas sobre como proceder. No entanto, o engenheiro chamou a atenção da equipe quanto à necessidade de buscar uma maior organização dos materiais na ocasião das operações de desforma para que o transporte das peças fosse facilitado. Apenas sobre o transporte dos componentes do sistema de escoramento, houve uma orientação específica. A recomendação foi de que as formas plásticas para a laje deveriam ser transportadas manualmente, enquanto os componentes mais pesados, como escoras e vigas metálicas poderiam receber um apoio da grua para o transporte.

Sobre a armazenagem dos materiais, foi feita somente uma recomendação referente aos painéis de forma de pilares, que não deveriam mais ser transportados até o pavimento térreo, mas sim dispostos nas áreas do próprio pavimento, indicadas no leiaute do TP2.

Finalizada a apresentação, os operários foram estimulados a opinar sobre o TP definido. Eles relataram que não tinham dificuldades em compreender tecnicamente o processo e a sequência das atividades, mas sim em conseguir cumprir a quantidade de tarefas definidas diariamente.

Também argumentaram sobre dificuldades relacionadas às más condições de componentes do sistema de escoramento e de equipamentos como vibradores para concreto e carrinhos de transporte danificados. Este aspecto está relacionado à disponibilidade adequada dos *inputs* necessários para que o trabalho possa ser realizado seguindo o método definido.

Após a realização do treinamento, o engenheiro providenciou a exposição da documentação do modelo TP2 no pavimento de trabalho (Figura 20). Teve início, então, a segunda fase de observação das atividades em canteiro, com a duração de sete semanas. Este novo período de observação foi considerado comum às fases de implementação e de avaliação, sendo descrito no tópico a seguir.

Figura 20 - Documentação do modelo TP2 exposta no pavimento de trabalho



5.2.4 Fase de avaliação

A primeira percepção durante este segundo período de observações em canteiro foi que a equipe de produção não consultava a documentação disponibilizada. Porém, quando questionados sobre isso, os encarregados da produção argumentavam que tinham conhecimento sobre a sequência das operações e os prazos para conclusão dos serviços.

No entanto, foram percebidos desvios em relação ao cumprimento dos pacotes de trabalho diários, como por exemplo, no primeiro dia do ciclo para a fase A da laje, no qual o TP2 determinava execução de formas de pilares e o posicionamento de pré-vigas. Durante todos os ciclos observados, desde o segundo até o oitavo pavimento, nenhuma pré-viga era posicionada no primeiro dia, mas a quantidade de formas de pilares concluídas excedia a quantidade prevista para o dia.

Quando questionados, os operários argumentavam que preferiam concluir totalmente as formas dos pilares e somente então, dar início ao posicionamento de pré-vigas. Desta forma, eles agiam segundo sua preferência, ignorando a prescrição do TP2. Este posicionamento da equipe influencia na definição do método, uma vez que os pacotes de trabalho deveriam, então, ser redimensionados entre os dias do ciclo.

Com relação às operações de transporte, foram percebidas algumas melhorias. Ao efetuar a desforma de lajes e pilares, os materiais passaram a ser melhor organizados no pavimento. Peças pequenas, como gachos e tensores, deixaram de ser transportados manualmente e passaram a ser armazenados em caixotes de madeira que eram transportados pela grua, mais rapidamente do que o observado na fase de compreensão.

A orientação sobre transportar sempre manualmente as formas plásticas para laje também foi seguida. No entanto, os demais componentes do sistema de escoramento, como escoras e vigas metálicas continuaram a ser transportados entre pavimentos exclusivamente pela grua. Em algumas ocasiões, houve interrupções na montagem do escoramento, com a mão de obra em situação de espera, aguardando a disponibilidade da grua para efetuar estes transportes.

A melhoria observada quanto à organização dos materiais fez com que o pavimento ficasse mais limpo e desimpedido, o que, por sua vez, permitiu a utilização mais freqüente dos carrinhos de transporte horizontal de materiais que estavam disponíveis na obra. O uso dos carrinhos auxiliou, principalmente, a montagem do sistema de escoramento, pois as vigas metálicas e escoras passaram a ser movimentadas em maior quantidade e com mais facilidade pelos operários. Notou-se que estas ações adotadas pela equipe de produção, relacionadas à limpeza do ambiente de trabalho e à organização dos materiais, ajudaram a equipe a realizar os transportes com menos esforço físico e em melhores condições de segurança (Figura 21).

Figura 21 - Utilização de carrinhos para transporte em área de trabalho organizada



A maioria das formas de pilares passou a ser armazenada no próprio pavimento enquanto aguardavam a próxima utilização, como definido no TP2 (Figura 22). Apenas algumas peças, que esperavam um tempo maior para reutilização, continuavam sendo levadas até o pavimento térreo, mas o tempo de utilização da grua para este transporte foi reduzido.

Figura 22 - Limpeza na área de trabalho e armazenagem de formas no pavimento



As críticas feitas pelos operários com relação ao estado de conservação de alguns materiais e ferramentas foram ouvidas, uma vez que, já no primeiro ciclo após o treinamento, a empresa providenciou novos componentes do material de escoramento em substituição àqueles que estavam danificados. Entende-se esta providência da empresa como uma ação voltada a disponibilizar adequadamente os *inputs* para que o método definido pudesse ser seguido.

Apesar das melhorias quanto à organização dos materiais, ainda foram observadas dificuldades quanto à disponibilidade dos recursos para que as tarefas fossem executadas sem interrupções. Isto não significa que os recursos não estivessem disponíveis na obra, mas sim que não eram levados aos postos de trabalho de maneira sistemática e no momento necessário. Operários constantemente se deslocavam do posto de trabalho em busca de ferramentas ou materiais para a realização da tarefa. Além disso, a responsabilidade pelo abastecimento dos postos de trabalho com os recursos necessários não era atribuída a operários específicos, representando um ponto do trabalho sujeito à variabilidade.

Esta constatação novamente levantou dúvidas sobre a possibilidade de efetuar a atribuição específica de tarefas aos operários, ou seja, determinar que as operações de transporte e abastecimento dos postos de trabalho fossem feitas pelos mesmos operários, como forma de evitar que os demais, alocados em operações de processamento, tivessem que

interromper a tarefa e se deslocarem em busca dos recursos dos quais necessitam.

Quanto às restrições, aquelas relacionadas ao compartilhamento de materiais foram em parte removidas, pois a empresa optou por providenciar formas de bordas e material de escoramento (escoras, vigas metálicas, assoalho de madeira e formas plásticas) em quantidade suficiente para a execução de toda a área do pavimento. Assim, com relação a estes materiais deixou de existir uma relação de dependência entre as fases de execução da laje. Este fato evidencia que a remoção de restrições resulta em menor rigidez do método, como ressaltado por Kondo (1991), mas não necessariamente implica uma alteração do mesmo.

Neste caso, a remoção da restrição não teve repercussão benéfica na produção, pois a grua continuava a ser um recurso compartilhado. Em função desta dependência da grua, era imperativo manter a defasagem entre as fases da laje para evitar a ocorrência de atividades iguais na mesma fase. Sendo assim, a produção continuou no mesmo ritmo, independentemente de haver materiais disponíveis para todo o pavimento.

Com relação aos pontos-chave destacados no treinamento, foram evidenciadas repercussões positivas na produção. Para as formas de bordas, os operários efetuaram a identificação das peças com o número correspondente das vigas em que seriam utilizadas. Além disso, os painéis somente eram retirados do pavimento inferior no momento de sua próxima utilização, evitando a armazenagem provisória, em que os painéis poderiam se misturar de forma desordenada. Como resultado, a execução destas formas passou a ser concluída dentro do período de um dia de trabalho para cada uma das fases da laje, sem acumular pendências para o dia posterior, como determinava o modelo TP2.

A obediência a este ponto-chave repercutiu no trabalho dos operários no que se refere à simplificação das tarefas, redução do esforço físico e redução de retrabalho ao eliminar o processo de tentativa e erro no procedimento de montagem das formas.

Já, com relação ao nivelamento das formas de pilares na região de encaixe das pré-vigas, destacado como um ponto-chave de qualidade, foi constatado que a equipe, por decisão própria, deixou de efetuar o nivelamento da forma e passou a utilizar as escoras da viga para ajustar o nível, utilizando equipamento de nível a laser, em detrimento da mangueira

de nível. De fato, esta era a maneira de executar o posicionamento das pré-vigas segundo o procedimento documentado do SGQ. No entanto, relatos dos operários mostraram que eles julgavam o nivelamento por meio das escoras um procedimento mais suscetível a imprecisão.

Com a alteração do procedimento de posicionamento das pré-vigas, a precisão de nivelamento das mesmas deixou de ter relação com o nível das formas de pilares onde elas encaixariam. Desta forma, o ponto-chave de qualidade, relacionado a esta atividade deixou de existir. Esta observação ressalta o fato de que, alterações no método de trabalho podem alterar a maneira com que as características de qualidade do produto são atingidas e devem conduzir a uma atualização do padrão.

Quanto à fabricação das pré-vigas, a equipe não estava conseguindo executar a concretagem das mesmas nos dias previstos no TP2. Desta forma, em outros dias do ciclo era preciso deslocar a grua para esta concretagem, fazendo com que o trabalho nos pavimentos se desviasse ainda mais do TP2. A falta de regularidade na concretagem das pré-vigas fez com que o lote de vigas em estoque no pavimento térreo ficasse oscilante, o que corresponde a uma variação na quantidade padrão de trabalho em progresso. A ocorrência desta variação denota oscilações nos tempos de ciclo dos postos de trabalho anteriores ou posteriores, indicando desvios em relação ao *takt-time*.

Nesta fase de avaliação, dois novos pontos-chave foram identificados. O primeiro refere-se à integração entre as duas fases de produção da laje. O término da fase A e liberação para sua concretagem depende da montagem de dois pilares localizados na fase B. Isto porque, somente com a forma destes dois pilares posicionadas torna-se possível completar as pré-vigas da fase A e iniciar a montagem do escoramento nesta região de interface entre as duas fases. Sendo assim, no primeiro dia do ciclo da fase B, deve-se dar prioridade à montagem destes dois pilares. Uma vez que este aspecto influencia claramente no alcance da meta de prazo, pode ser associado a um ponto-chave de produtividade para a estrutura.

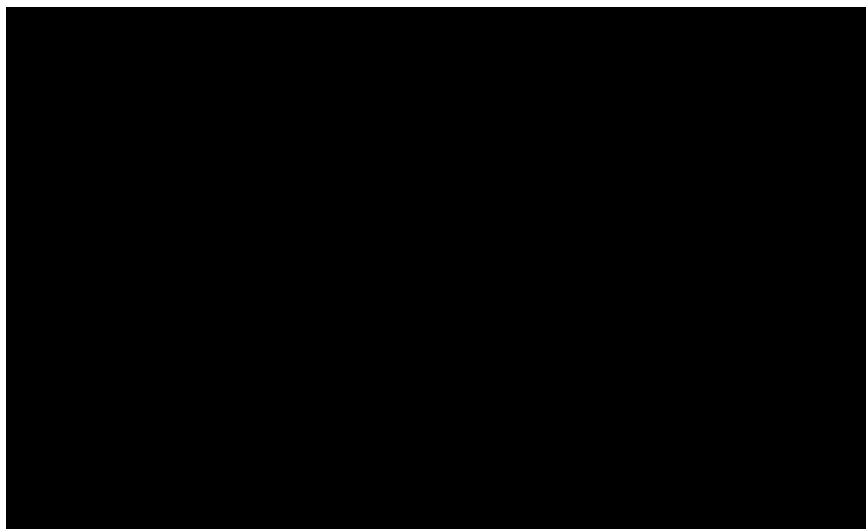
O segundo ponto-chave refere-se à concretagem dos pilares, que acontece sempre simultaneamente em dois pilares. Isto porque, a cada 40cm de concreto lançado é feita a operação de vibração. Enquanto um pilar está sendo vibrado, a grua lança concreto em outro pilar, evitando a situação de espera. O lançamento e a vibração vão sendo alternados até

finalizar os dois pilares. Sendo assim, é ideal que estes dois pilares sejam próximos para otimizar o deslocamento da grua entre eles e ainda diminuir a movimentação das plataformas de trabalho que os operários utilizam para a concretagem. Este aspecto, concretagem simultânea de dois pilares, foi então considerado como um ponto-chave com repercussão na produtividade.

O reconhecimento destes novos pontos-chave na fase de avaliação levou ao entendimento de que a identificação dos mesmos é dependente de uma observação minuciosa do processo, complementada por relatos dos operários sobre a maneira como as tarefas são executadas. Pode-se afirmar, ainda, que a evolução do conhecimento sobre o processo deve conduzir à identificação de maior quantidade de pontos-chave e, conseqüentemente, a um método mais rígido.

Ao encerrar a fase de avaliação, procedeu-se uma síntese dos dados coletados durante todo o período do estudo, desde o segundo pavimento até o oitavo, como é possível observar na Figura 23.

Figura 23: Duração dos ciclos de execução dos pavimentos



Os dados demonstram que nenhum dos ciclos foi concluído em conformidade com o *takt-time* de sete dias. No entanto, a partir do quinto pavimento, ou seja, após o treinamento realizado para implantação do TP, os ciclos foram mais curtos que aqueles correspondentes à fase de compreensão. Além disso, o tempo de ciclo manteve-se estável por

três pavimentos consecutivos, com a duração de dez dias.

As informações coletadas neste segundo período de observações foram organizadas e apresentadas ao engenheiro da empresa na reunião de número 5, com o propósito de identificar as adequações necessárias no modelo de TP. Também foi discutida a relevância dos elementos conceituais até então identificados, tais como: (a) a definição exata do tamanho dos pacotes a serem processados em cada dia, eliminando a faixa de variação que poderia resultar no acúmulo de tarefas pendentes de um dia para outro; (b) os benefícios da determinação da sequência em que os elementos de cada pacote deveriam ser executados; e, (c) a possibilidade da atribuição específica de tarefas aos operários, como foi levantado para as operações de transporte.

Após a avaliação feita pelo engenheiro acerca das informações a ele apresentadas, ocorreu a sexta reunião, oportunidade em que o mesmo sugeriu algumas alterações na documentação que deram origem ao modelo TP3, parcialmente ilustrado no Quadro 5.

Primeiramente, os pacotes de trabalho diários foram revistos e redistribuídos ao longo dos dias do ciclo, atendendo à solicitação da equipe para que um serviço fosse totalmente concluído antes de dar início ao próximo. Além disso, cada pacote de trabalho constante no dia teve seu tamanho exato definido, como indicam as setas vermelhas no Quadro 5. As unidades correspondentes estavam demarcadas na representação de leiaute.

Quadro 5 - Visualização parcial da planilha do modelo TP3

PRIMEIRA FASE DA LAJE				SEGUNDA FASE DA LAJE			PRODUÇÃO DE PRÉ-VIGAS			
DIA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.	DIA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (Pacote de trabalho)	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE	QUANT. OPER.
1º dia	Locação de 18 pilares (P15 ao P32)	Locação gualhos (1 op. + encarregado) - Fixação bases de escoras para pilares (1 op.)	6	5º dia	Desforma da laje do pavimento inferior		11	Descanso das pré-vigas	1 operário sobe para ajudar nos pavimentos	1
	Desforma de bordas	Desforma de bordas (2 op.)			Montagem escoramento BKS (L3 - L4 - L5)	Montando cimbramento (4 op.)				
	Posicionamento de plataformas de periferia (4 un)	Colocando plataformas (4 op.)			Assoalho e formas plásticas	Montando assoalho e distribuindo formas plásticas (4 op.) - buscando peças do pav. Inferior (3 op.) - 1 operário vem da produção de pré-vigas para o pavimento.				
	Montagem de armadura de 18 pilares (P15 ao P32)	Armadores			Armadura da laje	Armadores - após 12:00h				
	Montagem de formas de 16 pilares (P17 ao P32)	Colocando formas e agulhas (2 op.) - colocando escoras + prumo e esquadro (2 op.) - limpando formas e aplicando desmoldante (2 op.)								
	Desforma da laje do pavimento inferior									

Para a montagem do escoramento das lajes foi feita uma delimitação no leiaute, dividindo a área de laje de cada fase em setores numerados. Cada dia do ciclo que continha este serviço trazia também a indicação do setor correspondente. Esta delimitação foi a maneira encontrada para indicar o ponto de partida e o avanço seqüencial para este serviço, visto que era necessário mais de um dia para sua conclusão.

O ponto-chave referente à execução prioritária de dois pilares da fase B foi considerado importante pelo engenheiro e foi, então, incluído na planilha descritiva do modelo como um ponto a ser obedecido no primeiro dia do ciclo da fase B.

Outra alteração significativa foi que, ao estabelecer os pacotes de trabalho diários, foi definida também a sequência com que as unidades de cada pacote deveriam ser executadas, como sugerido na reunião de número 5. A partir de então, haveria uma ordem específica para montagem e concretagem de pilares, para posicionamento de pré-vigas e montagem do escoramento de lajes. A definição desta sequência levou em consideração os seguintes aspectos:

- (a) Redução das distâncias entre os elementos, minimizando deslocamentos da grua e dos operários;
- (b) Terminalidade de serviços por setores do pavimento, reduzindo, assim, o tamanho dos lotes e a possibilidade de iniciar nova frente de trabalho de maneira seqüencial;
- (c) O princípio de que a produção em pequenos lotes auxilia na redução do tempo de ciclo.

Para exemplificar, pode-se citar a execução de formas de pilares. Executando as formas conforme a sequência determinada pelo TP3, haveria a formação de setores na laje. Caso, por algum motivo, a equipe não conseguisse concluir as demais formas de pilares, o próximo serviço, correspondente ao posicionamento de pré-vigas poderia ser iniciado ao menos no setor onde as formas estavam concluídas.

Nesta etapa de aprimoramento do TP, foi sugerida, ainda, uma maneira de facilitar o entendimento da sequência para a execução dos pacotes de trabalho. A representação em leiaute foi atualizada, além da elaboração de um diagrama que seria disponibilizado no pavimento de trabalho. Cada dia do ciclo teria um diagrama

correspondente, indicando os serviços a serem cumpridos nas duas fases de execução da laje, de acordo com a ordem definida no TP3. Esta forma de representação tinha o propósito de facilitar a visualização dos pacotes de serviços diários e controlar a produção.

Os diagramas estariam preenchidos com as cores atribuídas aos serviços, como o modelo da Figura 24, representando a meta de produção do dia. O encarregado de produção ficaria responsável por indicar no diagrama os elementos que fossem concluídos ao longo do dia. Ao fim do dia, haveria uma comparação entre os serviços que foram, de fato, concluídos com a representação do quadro, identificando quais deles ficaram pendentes e seriam acumulados para o dia seguinte do ciclo.

Figura 24 - Diagrama de controle diário da produção

NECESSÁRIO PARA DIA 1			NECESSÁRIO PARA DIA 5			LEGENDA
FASE 1			FASE 2			
PILARES	PRÉ-VIGAS	LAJE	PILARES	PRÉ-VIGAS	LAJE	
P17	V509-2A	L1	P10	V509-1C	L1	ARMADURA PILAR
P20	V504-2	L2	P13	V509-2C	L2	FÔRMA PILAR
P19	V507-2	L3	P14	V504-4	L3	PILAR CONCRETADO
P28	V502-2	L4	P5	V507-4	L4	PILAR DESFORMADO
P29	V508-2	L5	P4	V502-4	L5	PV POSICIONADA
P25	V503-2A	L6	P8	V508-4		BORDA COLOCADA
P30	V501-2A		P3	V501-3B		BKS MONTADO
P26	V503-2B		P7	V503-3B		FORRAÇÃO + CUMBUCA
P31	V501-2B		P2	V501-3A		ARMAÇÃO + PROTENSÃO
P27	V508-1		P6	V503-3A		LAJE CONCRETADA
P32	V502-1		P1	V508-3		
P24	V507-1		P9	V502-3		
P23	V504-1		P11	V507-3		
P21	V509-1A		P12	V504-3		
P22	F4-2			F4-3		
P18	V509-2B					
P15	V509-1B					
P16	V505-2					
	V505-3					
	V510					
	V506					

A Figura 24 mostra o diagrama válido para o primeiro dia do ciclo para a fase A da laje, que por sua vez, corresponde ao quinto dia da fase B.

Nota-se que, na fase A deveriam ser posicionadas todas as armaduras de pilares, do P15 ao P32, mas seguindo a ordem relacionada no diagrama. A mesma ordem valeria também para executar as formas dos referidos pilares. O P15 e P16 não receberiam formas neste dia.

Para a fase B, todos os pilares estariam desformados e serviços diferentes ocorreriam nos diversos setores em que a laje foi dividida. No setor L1 estaria sendo executada a armadura. No setor L2 a execução de formas de bordas, enquanto nos setores L3, L4 e L5 seriam executados o assoalho e distribuição das formas plásticas.

Ao identificar as pendências no final de cada dia, a equipe exerceria um monitoramento em um intervalo menor de tempo e os desvios em relação ao TP3 seriam percebidos mais rapidamente. Em adição, a equipe deveria buscar a causa do atraso ocorrido, de forma a evitar sua recorrência no próximo ciclo. Desta forma, haveria um estímulo para a identificação e resolução de problemas para que o TP fosse constantemente aprimorado.

A busca pelas causas dos problemas deveria conduzir os líderes a capturar dados sobre as fontes de variação de um ciclo para outro e a uma análise sobre os elementos do método padronizado, como por exemplo, a distribuição das tarefas entre os operários e o compartilhamento de recursos.

Outra sugestão para o refinamento do TP foi a definição de um *kit* de recursos, relacionado a cada um dos pacotes a serem executados diariamente. Por exemplo, para um dia em que fosse determinada a montagem de formas dos pilares, haveria também a informação sobre o número de escoras, de bases de fixação das escoras, de tensores, enfim, de todos os itens necessários para concluir o pacote especificado.

Desta forma, a definição do *kit* de recursos representaria um elemento do método padronizado, justificado pela possibilidade de melhor gerenciar a disponibilidade de recursos e evitar esperas ou os deslocamentos dos operários do posto de trabalho para buscar materiais ou ferramentas, como foi constatado durante as observações. Além disso, os resultados corroboraram as afirmações de Ronen³ (1992, apud KOSKELA, 2000) de que a

³Ronen,B. (1992). The complete kit concept. International Journal of Production. 30 (10). 2457-2466.

indisponibilidade do *kit* para cumprimento dos pacotes de trabalho leva à execução da tarefa em condições desfavoráveis, ou à perda do tipo *making-do*. Considerando que o método padrão corresponde à melhor forma conhecida até o momento para execução da tarefa, a indisponibilidade do *kit* leva a dificuldade no cumprimento deste método. Destaca-se, ainda, que a definição da quantidade de materiais necessários para a tarefa foi um dos elementos citados por Currie (1997) e por Ballard e Tommelein (1999) quando se referiram à especificação de um trabalho.

Apesar das alterações efetuadas, o modelo TP3 não foi comunicado à equipe de produção, devido a dificuldades da empresa com relação à disponibilidade de tempo do engenheiro e da própria equipe.

O não cumprimento dos ciclos da estrutura provocou um atraso no cronograma da obra que impedia a empresa, neste momento, de prosseguir com a inserção do TP, visto que as ações de implementação demandariam um tempo para realização de um novo treinamento e, principalmente, um monitoramento do trabalho diário. A necessidade de testes e ajustes no TP e conscientização dos operários com vistas à adesão ao TP poderia levar a ciclos ainda mais lentos nesta nova tentativa de implementação, situação que a empresa não tinha possibilidade de admitir.

Encerrando o estudo de caso e, tendo em vista o objetivo de identificar o conteúdo do TP quando aplicado na construção civil, foi elaborado o Quadro 6 que ilustra as especificações consideradas relevantes para a estabilidade do processo produtivo.

Quadro 6 – Especificações relevantes para a estabilidade da produção na construção

	META	RESTRIÇÕES	MÉTODO	PONTOS-CHAVE	TRABALHO EM PROGRESSO
FASE DE COMPREENSÃO	Ciclo de concretagens de 7 dias (<i>takt-time</i> do processo)	Compartilhamento grua	Padrões de inspeção: nível, prumo, alinhamento, EPIs, proteções de periferia		Estoque padrão de pré-vigas
		Compartilhamento formas de pilares e materiais de escoramento	Padrões de operação: tempo para desforma, reescoramento de lajes, travamento lateral de pré-vigas		
		Idade de 7 dias para uso das pré-vigas	Identificação de operações de processamento		
			Sequência técnica do processo		
MODELO TP1			Conteúdo detalhado do processo (operações de processamento, inspeção e transporte)	Galga para posicionamento de escoras do sistema de lajes	
			Sequência detalhada das operações	Identificação das peças do assoalho da laje	
			Lotes de produção diários para cada serviço (faixa de valores)	Identificação das formas de bordas de vigas	
			Operações que necessitam de grua	Nível das formas de pilares nos encaixes de pré-vigas	
			Atividades que afetam a produção da estrutura (bandejas de proteção coletiva, produção de pré-vigas, subidas da torre da grua)		
			Dimensionamento da equipe de produção		
			Distribuição dos operários por dia e por serviço		
MODELO TP2			Definição de áreas de armazenagem de materiais no pavimento		
			Definições sobre as operações de transporte		
			Rotina de operações para a grua		
MODELO TP3		Restrição de compartilhamento de formas de borda e de materiais de escoramento (REMOVIDA)	Definição exata dos lotes de produção por dia e por serviço	Ponto-chave do nivelamento das formas de pilares (EXCLUÍDO)	
			Sequência para execução dos elementos de cada pacote de trabalho	Ponto-chave de prioridade na execução dos pilares P10 e P13 Ponto-chave de concretagem simultânea de pilares	

5.3 Resultados

Uma das constatações durante o desenvolvimento do estudo foi que o processo de definição do trabalho padronizado, como relatado na literatura, está estreitamente relacionado com a identificação das fontes de variabilidade e dos pontos do processo passíveis de melhoria, uma vez que os modelos de TP desenvolvidos representaram a base sobre a qual a produção passou a ser monitorada. A cada revisão dos modelos de TP, novas informações sobre o conteúdo do trabalho eram esclarecidas, aprofundando o conhecimento sobre o processo produtivo e evidenciando os aspectos que dificultavam o alcance da meta de prazo.

Tendo em vista o caráter ainda exploratório dos elementos do TP para a construção civil e a identificação de especificações importantes neste contexto, mas que não são apontadas na literatura do STP, optou-se por apresentar o conteúdo do TP categorizado segundo os componentes genéricos do padrão: meta, restrições e método (Quadro 7). Posteriormente, será apresentada uma análise comparativa entre o conteúdo do TP encontrado nesta pesquisa frente aquele citado na literatura.

Quadro 7: Conteúdo do TP na construção civil

ELEMENTO CONCEITUAL	ESPECIFICAÇÕES RELACIONADAS
META	Características do produto final conforme requisitos dos clientes
	Objetivos atrelados aos critérios competitivos valorizados pela organização (prazo, custo)
RESTRICÇÕES	Compartilhamento de recursos (materiais, equipamentos e mão de obra)
	Condições requeridas para uso de materiais ou componentes
	Quantidade padrão de estoque em processo
MÉTODO	Atividades constituintes do processo
	Sequência técnica para as atividades
	Pacotes de trabalho 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

Com relação às metas, ficou evidente que sua explicitação é importante para a definição do TP, pois as demais especificações se configuram em função da meta eleita como prioritária.

As restrições apontadas baseiam-se na definição adotada nesta pesquisa, referente a aspectos que impõem limitações ao desempenho do processo produtivo. A existência de recursos compartilhados, por exemplo, tinha uma repercussão importante na definição do desenho do fluxo de produção, uma vez que a ordem de precedência ou possibilidade de execução em paralelo dos pacotes de trabalho estava associada à disponibilidade dos materiais.

A restrição referente às condições de uso de materiais ou componentes foi considerada como componente do TP devido à constatação de que a idade mínima para uso das pré-vigas foi um fator que afetou o desempenho da produção, uma vez que em alguns

ciclos a velocidade de produção nos pavimentos ficou condicionada ao ritmo em que as pré-vigas eram liberadas para uso. Esta situação ocorreu em decorrência da inobservância ao estoque padrão de pré-vigas definido no TP. Diante desta constatação, entende-se que a quantidade padrão de estoque pode ser considerada como uma restrição, uma vez que o processo produtivo deveria evoluir respeitando o limite de estoque definido.

As especificações que compõem o método constituem as respostas para perguntas que conduzem ao entendimento de como o processo produtivo deve acontecer:

- Qual é o conteúdo do trabalho, ou seja, as atividades que compõem o processo?
- Como são compostos os pacotes de trabalho?
- Quais são as condicionantes do processo produtivo?
- Como é o desenho do fluxo de produção, isto é, os pacotes de trabalho são executados de forma seqüencial ou paralela?
- Em que ordem as atividades devem ser organizadas dentro de cada pacote?
- Quem deve executar cada pacote?
- Quais são os pontos do trabalho que exigem precisão na execução?
- Quais são os pontos de monitoramento dentro de cada pacote para verificar o atingimento de metas?
- Que características devem ser atingidas no produto final?
- Quais são os recursos necessários?
- Como os recursos são transportados?
- Como os recursos são armazenados no posto de trabalho?

Na fase de compreensão foi possível perceber que algumas atividades do processo não estavam explícitas e este fato prejudicava a compreensão do volume diário de atividades a cumprir. Diante desta constatação, a identificação detalhada das atividades do processo e a seqüência para execução das mesmas foram consideradas especificações essenciais para o TP, assim como ressaltado por Spear e Bowen (1999) e o Productivity Press Development Team (2000).

Uma vez identificado o conteúdo do processo, tornou-se necessário segmentá-lo em pacotes de trabalho, uma vez que cada atividade do processo associava-se a vários elementos da estrutura, como por exemplo, a atividade de montagem de armadura de pilares

que contemplava a execução de 32 pilares em cada pavimento da estrutura. Devido a esta característica foi necessário especificar, de forma mais detalhada, quais seriam as unidades executadas em cada dia do ciclo, dividindo-as em tantos pacotes de trabalho quanto necessário.

Após o estabelecimento dos pacotes de trabalho, os mesmos foram distribuídos ao longo do período delimitado pelo *takt-time* (sete dias), definindo aqueles que poderiam ser executados de forma paralela e aqueles que deveriam obedecer a uma ordem de precedência. Esta organização para execução dos pacotes refere-se ao desenho do fluxo de produção, conforme mencionado por Cheng et al (1995).

Uma vez que vários pacotes precisariam ser concluídos a cada dia, ficou evidente a necessidade de determinar o número de operários designados a cada pacote, a partir da composição total da equipe de produção.

Para que cada pacote de trabalho pudesse ser executado de forma adequada e em direção às metas de qualidade e de tempo, observou-se a necessidade da disponibilidade dos *inputs* citados por Koskela (1992). Desta forma, a especificação de um *kit* de recursos para cada pacote foi incluída no conteúdo do TP. Esta especificação foi respaldada também pelas observações em canteiro sobre as constantes interrupções no fluxo de produção decorrentes dos deslocamentos dos operários em busca de materiais e ferramentas das quais necessitavam.

Ainda com a intenção de oferecer condições adequadas ao cumprimento dos pacotes, as especificações sobre a maneira de transportar e armazenar os recursos listados em cada *kit* mostraram-se relevantes como forma de organizar o abastecimento dos postos de trabalho, explicitando, principalmente, os transportes que seriam efetuados manualmente ou com o auxílio da grua.

Diante da importância do equipamento grua na execução de determinados pacotes e na disponibilização dos *kits* de recursos, a especificação de uma rotina de operações com foco neste equipamento foi incluída como conteúdo do TP.

As observações em canteiro mostraram, também, que o cumprimento dos

pacotes de trabalho era dificultado pela ocorrência de erros, retrabalho ou dificuldades na execução de atividades específicas de cada pacote, tais como, posicionamento preciso das escoras das lajes ou encaixe das formas de borda. Diante destas dificuldades, a especificação dos pontos-chave poderia contribuir para ressaltar a necessidade de precisão nestas atividades, como ressaltado por Liker e Meier (2007), e conduzir à execução correta das mesmas, evitando as perdas mencionadas.

Uma vez que um ponto-chave fosse obedecido, entende-se que a atividade a ele associada atingiria uma característica da qualidade que foi considerada importante no processo produtivo, seja em termos de qualidade do produto, tempo, custo ou segurança. Porém, mesmo as atividades que não tenham associação com algum ponto-chave precisam atingir resultados que assegurem as características definidas para o produto final, neste caso a estrutura de concreto.

Finalizando a descrição do conteúdo do TP, pode-se afirmar que especificações referentes ao tempo para a produção foram valorizadas. Considerando que um determinado tempo de ciclo precisava ser atingido foi necessário estabelecer pontos de monitoramento do tempo com o intuito de auxiliar o cumprimento da totalidade dos pacotes designados para cada dia do ciclo.

Cabe ressaltar, no entanto, que as especificações identificadas são dependentes das condições de cada obra e, algumas delas, poderão se mostrar mais ou menos relevantes quando aplicadas a outros processos.

5.3.1 As especificações do TP

No capítulo 3, foram discutidos dois tipos principais de padrões: o padrão técnico de processo (PTP) e o procedimento operacional (PO), ambos referenciados como instrumentos para a transmissão das especificações definidas no nível gerencial aos operários. O PTP ilustra o fluxo dos materiais, desde a matéria prima até o produto final, enquanto no PO o foco está nas ações das pessoas ao executar cada uma das atividades constituintes do processo.

Analisando os elementos do TP apresentados no Quadro 7, entende-se que o mesmo pode ser considerado como um padrão intermediário entre o PTP e PO, uma vez que, contém especificações relacionadas ao processo e às operações. Sendo assim, a documentação do TP tanto fornece informações para que os supervisores, neste caso, os encarregados de produção, possam exercer controle sobre o processo, identificando a ocorrência de desvios e suas causas, quanto fornece informações à equipe de operários sobre como devem proceder na execução das tarefas.

De forma resumida, o conteúdo do TP identificado nesta pesquisa contemplou: (a) o desenho do fluxo de produção; (b) especificações relativas a cada pacote de trabalho, e (c) especificações que contribuem para a estabilidade de execução dos pacotes estabelecidos. Este conteúdo será explicado, mais detalhadamente, na sequência deste tópico, procurando esclarecer as relações das especificações com o PTP e com o PO.

O TP traz como especificação inicial, a determinação do conteúdo do trabalho, ou seja, a identificação das atividades que compõem o processo produtivo, como por exemplo, montagem de armadura e formas de pilares, concretagem dos pilares, posicionamento de pré-vigas, montagem de escoramento das lajes, enfim, todas as atividades para conclusão de um pavimento de estrutura. Estas atividades foram organizadas de forma sequencial, tendo como ponto de partida as características do sistema construtivo, que determina a ordem técnica de precedência das tarefas.

O desenho do fluxo de produção levou em consideração as restrições existentes, especialmente aquelas relacionadas ao compartilhamento de recursos. Destaca-se que as restrições puderam ser identificadas na fase inicial do estudo, uma vez que existiam em decorrência das decisões tomadas pela empresa durante o planejamento do sistema de produção, tais como: (a) os tipos de equipamentos utilizados e como estes deveriam ser compartilhados entre as etapas da obra; (b) projeto de canteiro de obras, repercutindo, por exemplo, na necessidade da grua para a concretagem das pré-vigas na central de produção; (c) forma de contratação da mão de obra, definindo quais atividades da obra ficariam sob a responsabilidade da mesma equipe de operários alocados na estrutura. Na obra analisada, estas decisões já estavam consolidadas quando foi iniciado o processo de definição do TP, porém, de forma ideal, deveriam ser tomadas em função da meta prioritária que direciona o estabelecimento do TP.

O desenho do fluxo de produção é uma especificação associada ao processo e que está fortemente relacionada com o estabelecimento de uma rotina de operações para a grua, que determinava como este equipamento deveria interagir com a mão de obra alocada nos vários pacotes de trabalho, favorecendo o cumprimento dos mesmos de forma sincronizada entre as duas fases de execução da laje. A rotina da grua trata-se de uma especificação voltada à operação, uma vez que, descreve as ações do operador da grua em cada dia do ciclo, abastecendo os postos de trabalho com os insumos necessários, de forma a evitar situações de espera de qualquer um dos agentes do trabalho.

A adequação da rotina da grua à rotina das equipes responsáveis por cada pacote pode, ainda, ser considerada semelhante ao diagrama homem-máquina, referenciado por Barnes (1977) como uma ferramenta de análise das operações coordenadas entre mão de obra e equipamentos. Esta análise permitia identificar os momentos em que a grua deveria dedicar-se às operações de transporte para alimentar os pacotes de trabalho, ao auxílio da mão de obra na execução de determinado pacote de trabalho e os momentos oportunos para deixar a produção nos pavimentos e atender a produção de pré-vigas no pátio de concretagem.

Com relação a cada pacote de trabalho, foram estabelecidas as seguintes especificações: tamanho do pacote, número de operários designados ao pacote e a sequência em que as unidades do pacote deveriam ser concluídas.

O estabelecimento de uma rotina de operações para os operários dentro de cada pacote, como preconiza a literatura do STP, mostrou-se dificultado, em função do elevado número de operários envolvidos e alternância dos mesmos entre os diversos pacotes que compunham o processo produtivo. Por exemplo, uma equipe de seis operários iniciava a execução de um pacote de formas de pilares. Após concluir o posicionamento dos painéis de forma, apenas dois integrantes do grupo continuavam as tarefas de travamento dos painéis e conferência de prumo e esquadro. Os outros quatro operários passavam a executar o pacote de posicionamento de pré-vigas. Posteriormente, os operários voltavam a se unir, para executar o pacote de concretagem dos pilares. Além destas dificuldades, havia, também, uma resistência por parte do engenheiro e da própria equipe em seguir especificações muito detalhadas, voltadas a cada operário.

No entanto, ainda que a equipe tivesse autonomia de se organizar para executar cada pacote, era necessário que houvesse estabilidade no cumprimento dos mesmos. Neste sentido, a distribuição de vários pacotes dentro do período de um dia delimitou uma meta de tempo para a equipe. Ou seja, para que a produção evoluísse em concordância com o *takt-time*, ao final do dia, todos os pacotes designados deveriam ser concluídos. Qualquer pendência indicaria um desvio em relação ao TP. Como este monitoramento seria efetuado dia a dia, haveria possibilidade de identificar as causas dos desvios e tomar medidas corretivas antes do término do ciclo.

Além de delimitar o conjunto de pacotes dentro de cada dia, destaca-se, também, a importância de estabelecer o tempo disponível para conclusão de cada pacote e uma forma de monitoramento deste tempo. Considerando que houvesse a determinação de que um pacote relativo à armadura de 18 pilares devesse ser cumprido no período de uma manhã, seria importante estabelecer um parâmetro de monitoramento dentro do pacote. Se, por exemplo, até as 10 horas da manhã, não houvesse a conclusão de 50% dos pilares, havia indícios de que a conclusão dentro do tempo estipulado não seria possível, impulsionando ações no sentido de corrigir o ritmo da produção. Cabe ressaltar que, nesta pesquisa, não houve a determinação dos tempos para conclusão de cada pacote e dos pontos de monitoramento. Porém, estas especificações foram incluídas no conteúdo do TP por terem se mostrado relevantes, uma vez que repercutiam na rotina da grua, na estabilidade do tempo de execução dos pacotes e do tempo de ciclo adequado ao *takt-time*.

A necessidade de estabilizar a execução dos pacotes resultou, também, em outras especificações voltadas a reduzir a incerteza quanto às condições para a realização das tarefas, no sentido de disponibilizar todos os *inputs* necessários para o início de cada pacote. Como exemplo destas especificações cita-se a definição dos *kits* de recursos para cada pacote de trabalho e de como estes *kits* deveriam ser transportados e armazenados na área de trabalho. Entende-se que a identificação dos recursos, o levantamento das quantidades necessárias e a determinação de onde devem ser dispostos, são especificações que tem como foco o processo, pois visam assegurar o fluxo de recursos para alimentação dos pacotes. Já as decisões relativas à maneira como estes recursos seriam transportados até o local de utilização (manualmente ou utilizando a grua) ou a designação de operários específicos para realizar estes transportes são especificações de caráter operacional.

Outro aspecto que poderia contribuir para a estabilidade de cumprimento dos pacotes de trabalho era a obediência aos pontos-chave. A cada ponto-chave estabelecido está associada uma meta operacional, ou seja, parâmetros de desempenho que os operários devem atingir ao executar a tarefa, que podem ser associados às características da qualidade do produto, mencionadas por Campos (1992), ao explicar o conteúdo do PTP. Como exemplo destas metas operacionais, pode-se citar o ponto-chave relacionado ao nivelamento das formas dos pilares na região de encaixe das pré-vigas. A meta associada a este ponto-chave era manter a precisão de nivelamento das pré-vigas, para o qual a tolerância de desvio era de 2mm, conforme prescrito nos documentos do SGQ.

A obediência aos pontos-chave resulta, portanto, em resultados de desempenho sistemáticos, ou seja, estáveis. Diante desta afirmação, fica reforçada a citação de Liker e Meier (2007) de que os pontos-chave representam pontos de rigidez do método, aos quais exige-se adesão dos operários, em virtude da sua contribuição para o alcance das metas.

Destaca-se, ainda, que os pontos-chave são especificações que se referem ao momento de atuação precisa da mão de obra sobre o material, ou seja, o ponto em que processo e operação se fundem, provocando uma evolução no produto que deve ser condizente com o almejado. No entanto, os pontos-chave identificados nesta pesquisa eram pouco prescritivos quanto ao “como” realizar estes procedimentos. Por exemplo, o ponto-chave relacionado à montagem do escoramento das lajes não descrevia como a galga de saída deveria ser posicionada, mas sim onde, ou seja, entre as vigas periféricas e a primeira linha de escoras.

As especificações relatadas, referentes a oferecer condições favoráveis para que os pacotes de trabalho fossem cumpridos de forma estável, tais como, o *kit* de recursos, como deveriam ser transportados e armazenados e a rotina de operações da grua adequada aos pacotes de trabalho, podem ser entendidas como especificações de padrões indiretos, de acordo com o referenciado por Berger (1997). Estes tipos de padrões aplicam-se quando o ambiente de produção não se mostra favorável ao estabelecimento de especificações detalhadas no âmbito operacional, como foi o caso nesta pesquisa.

5.3.2 Como os elementos constituintes do TP se relacionam

Há uma interdependência entre os elementos do TP. A meta foi tomada como elemento propulsor para as demais especificações. Esta afirmação decorre do seguinte entendimento: para que um resultado seja alcançado repetidamente, é necessário que os recursos estejam disponíveis, também, de forma sistemática, a mão de obra esteja consciente dos procedimentos a serem seguidos e as condições de segurança estejam estáveis.

Foi possível identificar, também, que os elementos do método assumem um enfoque diferente em função da meta eleita como prioritária e as restrições tornam-se mais ou menos importantes para o fluxo de produção. No caso analisado, a meta referia-se a prazo. Por esta razão, a análise dos elementos do método esteve voltada à execução das tarefas em menor tempo, como por exemplo, os pontos-chave voltados a simplificar a execução das formas de borda e do assoalho da laje. No mesmo sentido, as especificações sobre transporte de materiais e a rotina de operações da grua tiveram o propósito de reduzir perdas que influenciavam no tempo para conclusão das atividades.

A existência de restrições também influenciou o estabelecimento do método. Esta afirmação é possível devido à constatação de que, para efetuar a distribuição dos pacotes de trabalho ao longo do período delimitado pelo *takt-time* (sete dias), foi necessário levar em consideração as restrições existentes. Por exemplo, a restrição referente ao compartilhamento das formas de pilares entre as fases da laje impôs a seguinte condição ao estabelecimento do método: para início do pacote de formas de pilares na fase B, é necessário que o pacote de desforma de pilares na fase A tenha sido concluído. Se não houvesse restrição, haveria maior liberdade para estabelecer as especificações do método.

Outra relação relevante observada foi que os efeitos das restrições podem ser atenuados, por meio do estabelecimento da quantidade padrão de trabalho em progresso (*WIP*). Devido ao atraso na produção de pré-vigas, o estoque de peças prontas aguardando utilização nos pavimentos foi totalmente consumido. Sem estoque, a produção ficou condicionada ao ritmo em que as pré-vigas fabricadas eram liberadas para uso, devendo obedecer a idade mínima de sete dias após concretagem. Portanto, a restrição de uso das pré-vigas passou a limitar o desempenho da produção e dificultar o atendimento à meta de prazo.

A redução do estoque de pré-vigas deixou explícito que havia problemas no fluxo de produção. O problema poderia ser originado de duas fontes: (a) a produção nos pavimentos estaria evoluindo mais rápido que o previsto, consumindo as peças em estoque, também, de forma mais rápida, ou (b) a produção de pré-vigas estaria atrasada, não conseguindo repor de forma adequada as peças consumidas. A segunda hipótese foi confirmada, porém, ambas representariam desvios em relação ao TP, que deveriam ser identificados e corrigidos. A existência da quantidade padrão de WIP permite evidenciar estes desvios.

A definição da quantidade padrão de estoque constituiu-se em uma variável que favoreceu a transparência do processo produtivo, ou seja, contribuiu para a percepção de desvios em relação ao padrão. Esta constatação reforça a citação de Imai (2005) de que o padrão, ao explicitar uma série de regras a serem seguidas, favorece a habilidade das pessoas envolvidas com o processo de perceber as situações não conformes com o padrão.

6. CONCLUSÕES

Foi possível perceber que os padrões adotados na construção civil, elaborados dentro dos programas de gestão da qualidade, de fato, apresentavam distorções conceituais em relação à abordagem de padronização descrita na literatura consultada, confirmando os resultados dos estudos de Saffaro et al (2008) que instigaram o desenvolvimento desta pesquisa.

As distorções mencionadas referem-se a: falta de clareza com relação às metas da produção, enfatizando apenas as características físicas do produto final; especificações desvinculadas da estratégia competitiva da empresa; ausência de esclarecimentos quanto às restrições; método caracterizado apenas pelo seqüenciamento de atividades e aferições da qualidade do produto e pouca ênfase à melhoria contínua.

Considerando o conteúdo dos padrões vigentes e o fato de que as informações necessárias para orientar a produção de estrutura estavam dispersas em três padrões distintos (procedimentos de forma, armação e concretagem documentados no SGQ referentes à estrutura), entende-se que os mesmos não poderiam contribuir para o alcance dos resultados de prazo que a empresa almejava para a produção da estrutura. Esta existência de padrões referentes ao mesmo processo produtivo, mas estabelecidos de forma independente, reflete o entendimento do processo segundo o modelo de conversão, a partir da soma de diversas operações.

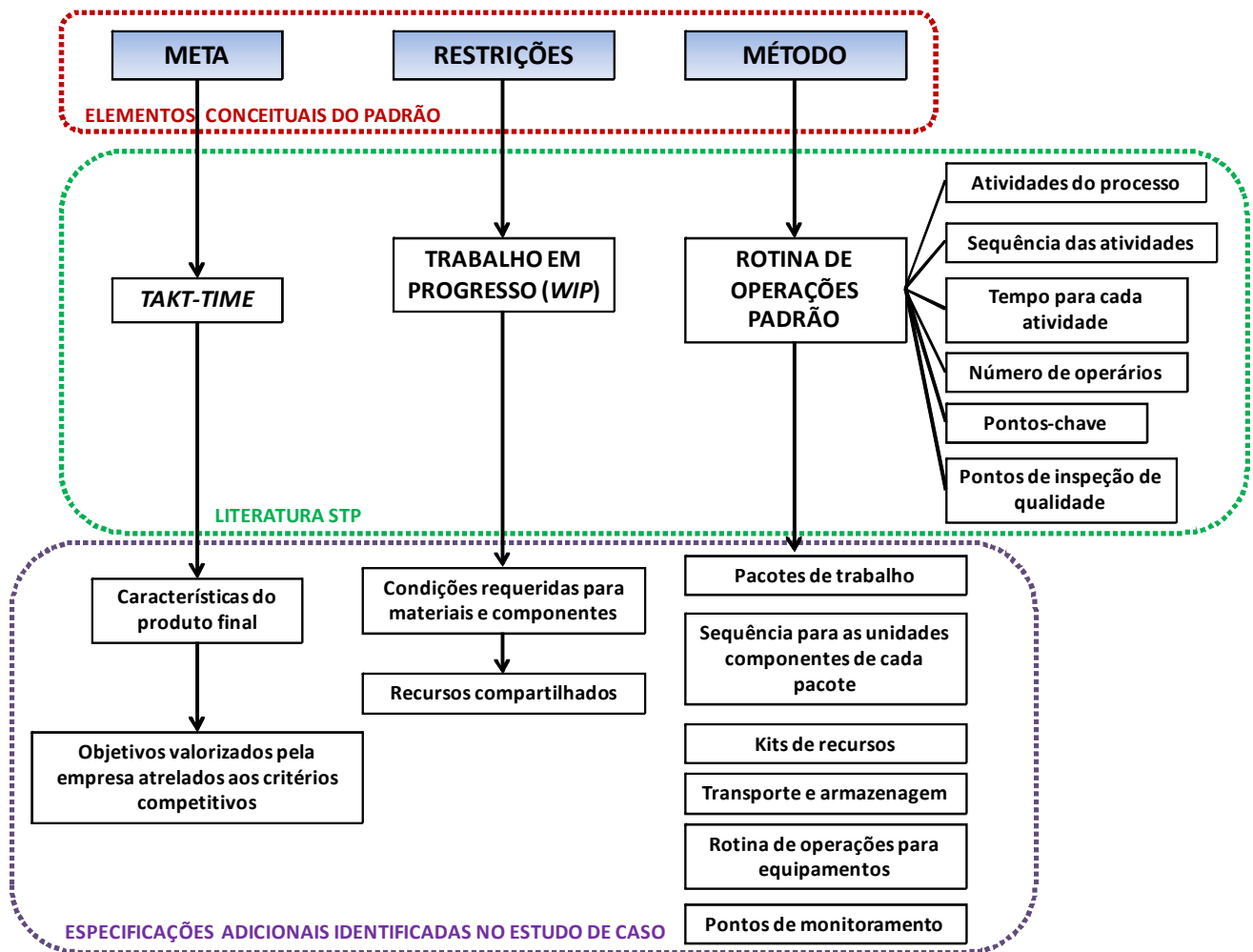
Esta constatação justifica a tentativa de compreender melhor o conteúdo de padrões que possam contribuir para a gestão efetiva da produção em direção aos objetivos da empresa.

6.1 Particularidades da Construção Civil para Implantação do TP

Tendo em vista o objetivo desta pesquisa voltado a identificar quais são os elementos e especificações constituintes do TP na construção, ressalta-se que os elementos meta, restrições e método, tomados como fonte de referência para o conteúdo de um padrão, foram evidenciados no contexto da construção. O estabelecimento da meta para a definição do TP promove a redução da variabilidade de desempenho do processo, uma vez que dissemina um objetivo comum que deverá ser perseguido por todos os envolvidos. A existência de um método padronizado contribui para a estabilidade no desempenho do processo, na medida em que reduz a variabilidade no processamento, ou seja, na execução de cada pacote de trabalho, e no fluxo, isto é, na alimentação dos pacotes. Para que este método seja estabelecido, a análise das restrições deve ser realizada, com o propósito de amenizar os fatores que possam dificultar o alcance das metas.

Uma vez reconhecidas as implicações dos elementos conceituais do padrão para a estabilidade de um processo produtivo, todas as especificações que se mostraram relevantes durante a pesquisa foram categorizadas em função destes elementos: meta, restrições e método. Esta categorização é ilustrada na Figura 25 que mostra, também, um contraste entre as informações obtidas por meio da literatura consultada e aquelas resultantes do estudo de caso.

Figura 25: Categorização do conteúdo do TP segundo os elementos conceituais do padrão



Ao analisar a transferência do trabalho padronizado para o ambiente da construção, foi possível perceber que seus elementos componentes, *takt-time*, rotina de operações padrão e trabalho em progresso, indicados na literatura do STP, podiam ser associados aos elementos genéricos do padrão, da seguinte forma: (a) o *takt-time* pode representar uma meta para a produção; (b) a rotina de operações expressa o método para o desenvolvimento do processo, e (c) o trabalho em progresso representa um fator limitante para a evolução da produção, podendo, desta forma, ser associado a uma restrição.

Nesta pesquisa, a meta esteve, de fato, associada ao prazo para os ciclos de concretagem dos pavimentos da estrutura, sendo, portanto, diretamente relacionada ao *takt-time*. Constatou-se que devido ao longo tempo de ciclo dos processos da construção,

normalmente expressados em termos de horas ou dias, o elemento *takt-time* assume uma abordagem diferente da manufatura e não é diretamente utilizado como um parâmetro de controle para a evolução da produção. Assim, houve necessidade de identificar outras alternativas de monitorar a produção, de modo que desvios em relação ao tempo *takt* pudessem ser percebidos antes do final de cada ciclo de concretagem, permitindo a tomada de medidas corretivas. Este entendimento resultou em um tipo de especificação que não é apontada na literatura do TP, os pontos de monitoramento em relação ao tempo de produção, como conteúdo do método padronizado para a construção.

Cabe ressaltar que nem sempre o fator tempo será entendido como meta prioritária para a definição do TP, dando lugar às características do produto final ou outros objetivos condizentes com o posicionamento da empresa no mercado. Diante deste entendimento, expandiu-se a abrangência do elemento meta para o TP na construção. No entanto, mesmo nestes casos o *takt-time* estará presente no conteúdo do TP, uma vez que a obediência a prazos é sempre valorizada na construção.

O trabalho em progresso, segundo elemento conceitual do TP, foi associado a uma restrição, representando uma condição a ser respeitada sobre o acúmulo de produtos semi-acabados ao longo do processo. Porém, outros tipos de restrições mostraram-se importantes, tais como o compartilhamento de recursos e condições específicas requeridas para que um material ou componente da estrutura possa ser utilizado.

Provavelmente, o processo de definição do trabalho padronizado no STP deve considerar a minimização de quaisquer fatores que limitem o desempenho requerido para o processo, ou seja, a análise de restrições. Ocorre que, a descrição do conteúdo do TP na literatura consultada não apresentava de forma explícita que tipo de fatores seriam estes. Os resultados desta pesquisa demonstram um avanço neste sentido, ao identificar algumas maneiras sobre as quais as restrições podem se manifestar e quais as repercussões das mesmas na evolução da produção.

Quanto à rotina de operações padrão, terceiro elemento conceitual do TP, constatou-se que as especificações apontadas pela literatura do STP foram válidas no contexto da construção, porém, insuficientes para o encaminhamento do processo produtivo a uma condição de estabilidade. Por motivos já apresentados ao longo da discussão dos resultados,

como por exemplo, a diversidade de atividades componentes do processo, número elevado de operários e alternância dos mesmos na execução destas atividades, houve necessidade da adição de especificações no método padronizado.

As especificações dos pacotes de trabalho, bem como a sequência com que as unidades componentes de cada pacote deveriam ser executadas e o número de operários designados a cada pacote não são relatadas pela literaruta do STP, mas mostraram-se importantes para organizar a evolução da produção na construção, dimensionando o volume de trabalho designado a cada dia do ciclo para que o *takt-time* fosse obedecido.

Uma vez definidas as equipes responsáveis por cada pacote, a rotina foi estabelecida tendo estas equipes como foco, ou seja, não houve abordagem das ações do operário de forma individual, como relatado no STP. As equipes dispunham de autonomia para se organizar no cumprimento das atividades de cada pacote, desde que obedecessem e sequência estabelecida e cumprissem a totalidade dos pacotes designado para cada dia. Este aspecto representa uma diferença de destaque na implantação do TP nos dois contextos de produção.

Elementos como, pontos-chave e pontos de monitoramento contribuem para a estabilidade dos pacotes de trabalho, ou seja, para a redução da variabilidade de processamento. A variabilidade no fluxo é beneficiada por meio de especificações relacionadas aos *kits* de recursos, formas de transporte e armazenamento dos mesmos, rotina da grua e, também, da estabilidade do pacote de trabalho anterior.

Embora durante o estudo de caso não tenha sido constatado um reflexo positivo com relação à meta prioritária da produção, neste caso, o *takt-time*, entende-se que o conteúdo do TP tinha potencial para tanto, uma vez que a adesão ao mesmo implicaria:

- (a) Produzir segundo uma sequência, cuja definição foi baseada na redução de deslocamentos, do esforço físico e do tempo de execução;
- (b) Concentrar atenção nos pontos primordiais do trabalho, ou seja, os pontos-chave que favorecem o alcance das metas;
- (c) Permitir o exercício do controle sobre a produção, oferecendo a possibilidade de compreender os desvios e corrigi-los, uma vez que o TP definido representa a base sobre a qual a produção pode ser avaliada frente

aos resultados esperados.

Em síntese, como resultado desta pesquisa chegou-se ao conteúdo do TP, apontando as especificações que contribuem para a estabilidade da produção na construção, explicando a relevância das mesmas e a maneira como estão interligadas. Sendo assim, entende-se que o TP mostrou-se como uma ferramenta potencialmente eficaz para o gerenciamento do processo produtivo na construção.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Alguns aspectos relacionados ao TP na construção civil podem ser aprofundados em pesquisas futuras. São eles:

- Desenvolver um mapeamento das ações necessárias durante o processo de definição do TP, obtendo como resultado um modelo teórico que oriente novas definições do TP para outros tipos de obras e outros processos produtivos;

- Investigar o processo de documentação das especificações constituintes do TP. Em função da variedade e volume das informações, é relevante explorar quais delas devem ser direcionadas a supervisores e quais devem chegar ao conhecimento dos operários. Além disso, podem ser investigadas as formas de comunicação das informações, como documentos textuais, gráficos ou práticas de treinamento de contribuam para a disseminação efetiva do conteúdo do TP;

- Diante as dificuldades apontadas para o estabelecimento de especificações detalhadas no nível operacional, pode ser relevante explorar as contribuições do sistema sócio-técnico, referente à formação de grupos autogeridos para execução dos pacotes de trabalho. Esta investigação inclui analisar como se poderia obter estabilidade na produção a partir de uma rotina de operações flexível, adequada ao contexto da construção;

- Investigar a contribuição do TP como ferramenta para o planejamento da produção, mais especificamente, quanto à definição dos planos de curto prazo. Parte-se da premissa que o TP possa apoiar o estabelecimento de planos consistentes para o curto prazo, na medida em que, contempla metas de forma integrada e valoriza os aspectos que favorecem o cumprimento sistemático das tarefas no âmbito operacional da produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.R; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Takt-time**: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, v.8, n.1, p. 1-18, 2001.

ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso**. 2000. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BALLARD, G. **The last planner system of production control**. 2000. Tese de doutorado. Birmingham: School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. University of Birmingham. 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production**: an essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE v.124, n.1, p.11-17, Nova York, 1998.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Aiming for continuous flow**: white paper 03. Lean Construction Institute, 1999. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blucher. 1977.

BARROS NETO, J.P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1999.

BERGER, A. **Continuous improvement and kaizen**: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, vol.8, n. 2, 1997, pp. 110-117.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 291 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BULHÕES, I.R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. 2009. 314p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

CAMPOS, V.F. **TQC**: Controle da qualidade total no estilo japonês. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 8ª Ed. 2004.

CAMPOS, V.F. **TQC: Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2 edição. Rio de Janeiro: Bloch. 1994.

CHASE, R.B.; JACOBS, F.R.; AQUILANO, N.J. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas.** 11 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 2006.

CHENG,L.C.; MELO FILHO,L.D.R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos.** 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2007.

CHENG et al. **Quality Function Deployment: planejamento da qualidade.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. 1995.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CHOO, H.J.; TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G.; ZABELLE, T.R. **Workplan: database for work package production scheduling.** In: Conference of the International Group for Lean Construction, 6, 1998, Guarujá-SP, Proceedings... Guarujá. IGLC, 1998.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2. Ed. São Paulo: Atlas. 2007

CURRIE, R.M. **Work study.** 4th. Great Britain: A Pitman International Taxt, 1997.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FENG. P.P.; BALLARD, G. **Standard work from a Lean Theory perspective.** In: Conference of the International Group for Lean Construction 16. Manchester. Proceedings... Manchester, 2008. Disponível em: <<http://www.iglc.net/>>. Acesso em: 15/11/10

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial.** São Paulo: Atlas, 2010.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente *just-in-time*.**, Caxias do Sul: Ed. Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. F. **A meta: um processo de melhoria continua.** São Paulo: Nobel, 2002.

GONZALÉZ, V.; ALARCÓN, L.F. **A methodology for integrated buffer design and management in repetitive construction projects.** In: Conferecne of the International Group for Lean Construction, 17., Taipei. Taiwan, 2009. Proceedings ... Taiwan, 2009. Disponível em <<http://www.iglc.net/>>. Acesso em: 25/11/11

HINO, S. **Inside the mind of Toyota: Management principles for enduring growth.** New York: Productivity Press, 2006.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory physics: foundation of manufacturing management.** Boston: McGraw-Hill, 1996.

IMAI, M. **Kaizen: A estratégia para o sucesso competitivo.** 6ª ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2005.

ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T. **Design and production interface in lean production: a performance improvement criteria proposition.** In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., Guarujá. Brasil, 1998. Proceedings ... Brasil, 1998.
Disponível em <<http://www.iglc.net/>>. Acesso em: 23/11/11

KISHIDA, M. **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.

KONDO, Y. **Innovation versus standardization.** The TQM Magazine. Vol.12. N.1. PP 6-10. 2000.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Technical Report, v. 72, 1992. 75p.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. **Making-do: the eighth category of waste.** In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings...** Elsinore, 10 p. 2004.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **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.

LIKER, J. K.; MEIER, D. P. **O Talento Toyota: o modelo aplicado ao desenvolvimento de pessoas.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

MAXIMIANO, A.C.A. **Escola científica à competitividade na economia globalizada.** 2ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MAYER, R.R. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas. 1981.

MONDEN, Y. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time.** 3ed. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press, 1997.

NBR ISO 9001:2000. **Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos.** ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2000.

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

PALADINI, E.P. **Qualidade Total na prática**: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. São Paulo: Atlas, 1994.

PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENTS TEAM. **Standard work for the shopfloor**. New York: Productivity Press, 2002.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). Disponível em: [HTTP://www.cidades.gov.br/pbqp-/pbqp_apresentação.php](http://www.cidades.gov.br/pbqp-/pbqp_apresentação.php). Acesso em: 21/03/11.

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

RONEN, B. **The complete kit concept**. International Journal of Production Research, London, v. 30, n.10, p. 2457-2466, Oct. 1992.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2002.

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**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza. Ceará. Outubro. 2008.

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

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas. 2007.

SMALLEY, A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean**. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos. Acesso em: 8 jan. 2007.

SOUZA, R. et al. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo, EPUSP, 1997.

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.

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

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: 12/02/11

WHITMORE, T. **Standardized work**. Manufacturing Engineering. Vol. 140. N.5. May. 2008.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

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

ANEXOS

Representação em leiaute do modelo TP3

ATIVIDADES DO DIA

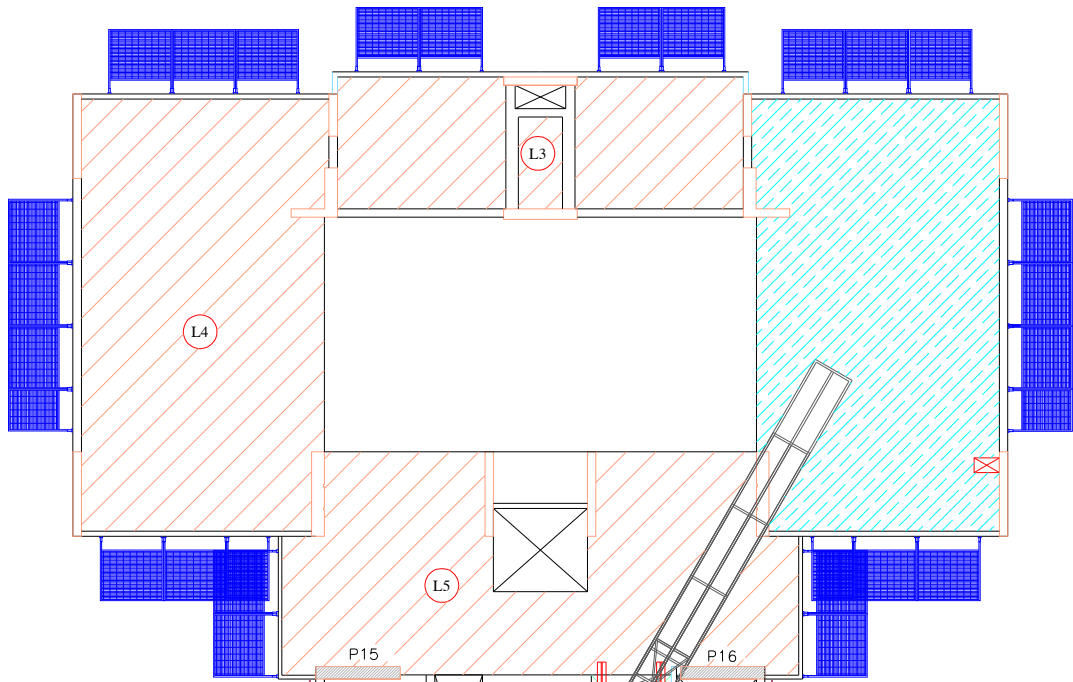
ESCORAMENTO (BKS)
FORRAÇÃO (COMPENSADO)
CUMBUÇAS



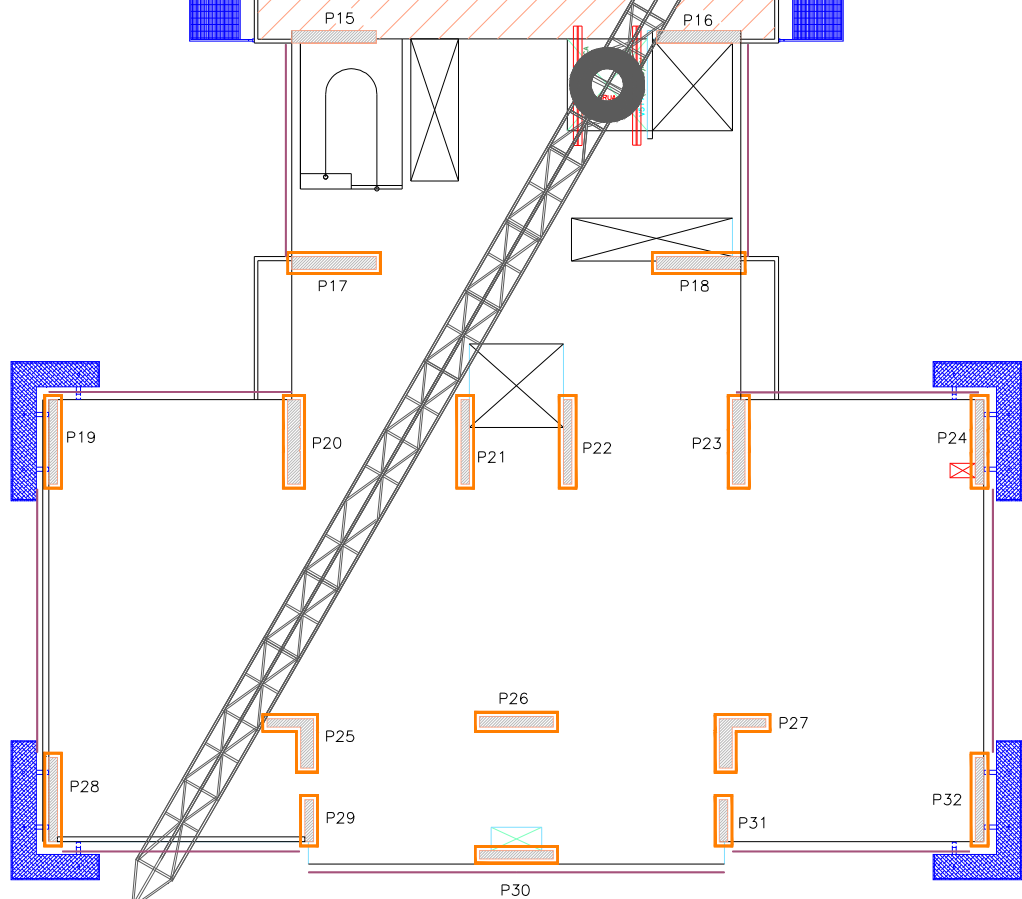
ARMADURAS
PROTENSÃO



FASE 02



FASE 01



DIA 1 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA

LOCAÇÃO - 18 PILARES (P15 ao P32)

RETRADA DE BORDA

COLOCAÇÃO DE PLATAFORMA DE CANTO

COLOCAÇÃO DE FERRAGEM - 18 PILARES

MONTAGEM DE FORMA PILAR - 16 PILARES

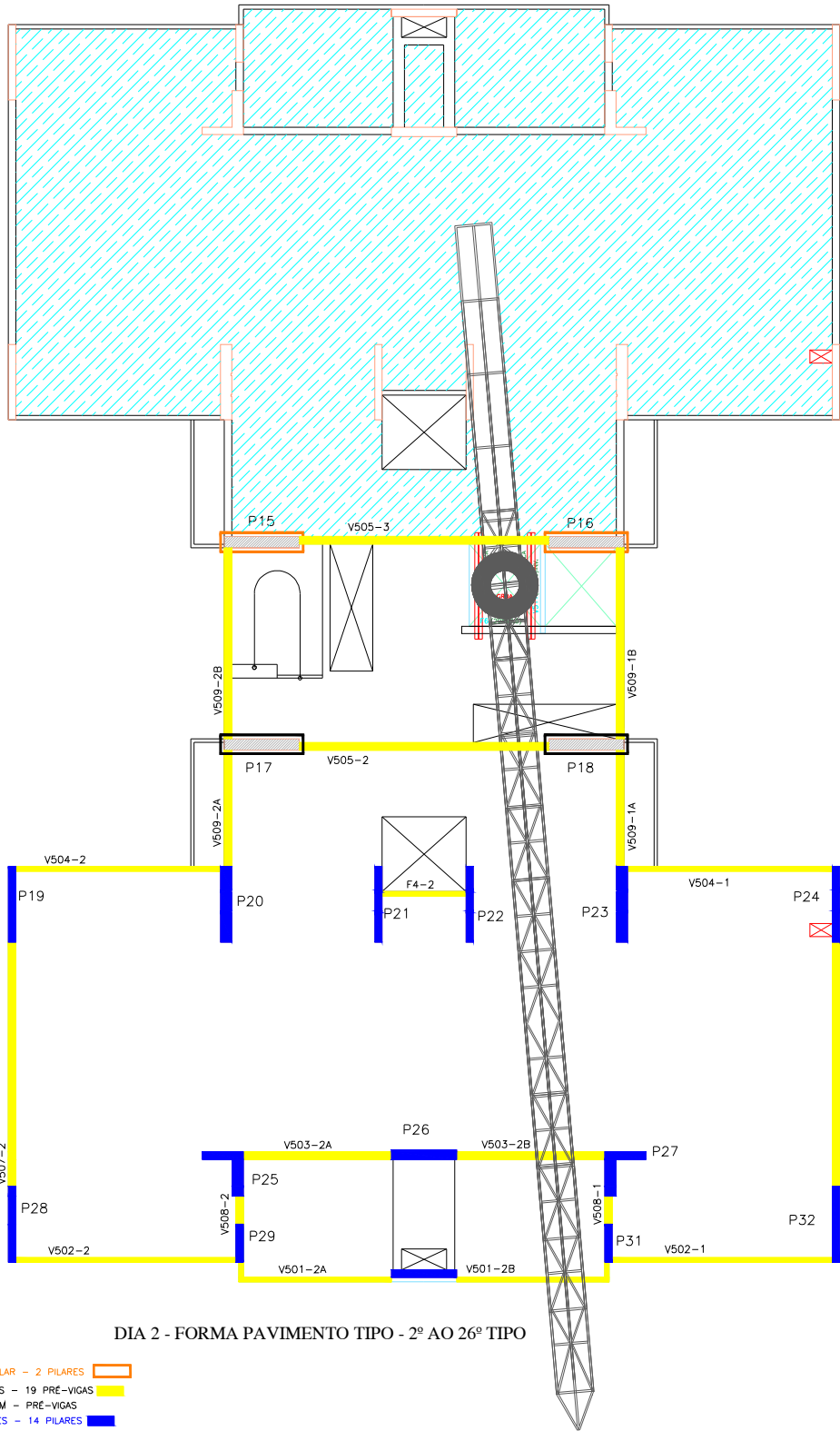
DESFORMA DE ESCORAMENTO

ATIVIDADES DO DIA

ARMADURAS
PROTENSÃO

TALISCAMENTO + FECHAMENTOS + REBAIXOS
LIMPEZA + SEGURANÇA

FASE 02



DIA 2 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA

MONTAGEM DE FORMA PILAR - 2 PILARES

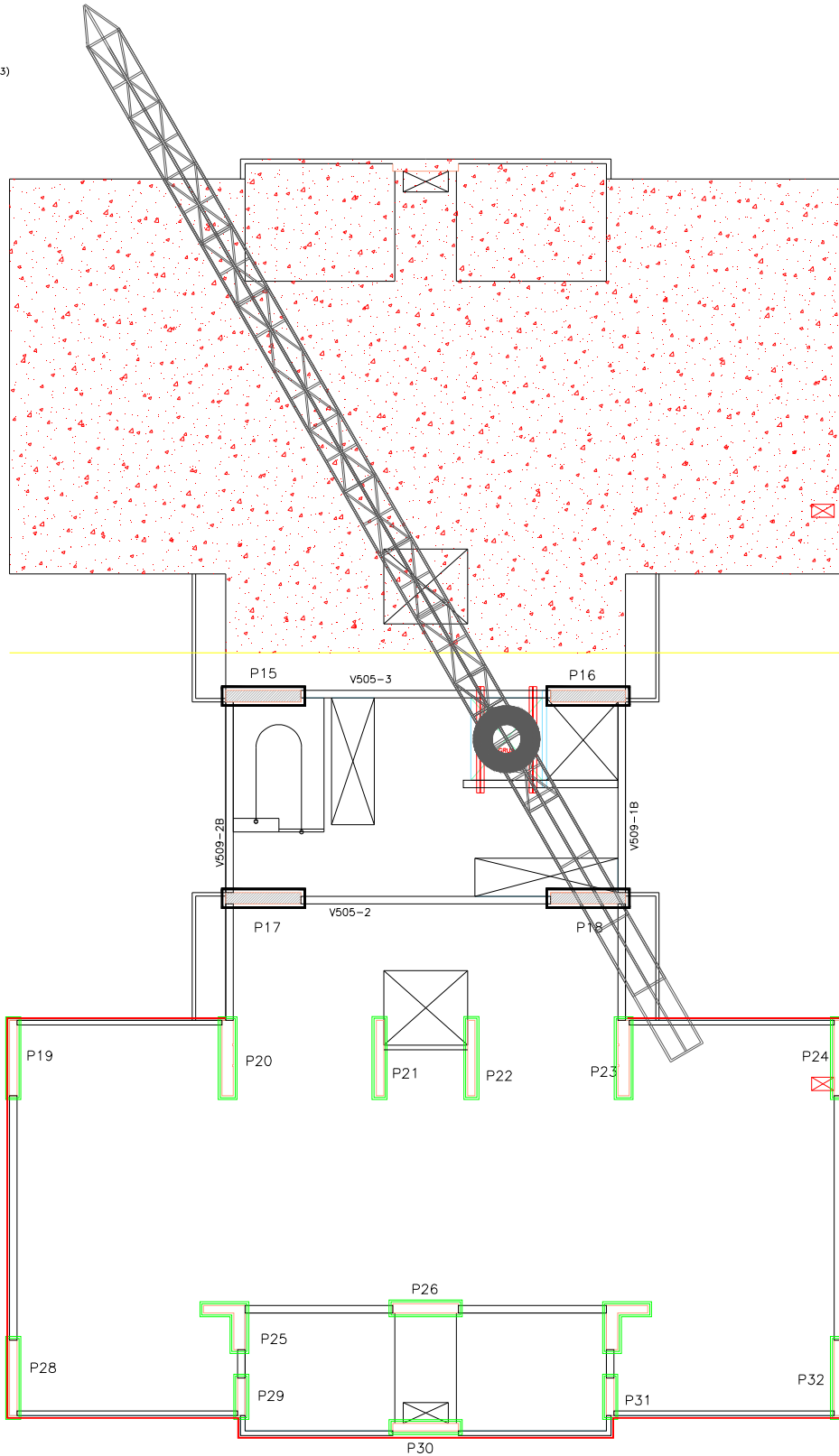
MONTAGEM DE PRÉ-VIGAS - 19 PRÉ-VIGAS

COLOCAÇÃO DE FERRAGEM - PRÉ-VIGAS

CONCRETAGEM DE PILARES - 14 PILARES


ATIVIDADES DO DIA
CONCRETAGEM (48,0 m3)


FASE 02

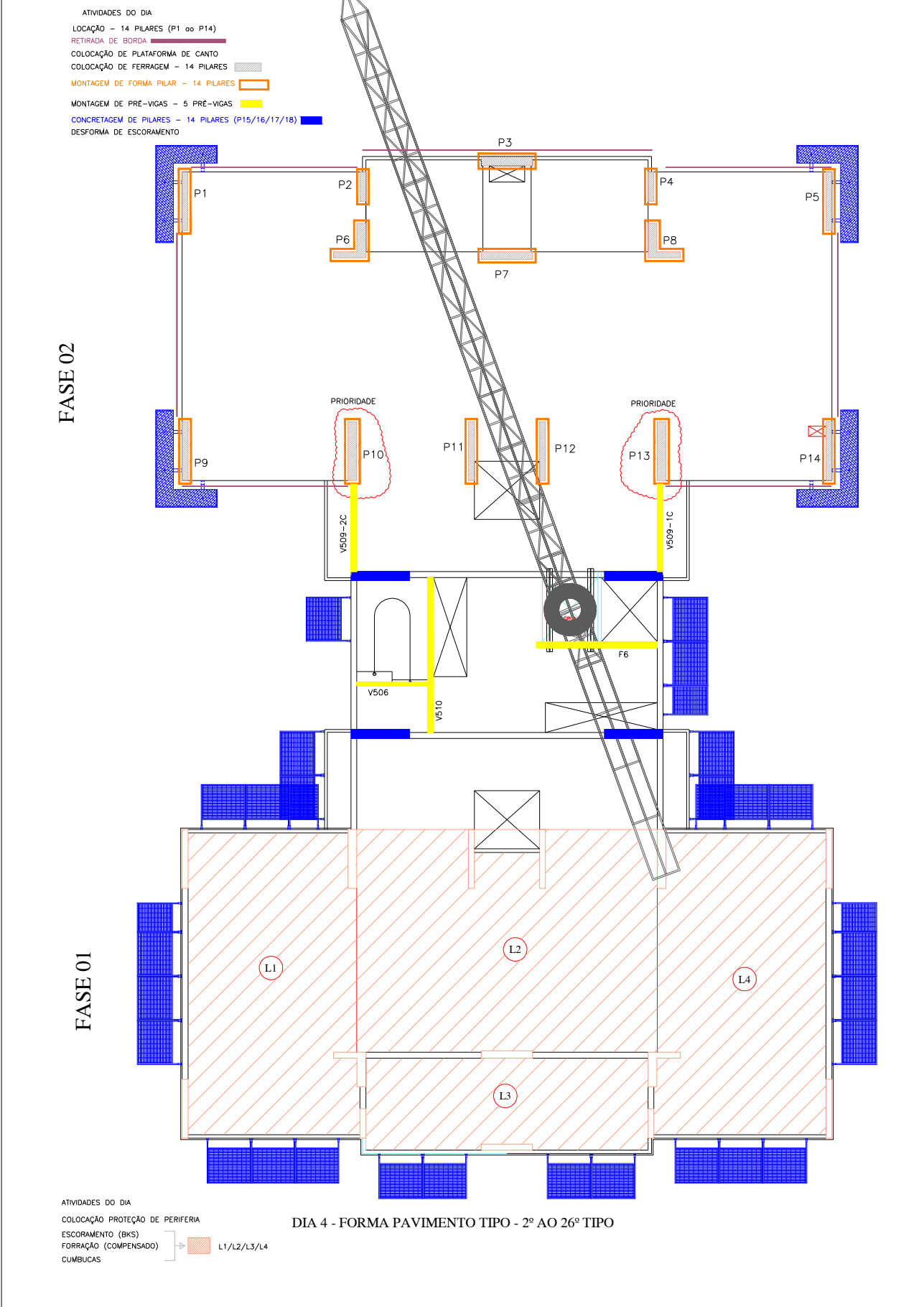


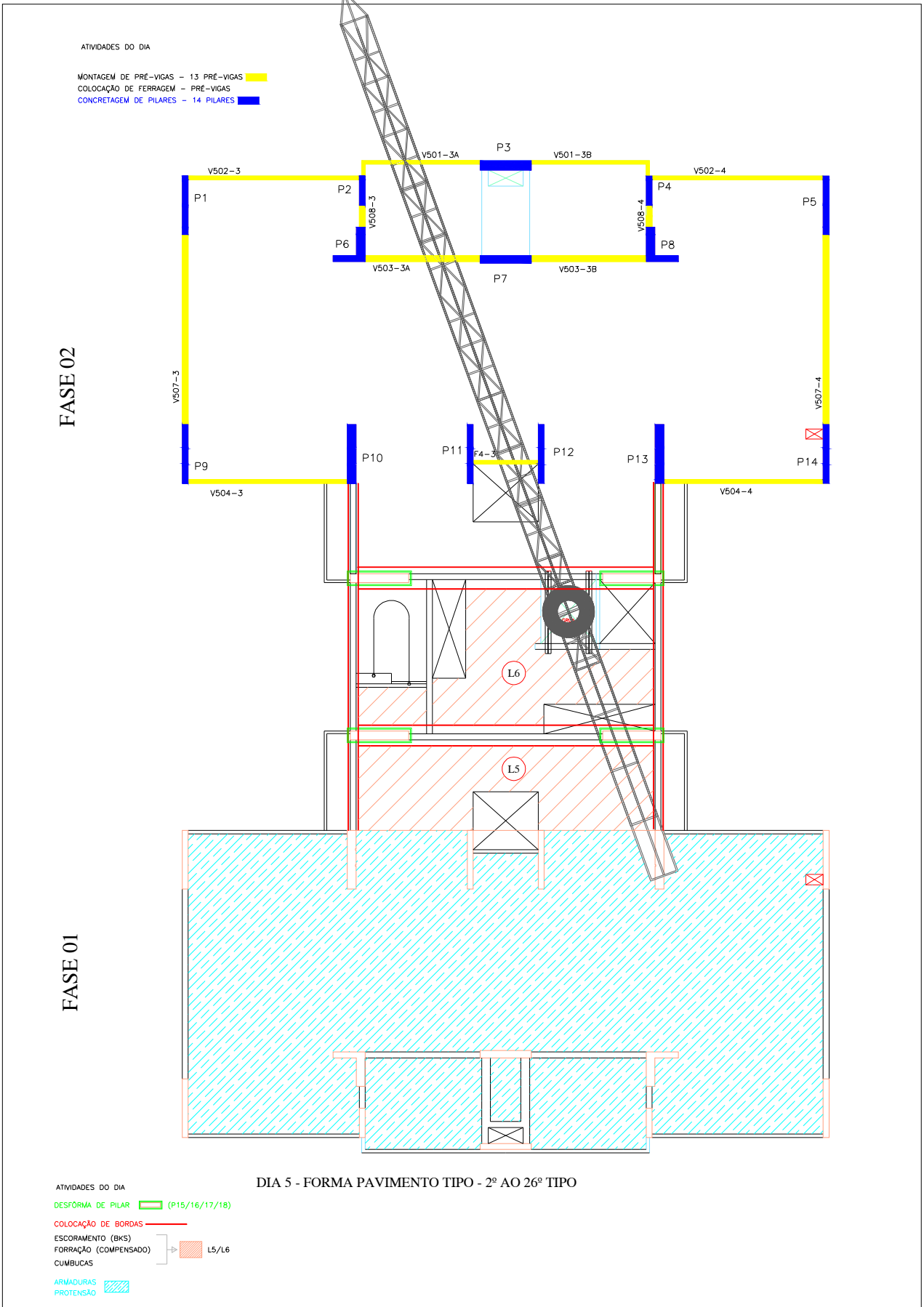
DIA 3 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA

DESFÔRMA DE PILAR 

COLOCAÇÃO DE BORDAS 





ATIVIDADES DO DIA

- MONTAGEM DE PRÉ-VIGAS - 13 PRÉ-VIGAS
- COLOCAÇÃO DE FERRAGEM - PRÉ-VIGAS
- CONCRETAGEM DE PILARES - 14 PILARES

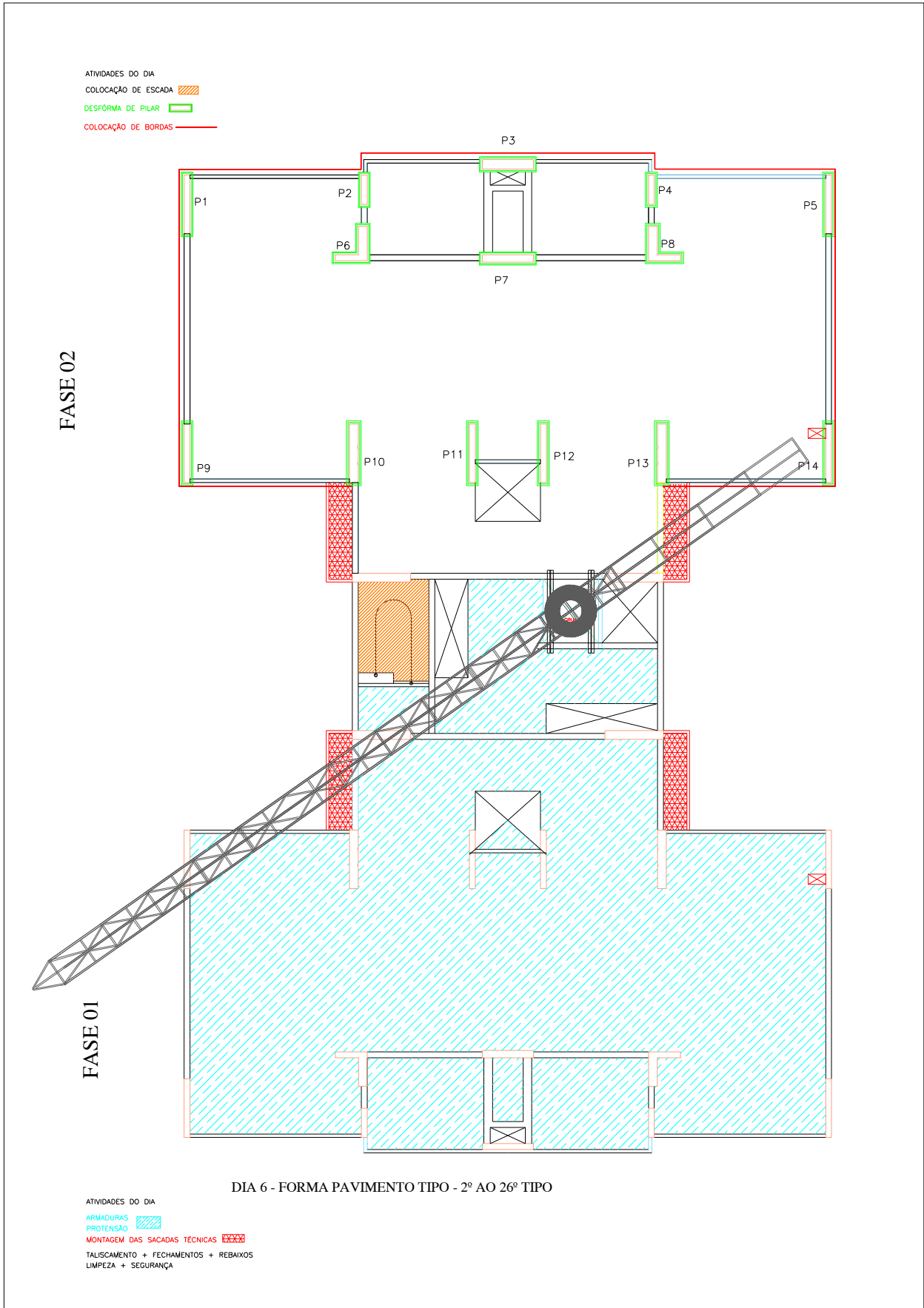
FASE 02




FASE 01

DIA 5 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA

- DESFORMA DE PILAR (P15/16/17/18)
- COLOCAÇÃO DE BORDAS
- ESCORAMENTO (BKS)
- FORRAÇÃO (COMPENSADO)
- CUMBUÇAS
- ARMADURAS
- PROTENSÃO








ATIVIDADES DO DIA
 COLOCAÇÃO DE ESCADA 
 DESFORMA DE PILAR 
 COLOCAÇÃO DE BORDAS 

FASE 02

FASE 01

DIA 6 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA
 ARMADURAS 
 PROTENSÃO 
 MONTAGEM DAS SACADAS TÉCNICAS 
 TALISCAMENTO + FECHAMENTOS + REBAIXOS 
 LIMPEZA + SEGURANÇA 

ATIVIDADES DO DIA

COLOCAÇÃO PROTEÇÃO DE PERIFERIA

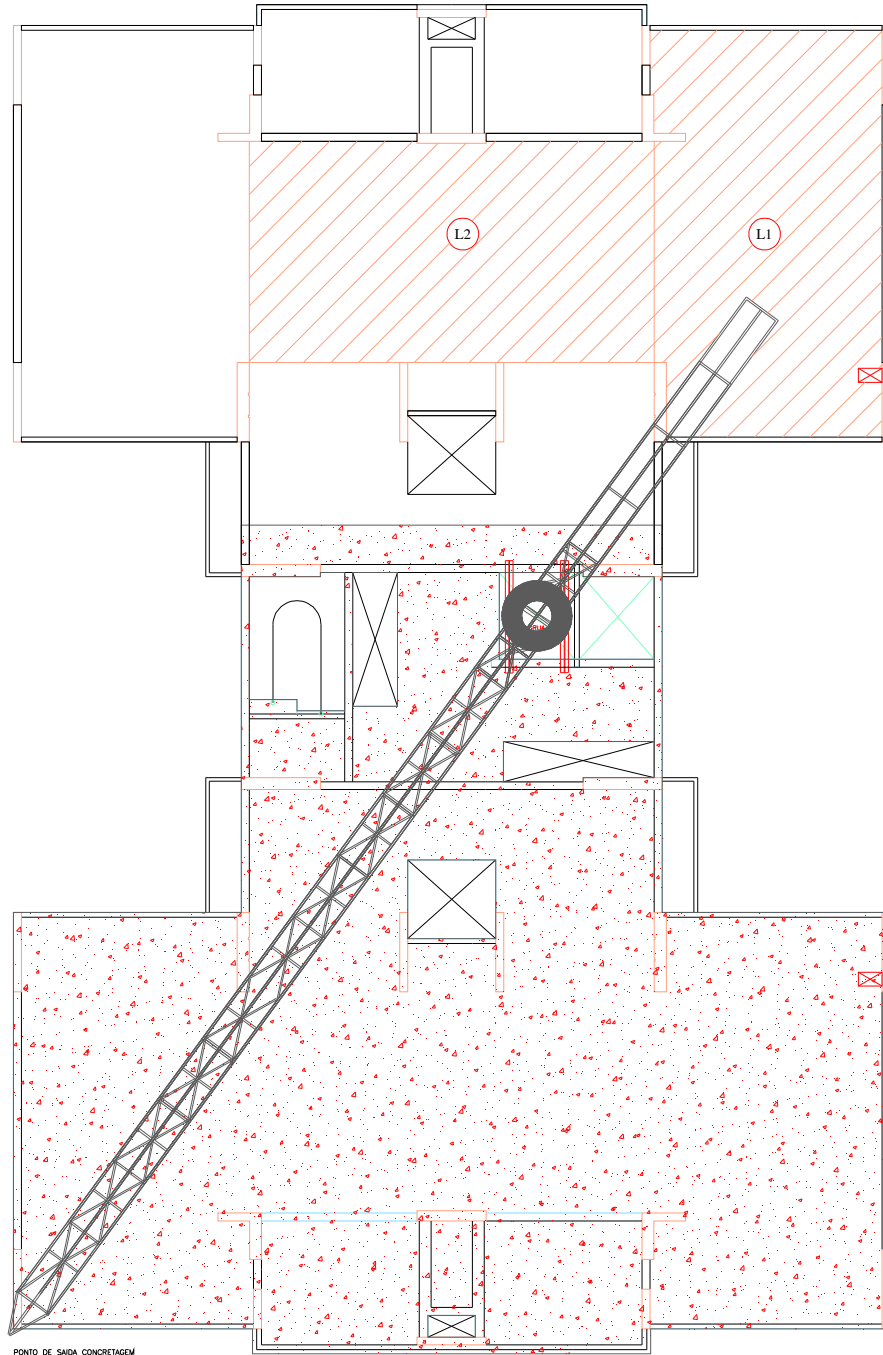
ESCORAMENTO (BKS)

FORRAÇÃO (COMPENSADO)

CUMBUÇAS

L1/L2

FASE 02



PUNTO DE SAIDA CONCRETAGEM

DIA 7 - FORMA PAVIMENTO TIPO - 2º AO 26º TIPO

ATIVIDADES DO DIA

CONCRETAGEM (56,0 m3) - 8:00 AS 16:00