

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA, MECÂNICA
DAS ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE ESTRUTURAS
PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO PARA APOIO
AO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO**

WESLEY MACHADO DA CRUZ

D0057C12
GOIÂNIA
2012

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Wesley Machado da Cruz

Título do trabalho: Medição de Produtividade na Fabricação e Montagem de Estruturas Pré-moldadas em Concreto para Apoio ao Planejamento de Curto Prazo

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

WESLLEY MACHADO DA CRUZ

**MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE ESTRUTURAS
PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO PARA APOIO
AO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Carolina G. O. Brandstetter

D0057C12
GOIÂNIA
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Cruz, Wesley Machado da
Medição de Produtividade na Fabricação e Montagem de Estruturas Pré-moldadas em Concreto para Apoio ao Planejamento de Curto Prazo [manuscrito] / Wesley Machado da Cruz. - 2012.
clxxxii, 182 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Maria Carolina G. O. Brandstetter.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia, 2012.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Planejamento. 2. Controle. 3. Produtividade. 4. Indicadores. 5. Pré-moldado. I. Brandstetter, Maria Carolina G. O., orient. II. Título.

CDU 624



PPG
GECON

Programa de Pós-Graduação em
Geotecnia, Estruturas e Construção Civil



Ata de Nº 57 da sessão de julgamento da
Dissertação do aluno Wesley Machado da Cruz
da área de concentração Construção Civil do
PPG em Geotecnia, Estruturas e Construção
Civil.

Aos 27 dias do mês de agosto de 2012, às 14h00, no auditório Prof. Biolkino Pereira, da Escola de Engenharia Civil da UFG, reuniu-se a banca examinadora designada na forma regimental pela Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil para julgar a Dissertação intitulada "**Medição de Produtividade na Fabricação e Montagem de Estruturas Pré-Moldadas em Concreto para Apoio ao Planejamento de Curto Prazo**", apresentada pelo aluno **Wesley Machado da Cruz**, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de MESTRE, área de concentração Construção Civil. A Banca Examinadora foi Presidida pela Profª. Drª. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (UFG), tendo como membros o Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo (UFG) e Profª. Drª. Fernanda Fernandes Marchiori (UFSC). Aberta a sessão pública, o candidato teve a oportunidade de expor o trabalho. Após a exposição, o aluno foi arguido oralmente pelos membros da Banca,

tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação. A Banca concluiu pela **aprovação** do candidato **sem restrições**.

não tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação. A Banca concluiu pela **reprovação** do candidato.

Nos termos do Regulamento Geral dos Cursos de pós-graduação desta Universidade, foi lavrada a presente ata que, lida e julgada conforme, segue assinada pelos membros da **Banca Examinadora** e pelo candidato.

BANCA EXAMINADORA:

Presidida pela Profª. Drª. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (UFG)

Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo (UFG)

Profª. Drª. Fernanda Fernandes Marchiori (UFSC)

CANDIDATO:

Wesley Machado da Cruz

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por serem os alicerces da minha vida.

Aos meus filhos Giovana, Nathália e Wesley Filho, por serem minha fonte de inspiração e alegria.

À minha esposa Celma, pelo companheirismo, compreensão e suporte.

À orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Carolina G. O. Brandstetter, pela paciência, amizade e perseverança, contribuindo para minha motivação.

À UFG, em especial à Escola de Engenharia Civil, por proporcionar-me contribuir para evolução de nossa sociedade.

À Goiarte, pela contribuição do tempo para proporcionar meu crescimento profissional.

RESUMO

O nível cada vez mais elevado da eficiência dos concorrentes e de exigência dos clientes tem levado as corporações a buscarem melhorar seus desempenhos. Apesar dos esforços acadêmicos, o uso e compreensão dos sistemas de gestão, em especial dos conceitos e práticas da medição de desempenho e o uso dos indicadores de desempenho, não são aplicados sistematicamente em grande parte das empresas de construção. A ausência de medidas adequadas associadas às estratégias das empresas tem sido apontada como uma das maiores deficiências nos sistemas de gestão das mesmas. Diante deste cenário e da escassez de aplicação deste tema no âmbito de obras com a tecnologia de estruturas pré-moldadas em concreto, o trabalho tem por objetivo implantar um sistema de medição de produtividade nos processos de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto para apoio ao planejamento de curto prazo. A pesquisa se configura numa pesquisa realizada dentro de uma empresa produtora de estruturas pré-moldadas em concreto, localizada no entorno de Goiânia, abrangendo três casos estudados. O trabalho buscou inicialmente desenvolver um sistema de medição de desempenho baseado na implantação de indicadores de produtividade relacionados aos serviços em execução e, posteriormente, adequar este sistema de medição ao cronograma, tanto da fábrica quanto da obra, configurando no apoio às decisões de planejamento e controle para a empresa. Entre os resultados, o trabalho confirma os subsídios à fase de planejamento das obras com os indicadores encontrados, propondo a reformulação do planejamento do projeto a partir da consideração das medições de desempenho, além de efetivar o controle dos processos gerenciais.

Palavras - chave: Planejamento. Controle. Produtividade. Indicadores. Pré-moldado.

ABSTRACT

The ever-increasing level of competitor efficiency and client's requirement has led corporations to seek to improve their performance. Despite the efforts of academics, the use and understanding of management systems, particularly the concepts and practice of the performance measurement are not systematically applied largely by construction companies. The absence of adequate measures associated with corporate strategies has been identified as one of the greatest weaknesses in the management of the same. Due to the scenario and the lack of application of this theme under construction precast concrete technology, the objective this paper is to establish a system of measuring productivity in manufacturing and installation of precast concrete structures to short-term planning support. This research is defined as an action-research conducted within a company producing structures precast concrete, located in Goiânia city metropolitan area, covering three cases studied. The work initially sought to develop a performance measurement system based on the deployment of productivity indicators related to services running and then adjust this measurement system to schedule both the factory and the construction site setting in supporting planning decisions and control for the company. Among the results of the study confirmed the subsidies planning phase of the construction with the indicators found, suggesting the reformulation of project planning from the consideration of performance measurements, and effective control of management processes.

Keywords: Planning. Control. Productivity. Indicators. Precast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Níveis de planejamento e níveis de decisão	25
Figura 2.2 - Modelo tradicional de processo de conversão (KOSKELA, 1992).....	27
Figura 2.3 - Produção como um processo de fluxo. As caixas coloridas representam as atividades que não agregam valor, em contraste com as atividades que agregam valor (adaptado de KOSKELA, 1992)	28
Figura 2.4 – As cinco fases do ciclo de planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)	30
Figura 2.5 – Integração dos níveis horizontal e vertical do PCP (FORMOSO et al.,1998) ...	32
Figura 2.6 - Diagrama causa-efeito (adaptado de LOBO, 2010)	34
Figura 2.7 - Representação gráfica da rede PERT/CPM.....	36
Figura 2.8 - Exemplo de gráfico de Gantt.....	37
Figura 2.9 - Representação gráfica da Linha de Balanço.....	39
Figura 2.10 - Diferentes abrangências/integração dos níveis horizontal e vertical do PCP (FORMOSO et al.,1998)	42
Figura 2.11 - Níveis de agregação das medidas de desempenho em uma empresa	46
Figura 2.12 – Modelo dos fatores (SOUZA, 1996)	47
Figura 2.13 – Exemplo de uma EAP para construção de uma casa.....	60
Figura 2.14 – Histograma de recursos em Curva S	62
Figura 2.15 – Pátio de uma indústria de pré-fabricados em concreto (Fonte: própria)	64
Figura 2.16 – Pátio de produção das vigas longarinas pré-moldas em concreto.....	65
Figura 2.17 – Esquema de produção de pré-moldado em concreto (adaptado de Belohuby e Alencar, 2007)	68
Figura 2.18 – Içamento de peça pré-moldada em concreto com o uso de pórtico rolante....	68
Figura 2.19 – Armadura de pilar pré-moldado na região do consolo	69
Figura 2.20 – Viga protendida posicionada na fôrma	70
Figura 2.21 – Fôrma em madeira para peça pré-moldada em concreto.....	71

Figura 2.22 – Subetapas da concretagem de pré-moldado (adaptado de Belohuby e Alencar, 2007)	72
Figura 2.23 – Esquema de central dosadora de concreto: (1) misturador de concreto; (2) skip; (3) dosadora de agregados; (4) silo de cimento; (5) rosca helicoidal de cimento; (6) balança de cimento; (7) caçamba de transporte; (8) carro transportador da caçamba (fonte: WCH Industrial).....	72
Figura 2.24 – Montagem de pilares de 22 metros de comprimento com içamento por guindaste	75
Figura 3.1 - Fluxograma da estratégia de pesquisa	78
Figura 3.2 - Fluxograma das etapas dos casos estudados	79
Figura 3.3 – Fotografia do pátio de estruturas pré-moldadas na empresa em estudo	80
Figura 3.4 - Fluxograma da fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto	84
Figura 4.1 – Fase da obra do caso A: fabricação do pré-moldado	93
Figura 4.2. – Fase da obra do caso A: montagem dos pilares	93
Figura 4.3 – Planta baixa do galpão principal (indústria de processamento de fertilizantes São Luís – MA)	94
Figura 4.4 – Corte do galpão principal (a); fachada frontal do galpão principal (b); (indústria de processamento de fertilizantes São Luís – MA)	95
Figura 4.5 – Termo de Abertura de Projeto do estudo de caso A.....	97
Figura 4.6 – Leiaute do canteiro do caso A. Pista de fabricação dos pré-moldados – pilares e vigas (1); estoque de aço e armação (2); escritório/almoxarifado/refeitório/sanitários (3); fabricação dos pré-moldados – peças especiais e vigas protendidas, respectivamente (4) e (5).....	99
Figura 4.7 – Pista principal de fabricação dos pré-moldados	99
Figura 4.8 - Cronograma planejado (em preto) versus o cronograma real (em azul) do caso A	101
Figura 4.9 – Abertura dos furos de acoplamento com rompedor elétrico	101
Figura 4.10 – Comparativo entre consumos de concreto da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado).....	102

Figura 4.11 – Comparativo entre consumos de aço da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado).....	103
Figura 4.12 – Comparativo entre os custos de concreto e aço da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado).....	105
Figura 4.13 - Corte transversal eixos 1,5-9 da obra do caso B.....	108
Figura 4.14 - Corte transversal eixos 2, 3 e 4 da obra do caso B.....	108
Figura 4.15 - Planta de locação da obra do caso B.....	109
Figura 4.16 - Planta de fôrmas/montagem nível pavimento superior da obra do caso B....	110
Figura 4.17 - Planta de fôrmas/montagem nível cobertura da obra do caso B.....	111
Figura 4.18 - Cronograma de Gantt (planejado) da obra do caso B.....	113
Figura 4.19 - Concretagem de laje "Pi" e içamento de um pilar	114
Figura 4.20 – Leiaute do pátio fabril da obra do caso C.....	116
Figura 4.21 – Planta baixa do Galpão 3 do caso C.....	117
Figura 4.22 – Cortes transversal e longitudinal (Corte AA e BB, respectivamente) do caso C	118
Figura 4.23 – Fachadas frontal e lateral esquerda.....	119
Figura 4.24 – Cronograma de barras de Gantt (planejado) do caso C.....	121
Figura 5.1 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso B	125
Figura 5.2 – Armação de pilar disposta na fôrma para concretagem	126
Figura 5.3 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (equipe da própria empresa).....	130
Figura 5.4 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (equipe terceirizada)	131
Figura 5.5 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (total – equipe própria mais equipe terceirizada).....	132
Figura 5.6 - Estoque de pilares e vigas calha na fábrica.....	134
Figura 5.7 – Produtividade do serviço de concretagem dos elementos pré-moldados do caso B.....	136
Figura 5.8 – Pilares pré-moldados estocados no pátio.....	138

Figura 5.9 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de concretagem para o estudo de caso C	140
Figura 5.10 – Volume de concreto planejado x realizado (caso C).....	142
Figura 5.11 - Escavação e concretagem das fundações da obra B.....	143
Figura 5.12 - Produtividade no serviço de montagem da estrutura (pilares e vigas da cobertura) do caso B.....	144
Figura 5.13 - Detalhe dos "cachimbos" para acoplamento porca/pino	145
Figura 5.14 - Montagem dos pilares.....	146
Figura 5.15 - Montagem das vigas do pórtico (cobertura).....	146
Figura 5.16 – Escavação das estacas e fôrma do cálice.....	147
Figura 5.17 – Produtividade no serviço de montagem da estrutura (pilares, vigas e terças da cobertura) do caso C	149
Figura 5.18 – Montagem de pilares pré-moldados (obra C).....	150
Figura 5.19 – Montagem das vigas da cobertura (obra C)	150
Figura 5.20 – Vista interna da estrutura com telhas já montadas (obra C).....	151
Figura 5.21 – Vista externa da fachada frontal (obra C), finalizada.....	151
Figura 5.22 – Serviço de montagem: volumes de concreto planejado x realizado do caso C	152
Figura 5.23 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 14/06/2011).....	162
Figura 5.24 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 30/06/2011).....	163
Figura 5.25 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 05/07/2011).....	164
Figura 5.26 – Cronograma de Gantt obra B (atualizado 29/07/2011).....	165
Figura 5.27 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 08/10/2011).....	167
Figura 5.28 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 29/10/2011).....	169
Figura 5.29 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 19/11/2011).....	170
Figura 5.30 - Cronograma de Gantt final obra C (atualizado 16/12/2011)	171

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Resumo da comparação entre Gantt e LOB (adaptado de Sousa e Monteiro, 2011)	41
Tabela 2.2 – Supostas vantagens e desvantagens do concreto pré-moldado (adaptado de Ordóñez, 1974 apud El Debs, 2000).....	67
Tabela 2.3 – Dispositivos para içamento de elementos pré-moldados (adaptado de El Debs, 2000)	74
Tabela 3.1 – Itens, dimensões e quantitativos negociados na obra do caso B.....	82
Tabela 3.2 – Itens, dimensões e quantitativos negociados na obra do caso C	82
Tabela 3.3 - Cartão de produção	85
Tabela 3.4 - Cartão de produção armação (2ª revisão) – Caso B	86
Tabela 3.5 - Cartão de produção concretagem (2ª revisão) – Caso B	86
Tabela 3.6 – Diário de obras.....	87
Tabela 3.7 – Planilha para lançamento dos dados da execução da armação (caso C).....	87
Tabela 3.8 – Planilha para processamento dos dados da execução da armação (caso C)..	88
Tabela 3.9 – Planilha para lançamentos dos dados de fabricação (caso C)	89
Tabela 3.10 – Planilha para processamento dos dados da fabricação (caso C)	89
Tabela 4.1 – Principais falhas diagnosticadas no caso A.....	96
Tabela 4.2 – Índice comparativo do volume de concreto entre previsto orçado e projetado do caso A	102
Tabela 4.3 – Índice comparativo do volume de concreto projetado e executado do caso A	103
Tabela 4.4 – Índice comparativo do consumo de aço entre previsto orçado e projetado do caso A.....	104
Tabela 4.5 – Índice comparativo do consumo de aço projetado e executado do caso A....	104
Tabela 4.6 – Índices comparativos entre os custos de concreto e aço (orçado x projetado x executado) do caso A.....	105
Tabela 4.7 - Relação dos itens da estrutura negociada do caso B.....	107
Tabela 4.8 - Relação dos itens e quantitativos do projeto negociado do caso C.....	115

Tabela 5.1 – Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de aço e RUP's (diária, cumulativa e potencial) relativos à armação para o estudo de caso B	124
Tabela 5.2 – Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de aço e RUP's (diária, cumulativa e potencial) relativos à armação para o estudo de caso C	128
Tabela 5.3 – Resultados das horas de mão de obra e quantitativos acumulados, RUP's (cumulativa e potencial) e PPMO para o estudo de caso C	129
Tabela 5.4 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial relativas à concretagem para o caso B	135
Tabela 5.5 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial relativos à concretagem para o caso C	139
Tabela 5.6 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial para o serviço de montagem da estrutura do caso B	144
Tabela 5.7 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial para o serviço de montagem da estrutura do caso C	148
Tabela 5.8 – Horas-homem e quantitativos de insumos (aço ou concreto) gastos na obra B	154
Tabela 5.9 – Quantitativos encontrados para planejamento da obra C	154
Tabela 5.10 – Planejamento da fabricação do pré-moldado da obra C (análise 1)	155
Tabela 5.11 – Planejamento da fabricação do pré-moldado da obra C (análise 2)	155
Tabela 5.12 – Planejamento da montagem do pré-moldado da obra C (análise 2)	156
Tabela 5.13 – Planilha de acompanhamento diário da produção da obra do caso C	158
Tabela 5.15 – Produção e produtividade na fabricação do pré-moldado da obra C (período de 23/set a 03/dez/11)	159
Tabela 5.16 – Produção e produtividade na montagem dos pré-moldados da obra C (período de 14/out a 09/dez/11)	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADM – *Arrow Diagramming Method*

CPM – *Critical Path Method*

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

Hh – Homem-hora

LOB – *Line of Balance*

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PCI – *Precast and Prestressed Concrete Institute*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDM – *Precedence Diagramming Method*

PERT – *Project Evaluation and Review Technique*

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PPC – Percentual da Programação Concluída

PPMO – Perda de Produtividade de Mão de Obra

Qs – Quantidade de Serviço Realizado

RUP – Razão Unitária de Produção

TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamentos

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	18
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E JUSTIFICATIVA	18
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.2.1. Objetivos específicos.....	21
1.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	22
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	22
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1. O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	24
2.1.1. Filosofias do Processo de Produção.....	26
2.1.2. O Processo de Planejamento da Produção na Construção Civil.....	28
2.2. CONTROLE DOS PROCESSOS.....	33
2.3. FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM OBRAS	35
2.3.1. Método do Caminho Crítico	35
2.3.2. Diagrama de Gantt	37
2.3.3. Linha de Balanço (LOB)	38
2.4. PRODUTIVIDADE E MEDIÇÕES DE DESEMPENHO	41
2.4.1. Definindo Produtividade.....	41
2.4.2. Medições de Desempenho	42
2.4.3. Mensuração da Produtividade	46
2.4.4. Síntese dos estudos de produtividade relacionados ao planejamento de curto prazo 50	
2.5. PLANEJAMENTO DE RECURSOS.....	59
2.5.1. Definição de planejamento de recursos.....	59
2.5.2. Curva S	61
2.6. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS	63
2.6.1. Características das estruturas pré-moldadas.....	63
2.6.2. Produção das estruturas pré-moldadas	67
2.6.3. Montagem das estruturas pré-moldadas.....	74

CAPÍTULO 3 MÉTODO DA PESQUISA.....	76
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	76
3.2. ETAPAS DA PESQUISA	77
3.3. INSTRUMENTAÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DE DADOS	79
3.3.1. Caracterização da empresa do estudo	79
3.3.2. Estudo de caso A	80
3.3.3. Estudos de caso B e C	81
3.3.4. Análise de dados	90
CAPÍTULO 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	92
4.1. APRESENTAÇÃO DO CASO A – estudo exploratório.....	92
4.1.1. Caracterização da obra	92
4.1.2. Diagnóstico das falhas relativas ao processo produtivo.....	96
4.1.3. Levantamento de dados comparativos entre previsto e realizado.....	101
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA DO ESTUDO DE CASO B.....	106
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA DO ESTUDO DE CASO B.....	114
CAPÍTULO 5 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA ARMAÇÃO, CONCRETAGEM E MONTAGEM.....	123
5.1. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE ARMAÇÃO	123
5.1.1. RUP para armação (estudo de caso B)	124
5.1.2. RUP para armação (estudo de caso C).....	126
5.2. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE CONCRETAGEM	133
5.2.1. RUP para concretagem (estudo de caso B).....	134
5.2.2. RUP para concretagem (estudo de caso C)	137
5.3. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE MONTAGEM	143
5.3.1. RUP para montagem (estudo de caso B)	143
5.3.2. RUP para montagem (estudo de caso C)	146
5.4. ANÁLISE DOS INDICADORES PARA APOIO AO PLANEJAMENTO	153
5.4.1. Resultado dos indicadores.....	153
5.4.2. Análise do cronograma do estudo de caso B.....	161
5.4.3. Análise do cronograma do estudo de caso C.....	166
CAPÍTULO 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
6.1. CONCLUSÕES	173

6.2. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	175
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	176

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Observa-se na atual realidade do mundo corporativo a necessidade do uso de sistemas de gestão eficientes de modo a garantir a tomada de decisões gerenciais e implantação das estratégias previamente definidas. Além disso, a busca do equilíbrio econômico e financeiro das corporações tem resultado também na busca contínua da evolução dos meios de produção, de novas tecnologias e da administração dos recursos humanos. Neste quadro, onde há a crescente concorrência entre as empresas e um mercado consumidor cada vez mais exigente, as organizações que tiverem eficiência no fluxo de informações, processos mais controlados e eliminação dos desperdícios terão vantagens sobre as demais. Assim, a função de planejamento e controle da produção (PCP) tem relativa importância.

Na indústria da construção civil, a exemplo do que vem acontecendo em outros setores industriais, a função produção vem assumindo um papel cada vez mais estratégico na determinação do grau de competitividade nas empresas de construção. Inúmeros estudos realizados no Brasil e no exterior comprovam este fato, indicando que deficiências no planejamento e controle da produção estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos (FORMOSO *et al.*, 2001).

Uma das tecnologias que contribuem para melhorar o desempenho da construção civil é o das estruturas pré-moldadas em concreto. Sendo a pré-fabricação de estruturas um sistema de manufatura, há, na ligação com a construção civil, uma possibilidade de contribuir para evolução desse setor.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E JUSTIFICATIVA

Segundo Kaplan e Norton (2001), não se pode gerenciar o que não se pode medir. As medidas de desempenho são uma importante ferramenta para a gestão de processo manufaturado, pois fornecem informações necessárias para o controle dos processos. Muitos gestores ainda tomam suas decisões baseados na experiência, intuição e empirismo, intervindo de maneira emergencial na resolução dos gargalos de produção, o que evidencia a falta da aplicação sistemática de planejamento e controle.

No Brasil, há um crescimento acerca das medidas de desempenho na indústria da construção por várias razões: (a) muitas empresas têm sido envolvidas no desenvolvimento de sistema de gestão da qualidade baseadas no critério de premiação por qualidade ou na obtenção de certificação ISO 9001; (b) medidas tradicionais usadas no gerenciamento da produção, como a produtividade, não dão suporte para tomada de decisões no atual ambiente corporativo e (c) empresas precisam de medidas de desempenho, válidas para todo o setor, tais que elas possam fazer *benchmarking* industrial (COSTA, 2003).

Embora haja esforços de alguns setores do mercado em difundir e qualificar os pré-moldados de concreto destinado a estruturas - como é o caso da Associação Brasileira da Construção Industrializada de concreto (ABCIC) – não há indicadores de produtividade, para o setor em estudo, disponíveis na bibliografia.

Portanto, devido ao atual contexto econômico, aliado aos benefícios inerentes ao estudo de indicadores de produtividade e à falta de bases comparativas para os mesmos, dá-se a importância em se estudar uma metodologia para utilização desses indicadores.

O gerenciamento da qualidade tem sofrido uma contínua evolução ao longo dos anos respondendo às mudanças políticas, sociais e econômicas. Assim, diversas metodologias e enfoques gerenciais, visando à melhoria da qualidade, foram desenvolvidos nos últimos anos. A evolução mais recente do gerenciamento da qualidade está voltada para a melhoria contínua, os aspectos administrativos e motivacionais, a participação de todos os funcionários e a satisfação do cliente. A denominação deste enfoque não é consensual, porém o termo Gestão da Qualidade tem sido utilizado por diversos autores há quase duas décadas (PICCHI, 1993; LANTELME, 1994).

Um dos princípios básicos para a Gestão da Qualidade é a tomada de decisões baseada em dados e fatos. Contudo, várias decisões gerenciais continuam baseadas em intuição. Conforme os problemas que se apresentem, estes parâmetros podem ser adequados, mas a decisão é tomada sob condições de grande incerteza e risco. Segundo Harrington (1988), algumas vezes esse método funciona, mas na maioria das vezes fracassa; é essencial ter entendimento objetivo do problema antes de tentar resolvê-lo.

Para permitir soluções mais adequadas aos problemas da empresa, os gerentes necessitam de informações que forneçam um entendimento claro da situação auxiliando na tomada de decisões. Porém, além de ter as informações é necessário que se tenha o controle do processo. O controle é o mecanismo regulador que tem como base a retroalimentação e visa chegar ao comportamento do sistema em relação aos seus objetivos, permitindo, caso necessário, ações

corretivas. Na empresa, o controle trabalha com os métodos e procedimentos necessários para permitir que o sistema se adapte às mudanças ambientais mantendo suas características de desempenho (LANTELME, 1994; SINK; TUTTLE, 1993).

Para que se possa controlar o processo é primordial que se meça. A medição deve ocorrer de forma sistêmica, passando pelas etapas da decisão do que ser medido, como fazer a coleta, processar e avaliar os dados obtidos.

Desta forma, as informações e o controle do processo são fundamentais para a manutenção e melhoria do desempenho de um sistema organizacional e, portanto, imprescindíveis para a tomada de decisões.

A preocupação com o planejamento mais eficiente tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores a partir da década de 90 (FORMOSO, 1991; OLIVEIRA, 1999; MENDES JR., 1999; NOVAIS, 2000; BERNARDES, 2001; HERNANDES, 2002; COELHO, 2003; SOARES, 2003; MACHADO, 2003; AKKARI, 2003; BRAGA, 2005; HEINECK *et al*, 2006; NAVARRO, 2007; BRANCO, 2007; BARROSO, 2010; SILVA, 2012).

De forma conjunta, vários outros pesquisadores enfocaram a construção e análise de indicadores de desempenho com enfoque na produtividade da mão de obra de diferentes serviços da construção civil (SOUZA, 1996; CARRARO e SOUZA, 1998; BOGADO, 1998; MARCHIORI, 1998; ARAUJO, 2000 e 2005; HEZEL, OLIVEIRA, 2001; LIBRAIS, 2001; MAEDA, 2002; REIS, 2005; FACHINI, 2005; DANTAS, 2006; PALIARI, 2008).

Os trabalhos que trataram do planejamento de obras geralmente enfocam a metodologia voltada à programação das atividades e inter-relação entre os vários níveis do planejamento (longo, médio e curto prazos), valorizando em grande parte o indicador PPC (Percentual de Programação Concluída), quase sempre considerando os cálculos das durações das atividades e recursos baseados em quantitativos de referência listados nas composições utilizadas em orçamentos das obras e/ou adaptadas à experiência das equipes envolvidas nas tarefas. Por outro lado, os trabalhos que trataram da implantação de indicadores de produtividade se limitam ao desenvolvimento da metodologia de implantação, análise dos índices, comparação com os índices listados em manuais de orçamentação ou com enfoque específico no levantamento dos fatores que influenciam o desempenho da mão de obra.

Mesmo os trabalhos de Oliveira (1999) que apresentou o indicador de desvio de ritmo no planejamento e controle da produção ou o trabalho de Novais (2000) que propõe a avaliação de indicadores de produtividade da mão de obra para alimentação do planejamento da empresa, ambos não demonstram o uso das informações provenientes da medição de desempenho para a tomada de decisões no planejamento.

Na evolução dos trabalhos sobre produtividade, pesquisas como a de Fachini (2005) que objetivou facilitar decisões de gestão com base em indicadores de desempenho, não implementaram a diretriz da inclusão da produtividade para definição da duração do ciclo das atividades demandas.

Percebe-se, portanto, uma lacuna na bibliografia disponível no que diz respeito aos subsídios que os indicadores de produtividade da mão de obra podem agregar para a programação das atividades apoiando o planejamento especialmente no nível operacional.

Há uma lacuna ainda maior quando se observa o mesmo tema para o segmento de obras com a tecnologia de estruturas pré-moldadas em concreto. Poucos trabalhos nos últimos anos conseguiram abordar de forma ainda exploratória este tema (MEDEIROS, SABBATINI, 1994; SCHEER et al, 2005; CANASSA, FERREIRA, SERRA, 2007; MELO Jr. et al, 2009). No entanto, nenhum destes tratou especificamente da implantação de indicadores de produtividades e sua inter-relação com o planejamento e controle de obras neste segmento.

Assim, faz-se necessário solucionar a questão de pesquisa formulada, de maneira a contribuir para a solução dos problemas expostos, visando estruturar uma metodologia para aplicação dos indicadores de desempenho: “Como a implantação da medição de produtividade da mão de obra relativa à fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas pode subsidiar tomadas de decisão quanto ao planejamento de obras, em especial no que se refere ao nível operacional de curto prazo?”

Sabe-se que o curto prazo é uma característica das obras que envolvem a tecnologia de estruturas pré-moldadas em concreto e, portanto, um sistema de medição torna-se imprescindível tanto para melhoria da qualidade do processo quanto do cumprimento do prazo.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é implantar um sistema de medição de produtividade nos processos de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto para apoio ao planejamento de curto prazo.

1.2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Criar um sistema de indicadores de produtividade que permitam subsidiar as fases de orçamento, planejamento e controle da produção (PCP);

- Dimensionar as equipes de trabalho a partir da análise e aplicação dos indicadores para definição e dimensionamento das equipes e ritmo de produção.

1.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa realizada não busca apresentar a metodologia de planejamento de curto prazo, mas sim, focar como o sistema de indicadores de desempenho permite apoiar decisões que influenciam em maior grau o planejamento de curto prazo da obra.

A análise dos dados se restringe aos dados coletados nos estudos de caso, observando as especificidades de projeto, métodos executivos, organização da produção e gestão que são praticadas pela empresa onde foi realizada a pesquisa.

Os resultados obtidos em termos quantitativos refletem a realidade local e foram obtidos durante o período de coleta dos dados que abrangeu todo o período de execução das obras estudadas.

Não é objetivo do trabalho comparar os dados de produtividade levantados nos serviços pesquisados com outros dados de produtividade de outros autores, mesmo porque na bibliografia consultada não foram encontrados dados similares para se obter parâmetros, nem de resultado nem de metodologia. Os dados de produtividade nesta pesquisa são utilizados para apoiar tomadas de decisão no planejamento das obras estudadas.

Ainda que o custo seja parte relevante dos estudos de produtividade, não houve a intenção de se proceder análises conjuntas com o cronograma financeiro das obras, estando as análises limitadas ao cronograma físico.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo, no qual foram apresentados o contexto, tema, a justificativa, os objetivos e delimitações da pesquisa, esta dissertação está composta de mais quatro capítulos.

No capítulo 2 são apresentadas as características do Planejamento e Controle da Produção (PCP). Também são apresentadas as definições de produtividade e medições de desempenho, incluindo os modelos e abordagens encontradas na literatura para desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho. O capítulo também apresenta uma síntese de vários trabalhos publicados dentro do mesmo grande tema.

No capítulo 3, é apresentado o método de pesquisa utilizado no trabalho. São descritos a estratégia e o delineamento da pesquisa, assim como são discutidas as atividades realizadas. Este trabalho se configura como uma pesquisa-ação que, segundo Tripp (2005), também chamada pelo termo genérico investigação-ação, é qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela sistematização da ação no campo da prática e sua própria investigação.

O pesquisador realizou o trabalho não somente como observador, mas fazendo parte e interferindo no processo. Para a escolha da pesquisa-ação, soma-se o fato de o pesquisador possuir experiência com o objeto de estudo.

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa de fabricação de artefatos pré-moldados em concreto, localizada na grande Goiânia e abrangeu três estudos de caso. O primeiro deles teve caráter exploratório e objetivo de diagnosticar as principais falhas pertinentes ao planejamento e controle da produção da empresa. O segundo estudo de caso iniciou a implantação dos indicadores de produtividade da mão de obra relativos à fabricação e montagem das estruturas pré-moldadas, cujos dados permitiram a validação da metodologia no terceiro estudo de caso, onde os mesmos subsidiaram o planejamento e o controle da obra desde o seu início.

No capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa a partir dos dados coletadas em campo, incluindo os três casos estudados. Um resumo dos indicadores obtidos e de como houve o apoio ao planejamento de curto prazo das obras são apresentados ao final deste capítulo.

No último capítulo são apresentadas as conclusões em relação aos resultados obtidos, observações críticas a respeito da metodologia adotada e sugestões para outras pesquisas sobre o mesmo tema.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda uma visão abrangente sobre o planejamento e controle da produção na construção civil, onde são explicitadas as dimensões e ferramentas visando sua análise e aplicabilidade. O controle é abordado para iniciar a discussão sobre a medição de desempenho e, por fim, são abordadas as medições de produtividade e uma síntese dos trabalhos que tiveram por objetivo o estudo da produtividade e sua relação com o planejamento da obra.

2.1. O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Em termos genéricos, para Ackoff (1976 *apud* BERNARDES, 2001), planejamento pode ser considerado como a “definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo”. O planejamento, organização, direção e acompanhamento da produção são importantes não só para a organização, mas, também, para o indivíduo e para a sociedade como um todo, uma vez que a eficácia deste sistema depende do projeto dos subsistemas componentes e das tarefas desempenhadas pelo trabalhador alocado ao sistema (TAGLIARI, 2002).

Na consideração dos grandes níveis hierárquicos, podem-se distinguir três tipos de planejamento: o planejamento estratégico, o tático e o operacional. De forma genérica, podem-se relacionar os tipos de planejamento aos níveis de decisão numa “pirâmide organizacional” (LAUFER; TUCKER, 1987; LOBO, 2010; BERNARDES, 2001).

O planejamento relaciona-se com objetivos de longo prazo e com estratégias e ações para alcançá-los, os quais afetam a empresa como um todo. O planejamento é realizado seguindo as estimativas de vendas futuras e a disponibilidade de recursos financeiros e produtivos. O plano de produção é geralmente pouco detalhado, normalmente trabalhando com a demanda agregada, tendo como objetivo principal adequar os recursos à demanda esperada (DUTRA, 2006). Normalmente é de responsabilidade dos níveis hierárquicos mais altos da empresa. Também, considera as premissas básicas que a empresa, como um todo, deve respeitar para que o processo estratégico tenha coerência e sustentação decisória (LOBO, 2010). A Figura 2.1 ilustra os diferentes níveis de planejamento e os níveis de decisão dentro de um ambiente corporativo.

Figura 2.1 – Níveis de planejamento e níveis de decisão



O planejamento tático tem por objetivo aperfeiçoar determinada área de resultado e não a empresa como um todo, portanto trabalha com decomposições dos objetivos, estratégias e políticas estabelecidas no planejamento estratégico (LOBO, 2010). No nível tático, o plano de produção é estabelecido em médio prazo, estabelecendo assim o planejamento-mestre da produção, fundamentado na previsão de pedidos em médio prazo e nos pedidos em carteira já confirmados (BERNARDES, 2001; DUTRA, 2006).

Enquanto que um planejamento tático se relaciona com objetivos de médio prazo e com estratégias e ações que, geralmente, afetam somente parte da empresa, o planejamento operacional pode ser considerado com a formalização, principalmente através de documentos escritos, das metodologias de desenvolvimento e implantação estabelecidas. Nessa, duas etapas são contempladas. A primeira delas é a programação da produção, onde é estabelecido em curto prazo quanto e quando comprar, fabricar ou montar cada item necessário à composição dos produtos finais. A segunda etapa operacional refere-se ao acompanhamento e ao controle da produção, que, por meio da coleta e análise dos dados da produção, pretende que o programa de produção emitido seja executado satisfatoriamente (FORMOSO *et al*, 1998; DUTRA, 2006).

Syal *et al.* (1992) descrevem o planejamento como um processo de tomada de decisão que resulta em um conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final. Essas ações devem ser analisadas segundo padrões de desempenho estabelecidos, sendo mensuradas e analisadas durante a fase de controle da produção. Entretanto, este conceito não se refere ao controle como parte do processo de planejamento (GHINATO, 1996 *apud* BERNARDES, 2001).

Moraes e Serra (2009) ressaltam que, normalmente, esta divisão entre a programação e o controle não é muito clara. Contudo, na programação, é estabelecido um plano, ou seja, uma formulação do que se pretende atingir no futuro, em um determinado momento, não havendo

garantia de que o evento irá realmente acontecer, devido à existência de diferentes variáveis capazes de contribuir para que o plano não se torne executável. Já o controle é o processo de lidar com estas variáveis, podendo significar que os planos precisam ser reformulados ou, por exemplo, que é preciso fazer uma intervenção na operação para trazê-la de volta ao planejado. Assim, o controle faz ajustes que permitem que se atinjam os objetivos estabelecidos no plano.

Alguns autores ressaltam que existe uma diferença entre controle e monitoramento. O controle pode ser encarado como um processo de supervisão exercido pela chefia sobre os trabalhadores e a verificação dos resultados das atividades destes trabalhadores, considerando alguns padrões especificados previamente. Enquanto que a função controle inclui ações corretivas, em tempo real, nos postos de trabalho, o monitoramento ocorre apenas na comparação do executado com o planejado e a determinação da(s) causa(s) fundamental(is) da ocorrência de falhas (GHINATO, 1996 *apud* BERNARDES, 2001).

As informações são o subsídio para os gerentes tomarem as decisões convenientes. Nesse sentido, Moraes e Serra (2009) definem que um sistema de planejamento e controle da produção não decide ou gerencia as operações: gerentes realizam estas atividades. O sistema somente fornece o suporte necessário para que os gerentes decidam.

2.1.1. Filosofias do Processo de Produção

Neste item são discutidos os modelos tradicionais e o modelo atual das filosofias do processo de produção.

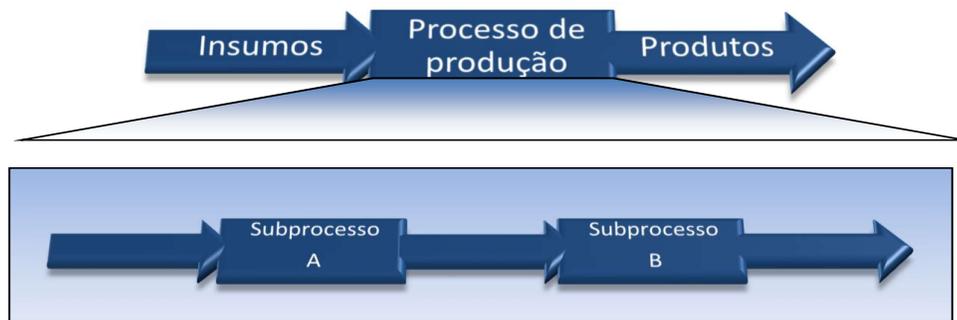
2.1.1.1. O Modelo Tradicional

Koskela (1992) definiu que o modelo conceitual que domina a visão convencional da produção é o modelo da conversão. A produção com um processo de conversão pode ser definida como:

- A produção é um processo de conversão dos insumos (*inputs*) em produtos (*outputs*);
- O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, os quais também são processos de conversão;
- O custo total de um processo pode ser diminuído pela diminuição dos custos de cada etapa dos subprocessos;
- O valor do produto do processo é associado com os custos dos insumos desse processo.

A Figura 2.2 exemplifica o modelo tradicional de conversão de um processo produtivo.

Figura 2.2 - Modelo tradicional de processo de conversão (KOSKELA, 1992)



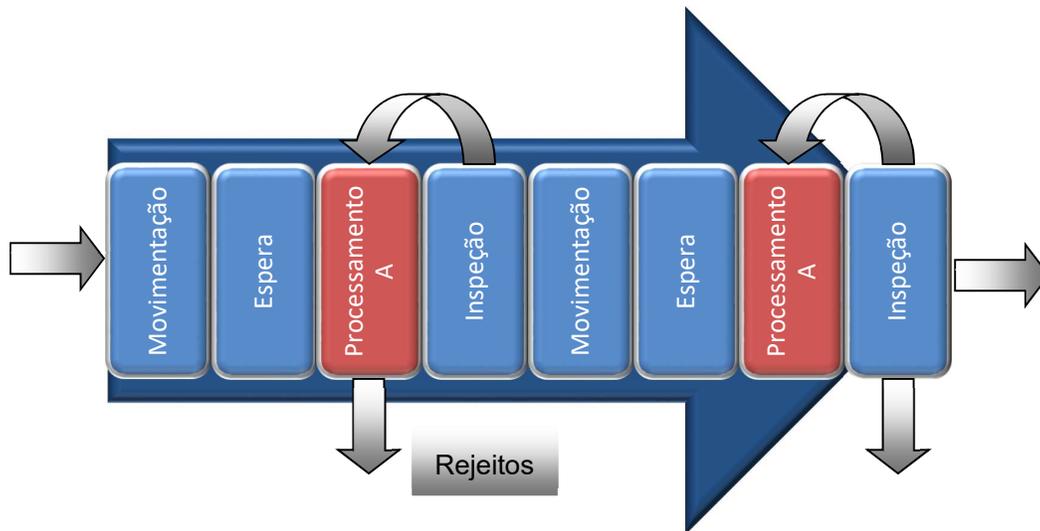
Este modelo de conversão, segundo Koskela (1992), foi estabelecido no século 19, quando as fábricas e empresas estavam centradas em torno apenas uma única conversão. No final do século, a tendência foi formar companhias organizadas hierarquicamente, controlando vários processos de produção. Os modelos organizacionais e as práticas contábeis foram desenvolvidas para atender às novas exigências. Os processos produtivos foram simplificados, os fluxos se tornaram mais curtos e as organizações menores, então os problemas devido a bases conceituais mantiveram sendo negligenciadas. Somente mais tarde, quando o modelo de conversão foi aplicado em produções mais complexas, os problemas ficaram evidentes.

2.1.1.2. A filosofia moderna de produção

O novo modelo conceitual é uma síntese e generalização de diferentes sugestões de modelos em vários campos, como o movimento *Just in Time* (SHINGO, 1984) e o movimento da qualidade. Koskela (1992) define o novo modelo de conversão como:

- A produção é um fluxo de materiais e/ou informação de uma matéria-prima para o fim da produção. Neste fluxo, incluem as etapas de transporte, movimentação ou espera (Figura 2.3);
- O processo de fluxo pode ser caracterizado pelo tempo, custo e valor. Valor se refere ao comprimento das exigências dos clientes. Não somente as atividades de processamento são agregadoras de valor, pois o fluxo do material influencia diretamente a conversão.

Figura 2.3 - Produção como um processo de fluxo. As caixas coloridas representam as atividades que não agregam valor, em contraste com as atividades que agregam valor (adaptado de KOSKELA, 1992)



A compreensão destes conceitos proporciona um aumento na produtividade e qualidade dos processos, à medida que as atividades de fluxo são reduzidas ou eliminadas, e as atividades de conversão tornam-se mais eficientes (OLIVEIRA,1999). As atividades de fluxo são muito importantes para a melhora do processo de PCP. Isso explica porque este processo tem sido desenvolvido nas empresas de construção tendo por base o modelo de conversão anteriormente apresentado (BALLARD, HOWELL, 1997¹ *apud* BERNARDES, 2001).

2.1.2. O Processo de Planejamento da Produção na Construção Civil

A construção civil foi, durante muito tempo, considerada atrasada em relação aos outros ramos industriais, apresentando morosidade, geração de desperdícios e com baixa produtividade. Segundo Picchi (1993), na formação acadêmica e na experiência no mercado de trabalho, os profissionais não visualizavam nas obras oportunidades de melhoras e acreditavam que as dificuldades e incertezas eram inerentes ao processo.

A tecnologia da pré-fabricação em concreto foi um dos agentes que contribuíram para a evolução do processo produtivo da construção civil. Porém, uma evolução tecnológica por si só não faz “milagres”, fazendo-se necessário uma evolução do processo produtivo também. Apesar da fabricação de um pré-moldado, em si, remeter a um sistema de manufatura, a

¹ BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Stabilizing work flow. In: ALÁRCON, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p.101-110.

fabricação de uma estrutura pré-moldada no próprio canteiro (conforme o estudo de caso deste trabalho) possui todas as características e dificuldades inerentes à construção civil. Conforme ressalta Assumpção (1996), os sistemas desenvolvidos para o ambiente industrial nem sempre conseguem adaptar-se às situações de produção que ocorrem na construção civil, fazendo com que se acabem gerando sistemas inadequados e de baixa eficiência.

Segundo Formoso *et al.* (1998), a falta de planejamento é um dos principais problemas da construção civil, sugerindo que as deficiências nesse processo estão entre as principais causas da baixa produtividade desse setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos. Assim, o processo de PCP na construção vem despertando a atenção por parte da comunidade acadêmica nos últimos anos e várias empresas têm procurado utilizá-lo. Porém, nota-se que o processo de PCP tem sido mal desempenhado nas empresas construtoras, pois o planejamento tem se resumido, em geral, na elaboração isolada de orçamentos, programações, detalhamentos de passos a serem seguidos e as restrições que devem ser obedecidas na execução de um projeto (BALLARD, HOWELL, 1997² *apud* BERNARDES, 2001). No Brasil existe relativamente um grande número de empresas envolvidas no desenvolvimento dos sistemas de PCP, baseadas no método *Last Planner* (planejamento de curto prazo). A maioria delas estão nos estágios iniciais da implementação e enfrentando os problemas comuns, como a falta de entendimento dos princípios, inabilidade para avaliar os impactos do planejamento, em termos de custo, e resistência dos gestores em relação às mudanças (SOARES *et al.* 2002).

Estudos têm indicado que a aplicação das ferramentas de PCP objetivando aumentar a transparência do planejamento, alertando-se para as peculiaridades da construção civil, tem tido sucesso.

2.1.2.1. Dimensão Horizontal do Planejamento

Laufer e Tucker (1987) salientam que o PCP pode ser representado através de duas dimensões básicas: horizontal e vertical. A primeira refere-se às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado e, a segunda, como essas etapas são vinculadas entre os diferentes níveis gerenciais de uma organização. A dimensão horizontal compreende cinco fases: planejamento do processo de planejamento, coleta de informações, preparação de planos, difusão da informação e avaliação do processo de planejamento. A Figura 2.4 representa o ciclo do planejamento, evidenciando as fases com caráter intermitente e contínuo.

² BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Stabilizing work flow. In: ALÁRCON, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p.101-110.

Figura 2.4 – As cinco fases do ciclo de planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)



Analisando a Figura 2.4, percebe-se que o ciclo contínuo se dá por um replanejamento que se inicia na coleta de informação. Em seguida, as informações são processadas na etapa de preparação de planos e difundidas para as etapas convenientes. Após, gera-se uma ação que originarão novas informações, as quais poderão evidenciar possíveis desvios, de modo a possibilitar a continuidade do ciclo. O ciclo intermitente ocorre em períodos esporádicos na empresa construtora, seja por ocasião do lançamento de novos empreendimentos, término da construção ou de alguma etapa importante da obra (BERNARDES, 2001). Abaixo seguem as descrições de cada fase do ciclo de planejamento:

- Preparação do processo de planejamento é a etapa onde são tomadas decisões relativas ao horizonte e nível de detalhes do planejamento, sendo analisadas as características da obra (LAUFER; TUCKER, 1987; FORMOSO, 1991; BRAGA, 2005);
- A fase de coleta de informações inclui, geralmente, contratos, plantas, especificações técnicas, descrições das condições do canteiro e ambientais, tecnologia a ser utilizada, viabilidade da terceirização, índices de produtividade do trabalho, dados de equipamentos a serem utilizados e metas estabelecidas pela gerência. O objetivo principal é a diminuição das incertezas (BERNARDES, 2001);
- Preparação dos planos é a fase que recebe mais atenção dos responsáveis pelo planejamento em empresas de construção, com intuito de aplicar as técnicas de rede para a preparação dos planos de programação do empreendimento (FORMOSO *et al.*, 1998; BERNARDES, 2001; JUNGLES *et al.*, 2005; SOUTO, 2006);

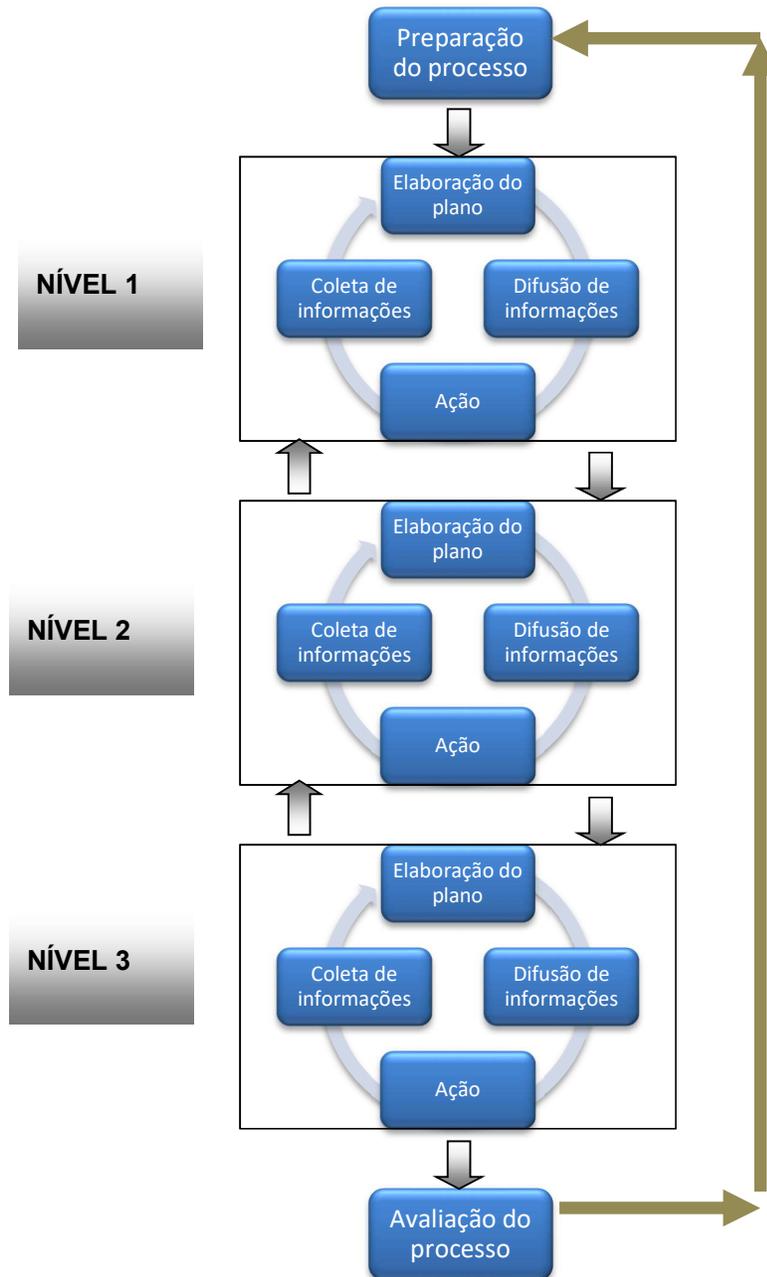
- Para que haja sucesso na fase de difusão de informações devem-se organizar em formato apropriado as informações obtidas, promover o comprometimento da equipe e atentar para a descentralização das informações nos níveis tático e operacional (LAUFER; TUCKER, 1987; FORMOSO *et al.*, 1998; SANTOS, 2004);
- Na fase de ação o progresso da produção é controlado e monitorado, e as informações resultantes desse controle são utilizadas para atualizar os planos e preparar relatórios sobre o desempenho da produção (FORMOSO, 1991; FORMOSO *et al.*, 2005; SOUTO, 2006).

2.1.2.2. Dimensão Vertical do Planejamento

Na dimensão vertical é estabelecido como se dará a integração das fases de processo do planejamento entre os diferentes níveis gerenciais da organização. Devido à incerteza do processo construtivo, é importante que os planos sejam preparados em cada nível com um grau de detalhe apropriado (FORMOSO, 1991; OLIVEIRA, 1999).

O planejamento deve ser ajustado perante a manifestação das incertezas, ou, em ambientes incertos, pode-se incorporar uma flexibilidade na tomada de decisões (LAUFER; TUCKER, 1987). Porém, essa ação provoca custos adicionais no orçamento e análise de viabilidade do empreendimento. Bernardes (2001) estabelece que outra forma seria a utilização de *buffers*, ou seja, um estoque de tempo, capacidade, materiais ou produto inacabado que possibilita a execução das operações no canteiro de obras, quando da ocorrência de uma incerteza.

Formoso (1991) observa três níveis gerenciais típicos: estratégico, tático e operacional. Entretanto, apesar desta conceituação pode existir mais de um nível tático ou mesmo operacional, sendo importante não somente identificar os níveis, mas destacar que o ciclo do planejamento pode ocorrer em todos eles (OLIVEIRA, 1999). A Figura 2.5 esquematiza a dimensão vertical do ciclo de planejamento e sua integração com o planejamento horizontal.

Figura 2.5 – Integração dos níveis horizontal e vertical do PCP (FORMOSO *et al.*, 1998)

No nível estratégico tem-se o planejamento de longo prazo, conhecido como plano mestre, que permite a identificação dos objetivos principais do empreendimento. Este plano deve apresentar um baixo grau de detalhes devido às incertezas existentes no ambiente produtivo. O plano gerado neste nível destina-se à alta gerência, de forma a mantê-la informada sobre as atividades que estão sendo realizadas (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). Os esforços são no sentido de equacionar metas financeiras com as metas de custo, prazo e qualidade estipuladas

(ASSUMPTÃO, 1996). Dentre os três níveis de planejamento, o de longo prazo é aquele onde os princípios da moderna filosofia de produção exercem menor influência (OLIVEIRA, 1999).

No nível tático pode-se ter um planejamento de médio ou longo prazo. O planejamento de médio prazo busca vincular as metas fixadas no plano mestre com aquelas designadas no curto prazo, incluindo a especificação dos métodos construtivos e a identificação dos recursos necessários (FORMOSO *et al.*, 1998). No planejamento de longo prazo são tomadas as decisões de caráter tático como: datas para início e fim das fases da construção, ordem de execução das atividades e definição do número de equipes (BALLARD; HOWELL, 1995³ *apud* NOVAIS, 2000). No nível tático analisam-se os fluxos de trabalho, visando um sequenciamento que reduza a parcela das atividades que não agregam valor ao processo produtivo (BERNARDES, 2001). Os autores citados aconselham à gerência utilizar o planejamento de médio prazo num horizonte de algumas semanas, estimulando ações no presente para atingir o estipulado. Esse planejamento pode ser chamado de *lookahead planning*.

No nível operacional faz-se o planejamento de curto prazo que tem o papel proteger a produção através da utilização de planos plausíveis de serem atingidos, que foram submetidos a uma análise do cumprimento de seus requisitos (detalhados posteriormente) e pela análise das razões pelas quais as tarefas planejadas não são cumpridas (BALLARD, HOWELL, 1997⁴ *apud* BERNARDES, 2001). O planejamento de curto prazo visa orientar diretamente a execução da obra, sendo realizado geralmente em ciclos semanais e caracterizado pela atribuição de recursos físicos às atividades de médio prazo. Ao final do ciclo de curto prazo, procede-se o monitoramento das metas executadas através do indicador denominado Percentual de Pacotes Concluídos (PPC) e registro das causas pelas quais os pacotes não foram concluídos.

2.2. CONTROLE DOS PROCESSOS

O controle do processo é determinante para seu sucesso seja em qualquer um dos níveis de gerenciamento. O primeiro passo para o entendimento do controle do processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito inerente às ações tomadas. Esta compreensão irá criar as condições para que os colaboradores da organização possam assumir suas próprias responsabilidades, criando as bases para a implantação dos indicadores de desempenho.

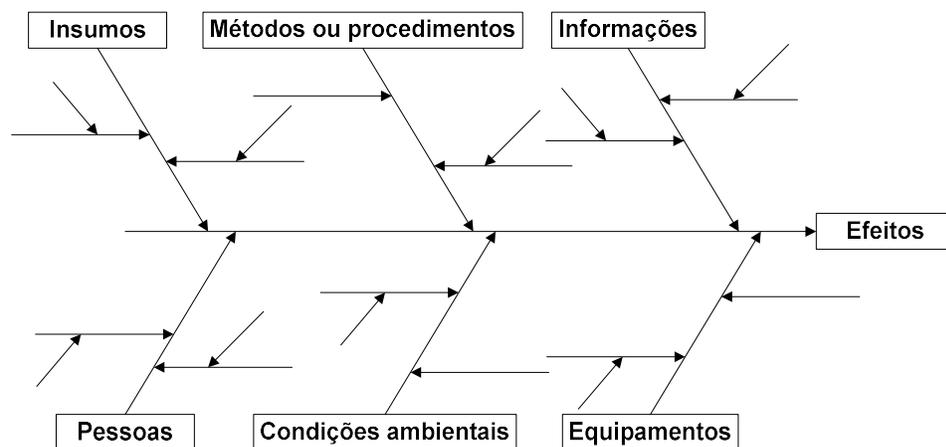
³ BALLARD, Glenn, HOWELL, Gregory. **Toward construction JIT**. p. 291-300. 3rd Workshop on Lean Construction, Albuquerque, 1995.

⁴ BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Stabilizing work flow. In: ALÁRCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p.101-110.

Segundo Campos (1999), o processo é um conjunto de causas que provocam um ou mais efeitos. Cada processo pode ter um ou mais resultados, sendo necessário medir os seus efeitos.

Sempre que algo ocorre, existe um conjunto de causas ou meios que podem ter influenciado nos resultados. Para melhorar o controle surge a necessidade de separar o agente causador e o resultado de sua interferência dentro da organização. O Diagrama Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa (Figura 2.6) é uma ferramenta que ajuda a identificar essas eventuais divergências encontradas das metas estabelecidas no planejamento.

Figura 2.6 - Diagrama causa-efeito (adaptado de LOBO, 2010)



Se o planejamento fosse perfeito, as ações constantes do plano de ação deveriam ser suficientes para atingir a meta. Porém, na realidade o que se vê é a necessidade de comprovar o alcance das metas através de verificações.

De acordo com Santos e Santos (2007), o controle identifica as falhas no processo, permitindo registrar a experiência adquirida, de modo a viabilizar ações corretivas e a evitar a reincidência de erros. Assim, para que o controle seja eficiente, ele não deve ser entendido como um processo de mera fiscalização, no qual os erros são apenas identificados e registrados, mas como um meio de aprendizagem, buscando alternativas viáveis para atingir as metas pré-estabelecidas.

Pelo exposto, é de fundamental importância o registro diário das ocorrências dentro de um processo para permitir comparações entre o previsto e o executado. Para a melhoria da qualidade de uma empresa, é preciso que os gestores sejam munidos com informações confiáveis para a tomada de decisões. Para tanto, é fundamental a adoção de processos apropriados de medição, monitoramento e análise de desempenho.

2.3. FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM OBRAS

No planejamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período da construção e tem como objetivo a definição dos ritmos das atividades, que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento (MENDES JR e HEINECK, 1998). O planejamento de curto prazo ou operacional tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Com ele é feita a programação da obra, em geral semanalmente, visando atender às atividades pertencentes ao plano de médio prazo. Esta programação é caracterizada pela atribuição de recursos físicos (mão-de-obra, equipamentos e ferramentas) às atividades programadas no plano de médio prazo, bem como o fracionamento dessas atividades em pacotes menores, denominados tarefas (BERNARDES, 2001).

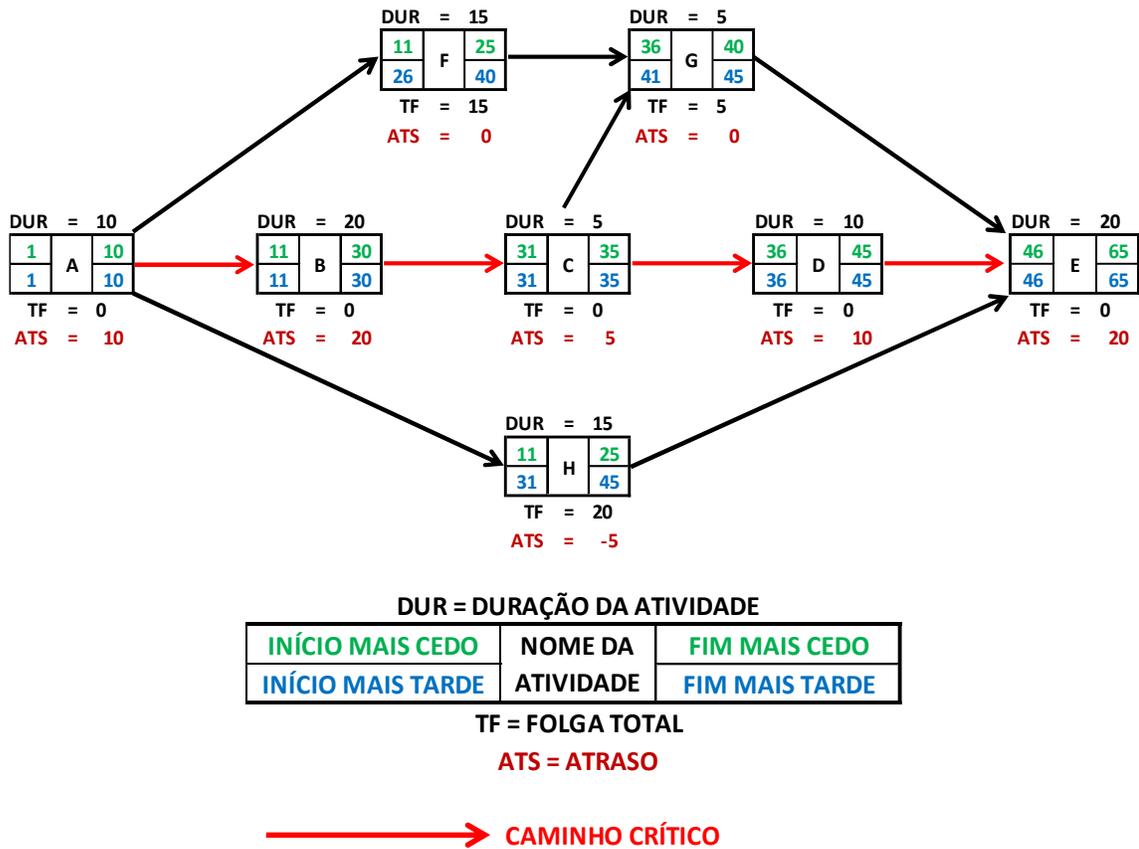
Deve-se programar a execução de uma obra de maneira a atingir as exigências técnicas estabelecidas em projeto dentro da programação financeira definida no orçamento. Para tal, o planejamento deve ser feito antes mesmo da contratação da obra, gerando a possibilidade de corrigir falhas ou aprimorar métodos. Assim, as tarefas devem ser rigorosamente planejadas para garantir um fluxo ideal de trabalho, sendo estabelecidos os recursos necessários dentro do tempo requerido. Há algumas ferramentas que contribuem para tal, algumas das quais discutiremos aqui.

2.3.1. Método do Caminho Crítico

Na análise da execução de um projeto muitos planejadores utilizam o diagrama de rede, que consiste na representação gráfica das atividades que o compõe, a duração de cada uma delas e o seu sequenciamento.

Segundo Matos (2010), há dois métodos de construção de um diagrama de rede, sendo diferenciados pelas regras para desenhar os diagramas: o método das flechas (ou *Arrow Diagramming Method – ADM*) e o método dos blocos (ou *Precedence Diagramming Method – PDM*). A partir daí, chegou-se a uma forma de representação das atividades mais completa, que são os diagramas PERT/CPM, que permitem que sejam indicadas as relações lógicas de precedência entre as inúmeras atividades do projeto e que seja determinado o caminho crítico, isto é, a sequência de atividades que, se sofrer atraso em alguma de suas componentes, vai transmiti-lo ao término do projeto. Cálculos numéricos permitem saber as datas mais cedo e mais tarde em que cada atividade pode ser iniciada, assim como a folga de que elas dispõem (Figura 2.7).

Figura 2.7 - Representação gráfica da rede PERT/CPM



Os diagramas PERT/CPM se originaram de duas conhecidas técnicas que auxiliam o planejamento e controle da execução de um projeto, especialmente quando o mesmo contém muitas atividades, são o CPM (*Critical Path Method*) e o PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

Em 1957, a empresa norte-americana E.I. du Pont de Nemours and Co., com o objetivo de entender melhor a relação tempo-custo para os projetos de engenharia das plantas da empresa, se puseram a investigar a maneira mais eficiente para se acelerar um projeto. Eles perceberam que o melhor seria não, simplesmente, acelerar todas as atividades envolvidas, mas sim as atividades “certas”. Os matemáticos Morgan Walker e James Kelley perceberam que havia uma “cadeia principal”, com a qual se acelerava o projeto sem incorrer em significativo aumento de custo. Ela foi imortalizada como “caminho crítico” e que seria a base do Método do Caminho Crítico (CPM).

O PERT, também da mesma época da CPM, surgiu de estudos da marinha americana, em parceria com outras empresas, no planejamento e controle do Projeto Polaris, que se tratava do desenvolvimento de um míssil balístico. Este projeto tinha estimativa de término em sete anos. Porém, ele foi finalizado em quatro anos colaborado pela utilização da ideia de durações

probabilísticas, atribuindo para cada atividade uma duração otimista, uma pessimista e uma mais provável. Embora o CPM tenha incorporado o “caminho crítico” ao seu nome, foi no PERT que surgiu o termo (MATOS, 2010).

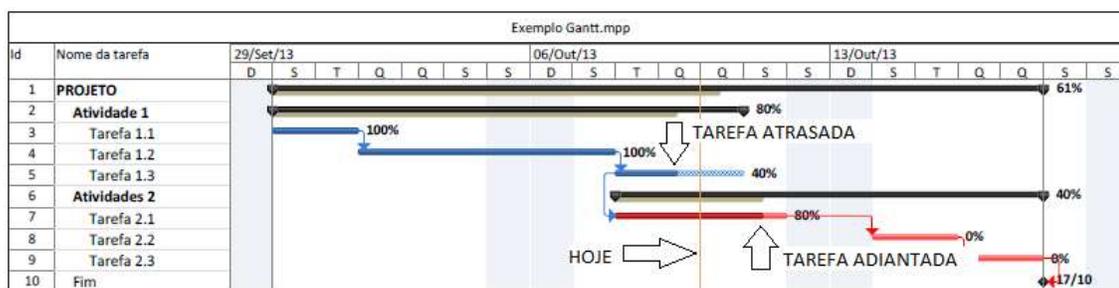
Para aplicação dessas técnicas para elaboração de planejamento em redes, principalmente quando se trabalha com vários projetos ao mesmo tempo, é importante o apoio de um *software*, o qual proporciona ao gestor a simplificação e agilidade no processamento dos dados, com menos erros e maior precisão.

2.3.2. Diagrama de Gantt

O diagrama de Gantt é uma forma gráfica de representar o Método do Caminho Crítico (CPM), onde se tem o calendário das atividades do projeto e suas respectivas dependências. Representa as atividades do projeto num espaço bidimensional em que na horizontal está marcado o tempo de duração do projeto, numa escala que pode ser de dias, semanas, meses ou outra e na vertical se encontram as diversas atividades do projeto (MATTOS, 2010).

No diagrama de Gantt as atividades do projeto são representadas como barras horizontais em que o comprimento é relativo à duração estimada para a atividade. As interdependências entre atividades são representadas por linhas que interligam duas ou mais atividades (Figura 2.8).

Figura 2.8 - Exemplo de gráfico de Gantt



O diagrama de Gantt pode também incluir informação sobre o estado atual do projeto, alterando a cor das atividades para diferenciar as atividades que estão completas das que estão em curso e das que ainda não foram iniciadas.

Adicionalmente, a inclusão de uma linha vertical que marca a data de hoje tem a vantagem de permitir rapidamente perceber eventuais atrasos nas atividades do projeto. É igualmente possível sobrepor o cronograma planejado com o cronograma efetivo de forma a visualizar as diferenças entre os dois (MATTOS, 2010).

Podem ser citadas como vantagens da utilização do diagrama de Gantt (MATTOS, 2010):

- Sua apresentação é simples de fácil assimilação;
- Facilita o entendimento do significado de folga;
- É a base para alocação dos recursos;
- É a base para o cronograma físico-financeiro;
- É ótima ferramenta para monitoramento e controle;
- Serve para a geração das programações periódicas e distribuição de tarefas aos responsáveis;
- Serve para mostrar o progresso das atividades;

O diagrama de Gantt tem também algumas desvantagens, entre as quais (LIMMER, 1997; MATTOS, 2010):

- A sequência lógica é mais bem compreendida no diagrama de rede;
- Demasiado simplificada para a maioria dos projetos, pelo que deve ser complementada com outra informação de suporte que permita avaliar com clareza o estado do projeto;
- Fica difícil perceber como o atraso ou adiantamento de uma atividade afeta a rede como um todo;
- Parcial porque é centrada unicamente no controle de data do projeto, nada referindo sobre custos e âmbito/escopo.

O cronograma de barras, como originalmente concebido, tem a deficiência de não possibilitar a visualização da ligação entre as atividades, não levar em conta as folgas e não mostrar o caminho crítico. A fim de suprir essas limitações, planejadores criaram uma versão aprimorada do cronograma de Gantt, na qual introduziram dados tirados da rede PERT/CPM. A versão final recebe o nome de cronograma integrado Gantt-PERT/CPM (MATTOS, 2010).

2.3.3. Linha de Balanço (LOB)

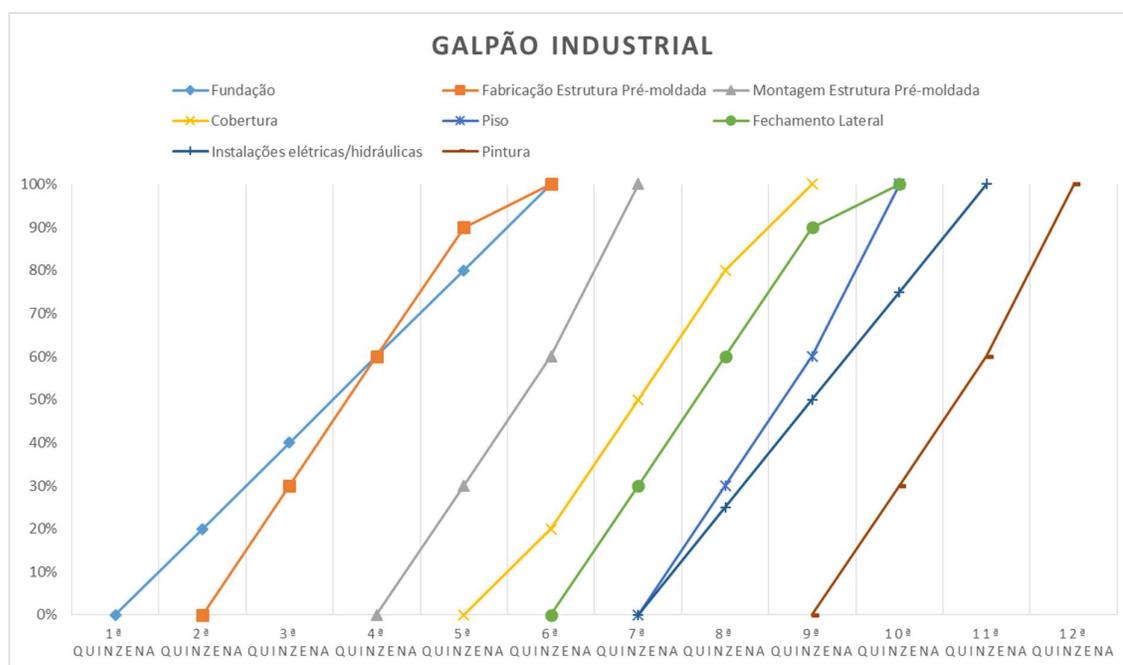
A Linha de Balanço (*Line of Balance* – LOB) é um método de representação gráfica da disposição temporal de um dado sistema produtivo desagregado em atividades (SOUSA, 2011). A técnica LOB, também chamada de tempo-caminho, linha de fluxo ou linha de balanceamento, foi criada pela Goodyear no início dos anos 40 e desenvolvida pela marinha dos Estados Unidos durante a segunda guerra. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção.

A técnica LOB tem sido usada na construção civil na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, mas não se restringe à essa tipologia. Ela pode ser aplicada em qualquer tipo de construção com características repetitivas ou lineares como estradas, redes de águas pluviais,

construção de conjuntos habitacionais e na maioria dos casos de estruturas pré-moldadas. Cada uma dessas tipologias pode ser desmembrada numa sequência de processos que serão repetidos em cada unidade do projeto (MENDES Jr., 1999).

A Linha de Balanço é representada graficamente permitindo uma fácil visualização ao gestor das fases que compõem todo o projeto e o ritmo de cada uma delas. O gráfico da LOB é desenhado em função do tempo para conclusão de cada atividade. Ao invés das barras horizontais, como representada no gráfico de barras de Gantt, as barras são apresentadas inclinadas, onde quanto maior sua inclinação, em relação ao eixo do tempo, maior a velocidade para a conclusão de cada atividade. A Figura 2.9 representa uma LOB para execução de um galpão industrial com a utilização de estrutura pré-moldada em concreto.

Figura 2.9 - Representação gráfica da Linha de Balanço



Observa-se na Figura 2.9 que as atividades são executadas em sequência e para que haja um equilíbrio no andamento do projeto elas devem se manter em paralelo. Há algumas atividades que não são precedentes de outras e não dependem de um mesmo recurso dentro de um mesmo período de tempo. Isso pode ser evidenciando na análise entre a atividade de fundação e de fabricação da estrutura. Como se trata de estrutura pré-moldada, que é fabricada fora do seu local de destino por uma equipe especializada, a execução da fundação não interfere na fabricação da estrutura. Assim, elas podem trabalhar em ritmos diferentes sem que seja prejudicada a sequência de todo o projeto (programação não paralela). Já quando se analisa a atividade de fabricação da estrutura e sua sucessora, a montagem do

pré-moldado, há a necessidade de que haja um balanceamento entre as mesmas (programação paralela).

Para a execução de uma atividade se deve procurar manter o ritmo e evitar sua quebra durante sua conclusão. Um desequilíbrio ou desbalanceamento pode afetar negativamente a performance do projeto causando paradas nas tarefas, utilização ineficiente das equipes e equipamentos e custos excessivos (MENDES Jr., 1999).

Numa programação paralela o período de utilização das equipes é mais uniforme, enquanto que na programação não paralela, a distribuição é mais irregular. Quando se tem uma construção onde várias atividades são executadas por uma mesma equipe, tem-se uma maior complexidade para aplicação das técnicas das Linhas de Balanço. O gestor deve balancear o projeto para que não haja uma programação não paralela ou quebra no sequenciamento durante a execução.

Em comparação com os diagramas Gantt-CPM e LOB, ambos podem ser organizados por localizações de suas atividades, no entanto, ao contrário deste método, a manipulação do gráfico é consideravelmente mais complexa no diagrama de Gantt, pois a sua elaboração pressupõe a simples disposição de tarefas e não sua otimização.

Durante a execução de uma obra, a alteração do planejamento é muitas vezes evitada devido ao planejamento, elaborado com auxílio da técnica Gantt-CPM, conter um número de tarefas e ligações tal que a alteração de uma única atividade aumentaria o risco do não cumprimento do prazo estabelecido para conclusão dos trabalhos. Com a Linha de Balanço (LOB) é possível alterar o planejamento sem aumentar o risco, visto que com a alteração se tem imediatamente percepção das implicações, seja nos ritmos de produção, na sobreposição de tarefas, na aproximação das datas de início ou fim, etc. (SOUZA e MONTEIRO, 2011).

Sousa e Monteiro (2011) apresentaram um resumo da comparação entre os dois métodos (Tabela 2.1):

Tabela 2.1 – Resumo da comparação entre Gantt e LOB (adaptado de Sousa e Monteiro, 2011)

CPM – GANTT	LINHA DE BALANÇO
<ul style="list-style-type: none"> • Cada atividade escrita individualmente com informação local • Muitas atividades e locais se traduzem em cronogramas grandes e complexos • Recursos acrescentados a todas as tarefas • Consomem muito tempo para sua elaboração • Maior susceptibilidade a erro humano • Escala elevada desmotiva a realização do planejamento • Pertence a quem fez o planejamento • As dependências se estendem por várias páginas • É difícil de ver a relação entre as tarefas • A correção de um fluxo vai perturbar outro, sendo difícil sua percepção • Não foi concebido considerando a continuidade de recursos • Má utilização do local 	<ul style="list-style-type: none"> • Tudo numa só vista • Ver relação entre tarefas e proximidade no espaço e no tempo • A correção provoca perturbações, mas é imediatamente visível o impacto sobre todas as tarefas • Melhor gestão dos recursos • Melhor utilização no local • Possibilidade de reduzir a duração dos projetos sem aumentar o risco • Uma só tarefa comum a muitos locais • Continuidade • Disposição gráfica do ritmo de produção • Adicionam-se os recursos uma vez • Funcionalidade de importação e exportação para Excel e MS Project • Mais tempo para a revisão do cronograma e do planejamento em vez de ficar preso a administrar inúmeras atividades • Pertence a todos

2.4. PRODUTIVIDADE E MEDIÇÕES DE DESEMPENHO

Neste item é discutida a definição de produtividade, as medições de desempenho como base conceitual para a construção de indicadores, bem como a mensuração da produtividade.

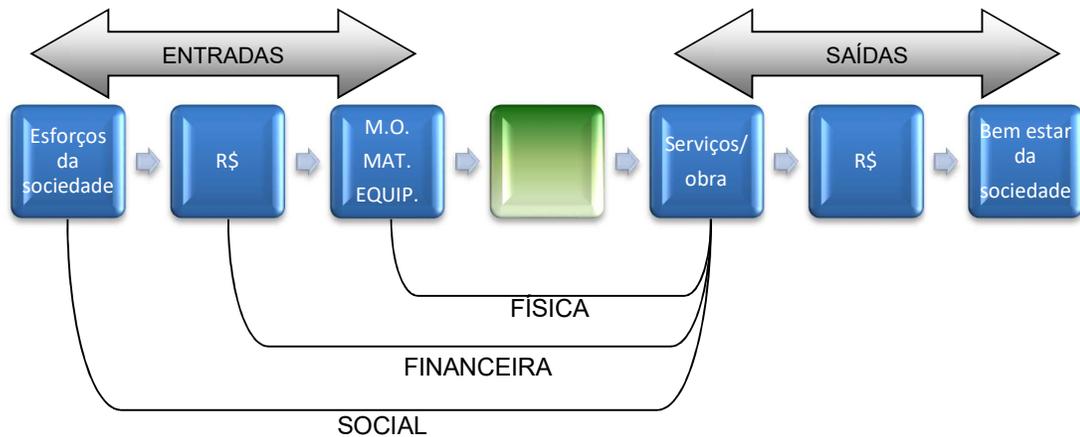
2.4.1. Definindo Produtividade

A produtividade para Araújo e Souza (2001a) pode ser definida como a eficiência em transformar entradas e saídas de um processo de produção. Segundo Araújo (2000), o caminho mais sustentável para a melhoria do padrão de vida nos países é o aumento da produtividade. Seus ganhos englobam tanto processos mais eficientes como inovações em processos e serviços. O uso adequado de recursos possibilita à economia fornecer bens e serviços a custos menores para o mercado interno e ainda competir em mercados internacionais.

A produtividade pode ser entendida como uma relação entre o volume produzido e os recursos necessários a essa produção. Conceitualmente, produtividade significa capacidade de produzir, característica do que produz com abundância ou lucratividade. Em outras palavras, produtividade é obter a melhor relação entre volume produzido e recursos consumidos (LOBO, 2010). Segundo Souza (2006), produtividade é a eficiência/eficácia de se transformar entradas

em saídas num processo produtivo, cumprindo os objetivos previstos para tal processo (Figura 2.10).

Figura 2.10 - Diferentes abrangências/integração dos níveis horizontal e vertical do PCP (FORMOSO *et al.*, 1998)



2.4.2. Medições de Desempenho

O gerenciamento da qualidade tem sofrido uma contínua evolução ao longo dos anos. A medição de desempenho tradicional tem como principal preocupação a medição em termos do uso eficiente dos recursos. Os indicadores de desempenho mais comuns são a produtividade, o retorno sobre os investimentos, o custo padrão, entre outros. Porém, as medições baseadas em termos financeiros são inadequadas no ambiente competitivo de hoje (COSTA, 2003; LANTELME *et al.*, 2001).

Costa (2003) propõe outras formas de estrutura para sustentar o desenvolvimento de sistema de medição de desempenho. Essas estruturas são usualmente multidimensionais, no sentido que elas focam no conjunto amplo de medidas financeiras e não financeiras e são inseridas em diferentes níveis gerenciais. Elas fornecem mecanismos para facilitar o alinhamento dos indicadores de desempenho com os objetivos estratégicos da empresa, bem como para ligação delas com os processos gerenciais.

A medição do desempenho deve ser feita não somente para planejar, induzir e controlar, mas também para diagnosticar. Nesse sentido, é importante ir sofisticando a medição de desempenho conforme a empresa vai passando pelos níveis de maturidade na implementação da gestão pela qualidade total.

Desta forma, é possível estabelecer uma relação entre as mudanças nos fatores de mercado, a evolução das estratégias empresariais e a utilização de medidas de desempenho, associadas à evolução nos critérios que definem o desempenho.

Inicialmente, as estratégias empresariais tinham por objetivo melhorar a eficiência do processo produtivo, visando à produção em grande escala. Essa época caracterizou-se por uma demanda de mercado superior à produção. Para atender à demanda, as empresas buscaram meios de obter crescimento nas quantidades produzidas através de melhoria da eficiência dos tempos de produção, adotando para isto, a divisão do trabalho, a mecanização e a produção em escala (LANTELME, 1994; SOARES, 2003).

O crescimento da produção gerou a necessidade de ampliação do mercado consumidor. A abertura do mercado, inclusive a nível internacional, fez crescer a competição. Como efeito, o preço tornou-se um importante fator de competitividade e um novo critério de desempenho. Estas mudanças fizeram com que as empresas adotassem novas estratégias objetivando, basicamente, reduzir custos a fim de fornecer produtos a preços competitivos e garantir os lucros (LANTELME, 1994).

As estratégias adotadas atuaram, principalmente, sobre a estrutura organizacional das empresas, a padronização da produção buscando a repetitividade das tarefas, a atualização de mão de obra barata, dando grande ênfase ao planejamento e ao controle. A partir daí os consumidores passaram a selecionar mais criticamente e a exigir produtos de melhor qualidade.

Com a elevação das exigências dos consumidores, as empresas passaram a se preocupar com a qualidade de seus produtos. Inicialmente, as estratégias empresariais para a qualidade baseavam-se, exclusivamente, na inspeção do produto final, sob responsabilidade de um Departamento de Controle de Qualidade que exercia uma função essencialmente corretiva, evitando que produtos defeituosos chegassem ao consumidor. Os Departamentos de Controle de Qualidade realizavam a inspeção do produto final, comparando as características do produto com as especificações e padrões de desempenho. As medidas focavam-se no controle do produto e na produção, frente a requisitos de conformidade previamente estabelecidos, utilizando-se testes de inspeção, o Controle Estatístico do Produto, quadros de produção e gráficos de controle. No entanto, tal atitude, não impedia que um grande número de peças defeituosas fosse produzido e sucateado no processo. Assim, competir com produtos de qualidade tornava-se extremamente oneroso (LANTELME, 1994).

As estratégias predominantes até esta época levaram as empresas a dar grande ênfase ao planejamento e ao controle, seja dos prazos, dos custos ou da qualidade do produto. Nesta

abordagem as medições tinham, essencialmente, a finalidade de controle. A partir da década de 70 até os tempos atuais, a qualidade tem assumido, cada vez mais, a sua importância como fator de competitividade. No entanto, o enfoque dado ao gerenciamento da qualidade tem sofrido uma evolução ao longo do tempo, determinando novos critérios de desempenho (LANTELME, 1994).

Neste contexto, os indicadores de qualidade e produtividade assumem um papel imprescindível na avaliação e melhora do desempenho da empresa. Um indicador de qualidade e produtividade é uma forma de representação quantificável da qualidade de um produto ou serviço. É um instrumento de mensuração da qualidade e como tal, imprescindível ao seu gerenciamento (PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE, 1991).

Segundo Lantelme *et al* (2001) o indicador é um mecanismo de avaliação formulado em bases mensuráveis, sendo sempre expressos por números, ou seja, valores associados a escalas contínuas. As principais características dos indicadores são:

- a) Objetividade – o indicador deve expressar de forma simples e direta a situação a que se refere a avaliação.
- b) Clareza – o indicador deve ser perfeitamente compreensível (para pessoas de diferentes formações e qualificações).
- c) Precisão – não deve possuir duplicidade de interpretações.
- d) Viabilidade – não pode requerer informações ou procedimentos que não estão disponíveis no momento e nem em médio prazo (o indicador não mede intenção, e sim, resultados obtidos).
- e) Representatividade – deve expressar exatamente o que ocorre na situação em que são aplicados, baseando-se em amostras de processos bem definidos.
- f) Visualização – deve garantir imediata visualização do processo sob avaliação;
- g) Ajuste – deve ser adaptado à realidade da organização e referir-se ao que efetivamente existe na empresa (deve-se evitar a importação de indicadores de empresas de realidade diferente).
- h) Unicidade – não pode ser usado de forma diferenciada em situações similares;
- i) Alcance – deve ter prioridade no processo que gerou (ênfase na causa e não apenas nos efeitos do processo produtivo).

- j) Resultados – deve expressar resultados alcançados efetivamente e não projetos, planos ou metas para o futuro. Também, podem medir e avaliar a evolução do processo com base em atividades realizadas ao longo de um dado período.

A evolução do enfoque dado ao gerenciamento da qualidade pode ser melhor compreendida como uma consequência da própria evolução do conceito de qualidade. Segundo Picchi (1993), o conceito da qualidade tem sofrido uma crescente evolução, onde, a partir de um conceito bastante restrito e específico, como “conformidade com requisitos”, novos aspectos foram adicionados, num processo cumulativo no qual o conceito se amplia e ganha complexidade cada vez maior.

A medição fornece as informações necessárias para a tomada de decisões. Nela é definido o processo pelo qual se decide o que medir, onde se faz a coleta, processamento e avaliação de dados (SINK; TUTTLE, 1993).

Assim, podem-se classificar as medições em quatro tipos, segundo a finalidade da informação que fornecem (SINK; TUTTLE, 1993):

- a) Visibilidade: utilizadas para diagnóstico, buscando identificar pontos fortes e fracos ou disfunções para propor ações de melhoria. A finalidade principal é despertar e conscientizar a gerência para a necessidade de melhorias e mostrar o desempenho atual.
- b) Controle: visam controlar a variação do desempenho em relação a padrões de comportamento previamente estabelecidos, permitindo, caso necessário, ações corretivas.
- c) Melhoria: feitas para identificar oportunidades de melhoria ou verificar o impacto dos planos de ação sobre o desempenho do processo ou da organização. Mostram o desempenho em relação às metas estabelecidas.
- d) Motivação: podem ser utilizadas de forma bastante eficaz no envolvimento e motivação das pessoas para a melhoria contínua, dando aos indivíduos um retorno quanto ao seu próprio desempenho e do processo pelo qual são responsáveis.

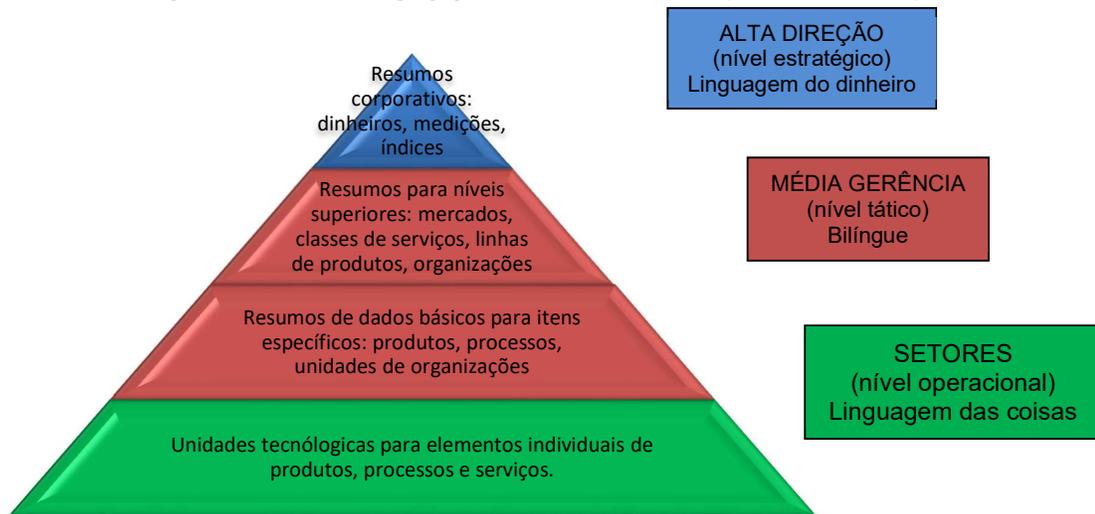
Segundo Hronec (1993) as medições de desempenho podem ser classificadas segundo os níveis de agregação:

- Humano: as pessoas que executam as atividades.
- Processo: definido como uma série de atividades que consomem recursos e fornecem em produto aos clientes da empresa (internos e externos).

- Organização: compreende, simultaneamente, os níveis de desempenho das pessoas e do processo.

Lantelme (1994) relaciona os níveis de agregação das medidas de desempenho aos três níveis hierárquicos de responsabilidade gerencial: estratégico, tático e operacional (Figura 2.11).

Figura 2.11 - Níveis de agregação das medidas de desempenho em uma empresa



2.4.3. Mensuração da Produtividade

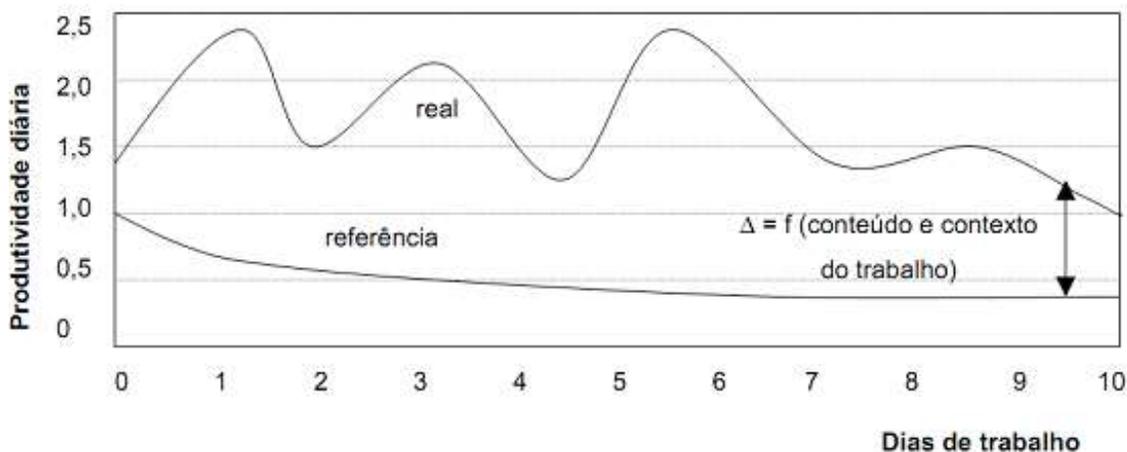
Os estudos do trabalho, muitas vezes chamados de estudos de tempos e movimentos, para Thomas e Yiakoumis (1987) consistem no estudo metódico dos sistemas de produção com os propósitos de: encontrar e padronizar o método mais econômico de se produzir, determinar os tempos padrões para as tarefas analisadas e auxiliar no treinamento do método escolhido. Estes estudos consistem em duas partes fundamentais: um estudo dos métodos e as medições do trabalho.

Considerando que as produtividades são muito variáveis dentro do ambiente da construção, Souza (1996) propõe a opção de aplicação do Modelo dos Fatores, desenvolvido por Thomas e Yiakoumis (1987). Entre suas características básicas estão: foco na produtividade da mão de obra da equipe, possibilidade de consideração dos efeitos da aprendizagem e possibilidade de inclusão de vários fatores que podem ser mensurados.

Souza (1996) afirma que o modelo se refere à discussão da variação da produtividade diária, onde mantida condições de trabalho tendo como um referencial uma situação padrão, a produtividade variaria somente se houvesse aprendizado. Ainda segundo o autor existem duas

categorias de fatores (qualitativos e quantitativos), que quando presentes podem tornar a produtividade estabelecida diferente da de referência. O modelo é exemplificado na Figura 2.12.

Figura 2.12 – Modelo dos fatores (SOUZA, 1996)



O modelo considera que a simples apropriação de índices de produtividade não será tão importante, ou útil, caso não haja entendimento da mesma. Pois o fato de conhecer os fatores que influenciam a produtividade, para melhor ou pior, é tão ou mais importante que simplesmente calcular índices de produtividade (ARAÚJO, 2000).

Assim, para avaliação da produtividade teremos, como dados de entrada, homens-hora trabalhados e, como dados de saída, a quantidade de serviço executada e as informações relativas ao serviço (fatores). Souza (2000; 2006) define o indicador, denominado razão unitária de produção (RUP), dado pela expressão:

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (2.1)$$

Onde:

RUP = razão unitária de produção;

Hh = mensuração do esforço humano despendido, em homens-hora, para a produção do serviço;

Qs = quantidade de serviço medido.

A RUP pode ser medida com relação a diferentes intervalos de tempo, dando aos indicadores, diferentes utilidades. A RUP pode ser calculada basicamente como: diária, cíclica, cumulativa e potencial.

A RUP diária é obtida com base na avaliação diária da produtividade da mão de obra. Ao final de cada dia de execução do serviço é medida a quantidade de homens-hora utilizados e a quantidade de serviço produzida (ARAÚJO; SOUZA, 2001a). Ela mostra o efeito sobre a produtividade dos fatores presentes no dia de trabalho.

A RUP cíclica é medida em relação ao ciclo de execução de um determinado serviço, obtendo a quantidade de homens-hora e quantidade de serviço executado naquele ciclo, sendo um exemplo comum na construção civil a utilização de pavimentos como unidade de ciclo (ARAÚJO, 2000).

A RUP cumulativa é calculada, diariamente, a partir do acúmulo das quantidades de homens-hora e da quantidade de serviço desde o primeiro dia de trabalho. Dessa forma, representa a eficiência acumulada ao longo de todo o período de execução do serviço, contemplando desde os melhores dias a aqueles não tão bons (ARAÚJO; SOUZA, 2001). Essa nos dá uma noção do desempenho do serviço num prazo maior, sendo útil para se fazer uma previsão quanto ao andamento da obra.

A RUP potencial não se relaciona a cada dia de trabalho, mas a uma produtividade potencialmente alcançável assim que, mantido certo conteúdo de trabalho, não se tenha problemas quanto à gestão do mesmo. Ela representa um bom desempenho passível de ser repetido e é calculada como a mediana dos valores de RUP diária inferiores ao valor da RUP cumulativa para o final do período de estudo (ARAÚJO; SOUZA, 2001a).

Segundo Lantelme *et al* (2001), o conceito de perdas deve ser associado à noção de agregar valor e, portanto, não ser limitado ao consumo excessivo de materiais. Dessa forma, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza (materiais, mão de obra, equipamentos e capital) acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos.

As empresas devem se engajar no processo de medição de perdas, pois permite:

- Avaliar a eficiência alcançada pelo sistema de produção na utilização de recursos, obtendo-se visibilidade em relação aos processos de produção;
- Identificar os pontos fortes e fracos, estabelecendo prioridades para melhorias;
- Utilizar indicadores de perdas para definir padrões de desempenho dos processos, a fim de serem controlados.

Os indicadores de perdas podem ser utilizados para estabelecer metas de melhorias, avaliando o impacto das ações de melhoria, através de médias setoriais ou de *benchmarking* obtidos em outras empresas. É importante que essa medição esteja integrada ao processo

de planejamento e controle, porém a empresa pode trabalhar de forma independente para reduzir perdas em atividades.

De acordo com Thomas e Zavrski (1999⁵ *apud* ARAÚJO; SOUZA, 2001), preconiza-se o indicador de perda de produtividade de mão de obra (PPMO) para avaliar a gestão de um serviço de construção. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$PPMO = \frac{RUP_{CUMULATIVA} - RUP_{POTENCIAL}}{RUP_{POTENCIAL}} \times 100 (\%) \quad (2.2)$$

Onde:

PPMO = perda de produtividade de mão de obra;

RUP_{CUMULATIVA} = razão unitária de produção acumulada final do período;

RUP_{POTENCIAL} = razão unitária de produção potencialmente alcançável;

A diferença entre as RUP cumulativa e RUP potencial é um indicativo de perda associável a uma gestão pouco eficaz, contudo essa expressão percentual torna o indicador menos dependente da variação do conteúdo de trabalho. A PPMO permite que qualquer conteúdo de trabalho, na gestão de certo serviço, seja comparado em diferentes obras, confrontando as PPMO dos casos em análise.

É importante salientar que, para que se possa medir, deve-se fazer uma uniformização da quantificação da produtividade. Conforme recomenda Souza (2006), para que se possa progredir no entendimento da variação da produtividade nos serviços de construção civil, deve-se:

- Distinguir se está lidando com a produtividade da equipe direta, da equipe direta mais a de apoio ou a global (incluindo o encarregado);
- Preconizar, para o cálculo de homens-hora, as horas disponíveis para execução da atividade em estudo;
- Medir as saídas pelas quantidades líquidas, as quais evidenciarão uma maior ou menor produtividade;
- Citar se os valores de produtividade encontrados dizem respeito às RUP's diárias (potencial, mínima ou máxima) ou cumulativas.

⁵ THOMAS, H. R.; ZAVRSKI, I. Theoretical model for international benchmarking of labor productivity. PTI, Pennsylvania State University. USA, jan. 1999, 198p.

2.4.4. Síntese dos estudos de produtividade relacionados ao planejamento de curto prazo

O tema produtividade da mão de obra no ambiente da construção passou a ser objeto de pesquisa com maior destaque a partir da década de 90. Na publicação de Heineck (1991a), o autor sugere uma lista de referências bibliográficas relacionadas ao tema da produtividade, como características da mão de obra, aspectos de organização e condições de trabalho, custos e salários, racionalização e novas tecnologias, ergonomia, layout de canteiros, entre outros. Em outra publicação (1991b), o referido autor relaciona os efeitos aprendizagem, continuidade e concentração ao processo de alvenaria de vedação, provando que o trabalho executado em grandes quantidades, de forma repetitiva e sem interrupções pode gerar um potencial aumento de produtividade da ordem de 50%.

Posteriormente, em 1994, Scardoelli, Bicca e Formoso apresentam um estudo piloto de medição de produtividade com a utilização da técnica de amostragem do trabalho, relacionando os tempos produtivos, auxiliares e não produtivos da mão de obra, a partir de observações instantâneas que permitem obter uma estimativa de proporção de tempo dispendido por cada operário em cada atividade. Neste trabalho os autores concluem que as diminuições dos índices de produtividade ocorrem por problemas gerenciais, as atividades auxiliares não são planejadas e não existe preocupação com o dimensionamento adequado das equipes.

Lantelme em 1994 teve por objetivo desenvolver um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil, viáveis de serem medidos por um conjunto amplo de empresas e que pudessem fornecer informações quanto ao seu desempenho, auxiliando-as no aperfeiçoamento de seus processos. Os resultados do trabalho mostraram que apesar do grande interesse das empresas em participar na medição dos indicadores existiram alguns obstáculos à sua efetiva implantação e que estão relacionados, principalmente, ao grau de comprometimento da empresa com a melhoria da qualidade e à falta de conhecimento e experiência dos profissionais para a coleta, processamento e avaliação de dados.

Em 1994, Covelo distingue níveis de abordagem para a produtividade, dividindo-os em fatores sistêmicos e setoriais como a rotatividade do setor; organizacionais e de gestão empresarial como a política de gestão dos recursos humanos e, por fim, relativos ao processo de produção como o projeto, o planejamento e os métodos de trabalho.

Em 1996, Souza defende sua tese fundamentada em uma metodologia padronizada de medição da produtividade da mão de obra, por meio do Modelo dos Fatores, que permite detectar quais os fatores que variam a produtividade e como quantificar tal influência. A partir

deste trabalho a produtividade passa a ser medida pelo indicador RUP que relaciona homens-hora dispendidos em relação à quantidade de serviço executada. Neste trabalho o autor aplica a metodologia ao serviço de fôrmas, destacando o aprofundamento quanto ao conhecimento dos fatores que provocam a variabilidade da produtividade.

Esta metodologia foi novamente empregada no trabalho de Carraro e Souza (1998), porém aplicada ao serviço de alvenaria de vedação. Neste trabalho, os autores destacam os aspectos da metodologia tais como a simplicidade de coleta, baixo custo de aplicação e agilidade nas respostas.

Ainda em 1998, Marchiori estudou a produtividade e descontinuidades em processos construtivos em obras de pavimentos repetitivos, sendo os serviços de fôrmas, concretagem, alvenaria, revestimento interno e gesso analisados sob a ótica do efeito aprendido. A autora faz reflexões a respeito da ausência de trabalhos sobre produtividade que indiquem soluções para reduzir as variabilidades e evidencia o fato de que poucas empresas brasileiras conheciam os consumos de mão de obra, conseqüentemente, não estabelecem o controle que permite a realimentação da programação da obra. Entre os serviços analisados, o destaque em termos de taxa de aprendizado ocorreu na montagem e desmontagem de fôrmas, onde foi verificada uma taxa de 82%. A autora também conclui que o estudo do efeito aprendido só se torna possível uma vez que a obra tenha organização, com equipes constantes cuja programação de ritmos seja previamente estabelecida e cumprida.

O efeito aprendido e o estudo da variabilidade da produtividade na execução de obras também foram objeto de pesquisa de Hezel e Oliveira (2001). Os autores apresentam uma metodologia para analisar a variabilidade nos índices de produtividade de serviços, propondo a análise do desempenho da produtividade pelos parâmetros de desempenho DI (*Disrupte Index*) que mede a quantidade de dias de trabalho anormais dentro de um único serviço e o coeficiente CPM (Coeficiente de Produtividade Média) que relaciona a produtividade média acumulada e a produtividade potencial média para o mesmo serviço. Os autores concluem pela magnitude da influência de dias anormais no consumo médio da produtividade, apresentando a alta correlação entre os dois coeficientes citados. A pesquisa foi realizada pelos autores em seis obras (três edificações residenciais, uma obra pública, uma edificação comercial e uma fábrica) de tecnologias construtivas distintas, envolvendo serviços de alvenaria, reboco, contrapiso e revestimento em piso cerâmico. A metodologia adotada também enfatiza a necessidade de identificar as causas de variabilidade as quais foram relacionadas aos tipos de serviços com maior ou menor intensidade. Fatores como alteração do tamanho de equipe, a falta de material e a organização da produção foram mais influentes nas atividades de contrapiso e revestimento cerâmico. Problemas de execução e retrabalho foram mais associados ao reboco interno.

O trabalho de Bogado (1998) consistiu num estudo de caso na cidade de Encarnación-Paraguai, voltado à análise da produtividade dos operários e das perdas de materiais na construção civil. O estudo começou na etapa de estruturas onde foram medidos o consumo dos diferentes materiais e a produtividade dos operários nos diferentes andares tentando por meio da intervenção melhorar os índices. Na etapa de alvenaria foram estudados a produtividade e o desperdício dos tijolos. A pesquisa realizada demonstrou que há possibilidade de melhoria da produtividade e uma diminuição dos desperdícios de materiais, aplicando-se técnicas simples como: lista de verificação, índice de produtividade, amostragem do trabalho, desperdício contábil, planejamento da obra, controle de materiais e documentação de imagens, de baixos custos e com resultados em curto prazo.

A metodologia baseada no indicador RUP também foi utilizada no trabalho de Araújo (2000) para os serviços de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria em quatorze canteiros de obras na cidade de São Paulo, apresentando uma metodologia para criação do indicador de produtividade e sugerindo uma lista de fatores potenciais influenciadores para os serviços estudados. O autor conclui pela necessidade da padronização do indicador de produtividade, em especial quando se intenciona comparar resultados, como no trabalho citado em que existe um universo de várias empresas e empreendimentos distintos; também salienta a necessidade de cada empresa estime seus próprios indicadores, ao invés de utilizar manuais de orçamentação tradicionais; ressalta a importância de se empregar ferramentas de fácil aplicação nas obras e que as análises de produtividade podem ser utilizadas para subsidiar tomada de ações corretivas em relação à execução dos serviços na obra. O autor ainda sugere a necessidade de microplanejamentos para solucionar os problemas advindos da grande variabilidade dos fatores que influenciam a produtividade da mão de obra.

A ideia de se prognosticar o indicador de produtividade tornou-se possível a partir do cálculo de equações paramétricas como as propostas por Araújo e Souza (2001b). Nestas equações a RUP é colocada como variável independente e os fatores que a influenciam recebem valores e são estabelecidas como variáveis dependentes. Cabe ressaltar que estas equações para serem aplicadas necessitam da disponibilização de informações detalhadas a respeito do serviço a ser executado, as quais nem sempre estão disponíveis nas empresas.

A pesquisa de Librais (2001) apresentou um método prático para estudar a produtividade da mão de obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas, também considerando o Modelo dos Fatores e o emprego do indicador RUP. O trabalho também enfatiza a necessidade do método que permite o controle da produtividade ser empregado de uma forma padronizada e estabelece valores limites de produtividade em relação ao serviço de revestimento interno, dados inexistentes até então. O trabalho também

ênfatiza a criação de um procedimento de previsão da produtividade que pode auxiliar a programação e controle de obras.

O mesmo princípio da previsão da produtividade foi aplicado no trabalho de Maeda (2002) para o serviço de revestimento interno em gesso em oito obras na cidade de São Paulo. A autora destaca a adequação do modelo de análise de RUP, possibilitando a análise da variação da produtividade e enfatizando a importância de se considerar a distinção entre os participantes da equipe envolvida e a contribuição específica de oficiais, ajudantes diretos e equipe de apoio na composição da produtividade.

No trabalho de Araújo (2005), o autor estabelece uma série de diretrizes relativas ao processo de produção de armaduras para estruturas de concreto armado, visando a melhoria da produtividade da mão de obra e apontando relações entre projeto do produto, método de produção e organização do trabalho, também utilizando o Modelo de Fatores. O diagnóstico da produtividade para o serviço estudado foi expresso detalhadamente para cada segmento – produto, método e trabalho, servindo de exemplo para adaptação e aplicação em outros processos de produção.

Ainda em 2005, Reis emprega o Modelo de Fatores no estudo da produtividade do serviço de coberturas com telhado, buscando relacionar de forma quantitativa e qualitativa os fatores que influenciam tal produtividade e estimando o consumo unitário de materiais na execução de coberturas com telhado. Nas três obras estudadas, os índices obtidos para o consumo unitário teórico de materiais e produtividade não foram compatíveis com os manuais de orçamentação utilizados por várias empresas no mercado. Os resultados indicam a necessidade de se considerar subtarefas específicas para a avaliação da produtividade e para a aferição das perdas dos componentes, tais como a complexidade da trama relativa ao madeiramento e a necessidade de fixação nos telhados de fibrocimento. O autor ainda conclui apontando os problemas de gestão relacionados com as falhas na concepção do produto, a falta de detalhamento do projeto, os problemas de transporte dos materiais e os erros de programação das atividades.

Dantas (2006) propõe ações para melhoria da produtividade da concretagem em edificações, a partir da utilização do método Delphi na busca de alternativas de melhoria e priorização das ações mais viáveis em termos de implementação. O trabalho identifica trinta e nove fatores influenciadores da produtividade da concretagem e indica ações específicas para melhoria do serviço tais como programação de concretagem com antecedência de três dias, busca de um menor número de vigas invertidas e consideração do acesso de caminhões-betoneiras no planejamento do canteiro. As ações de melhoria foram classificadas em relação a

equipamentos de transporte, organização do canteiro, definições de projeto e programações da obra.

O trabalho de Paliari (2008) teve como objetivo a elaboração de um método para se prognosticar a produtividade da mão de obra na execução dos sistemas prediais hidráulicos e o consumo unitário de materiais destes sistemas em dois momentos distintos: fase de viabilidade do empreendimento e fase de anteprojeto ou projeto de arquitetura. Os resultados da pesquisa foram relativos a quatro canteiros de obras localizados no Estado de São Paulo, enquanto que os resultados sobre o consumo unitário de materiais são frutos da análise e levantamento de informações de doze projetos de sistemas prediais hidráulicos de edifícios residenciais de múltiplos pavimentos. Estes resultados apontaram uma diferença de 71% entre a quantidade de mão de obra (homens-hora) prognosticada utilizando-se o TCPO e a prognosticada utilizando o método proposto, indicando a necessidade de um maior aprofundamento na exploração dos indicadores de produtividade da mão de obra na execução destes sistemas.

Vários outros estudos enfocaram sistemas de informações relacionados ao controle, com o desenvolvimento ou não de indicadores de desempenho, porém sempre vinculados ao planejamento e programação de obras.

A pesquisa de Mendes Junior (1999) propôs um sistema de informações de controle de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. O sistema foi estruturado para atender às decisões táticas e operacionais relativas às tarefas a serem executadas e aos recursos necessários permitindo avaliar o andamento da construção e a eficácia do controle. Como objetivos básicos da pesquisa destacam-se a investigação das características de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, o desenvolvimento da metodologia de acompanhamento e controle da produção, a prospecção do conhecimento praticado no planejamento de obras na realidade do canteiro de obras e o desenvolvimento do sistema de informações baseado em planilhas de fácil utilização, seja manual ou em computador. O trabalho desenvolvido foi aplicado num estudo de caso local no qual foram validadas as ferramentas desenvolvidas e avaliadas a eficiência e aceitação do sistema de informações.

No trabalho de Oliveira (1999), o autor propõe o desenvolvimento de um sistema de indicadores no planejamento baseado nos conceitos e princípios da Construção Enxuta. Este sistema foi aplicado em duas empresas de construção civil em Porto Alegre e proporcionou o reconhecimento de deficiências no planejamento em três níveis gerenciais. No caso da alta gerência, a utilização de medições mais agregadas proporcionou visibilidade quanto a atrasos na produção e na definição de ritmos das atividades. Na média gerência, os indicadores

relacionados detectaram problemas na identificação de tarefas e aquisição de recursos para a realização das mesmas. No nível operacional, a grande aceitação e efetiva utilização dos indicadores, principalmente o PPC (Percentual da Programação Concluída), possibilitou a identificação de oportunidades de melhorias no plano de curto prazo e na detecção de aspectos importantes como a falta de participação dos subempreiteiros na discussão e definição de metas e a participação e envolvimento dos mestres-de-obras na melhoria dos planos produzidos.

As conclusões de Oliveira (1999) em relação ao planejamento de curto prazo, como a importância do PPC e a falta de comprometimento de subempreiteiros e mestres também foram confirmadas no estudo de Silva (2012) em um estudo de caso realizado na cidade de Goiânia. Neste trabalho, a autora desenvolve uma metodologia para implementação do planejamento de curto prazo, buscando um maior detalhamento dos serviços, introduzindo dispositivos de gerenciamento à vista do planejamento semanal e relatando a dificuldade na implementação do planejamento de médio prazo, em especial devido ao baixo envolvimento de toda a hierarquia administrativa. A autora propõe a continuidade do trabalho sugerindo a inclusão de medições de produtividade da mão de obra na metodologia de planejamento de curto prazo.

A adoção do princípio da transparência por meio da utilização dos cartões de produção também foi vista como importante contribuição para o modelo de planejamento e controle da produção estudado por Novais (2000). A autora propõe a avaliação de indicadores de produtividade da mão de obra para alimentação do planejamento da empresa, porém não destaca o uso das informações provenientes da medição de desempenho da mão de obra para a tomada de decisões no planejamento.

A tese de Bernardes (2001) tinha como objetivo identificar como empresas de construção podem desenvolver seus sistemas de planejamento e controle da produção, utilizando o conjunto de conceitos e princípios da Construção Enxuta. Procurou-se focalizar o trabalho para o caso das micro e pequenas empresas de construção, uma vez que estas, em geral, não dispõem de recursos para investirem em pesquisas destinadas à melhoria de seus processos. O trabalho contou com a participação de dez empresas de construção, sendo o método de pesquisa dividido em quatro etapas. Inicialmente, foram desenvolvidos estudos de caso nas empresas participantes, com o objetivo de identificar a maneira pela qual essas empresas desenvolviam seus processos de planejamento e controle da produção. Em uma segunda etapa, foi desenvolvido um modelo básico, que orientou o desenvolvimento dos sistemas de planejamento e controle da produção nas empresas estudadas. A terceira etapa consistiu na implementação dos sistemas desenvolvidos, utilizando pesquisa-ação como estratégia de pesquisa. Finalmente, na quarta etapa, foi realizada uma avaliação dos sistemas

desenvolvidos. Durante o desenvolvimento e implementação dos sistemas, foi concebido um modelo de planejamento e controle da produção e estabelecido um conjunto de práticas que vinculam este modelo aos conceitos e princípios básicos da Produção Enxuta. Entre as principais conclusões, verificou-se que o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle da produção deve se basear em modelos que fixem diretrizes para o desenvolvimento e implementação de seus sistemas de informação. Isso pode ser explicado porque, em geral, essas empresas desconhecem a maneira pela qual o processo de planejamento e controle da produção deve ser realizado. O estudo indicou, também, a necessidade de levar em consideração a participação e percepção dos usuários do sistema desenvolvido como forma de minimizar possíveis resistências à implementação. Bernardes também conclui que o planejamento no nível de curto prazo, pouco considera a utilização de indicadores de desempenho, não permitindo, portanto, a identificação dos problemas responsáveis por interrupções no fluxo de trabalho e de dados que apoiassem as decisões dos gestores durante a execução da obra.

Esta última conclusão citada do trabalho de Bernardes (2001) também é corroborada por Moraes e Serra (2009), que propuseram diretrizes para o processo de elaboração do planejamento. As autoras também associam a importância dos registros de produtividade da mão de obra para definição das durações das atividades e melhor programação da obra. A pesquisa aponta a realização do controle da obra necessária para a avaliação do andamento físico de cada atividade, comparando percentual executado em relação ao total previsto e permitindo identificar os possíveis desvios em relação ao planejado, de modo a se cumprir prazo, custo e qualidade.

Em 2002, Hernandes, por meio de um estudo de caso, analisou a importância do planejamento em uma obra, buscando atingir as metas estratégicas da empresa como a redução do prazo e custo para execução do empreendimento. Foi realizado um cronograma físico-financeiro real da execução de um viaduto gerenciado com base na experiência de obras anteriores, juntamente com o desenvolvimento de um planejamento racionalizado com seu respectivo fluxo de caixa que atingisse o prazo de entrega preestabelecido segundo contrato, possibilitando um aumento de lucro e maior visibilidade dos processos. Entre os resultados destacados, foi demonstrada aos contratantes e empresas construtoras a necessidade de se realizar um planejamento formal antes da execução de suas obras, para com isso, obter grandes benefícios sem maiores investimentos.

No trabalho de Coelho (2003) buscou-se dedicar maior atenção ao Planejamento de Médio Prazo. O objetivo geral desta dissertação foi o refinamento do modelo de PCP desenvolvido no NORIE/UFRGS, propondo diretrizes para a implementação do Planejamento de Médio Prazo. Este objetivo foi definido a partir dos resultados de estudos anteriores, os quais

apontaram que, de um modo geral, o referido modelo de PCP apresentava bons resultados de implementação nos níveis de longo e curto prazo, porém poucas empresas obtinham sucesso no nível de médio prazo.

O refinamento do referido modelo de PCP também foi objetivo da pesquisa de Akkari (2003), que buscou uma interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo por meio do uso do pacote computacional *MSPProject*®. O trabalho destaca a necessidade de um plano de ataque da obra que deve ser explicitado graficamente de forma a aumentar a transparência dos processos. A pesquisa também aponta para a necessidade de se estabelecer um conjunto de indicadores que permitam avaliar o cumprimento de prazo. Dos oito indicadores de desempenho do Planejamento e Controle de Produção, não há vínculos diretos com medições de produtividade da mão de obra, tendo um enfoque maior para as relações que medem a conclusão efetiva das tarefas programadas e a aderência entre os planos de diferentes níveis gerenciais.

Costa (2003) propôs diretrizes para a concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho que tornassem transparentes os vínculos entre os indicadores, os objetivos e ações estratégicas e os processos gerenciais em empresas de construção civil. Foram realizados cinco estudos de caso, divididos em duas subetapas: (a) diagnóstico dos sistemas de indicadores das empresas, visando a analisar o estágio de desenvolvimento dos seus sistemas de indicadores existentes; e (b) proposição de mudanças nos sistemas, visando a vincular estes indicadores com as suas estratégias e processos críticos. A pesquisa foi realizada em cinco empresas de pequeno e médio porte da construção civil da cidade de Porto Alegre. Os principais resultados dessa pesquisa estão relacionados a: (a) ferramentas para a concepção de sistemas de indicadores de desempenho vinculados aos objetivos e ações estratégicas e aos processos gerenciais; (b) melhores práticas e oportunidades de melhoria relativas à concepção, implementação e uso dos sistemas de indicadores nas empresas estudadas; e (c) conjunto de diretrizes para a concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho em empresas da construção civil.

No trabalho de Barroso (2010), que avalia o impacto de um conjunto de boas práticas de planejamento e controle de produção na eficácia do planejamento de empreendimentos da construção, foram registradas as principais causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho em 33 empreendimentos avaliados. Entre estas, a programação e o controle da obra bem como a mão de obra são responsáveis por cerca de 48% das causas. Considerando somente a mão de obra, a baixa produtividade é vista como o segundo maior fator relacionado ao não cumprimento das atividades planejadas.

Na evolução dos trabalhos sobre produtividade, algumas pesquisas objetivaram facilitar decisões de gestão com base nestes indicadores, tais como o trabalho de Fachini (2005) e Marchiori (2009).

Fachini (2005) em seu trabalho buscou gerar subsídios para melhoria da programação de obras considerando a execução de estruturas de concreto armado de edifícios de múltiplos pavimentos. A autora estabelece uma série de diretrizes incluindo a aplicação do indicador de produtividade para definição conjunta da duração do ciclo e da equipe demandada. Ainda que a autora indique a diretriz, a mesma não foi implementada apresentando sua importância na tomada de decisões no nível operacional da obra. O trabalho propõe diretrizes como a quebra ou decomposição do serviço em partes menores, como parcelamentos do produto ou como tarefas e subtarefas, além de defender que quanto melhor as informações sobre produtividade, melhor a qualidade da programação.

Em sua tese sobre o desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras, Marchiori (2009) destaca a importância na apresentação de indicadores de produtividade mais claros, identificando limites aceitáveis na execução, para que os mesmos possam, em especial, influenciar na adequação do orçamento como instrumento para melhoria da gestão em obra. A autora enfatiza a importância de que os dados provenientes de estudos de indicadores físicos de consumo de recursos possam servir de base também para a estruturação das informações relativas aos custos de produção de obra, o que tornará o orçamento operacionalizável e com informações coerentes com o processo executivo. O trabalho propõe o uso de uma faixa de produtividade, baseado no fundamento de que, uma vez entendendo os fatores que fazem a produtividade variar em uma obra, é possível trabalhar não mais somente com um valor médio para o indicador, mas com a percepção da possível variação dos valores associada aos fatores determinantes, deixando a cargo do orçamentista a escolha da situação que melhor representa sua obra.

Quanto aos trabalhos que de algum modo buscaram estudar os elementos pré-moldados de concreto, poucos começaram a explorar o potencial de aplicação destes elementos confirmando a escassez de estudos relacionados em especial ao controle ou ao planejamento da produção (CANASSA; FERREIRA; SERRA, 2007).

No trabalho de Medeiros e Sabbatini (1994), os autores afirmam que a adoção de elementos pré-fabricados de concreto além de diminuir desperdícios de material, também permitem incrementos significativos na produtividade da mão de obra relativa à execução de paredes estruturais.

O estudo de Canassa, Ferreira e Serra (2007) tratou de um levantamento preliminar sobre a aplicação de estruturas mistas no país, concluindo que o concreto pré-moldado possui um grande potencial de aplicação e uma tecnologia construtiva indispensável ainda pouco explorada em pesquisas de gestão.

No trabalho de Melo Jr. *et al* (2009), os autores apresentam uma aplicação da rede PERT/CPM em uma empresa de pequeno porte de fabricação de pré-moldados, realizando medições dos tempos das atividades do processo produtivo de trilhos de concreto armado. Os autores sugerem a maior integração entre projetistas e os colaboradores vinculados à produção, de modo a evitar aquisições e despesas desnecessárias com ferramentas e equipamentos de produção.

O trabalho de Scheer *et al* (2005) é um dos poucos exemplos de reunião do tema da Produção Enxuta ao setor de estruturas pré-moldadas. O trabalho tem foco específico nas tecnologias de informação propondo o uso de ferramentas como extranets nos canteiros, câmeras de vídeo na etapa de montagem, registros de tempos, programação diária e controle das atividades, além de previsão de variabilidades e compartilhamento de informações para gerar transparência em todo o processo.

Após a síntese da evolução dos trabalhos que trataram de produtividade e daqueles que buscaram algum enfoque no planejamento de curto prazo, percebe-se a escassez de trabalhos que unam ambos os temas, de modo a evidenciar a aplicação direta do uso da informação obtida a partir da construção do indicador de produtividade no apoio à tomada de decisões que influenciam o planejamento da obra, em especial no nível operacional, de curto prazo. Deficiência ainda maior, deste enfoque, é observada quando se trata de edificações executadas em estruturas pré-moldadas em concreto.

2.5. PLANEJAMENTO DE RECURSOS

2.5.1. Definição de planejamento de recursos

Para planejamento de qualquer projeto o gestor deve determinar quais são os recursos físicos, sejam eles humanos, materiais ou equipamentos, quais quantidades de cada devem ser usadas e quando elas serão necessárias para a realização de cada atividade. Segundo Matos (2010), essas necessidades levam à conclusão de que planejar as atividades levando em consideração o fator tempo nem sempre resolve todos os problemas.

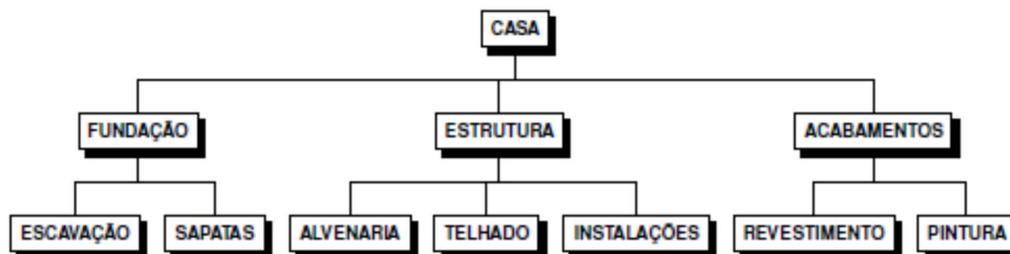
A alocação de recursos para as diversas atividades do planejamento pode ser tanto qualitativa quanto quantitativa. A qualitativa determina quais são os recursos necessários para realização

de uma tarefa, como por exemplo, concreto, aço, fôrmas, carpinteiro, ajudantes, perfuratriz, etc. Já a especificação da quantidade de cada um desses itens caracteriza o recurso de maneira quantitativa. Assim, a locação desses recursos determina o quão será mais lenta ou mais rápida a conclusão de uma tarefa. A variação quantitativa dos mesmos é inversamente proporcional à duração de uma tarefa, a qual é dependente também da produtividade e da jornada de trabalho, conforme se pode notar na equação abaixo:

$$DURAÇÃO = \frac{QUANTIDADE\ DA\ TAREFA}{PRODUTIVIDADE \times QTDE\ DE\ RECURSOS \times JORNADA} \quad (2.3)$$

Para a elaboração de um planejamento de recursos, deve-se elaborar a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) que é um documento do projeto que organiza e define o escopo total do projeto. Ela identifica os produtos e os processos do projeto que necessitarão de recursos e, conseqüentemente, é a entrada fundamental do planejamento de recursos. Qualquer saída relevante dos outros processos de planejamento deve ser fornecida através da EAP, para garantir o controle apropriado. A Figura 2.13 ilustra uma EAP para as fases de projeto e construção de uma casa.

Figura 2.13 – Exemplo de uma EAP para construção de uma casa



A EAP não é a única entrada utilizada para elaboração do planejamento dos recursos. O gestor pode valer de outras informações para o desenvolvimento. Abaixo seguem as principais entradas, além da EAP, com suas descrições recomendadas pelo PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) para elaboração de um planejamento de recursos:

- Informações históricas: devem ser usadas, quando disponíveis, as informações históricas relativas aos tipos de recursos que foram requeridos em trabalhos similares de projetos anteriores.
- Declaração do escopo: documento que contém a justificativa e os objetivos do projeto e ambos devem ser considerados, explicitamente, durante o planejamento de recursos.

- Descrição do quadro de recursos: é necessário o conhecimento de quais recursos estão potencialmente disponíveis, com suas quantidades de detalhes e o nível de especialização na descrição do quadro de recursos.
- Políticas organizacionais: as políticas da organização, relativas tanto ao quadro de pessoal quanto a aluguel ou compra de suprimentos e equipamentos, devem ser consideradas durante o planejamento dos recursos.
- Estimativas de duração das atividades

Com base nas informações acima o gestor pode, podendo se valer de um *software* de gerenciamento de projetos, avaliar as entradas para identificação das alternativas para descrever como o escopo do projeto será gerenciado e como as mudanças no escopo serão integradas ao projeto. Podem ser definidas as disponibilidades de recursos e valor da mão de obra, bem como calendários para os recursos. A partir daí, pode-se montar a equipe, que envolve conseguir que os recursos humanos necessários (indivíduos ou grupos) sejam alocados ao projeto. A equipe de gerência deve certificar que os recursos disponíveis atenderão aos requisitos.

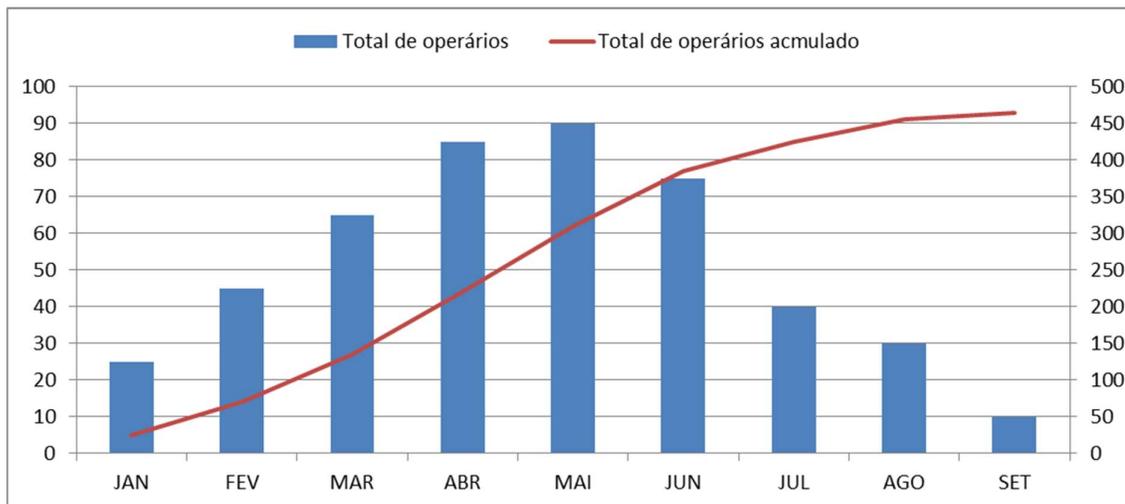
Uma importante ferramenta gráfica para analisar a variação de recursos ao longo da execução do projeto é o histograma de recursos. Ele consiste na distribuição dos recursos requeridos, para cada atividade, ao longo do cronograma. Com base nas folgas e dependências existentes entre as tarefas, o planejador pode avaliar as atividades não críticas com o intuito de suavizar a distribuição dos recursos evitando picos de altos e baixos. Tirando proveito das folgas o planejador pode deslocar algumas atividades dentro de sua respectiva folga sem afetar o prazo total do projeto (MATTOS, 2010).

2.5.2. Curva S

A Curva S é obtida a partir da análise da distribuição dos recursos nas tarefas ao longo do tempo. Ela é traçada a partir da variação do tempo pelo acumulado dos recursos. A curva S é sempre crescente e, obviamente, a ordenada mais alta da curva é o total de uso do recurso. Um exemplo de uma Curva S é ilustrado na Figura 2.14, juntamente com um gráfico de histograma de recursos.

A Curva S tem esse nome em razão de seu formato. Quando o histograma apresenta uma distribuição suavizada, como descrita no item anterior e ilustrada na Figura 2.14, a curva tem uma tendência de ter a forma de um S com as inflexões “suavizadas”. Como se busca uma menor alocação dos recursos no início e fim de um projeto, as curvas nestas regiões são menos inclinadas.

Figura 2.14 – Histograma de recursos em Curva S



Essa ferramenta permite também a identificação de desvios e tendências. Pode-se, ainda, cruzar num mesmo gráfico a Curva S para comparação dos desvios entre o planejado e o realizado. Existem duas curvas que podem ser geradas: a Curva S Física e a Curva S Financeira, sendo que esta demonstra o progresso financeiro e aquela demonstra o progresso físico do projeto. Obviamente, esses dois tipos de curvas não devem ser idênticos dentro de um mesmo projeto, pelo simples fato de que o custo de homem-hora e o custo da atividade não necessariamente andam na mesma proporção.

O formato da Curva S não necessariamente coincide com o de outro projeto. O aspecto da curva vai depender da sequência das atividades e de sua quantidade de homem-hora ou valor monetário, bem como da duração total do projeto.

Segundo Mattos (2010), esse eficiente instrumento gerencial traz muitos benefícios ao gerente do projeto, tais como:

- É uma curva única que mostra o desenvolvimento do projeto do começo ao fim;
- É aplicável de projetos simples e pequenos a empreendimentos complexos e extensos;
- Permite visualizar o parâmetro acumulado (trabalho ou custo) em qualquer época do projeto;
- Aplica-se o detalhamento de engenharia por homem-hora, quantidade de serviço executado, uso de recurso ou valores monetários;
- É uma ótima ferramenta de controle previsto x realizado;
- É de fácil leitura e permite apresentação rápida da evolução do projeto;
- Serve para decisões gerenciais sobre desembolsos e fluxo de caixa;

- De acordo com o formato do S, pode-se constatar se há grande (ou pequena) concentração de atividades no começo (ou fim) da obra.

2.6. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Neste item será apresentada uma breve descrição das definições de pré-moldado em concreto, sua história no Brasil, principais vantagens e desvantagens e etapas do processo produtivo.

2.6.1. Características das estruturas pré-moldadas

O concreto pré-moldado foi idealizado com o objetivo de introduzir na construção civil alguma característica de manufatura. Assim, essa tecnologia pôde contribuir para a evolução desse setor permitindo o ganho de produtividade, redução de desperdícios, aumento da agilidade e do controle de qualidade. O concreto pré-moldado pode ser definido como qualquer componente em concreto que é moldado fora do seu local de utilização final (ABNT NBR 9062/2006). A estrutura composta de elementos pré-moldados é chamada de estrutura de concreto pré-moldado (EL DEBS, 2000).

Comumente se vê a denominação “concreto pré-fabricado” referindo-se aos elementos pré-moldados. Deve-se, então, diferenciar as duas denominações, conforme estabelece a NBR 9062/2006 (Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado), onde os elementos pré-fabricados são elementos pré-moldados executados industrialmente em instalações permanentes da empresa destinada para este fim. Vê-se na Figura 2.15 um pátio fabril de uma indústria de pré-fabricados em concreto.

Figura 2.15 – Pátio de uma indústria de pré-fabricados em concreto (Fonte: própria)



Visto isso, é importante salientar que toda estrutura pré-fabricada é uma estrutura pré-moldada, mas nem toda estrutura pré-moldada poder ser denominada de pré-fabricada. Também, deve-se atentar para o fato de que um elemento em concreto produzido em uma fábrica com instalações permanentes não é garantia de que ele seja um elemento pré-fabricado. Para tal, a fábrica deve atender as seguintes prescrições da NBR 9062:

- A mão de obra deve ser treinada e especializada;
- A matéria-prima deve ser inspecionada e qualificada;
- Possuir estrutura específica para o controle de qualidade, laboratório e controle das etapas do processo produtivo;
- Processos devem estar registrados e disponíveis para consulta (procedimentos, manuais técnicos, etc.);
- O processo deve permitir a rastreabilidade dos produtos;
- O concreto, bem como sua cura, deve atender às especificações das normas técnicas pertinentes;
- Produção auxiliada por equipamentos e máquinas que racionalizam e qualificam o processo;
- Garantir o cumprimento das especificações de projeto

- Os elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção;
- A inspeção das etapas produtivas compreende, no mínimo, as etapas de confecção da armadura, as fôrmas, amassamento e lançamento do concreto, o armazenamento, o transporte e a montagem.

Outra denominação é o pré-moldado de canteiro que é descrita por El Debs (2000) como sendo o pré-moldado produzido em instalações temporárias nas proximidades do canteiro de obras, sendo, em geral, em instalações com menos sofisticação, porém com a vantagem de serem reduzidos os problemas relacionados ao transporte dos elementos. Na Figura 2.16 ilustra um exemplo de pré-moldado de canteiro que se trata do pátio de fabricação das vigas longarinas para a ponte sobre o Rio Negro em Manaus.

Figura 2.16 – Pátio de produção das vigas longarinas pré-moldas em concreto

(Fonte: http://i678.photobucket.com/albums/vv146/JardelNorvak/Ponte%20do%20rio%20negro/4017269790_2d9e8ba175_b.jpg)



Mesmo havendo o inconveniente das fases transitórias para execução de uma estrutura pré-moldada (como o saque da fôrma, o transporte e a montagem) esta tecnologia apresenta vantagens ao se produzir o elemento estrutural fora do seu local de destino final. Além das facilidades encontradas para confecção das fôrmas, redução dos cimbramentos, lançamento e aplicação do concreto e melhorar acabamento, há o ganho de tempo em se produzir fora do local de destino final do elemento pré-moldado. Por exemplo, numa construção, enquanto se

executa sua fundação, pode-se paralelamente executar sua superestrutura (pilares, vigas e lajes). Enquanto que no sistema convencional a produção da superestrutura poderia ser iniciada somente após da conclusão da execução de sua infraestrutura. Ainda no método tradicional de concretagem da estrutura, a execução de cada etapa da superestrutura só pode ser iniciada com a conclusão de sua antecessora (executar o pilar para, em seguida, executar a viga para, em seguida, executar a laje). Na tecnologia de concreto pré-moldado, o tempo de retardo no qual se poder montar uma etapa sucessora de uma superestrutura é insignificante em comparação com o método tradicional.

Segundo Acker (2002) os projetistas devem considerar as possibilidades, as restrições e vantagens da utilização do concreto pré-moldado, seus detalhes, produção, transporte, montagem e estados de serviço antes de completar o projeto da estrutura pré-moldada. Assim, é importante, para que se usufrua das vantagens inerentes às estruturas pré-moldadas em concreto, que a estrutura seja concebida desde o projeto preliminar e não meramente adaptada de um método tradicional de concreto moldado no local. Ainda segundo o autor, deve-se procurar a padronização, pois é um fator importante no processo de pré-fabricação. Isso possibilita repetição e experiência oferecendo, portanto, custos mais baixos, melhor qualidade e confiabilidade, assim como uma execução mais rápida. A padronização é aplicável nas seguintes áreas:

- Modulação do projeto que visa estabelecer distâncias padrões entre os elementos pré-moldados;
- Padronização de produtos entre fabricantes;
- Padronização interna para detalhes construtivos e padronização de procedimentos para produção e ou montagem.

Abaixo, é descrita algumas importantes características do sistema pré-moldado segundo o PCI:

1. Velocidade da obra;
2. Controle de qualidade da produção;
3. Boa resistência ao fogo e durabilidade;
4. Grande variedade de formas, acabamentos e cores de elementos arquitetônicos pré-moldados;
5. Controle térmico e acústico
6. Permite a execução da obra em, relativamente, qualquer condição meteorológica;

A seguir, apresenta-se a Tabela 2.2, que resume as supostas vantagens e desvantagens do sistema pré-moldado encontradas na literatura:

Tabela 2.2 – Supostas vantagens e desvantagens do concreto pré-moldado (adaptado de Ordóñez, 1974 *apud* El Debs, 2000)

Supostas vantagens	Supostas desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade para realizar o controle de qualidade • Mecanização do processo produtivo • Melhor aproveitamento das seções resistentes • Necessidade de menos junta de dilatação que na construção tradicional • Possibilidade de evitar interrupções da concretagem • Possibilidade de reaproveitamento de elementos ou partes da construção em certas desmontagens • Redução dos cimbramentos • Permite melhor organização do canteiro • Maior produtividade da mão de obra • Ocasiona economia de tempo • Reduz desperdícios 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de monolitismo da construção • Problema na resolução de juntas • Peças mais robustas em relação ao método tradicional devido às fases transitórias da produção, transporte e montagem • Devem ser respeitados os gabaritos de transporte • Falta de mão de obra especializada • Em geral é mais cara que a tradicional • Necessita de consideráveis investimentos para iniciar a pré-fabricação • Necessita de uma demanda de volume adequada • O transporte dos produtos é mais caro que o das matérias-primas

Vê-se na tecnologia das estruturas pré-moldadas em concreto um grande potencial para o futuro. Para tal, as instituições públicas e privadas devem trabalhar para o desenvolvimento de tecnologias que garantam o melhoramento dos processos construtivos atuais. O PCI (*Precast and Prestressed Concrete Institute*), uma organização americana sem fins lucrativos, fundada em 1954, tem por propósito contribuir para o avanço do projeto, fabricação e uso estrutural de concreto pré-moldado e do concreto protendido. No Brasil, tem-se desde 2001 a Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), organização mantida pelas empresas do setor cimenteiro, que faz o importante papel de difundir e qualificar os pré-moldados de concreto destinados a estruturas, fachadas e fundações. Estas organizações são importantes elos entre as necessidades das indústrias de pré-moldados com o meio acadêmico, propiciando a consolidação e evolução desta tecnologia.

2.6.2. Produção das estruturas pré-moldadas

Na produção de estruturas pré-moldadas em concreto em fábrica, basicamente, as etapas se dividem em: armação, fôrmas, concreto, acabamento e manuseio (BELOHUBY; ALENCAR, 2007). Na Figura 2.17, vê-se o esquema de produção de pré-moldado em fábrica.

Figura 2.17 – Esquema de produção de pré-moldado em concreto (adaptado de Belohuby e Alencar, 2007)



Geralmente o pátio fabril das empresas de estruturas pré-moldadas são compostos por pistas de concretagem onde são dispostas as fôrmas dos elementos. Após a desforma as peças são içadas e transportadas para posterior acabamento e armazenamento.

Para o içamento dos elementos pré-moldados dentro da fábrica, normalmente são utilizados pórticos ou pontes rolantes. Porém, pode se fazer o uso de guas, guindastes, entre outros equipamentos. A Figura 2.18 ilustra o içamento de uma peça pré-moldada em concreto com o uso de pórtico rolante.

Figura 2.18 – Içamento de peça pré-moldada em concreto com o uso de pórtico rolante



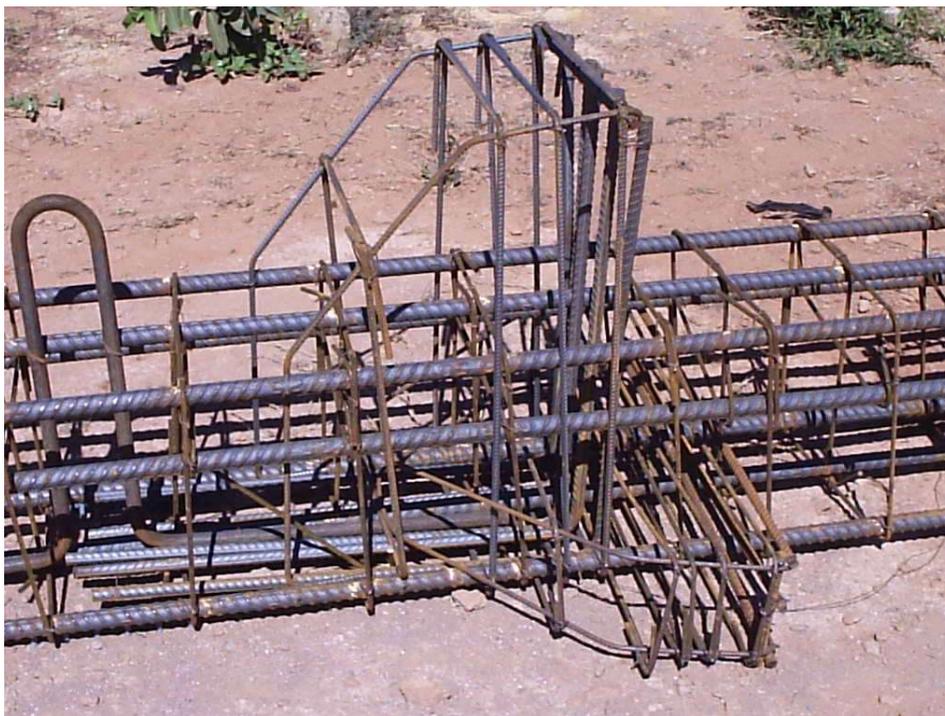
Para a produção de uma estrutura pré-moldada um importante item a ser observado é a repetitividade dos elementos. O grau de dificuldade e rapidez que se tem para sua fabricação depende diretamente da variabilidade de tipos e dimensões dos elementos pré-moldados. Deve-se procurar limitar as tipologias dos elementos, bem com suas variações dimensionais. Assim, para se tenha uma estrutura pré-moldada em concreto técnica e economicamente viável os projetos, inclusive o arquitetônico, devem ser pensados prevendo o uso desta tecnologia.

2.6.2.1. Etapa de armação

A etapa de armação pouco se diferencia de sua correspondente na tecnologia convencional. As ferramentas utilizadas são praticamente as mesmas. Porém, algumas empresas podem apresentar maior ou menor grau de automatização.

O material utilizado para armação é o aço para a construção civil (aço CA-50/60), porém é comum o uso de aço CA-25, para execução principalmente de consolos e alças de içamento, e cordoalhas de protensão. Geralmente se faz uso de solda para facilitar os serviços de armação e a colocação de insertos metálicos. Na Figura 2.19 é visto uma armação de pilar na região do consolo, onde também se vê a armação em aço CA-25 para o içamento.

Figura 2.19 – Armadura de pilar pré-moldado na região do consolo



As empresas utilizam tanto equipes com mão de obra própria ou terceirizada. As armaduras menores são executadas sobre bancadas. As armaduras mais pesadas são executadas o mais próximo possível de sua fôrma. O transporte das armaduras até a fôrma é realizado manualmente ou com auxílio de algum equipamento, em geral a própria ponte rolante. Nas peças protendidas, as armaduras não protendidas são posicionadas na fôrma, onde posteriormente são passadas as cordoalhas, para posterior pré-tensionamento das mesmas (Figura 2.20).

Figura 2.20 – Viga protendida posicionada na fôrma



2.6.2.2. Etapa de fôrmas

Está é a etapa que é maior influenciada pela padronização ou não dos elementos pré-moldados da estrutura a fabricar. O número de tipos e as variações dimensionais dos elementos contribuem na determinação do dimensionamento das equipes responsável para fabricação e adequação de fôrmas, do número de intervenções a serem feitas e do tipo de material constituinte das fôrmas.

Segundo El Debs (2000), as qualidades desejáveis para as fôrmas são:

- a) Estabilidade volumétrica, para que as dimensões dos elementos obedeam às tolerâncias especificadas;
- b) Possibilidade de ser utilizada diversas vezes sem gastos excessivos de manutenção;
- c) Serem de fácil manejo, tanto para posicionamento da armadura quanto para moldagem e desmoldagem dos elementos pré-moldados;
- d) Apresentar pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- e) Facilidade de desmoldagem sem apresentar pontos de presa;
- f) Garantir estanqueidade;
- g) Versatilidade, de forma a possibilitar seu uso em várias seções transversais;
- h) Transportabilidade, no caso de execução de fôrma móvel.

Geralmente as fôrmas utilizadas para as peças pré-moldadas são constituídas de material metálico devido às suas vantagens, tais como: permitir bom número de reutilizações (cerca de 1000 vezes), garantir bom acabamento superficial aos elementos e ser de fácil manuseio. Porém, as fôrmas metálicas exigem considerável investimento inicial por sua aquisição.

Eventualmente pode ser feita a opção estratégica da utilização de fôrmas em madeira. Principalmente em estruturas que exijam muitas modificações nas fôrmas, uma tipologia fora do padrão da empresa ou caso se queira aumentar a produção com relativo baixo investimento, faz-se o uso de fôrmas em madeira. Modificações constantes nas fôrmas metálicas diminuem consideravelmente sua vida útil. Um exemplo de fôrma em madeira pode ser visto na Figura 2.21.

Figura 2.21 – Fôrma em madeira para peça pré-moldada em concreto



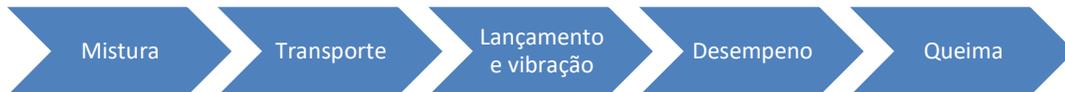
Algumas fôrmas metálicas permitem alterações de sua seção transversal, permitindo uma boa flexibilidade. Para facilitar a desmoldagem as fôrmas devem receber desmoldantes. Há desmoldantes específicos para cada tipo de material da fôrma. Os desmoldantes devem ser aplicados antes da colocação das armaduras.

As fôrmas são apoiadas sobre o piso, geralmente em concreto, podendo ser apoiada em alguma base elevada por questões ergonômicas dos funcionários que trabalham no lançamento do concreto. Normalmente, as empresas se valem de equipes especializadas, seja da própria empresa ou terceirizada, para fabricação de fôrmas e/ou execução das alterações pertinentes.

2.6.2.3. Etapa de concreto e acabamento

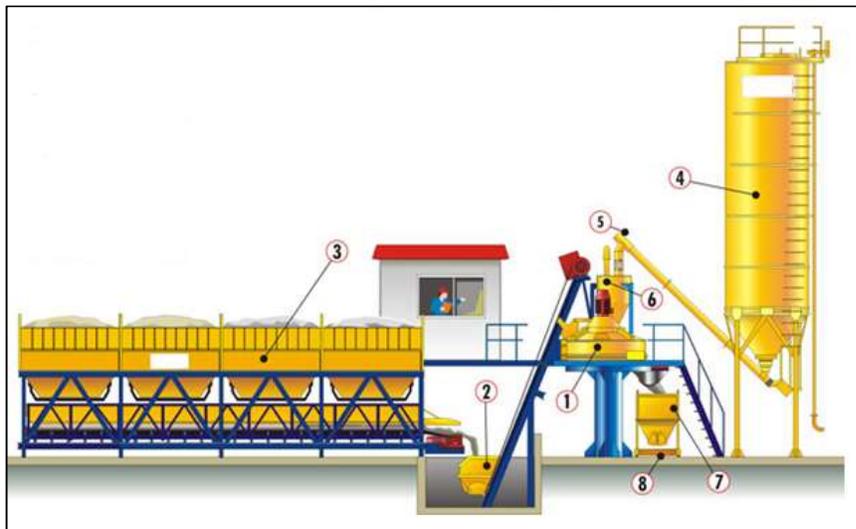
A etapa de concreto ou concretagem envolve as seguintes subetapas: mistura, transporte, lançamento/vibração, desempenho e queima/acabamento. Na Figura 2.22 é ilustrado este esquema.

Figura 2.22 – Subetapas da concretagem de pré-moldado (adaptado de Belohuby e Alencar, 2007)



A subetapas de mistura compreende as instalações e procedimentos para preparo do concreto. A maioria das empresas de pré-moldados possui central de dosagem para confecção dos concretos. As centrais são compostas de baias para estoque dos agregados, central dosadora de agregados, silo para cimento, silos para aditivos minerais, reservatório de água, reservatório de aditivos químicos, balança de cimento, misturador de concreto, caçamba de dosagem e casa de comando. Abaixo, na Figura 2.23, apresenta-se um exemplo de um esquema de central dosadora de concreto para indústria de pré-moldados.

Figura 2.23 – Esquema de central dosadora de concreto: (1) misturador de concreto; (2) skip; (3) dosadora de agregados; (4) silo de cimento; (5) rosca helicoidal de cimento; (6) balança de cimento; (7) caçamba de transporte; (8) carro transportador da caçamba (fonte: WCH Industrial)



Para a mistura do concreto o ideal é a utilização de misturador próprio para este fim. Em geral, os misturadores de eixo vertical são os mais adequados por garantirem uma boa homogeneização em pouco tempo de mistura.

O transporte do concreto da central até as fôrmas pode ser feito pela utilização de giricas, caçambas sobre carros transportadores, caminhões betoneiras, entre outros. Os carros transportadores podem ser pneumáticos engatados a tratores que os conduzem até ao local de lançamento. Alguns carros transportadores são movidos à eletricidade e têm rodas metálicas sobre trilhos.

O lançamento do concreto na fôrma pode ser feito diretamente da caçamba com o auxílio do pórtico ou ponte rolante, ou diretamente do caminhão betoneira, conforme o caso. Quando o concreto é transportado em giricas é necessário o uso de pás para o lançamento. O concreto lançado na fôrma é espalhado com o uso de pás, enxadas e o uso de vibradores.

O adensamento do concreto é, geralmente, feito com a utilização de vibradores de imersão ou vibradores do tipo “carrapato”. Estes são acoplados à fôrma, assim a energia para vibração é transmitida ao concreto através da fôrma. Geralmente este tipo de vibrador pode danificar as fôrmas com o uso. Há ainda o adensamento por centrifugação. Algumas empresas têm feito o uso de concreto auto-adensável, motivadas por questões de viabilidade técnica ou por decisões estratégicas gerenciais.

O desempenho e a “queima” do concreto são as subetapas que conferem um melhor acabamento estético na superfície do elemento pré-moldado. O desempenho consiste na fase inicial do acabamento superficial na lateral da peça onde se lança o concreto. Faz-se o nivelamento do concreto na superfície da fôrma com o uso de colher de pedreiro ou régua de alumínio, dependendo do caso. Em seguida, inicia-se desempenho com uso de desempenadeira de madeira na superfície do concreto. Este procedimento “puxa” a nata de cimento para a superfície, proporcionando um melhor acabamento.

A “queima” consiste no acabamento superficial realizado imediatamente após o desempenho. Enquanto ocorre o ganho de resistência do concreto lançado, faz-se o procedimento de passar uma colher de pedreiro ou uma desempenadeira de aço até que seja atendido o acabamento desejado. Tal procedimento visa conferir à superfície do elemento pré-moldado acabamento semelhante às outras faces que ficaram em contato com a fôrma.

O desempenho e a queima são acabamentos realizados logo após a concretagem. Após o ganho da resistência inicial e antes do armazenamento do elemento, pode ser necessária a execução de um acabamento final. Este acabamento consiste na correção de imperfeições que comprometam a estética do pré-moldado, tais como: fissuras, bolhas ou “bicheiras”. As

correções são geralmente executadas com o uso de pó de cimento ou de argamassa. O pó ou a argamassa devem ser dosados de maneira a se alcançar cor final semelhante ao do concreto utilizado na peça.

2.6.2.4. Etapa de manuseio

A etapa de manuseio compreende a movimentação e transporte dos elementos pré-moldados ocorridos na fábrica. Esta etapa é iniciada na desforma, passando pelas movimentações para acabamento e armazenamento, até o carregamento e transporte até à obra.

Nesta etapa, além dos equipamentos para içamento e movimentação anteriormente descritos, é necessário o uso de dispositivos para o manuseio dos pré-moldados. Os tipos de dispositivos utilizados para o manuseio devem ser previstos em projeto e podem ser divididos em dispositivos internos e externos (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Dispositivos para içamento de elementos pré-moldados (adaptado de El Debs, 2000)

Dispositivos internos ao pré-moldado	Dispositivos externos
<ul style="list-style-type: none"> • Laços ou chapas chumbados • Orifícios • Laços ou argolas rosqueadas posteriormente • Dispositivos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balancins • Cintas • Cabos de aço • Prensadores transversais • Ventosas.

Os elementos devem ser içados pelos pontos previstos em projeto. Da mesma forma, o seu armazenamento deve seguir as determinações de projeto.

2.6.3. Montagem das estruturas pré-moldadas

A montagem compreende desde a descarga dos pré-moldados no canteiro até a sua montagem no seu local de destino. A montagem é coordenada pela equipe de montagem com o auxílio dos dispositivos de içamento e equipamentos de montagem.

De maneira análoga às equipes das etapas de produção, a equipe de montagem pode ser da própria empresa ou terceirizada. Os profissionais que atuam na montagem devem ser treinados e especializados para execução de tal serviço. Além dos dispositivos de içamento as equipes utilizam as seguintes ferramentas para a montagem dos pré-moldadas para estrutura: marretas, alavancas, cunhas de madeira, prumo, nível, régua, teodolito, etc.

Os equipamentos para montagem devem ser utilizados com capacidade condizente com as características dos elementos pré-moldados. Para estimativa da capacidade do equipamento deve ser considerado: a massa total do elemento pré-moldado, suas dimensões (largura, altura e comprimento), altura do ponto de lançamento, distância entre do equipamento até o ponto de lançamento. Deve ser observada também a capacidade resistentes do terreno onde se apoiará o equipamento de montagem, topografia do local, condições climáticas e interferências locais como construções existentes, redes elétricas, árvores, etc. Algumas empresas têm seu próprio equipamento de montagem. A maioria se vale de locação de equipamentos em empresas especializadas. A Figura 2.24 ilustra a montagem de um pilar pré-moldado em concreto com 22 metros de comprimento.

Figura 2.24 – Montagem de pilares de 22 metros de comprimento com içamento por guindaste



CAPÍTULO 3

MÉTODO DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentadas as etapas que compõem o método de pesquisa da presente dissertação. São discutidos a estratégia de pesquisa utilizada, os métodos e ferramentas utilizadas na coleta de dados, bem como os procedimentos adotados no processamento e na análise dos mesmos.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa classifica-se como uma pesquisa-ação contendo um estudo de caso em que o foco de análise é o controle do planejamento e execução na fabricação e fornecimento de estruturas pré-moldadas em concreto.

De acordo com Engel (2000), essa é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. A pesquisa-ação é uma maneira de se fazer pesquisa em situações em que se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta.

Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação pode ser definida como um dos inúmeros tipos de investigação-ação, que é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhoria de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação.

A empresa escolhida para a pesquisa se localiza na grande Goiânia e atua na fabricação de artefatos de cimento. Dentre os produtos inclui a fabricação e fornecimento de estruturas pré-moldadas em concreto. A oportunidade da realização de uma pesquisa-ação deve-se ao fato da oportunidade do pesquisador atuar na área de gerência de projetos estruturais, orçamento e execução de obras da empresa.

Em um primeiro momento, optou-se por apresentar um estudo de caso da execução de uma estrutura pré-moldada para abrigar uma indústria de fertilizantes na cidade de São Luís no Maranhão (estudo de caso A). Essa opção permitiu a identificação de falhas, em especial

relacionadas ao planejamento e controle do empreendimento, envolvendo etapas tanto da fabricação quanto da montagem das estruturas pré-moldadas no canteiro.

De acordo com a definição de Yin (2005), o estudo de caso está relacionado à experiência no campo. Assim, o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

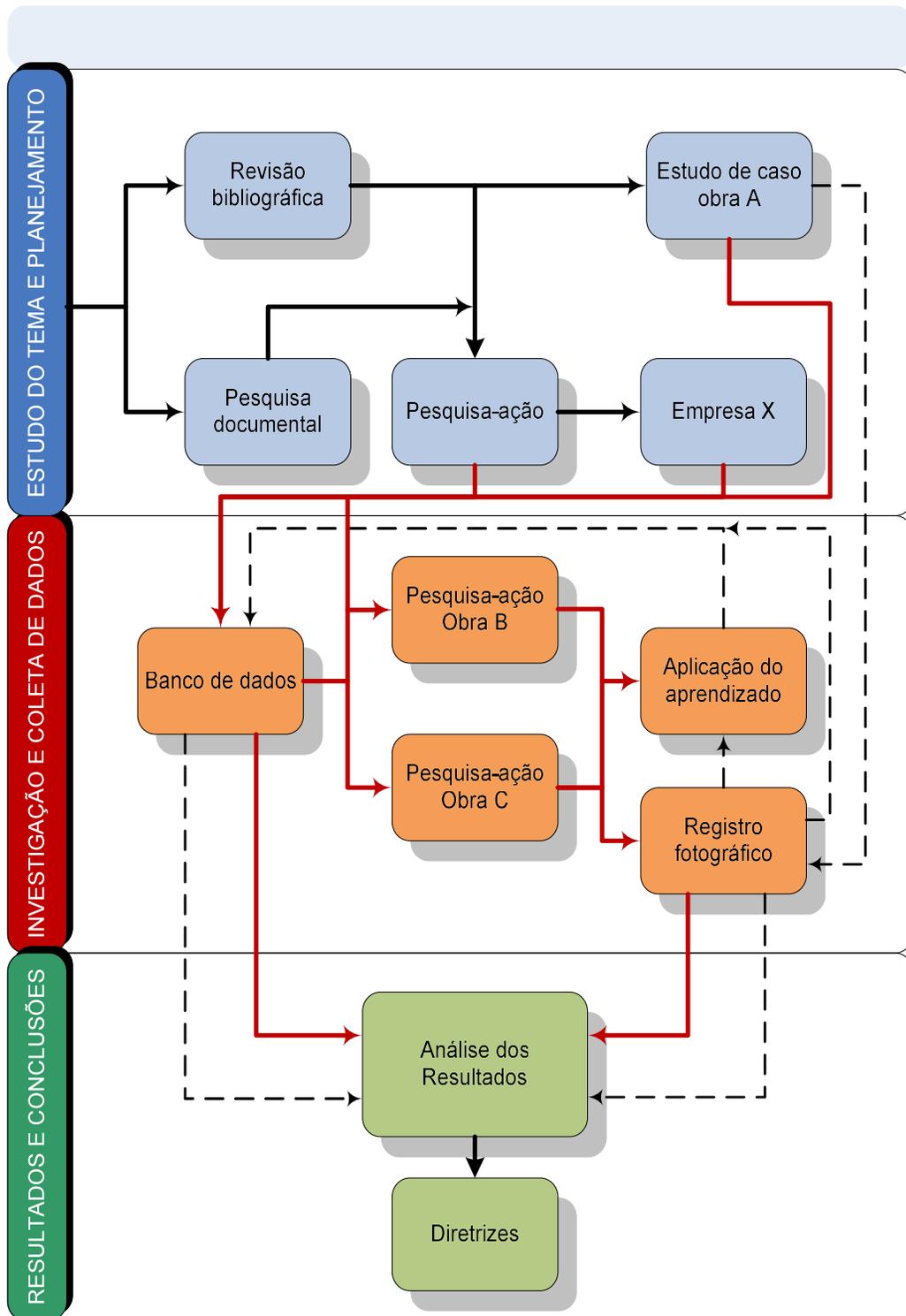
A opção pela inclusão do primeiro estudo de caso na pesquisa se deu pela busca do pesquisador em visualizar a atual realidade da empresa na execução de um projeto, sendo feito um diagnóstico quanto à produtividade, permitindo a familiarização com as falhas que mais causaram impacto no processo de planejamento e controle de produção da empresa.

Após a realização deste estudo exploratório, iniciou-se a pesquisa-ação na execução de uma obra em estrutura pré-moldada localizada na cidade de Goiânia no estado de Goiás (Caso B), onde se buscou a construção da proposta metodológica do presente trabalho. Os dados levantados no Caso B permitiram validar a proposta metodológica da pesquisa, implementando os dados obtidos em termos de medições de desempenho da mão de obra para subsidiar o planejamento e o controle da produção da obra do Caso C. Nesse último caso, a pesquisa-ação foi realizada na execução de uma obra em estrutura pré-moldada na cidade de Porto Nacional localizada no estado de Tocantins.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

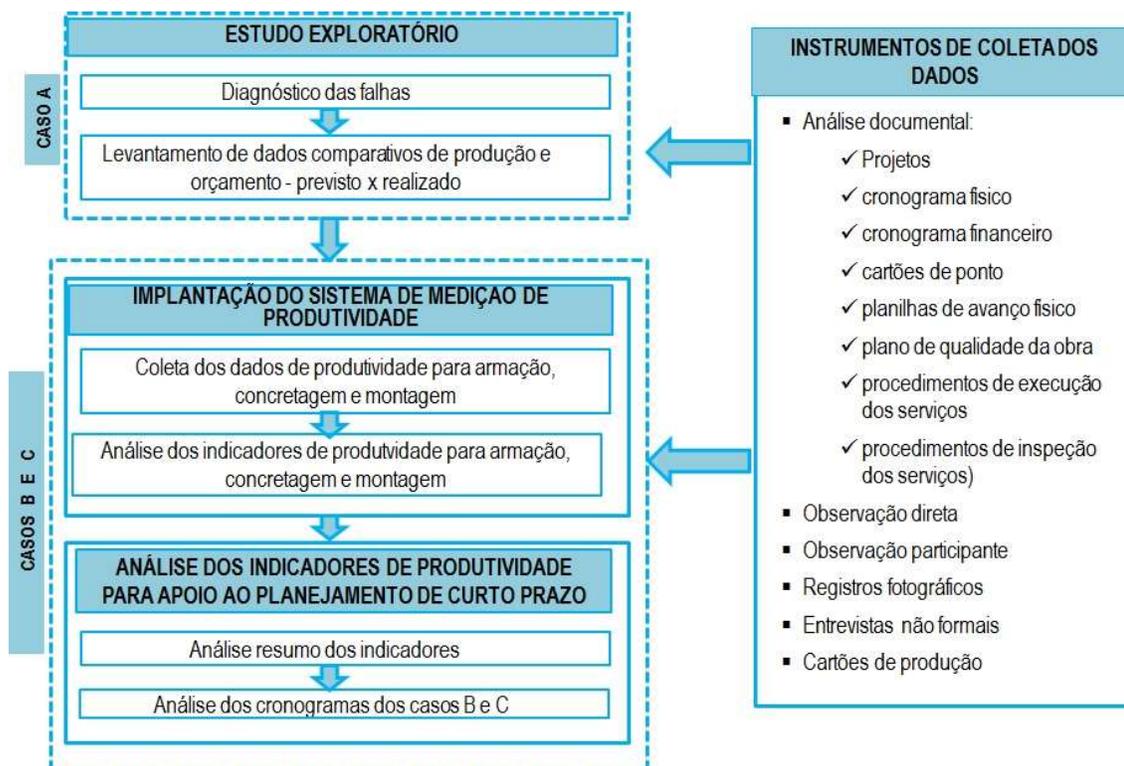
A pesquisa foi dividida em três etapas sendo: (a) estudo do tema e planejamento; (b) investigação e coleta de dados e (c) resultados e conclusões. Essas etapas macro que delineiam a estratégia de pesquisa adotada podem ser visualizadas na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Fluxograma da estratégia de pesquisa



Para uma maior compreensão das etapas que compõem o estudo, bem como dos principais instrumentos de coleta de dados, o fluxograma da Figura 3.2 apresenta este detalhamento.

Figura 3.2 - Fluxograma das etapas dos casos estudados



3.3. INSTRUMENTAÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

3.3.1. Caracterização da empresa do estudo

A empresa escolhida para a pesquisa se localiza na grande Goiânia e atua na fabricação de artefatos de cimento há 51 anos. Há 16 anos a empresa atua também na fabricação e montagem de estruturas leves pré-moldadas em concreto para galpões. Na fabricação de estruturas pré-moldadas para obras de maior porte, a empresa atua há oito anos.

A empresa atua principalmente a região Centro-Oeste e, por vezes, outros estados da federação. No presente trabalho a empresa em estudo é chamada de empresa X.

Atualmente a empresa possui diversas linhas de produtos pré-moldados, tais como: pisos prensados de alta resistência, ladrilhos hidráulicos, tubos para redes pluviais, aduelas para bueiros celulares, blocos vazados para vedação e alvenaria estrutural, postes para eletrificação, estrutura e artefatos diversos em concreto. Seu pátio fabril ocupa uma área maior que 84 mil metros quadrados. Atualmente ela oferece cerca de 200 empregos diretos e 50 indiretos. Na

Figura 3.3 vê-se uma fotografia do pátio fabril de estruturas pré-moldadas da empresa em estudo.

Figura 3.3 – Fotografia do pátio de estruturas pré-moldadas na empresa em estudo



3.3.2. Estudo de caso A

Este estudo de caso de caráter exploratório trata da execução de um galpão para estoque e processamento de fertilizantes minerais, localizado na cidade de São Luís, no estado do Maranhão, iniciado no ano de 2010.

Os dados foram coletados a partir de observação participante, pesquisa documental e registros fotográficos. Para análise de documentos, foram contemplados projetos, diários de obra, cronograma físico, cronograma financeiro, entrevistas não formais, cartões de ponto e planilhas de controle financeiro da empresa.

Durante a execução dos pré-moldados não houve levantamentos de índices de produtividade, quantificação de desperdícios e outros dados que permitissem uma comparação com o orçamento inicial. Entretanto, alguns dados registrados permitiram algumas comparações entre quantitativos orçados, projetados e realmente consumidos. Como se tem registro do orçamento inicial e dos índices do projeto estrutural, foi possível fazer um comparativo desses dados com alguns quantitativos de concreto e aço gastos na execução.

Este estudo de caso serviu para contextualizar as principais falhas ocorridas no processo de planejamento e controle da produção da empresa, de modo a subsidiar a construção da proposta metodológica, objetivo do presente trabalho.

A análise deste caso foi dividida em dois itens principais:

- Diagnóstico das falhas relativas ao processo produtivo, as quais foram classificadas quanto a sua origem e possíveis causas;
- Comparação dos dados de orçamento, projeto e produção em relação ao volume de concreto e quantidade de aço para fabricação dos pilares, vigas e terças pré-moldadas, considerando o que era previsto e o que foi realizado.

3.3.3. Estudos de caso B e C

Os estudos de caso B e C serão caracterizados em conjunto neste capítulo por apresentarem semelhanças em termos de caracterização dos dados de entrada e saída que fundamentaram a instrumentação da coleta e análise dos dados.

Os estudos de casos B e C tratam da fabricação, fornecimento e montagem de estrutura em concreto pré-moldado para execução de um galpão para uma empresa de logística e um galpão para processamento de fertilizantes minerais, respectivamente.

Todos os serviços foram iniciados e concluídos no ano de 2011.

3.3.3.1. Caracterização dos dados de entrada

Nas Tabelas 3.1 e 3.2, respectivamente para o caso B e C, são resumidos os itens negociados, suas características geométricas e seus quantitativos, referentes aos elementos pré-moldados em estudo. Elas apresentam os quantitativos negociados, os quais são passíveis de alteração quando da elaboração dos projetos estruturais.

Tabela 3.1 – Itens, dimensões e quantitativos negociados na obra do caso B

Item	Descrição da Estrutura	QUANT.	UNID	VOL. UNIT. (m³)	VOL. TOTAL (m³)	AÇO UNIT. (kg)	AÇO TOTAL (kg)
1	Pilares CPM	29,00	unid		24,88		3906,69
1.1	Pilar CPM s/ consolos 0,25 x 0,45 x 7,70 m	17,00	unid	0,87	14,73	121,28	2061,68
1.2	Pilar CPM s/ consolos 0,25 x 0,45 x 7,25 m	3,00	unid	0,82	2,45	203,91	611,72
1.3	Pilar CPM c/ consolos 0,25 x 0,45 x 7,70 m	3,00	unid	1,02	3,05	162,60	487,80
1.4	Pilar CPM c/ consolos 0,25 x 0,35 x 8,88 m	6,00	unid	0,78	4,66	124,25	745,50
2	Vigas CPM	10,00	unid		7,22		1228,12
2.1	Viga retangular mezanino 0,25 x 0,55 x 5,17 m	6,00	unid	0,71	4,27	120,85	725,09
2.2	Viga retangular mezanino 0,25 x 0,55 x 5,38 m	4,00	unid	0,74	2,96	125,76	503,03
3	Vigas CPM Tipo Calha	18,00	unid		8,90		978,78
3.1	Viga calha seção J 0,40 x 0,50 x 4,97 m	2,00	unid	0,50	0,99	54,67	109,34
3.2	Viga calha seção J 0,40 x 0,50 x 5,66 m	8,00	unid	0,57	4,53	62,26	498,08
3.3	Viga calha seção J 0,40 x 0,50 x 4,56 m	6,00	unid	0,46	2,74	50,16	300,96
3.4	Viga calha seção J 0,40 x 0,50 x 3,20 m	2,00	unid	0,32	0,64	35,20	70,40
4	Braço CPM seção duplo "T" 0,25 x 0,40 x 10,37 m	20,00	unid	0,62	12,44	149,33	2986,56
5	Laje CPM seção "PI" 0,30 x 2,50 x 5,61 m	134,00	m²	0,09	11,39	9,35	1252,90
6	Mão-de-obra/equipamentos para montagem da estrutura	64,84	m³				
TOTAIS					64,84		10353,06

Tabela 3.2 – Itens, dimensões e quantitativos negociados na obra do caso C

Item	Descrição da Estrutura	QUANT.	UNID	VOL. UNIT. (m³)	VOL. TOTAL (m³)	AÇO UNIT. (kg)	AÇO TOTAL (kg)
1	Pilar CPM	74,00	unid		92,38		14829,36
1.1	Pilar CPM c/ consolo 0,25 x 0,35 x 4,50 m	9,00	unid	0,48	4,33	38,50	346,50
1.2	Pilar CPM c/ consolo 0,30 x 0,40 x 6,00 m	17,00	unid	0,84	14,28	84,00	1428,00
1.3	Pilar CPM c/ consolo 0,40 x 0,50 x 6,00 m	3,00	unid	1,06	3,19	116,82	350,46
1.4	Pilar CPM seção "I" c/ coi 0,40 x 0,80 x 8,50 m	20,00	unid	1,92	38,42	345,78	6915,60
1.5	Pilar CPM seção "I" 0,40 x 0,60 x 7,00 m	22,00	unid	1,34	29,57	241,92	5322,24
1.6	Pilar CPM seção "I" 0,40 x 0,60 x 4,50 m	3,00	unid	0,86	2,59	155,52	466,56
2	Braços CPM seção "DT"	49,00	unid		56,58		12150,86
2.1	Pilar CPM c/ consolo 0,25 x 0,40 x 8,12 m	9,00	unid	0,49	4,38	87,70	789,26
2.2	Pilar CPM c/ consolo 0,25 x 0,40 x 11,10 m	20,00	unid	0,67	13,32	159,84	3196,80
2.3	Pilar CPM c/ consolo 0,30 x 0,60 x 16,20 m	20,00	unid	1,94	38,88	408,24	8164,80
3	Vigas CPM seção "J"	11,00	unid		6,57		722,70
3.1	Vigas CPM seção "J" 0,40 x 0,50 x 6,14 m	1,00	unid	0,61	0,61	67,54	67,54
3.2	Vigas CPM seção "J" 0,40 x 0,50 x 5,86 m	2,00	unid	0,59	1,17	64,46	128,92
3.3	Vigas CPM seção "J" 0,40 x 0,50 x 5,98 m	8,00	unid	0,60	4,78	65,78	526,24
4	Terças CPM seção vazada	612,55	unid		62,02		5271,95
4.1	Terças CPM seção vazada: 0,08 x 0,30 x 6,00 m	395,00	unid	0,16	62,02	13,35	5271,95
5	Mão de obra e equipamentos para montagem	217,55	m³				
TOTAIS					217,55		32974,87

Para esses estudos de caso, foram elaboradas planilhas para coleta e processamento de indicadores de desempenho e a relação desses com o planejamento e controle da produção de cada caso.

Todas as atividades críticas do processo produtivo foram controladas e registradas por instrumentos específicos comentados a seguir.

3.3.3.2. Serviços escolhidos

Para a coleta de dados de produtividade (RUP), optou-se pelos serviços de armação, concretagem dos pré-moldados e montagem da estrutura em ambos os casos. Esses serviços de mão de obra foram escolhidos por representarem, respectivamente, cerca 9%, 8% e 12% do custo total da estrutura pré-moldada.

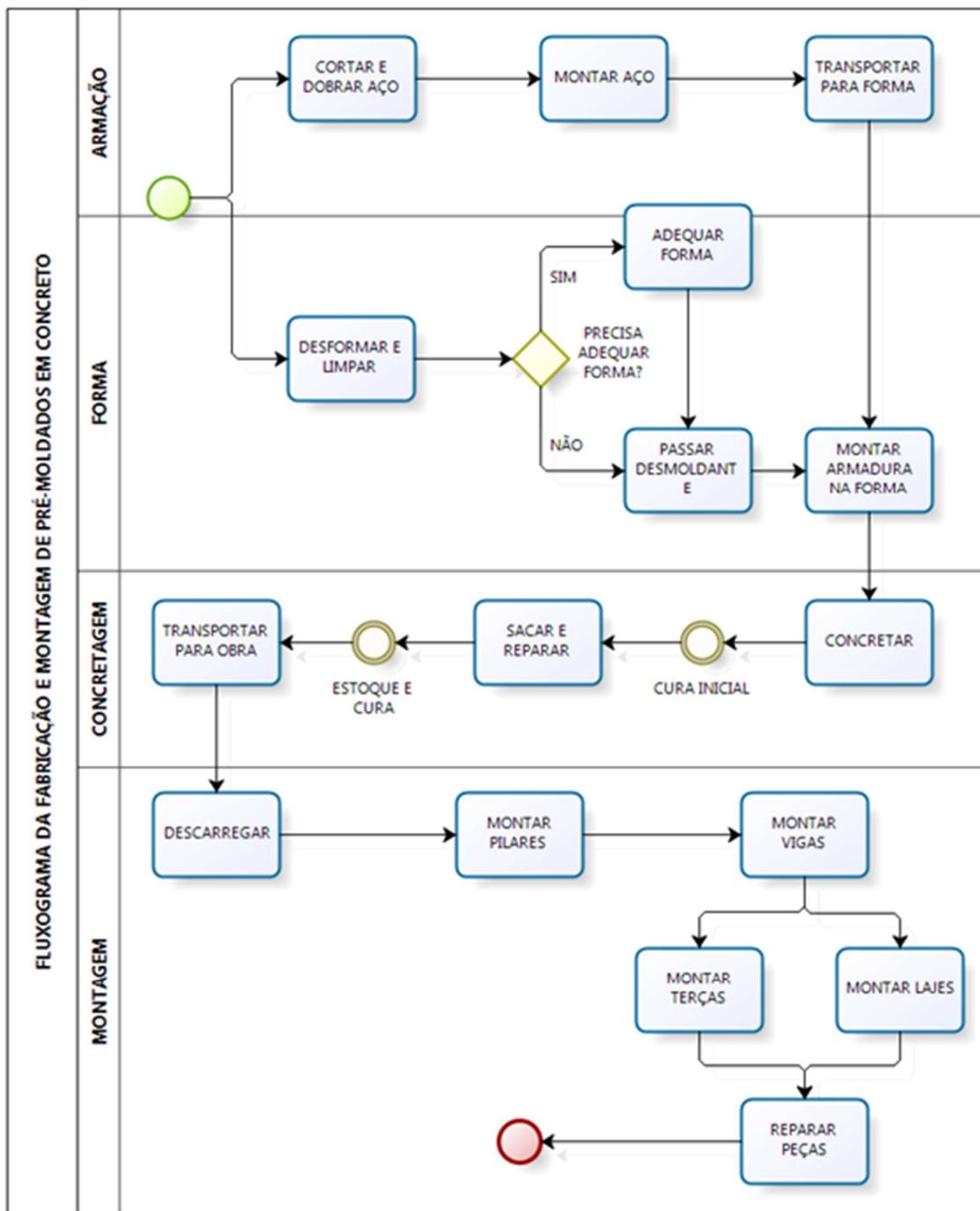
Além de representarem aproximadamente 30% do custo total do empreendimento, esses serviços são determinantes no andamento da execução do projeto, influenciando diretamente o cronograma, tendo, portanto, grande impacto no cumprimento do prazo da obra.

Os indicadores de produtividade para a montagem serão divididos entre: montagem dos pilares, vigas da cobertura e terças pré-moldadas para apoio das telhas. No estudo de caso B, como as terças para apoio das telhas foram em perfis metálicos, a produtividade para a montagem desses itens não foi considerada. O fluxograma apresentado na Figura 3.4 ilustra o processo de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto na empresa em estudo.

No projeto estudado, não foram estudados os quantitativos de insumos e horas-homem gastos para uma modificação ou adequação de uma fôrma. Apesar dessa etapa intervir no fluxo do processo, a sua mensuração depende muito do grau de intervenção necessário para adequar a fôrma. As fôrmas recebem modificações dependendo das dimensões da peça a fabricar ou de detalhes específicos (consolos, descidas de águas pluviais, insertos, entre outros). Há dependência também do tipo de material da fôrma (aço ou madeira). Nos estudos de casos analisados, todas as fôrmas utilizadas foram metálicas.

A análise desses serviços dará informações quanto aos indicadores de produtividade reais de cada um deles, possibilitando, também, a obtenção de informações para subsidiar a fase de elaboração de orçamentos.

Figura 3.4 - Fluxograma da fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto



3.3.3.3. Instrumentação da coleta de dados

Para a coleta de dados de produtividade foi elaborada uma planilha, chamada de cartão de produção. Esse cartão serviu para coleta dos dados de armação e concretagem, e passou por

duas revisões. Para levantamento da produtividade na montagem dos pré-moldados utilizou-se o diário de obras.

O cartão de produção, inicialmente utilizado, continha informações como: nome da empresa, nome da obra, nome do observador, nome do funcionário, função, nome dos elementos e hora de início e término do serviço. A Tabela 3.3 ilustra o cartão de produção.

Tabela 3.3 - Cartão de produção

Empresa:					Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4	Peça 5	
Obra:										
Período:										
Observador:										
Funcionário	Função	Tipo	Data							
			01/07/11	Quant.						
				Hora	Início					
				Hora	Término					
			02/07/11	Quant.						
				Hora	Início					
				Hora	Término					
			03/07/11	Quant.						
				Hora	Início					
				Hora	Término					
			04/07/11	Quant.						
				Hora	Início					

Houve dificuldades no preenchimento desta planilha. Como pode ocorrer de um funcionário iniciar ou terminar a atividade em horários diferentes, isso resultaria em mais dados a serem preenchidos. Igualmente, a coleta foi dificultada por exigir para a armação e a concretagem anotações diferentes.

Na segunda revisão, optou-se por dividir a coleta de dados em diferentes planilhas para as etapas de armação e concretagem. Vê-se o modelo nas planilhas nas Tabelas 3.4 e 3.5, abaixo. Houve alterações significativas, onde se optou em não dispor a planilha na forma de cruzar os dados das linhas com os dados das colunas. Optou-se em dispor as descrições em colunas e, nas linhas, colocar as informações de data, peça, volume, etc. Isso facilitou o registro dos horários de cada funcionário para produção de um mesmo elemento pré-moldado.

Considerou-se neste estudo que o motorista do caminhão betoneira fazia parte da equipe, pois o mesmo auxiliou no lançamento do concreto nas fôrmas.

Como regra geral para a quantificação das horas-homem, tomou-se a jornada diária de 8,95 horas de trabalho. Quando houve a necessidade de se fazer horas extras, as mesmas foram somadas às horas da jornada diária. Nos casos em que houve paralisação do serviço, por motivo qualquer alheio à vontade dos funcionários, estas horas não foram descontadas da jornada diária.

No cartão de produção para a armação, aproveitou-se para registrar o número de espaçadores plásticos utilizados. No cartão para a concretagem, aproveitou-se para registrar o tempo gasto no lançamento do concreto. Tal dado permitiu comparar o tempo efetivamente gasto no lançamento do concreto contra o tempo gasto para as fases de desforma, saque do elemento pré-moldado, preparo da fôrma e colocação da armadura.

Tabela 3.4 - Cartão de produção armação (2ª revisão) – Caso B

Obra	Data	Nome da peça	Nº de espaçadores	Quantidade de peças por dia	Massa da peça (Kg)	Funcionários	Quantidade de Funcionários	Vínculo do funcionário	Início do serviço	Término do serviço
05TSV	15/06/2011	PA10	19	2	109,9	José Alves	1	Terceirizado	07:30	17:15
		PG10	10		109,9					
05TSV	16/06/2011	PA9	10	3	109,9	José Alves	1	Terceirizado	07:30	17:15
		PG9	10		109,9					
		PA8	10		109,9					
05TSV	17/06/2011	PG8	13	3	109,9	José Alves	1	Terceirizado	07:30	17:15
		PA7	10		109,9					
		PG7	35		109,9					
05TSV	18/06/2011	PA6	10	10	109,9	José Alves, Bugiu, Josué, Cláudio	4	Terceirizado	07:30	17:15
		PG6	10		109,9			Terceirizado		
		PA5	11		109,9			Terceirizado		
		PG5	9		109,9			Terceirizado		
		PA4	9		109,9			Terceirizado		
		PG4	9		129,07			Terceirizado		
		PA3	10		109,9			Terceirizado		
		PG3	10		130,7			Terceirizado		
		PA2	12		109,9			Terceirizado		
		PG2	12		129,07			Terceirizado		

Tabela 3.5 - Cartão de produção concretagem (2ª revisão) – Caso B

Data	Peça	Volume da peça (m³)	Peças por dia	Função do funcionário	Nome do funcionário	Vínculo do funcionário	Nº de Funcionários	Início da concretagem	Fim da concretagem	Tempo de concretagem	Início do serviço	Término do serviço	
16/06/2011	PA10	0,9	1	Motorista	Cláudio	Efetivo	3	09:04	09:36	00:32	07:30	17:15	
				Concretador 1	Odilon	Efetivo							
				Concretador 2	Ailton	Efetivo							
				Acabamento	Ailton	Efetivo							
17/06/2011	PG10	0,9	2	Motorista	Cláudio	Efetivo	3	09:00	09:32	00:32	07:30	17:15	
				Concretador 1	Odilon	Efetivo							
				Concretador 2	Ailton	Efetivo							
	PA9	0,9	2	2	Motorista	Cláudio	Efetivo	3	14:12	14:42	00:30	07:30	17:15
					Concretador 1	Odilon	Efetivo						
					Concretador 2	Ailton	Efetivo						
					Acabamento	Ailton	Efetivo						
18/06/2011	PG9	0,9	2	Motorista	Cláudio	Efetivo	3	08:26	08:50	00:24	07:30	17:15	
				Concretador 1	Odilon	Efetivo							
				Concretador 2	Ailton	Efetivo							
				Acabamento	Ailton	Efetivo							
	PA8	0,9	2	2	Motorista	Cláudio	Efetivo	3	11:16	11:50	00:34	07:30	17:15
					Concretador 1	Odilon	Efetivo						
					Concretador 2	Ailton	Efetivo						

Para a fase de montagem das estruturas pré-moldadas, utilizou-se o diário de obra para registro dos eventos. No diário de obras foram registrados dados como: identificação do cliente, condições climáticas, nomes dos funcionários (terceirizados ou da própria empresa), veículo envolvido nos serviços, espaço para observações, entre outros. Vê-se o diário de obras na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Diário de obras

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
Condições Climáticas	Bom	Chuva c/ cond. de Trab.	Chuva s/ cond. de Trab.	Quantitativos		Dias Decorridos
				Efetivo:		3
				Dias Restantes		12
				Página: 3/15		
Próprio:		Cliente		Data:		
Terceirizado:		Cobre Fácil				
Equip.:		N° projeto		EST xxxx/11		
Manhã				Alimentação:		Aprovado para uso
Tarde				Vale Transp.:		20/06/2011
Noite						
VEÍCULO			PLACA	QT.	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
FUNÇÃO		EFETIVO		FUNÇÃO		EFETIVO
Mão de Obra Própria						
Mão de Obra Terceira						
Ocorrências Diárias:						

Para o estudo de caso C, os dados obtidos foram lançados no *Microsoft Excel®*, em planilhas criadas para facilitar o cálculo dos quantitativos acumulados e as produtividades. Para o processamento dos dados para o serviço de armação, foi elaborada uma planilha onde se anotava, a cada dia, o nome das peças produzidas, relacionadas com a equipe terceirizada ou da própria empresa. A Tabela 3.7 ilustra parte da planilha.

Tabela 3.7 – Planilha para lançamento dos dados da execução da armação (caso C)

	DESCRIÇÃO DO TIPO DE PEÇA	Sexta-feira	Sábado	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira
		23-set-11	24-set-11	25-set-11	26-set-11	27-set-11
PRODUÇÃO POR PEÇAS EQUIPE TERCERIZADA (JOSÉ ALVES)	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 10/150 DT					
	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 10/300 DT					
	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 11/300 DT					
	TERÇA CPM T1					
	TERÇA CPM T2					
	PEÇAS CPM	A12			F12	
	PEÇAS CPM	B12			G12	
	PEÇAS CPM	C12			H12	
	PEÇAS CPM	D12			I12	
	PEÇAS CPM	BR40			J12	
	PEÇAS CPM	E12				
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
PRODUÇÃO POR PEÇAS EQUIPE DA PRÓPRIA EMPRESA (JOSUÉ)	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 10/150 DT				6,00	18,00
	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 10/300 DT	9,00	10,00		14,00	8,00
	POSTE P/ ELETRIFICAÇÃO 11/300 DT	23,00	22,00			12,00
	TERÇA CPM T1					
	TERÇA CPM T2					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					
	PEÇAS CPM					

Através da utilização das planilhas eletrônicas, os dados foram processados para obtenção, de forma automática, dos quantitativos de aço, de homens-hora consumidos e das razões unitárias de produção (RUP). A Tabela 3.8 ilustra parte da planilha.

Tabela 3.8 – Planilha para processamento dos dados da execução da armação (caso C)

		29-nov-11	30-nov-11	1-dez-11	2-dez-11	3-dez-11	4-dez-11
INDÚSTRIA	PESO REALIZADO INDÚSTRIA (KG)	-	-	-	-	-	-
	PESO ACUMULADO INDÚSTRIA (KG)	32.627,63	32.627,63	32.627,63	32.627,63	32.627,63	32.627,63
	HH INDÚSTRIA DIÁRIO	-	-	-	-	-	-
	HH ACUMULADO INDÚSTRIA	1.320,38	1.320,38	1.320,38	1.320,38	1.320,38	1.320,38
	RUP DIÁRIA INDÚSTRIA						
	RUP CUMULATIVA INDÚSTRIA	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	RUP POTENCIAL INDÚSTRIA (ATÉ 03/12/2011)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PPMO INDÚSTRIA (ATÉ 03/12/2011)	37,16%	37,16%	37,16%	37,16%	37,16%		
EMPREITEIRO	PESO REALIZADO EMPREITEIRO (KG)	-	-	-	-	-	-
	PESO ACUMULADO EMPREITEIRO (KG)	30.757,65	30.757,65	30.757,65	30.757,65	30.757,65	30.757,65
	HH DIÁRIA EMPREITEIRO	-	-	-	-	-	-
	HH ACUMULADO EMPREITEIRO	1.443,75	1.443,75	1.443,75	1.443,75	1.443,75	1.443,75
	RUP DIÁRIA EMPREITEIRO						
	RUP CUMULATIVA EMPREITEIRO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PPMO EMPREITEIRO (ATÉ 03/12/2011)	31,65%	31,65%	31,65%	31,65%	31,65%		
TOTAL	PESO REALIZADO TOTAL (KG)	-	-	-	-	-	-
	PESO ACUMULADO TOTAL (KG)	63.385,28	63.385,28	63.385,28	63.385,28	63.385,28	63.385,28
	HH TOTAL DIÁRIO	-	-	-	-	-	-
	HH ACUMULADO TOTAL	2.764,13	2.764,13	2.764,13	2.764,13	2.764,13	2.764,13
	RUP DIÁRIA TOTAL						
	RUP CUMULATIVA TOTAL	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	RUP POTENCIAL TOTAL (ATÉ 03/12/2011)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PPMO TOTAL (ATÉ 03/12/2011)	38,52%	38,52%	38,52%	38,52%	38,52%		

O cronograma para execução das armaduras seguiu o mesmo cronograma para concretagem das peças pré-moldadas. Porém, para que não houvesse falta no fornecimento de armaduras, tomou-se a precaução de se planejar o cronograma para execução das armaduras trabalhando com, no mínimo, três dias antecipados em relação ao cronograma da concretagem.

Para a fabricação e montagem dos pré-moldados, utilizou-se a mesma planilha para o processamento dos dados. Nessa planilha, para melhor controle da execução do projeto, foram colocados juntos os dados planejados (nas linhas indicadas pela letra P) e os realizados (nas linhas indicadas pela letra R). A partir dela, foram obtidos os volumes diários, os acumulados e as razões unitárias de produção (diária, cumulativa e potencial). A Tabela 3.9 ilustra parte desta planilha. Nas colunas onde são demonstradas as datas, foram anotados os nomes das peças pré-moldadas, planejadas para concretar e realmente concretadas, respectivamente nas linhas P e R. As colunas, ainda, apresentavam o nome do tipo de fôrma utilizada (de acordo com nomenclatura própria da empresa em estudo), o total de peça a fabricar, o total fabricado e o número de peças restantes a fabricar.

Tabela 3.9 – Planilha para lançamentos dos dados de fabricação (caso C)

PEÇAS PRÉ-MOLDADAS															
TIPO DA FÔRMA		PLAN. X REAL.	TOTAL PROJETO	PRODUZIDAS	RESTANTE										
						Sexta-feira 23-set-11	Sábado 24-set-11	Domingo 25-set-11	Segunda-feira 26-set-11	Terça-feira 27-set-11	Quarta-feira 28-set-11	Quinta-feira 29-set-11	Sexta-feira 30-set-11		
FÔRMA	GRANDE	PILAR	P	19	11	8		A12			B12	C12	D12	E12	G12
													F12	H12	
							VOL. (m³)	0,56	0	0	0,56	0,56	0,56	1,12	1,12
							AÇO(kg)	74,59	0	0	86,24	86,24	86,24	172,48	172,48
								0	1	1	1	2	3	4	6
	GRANDE	BRANÇO	R	19	19	0		A12			B12	C12		D12	E12
														F12	
							VOL. (m³)	0,56	0	0	0,56	0,56	0	0,56	1,12
							AÇO(kg)	74,59	0	0	86,24	86,24	0	86,24	172,48
								1	1	1	1	2	3	3	4
FÔRMA	GRANDE	BRANÇO	P	9	9	0									
							VOL. (m³)	0	0		0	0	0	0	0
							AÇO(kg)	0	0		0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0
	GRANDE	BRANÇO	R	9	7	2									
							VOL. (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0
							AÇO(kg)	0	0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0

Observa-se na Tabela 3.9 que as peças a produzir foram separadas em diferentes fôrmas para produção dos pré-moldados. Como o projeto inclui peças com seções diferentes, a separação das fôrmas para elaboração do planejamento e acompanhamento da execução facilita o acompanhamento e controle.

Da maneira análoga ao processamento dos dados da etapa de armação, para as etapas de fabricação e montagem, os resultados dos volumes diários, das horas-homem consumidas e das produtividades (RUP's) foram obtidos na mesma planilha eletrônica de forma automática. Vê-se parte da planilha na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Planilha para processamento dos dados da fabricação (caso C)

DESCRIÇÃO		23-set-11	24-set-11	25-set-11	26-set-11	27-set-11	28-set-11	
PLANEJADO GERAL	VOLUME DIÁRIO PLANEJADO (m³)	11,72	-	-	11,72	11,72	11,72	
	VOLUME ACUMULADO PLANEJADO (m³)	11,72	11,72	11,72	23,44	35,16	46,88	
	HH DIÁRIA PLANEJADA	6,788	hh/m³	79,56	-	-	79,56	79,56
	HH ACUMULADA PLANEJADA	79,56	79,56	79,56	159,11	238,67	318,22	
REALIZADO GERAL	VOLUME DIÁRIO REALIZADO (m³)	5,16	-	-	4,26	5,88	5,88	
	VOLUME ACUMULADO REALIZADO (m³)	5,16	5,16	5,16	9,42	15,30	21,18	
	HH DIÁRIO REALIZADA	35,00	-	-	35,00	35,00	35,00	
	HH ACUMULADA REALIZADA	35,00	35,00	35,00	70,00	105,00	140,00	
	RUP DIÁRIA REALIZADA	6,78			8,22	5,95	5,95	
	RUP CUMULATIVA REALIZADA	6,78	6,78	6,78	7,43	6,86	6,61	
	03/12/2011					5,95	5,95	
	RUP POTENCIAL REALIZADA (ATÉ 03/12/2011)	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74	
	RUP DIÁRIA REALIZADA (GRÁFICO)	6,78	#N/D	#N/D	8,22	5,95	5,95	
	PPMO REALIZADA (ATÉ 03/12/2011)	43,2%	43,2%	43,2%	56,9%	44,9%	39,6%	

3.3.4. Análise de dados

3.3.4.1. Análise dos indicadores de produtividade

A partir da coleta de dados apresentada foi possível o cálculo das razões unitárias de produção (RUP's) para cada um dos itens analisados, sendo:

- a) Para o serviço de armação foi obtido o indicador Hh/kg, homem-hora por quilo de armação;
- b) Para o serviço de concretagem foi obtido o indicador Hh/m³, homem-hora por metro cúbico de concreto;
- c) Para o serviço de montagem foi obtido o indicador Hh/m³ (homem-hora por metro cúbico de concreto) para o caso de montagem dos elementos pré-moldados e, Hh/m² (homem-hora por metro quadrado de cobertura) para o caso de montagem de terças e telhas da cobertura.

Por meio da geração de gráficos, as RUP's diárias, cumulativas e potenciais serão apresentadas, levando a uma melhor visualização de seus resultados.

O método gráfico é o mais indicado didaticamente para demonstrar o resumo dos dados encontrados, já que demonstra todas as variações das RUP's como uma sequência na qual se tem o fluxo utilizado durante a execução do processo.

Uma comparação entre os indicadores gerados e os indicadores previstos na fase de orçamento irá permitir a análise do desempenho da execução dos serviços, possibilitando a retroalimentação dos indicadores para novos orçamentos, avaliação das equipes e uma posterior correlação com os fatores que influenciaram tal desempenho.

A partir do cartão de produção, além das quantidades de serviço e tempo de produção, foram coletadas informações referentes aos fatores que ocorreram no período determinado, que porventura pudessem influenciar na produtividade dos serviços em estudo, além das informações relevantes registradas no diário de obra.

A forma de análise desses fatores se dará primeiramente pela verificação nos gráficos, dos picos e vales perceptíveis, aliada a uma investigação dos fatores registrados que possivelmente estariam relacionados às variações de produtividade. Posteriormente será feita uma revisão em todos os fatores e registros no diário de obra, a fim de buscar fatores que potencialmente influenciariam a produtividade e que porventura não influenciaram, analisando assim o motivo dessa não influência e se está ou não relacionada a uma combinação de fatores.

Também foram calculados os indicadores PPMO relativos à perda de produtividade para melhor analisar se os resultados eram coerentes com os fatores intervenientes de cada processo analisado.

3.3.4.2. Análise dos indicadores para apoio ao planejamento de curto prazo

Esta análise foi feita englobando três itens:

- Um resumo dos indicadores de produtividade da mão de obra é apresentado, discutindo como os indicadores analisados no caso B puderam subsidiar o planejamento do caso C, considerando os três serviços em estudo;
- Análise dos cronogramas dos dois casos. Os cronogramas foram apresentados para melhor visualização da programação da obra ao longo do seu período de execução e como as informações provenientes do sistema de medição de produtividade permitiu um maior controle do desempenho realizado das equipes e permitiu intervenções por parte dos gestores.

Para apoio do planejamento de curto prazo valeu-se dos quantitativos diários necessários para obediência ao cronograma, sem que houvesse atrasos. Ou seja, com os dias estimados no cronograma, dimensionou-se a quantidade de funcionários necessária para atendimento do cronograma previamente estipulado.

O acompanhamento do andamento da obra foi executado quase que diariamente de maneira que se visualizassem possíveis atrasos e permitisse a tomada de decisões para aumento da produção.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a pesquisa, englobando os três estudos contemplados neste trabalho, inicialmente o estudo de caso A, de caráter exploratório, posteriormente o caso B e o caso C, que se configuram como pesquisa-ações. Os resultados e as discussões relativas ao caso A fazem parte da etapa inicial da metodologia, onde se fundamentou a proposta de investigação da pesquisa, promovendo o diagnóstico de falhas relativas à ausência de um sistema de medições de desempenho dos recursos envolvidos. Os casos B e C são apresentados paralelamente, uma vez que os resultados obtidos no caso B forneceram subsídios para a programação da obra do caso C.

4.1. APRESENTAÇÃO DO CASO A – ESTUDO EXPLORATÓRIO

Em fevereiro de 2010, a empresa em estudo fechou contrato com uma empresa de industrialização e comercialização de fertilizantes minerais, para a execução de um galpão para estoque e processamento do produto na cidade de São Luís no estado do Maranhão. A obra foi executada próximo ao Porto de Itaqui onde os empreendedores enxergaram as potencialidades logísticas da região e o aumento da demanda de fertilizantes minerais nos estados sob influência da Ferrovia Norte Sul.

A contratada foi responsável pelo estudo e elaboração do leiaute da indústria, elaboração dos projetos de fundação e estrutural em concreto pré-moldado, execução das fundações, fabricação dos pré-moldados, montagem da estrutura e das telhas da cobertura e dos fechamentos laterais em fibrocimento. A contratante ficou responsável pela terraplanagem do terreno, execução do piso industrial, fechamentos laterais em alvenaria e madeira, elaboração e execução dos demais projetos e serviços complementares.

4.1.1. Caracterização da obra

Optou-se em fabricar o pré-moldado em canteiro, de modo a reduzir os custos logísticos.

As Figuras 4.1 e 4.2 ilustram fases da obra.

As Figuras 4.3 e 4.4 são, respectivamente, a planta baixa e corte/fachada arquitetônicos do caso apresentado.

Figura 4.1 – Fase da obra do caso A: fabricação do pré-moldado



Figura 4.2. – Fase da obra do caso A: montagem dos pilares



Figura 4.3 – Planta baixa do galpão principal (indústria de processamento de fertilizantes São Luís – MA)

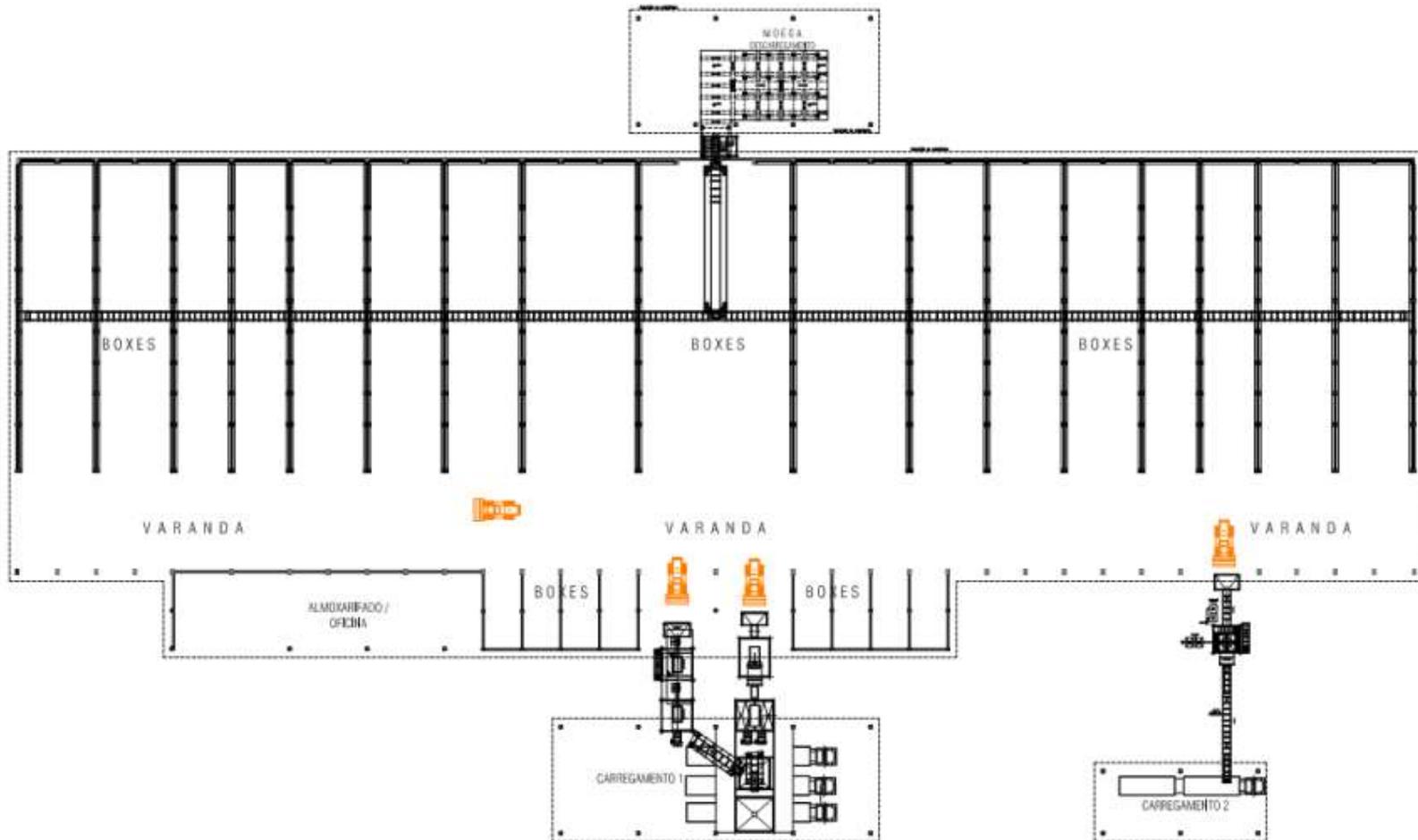
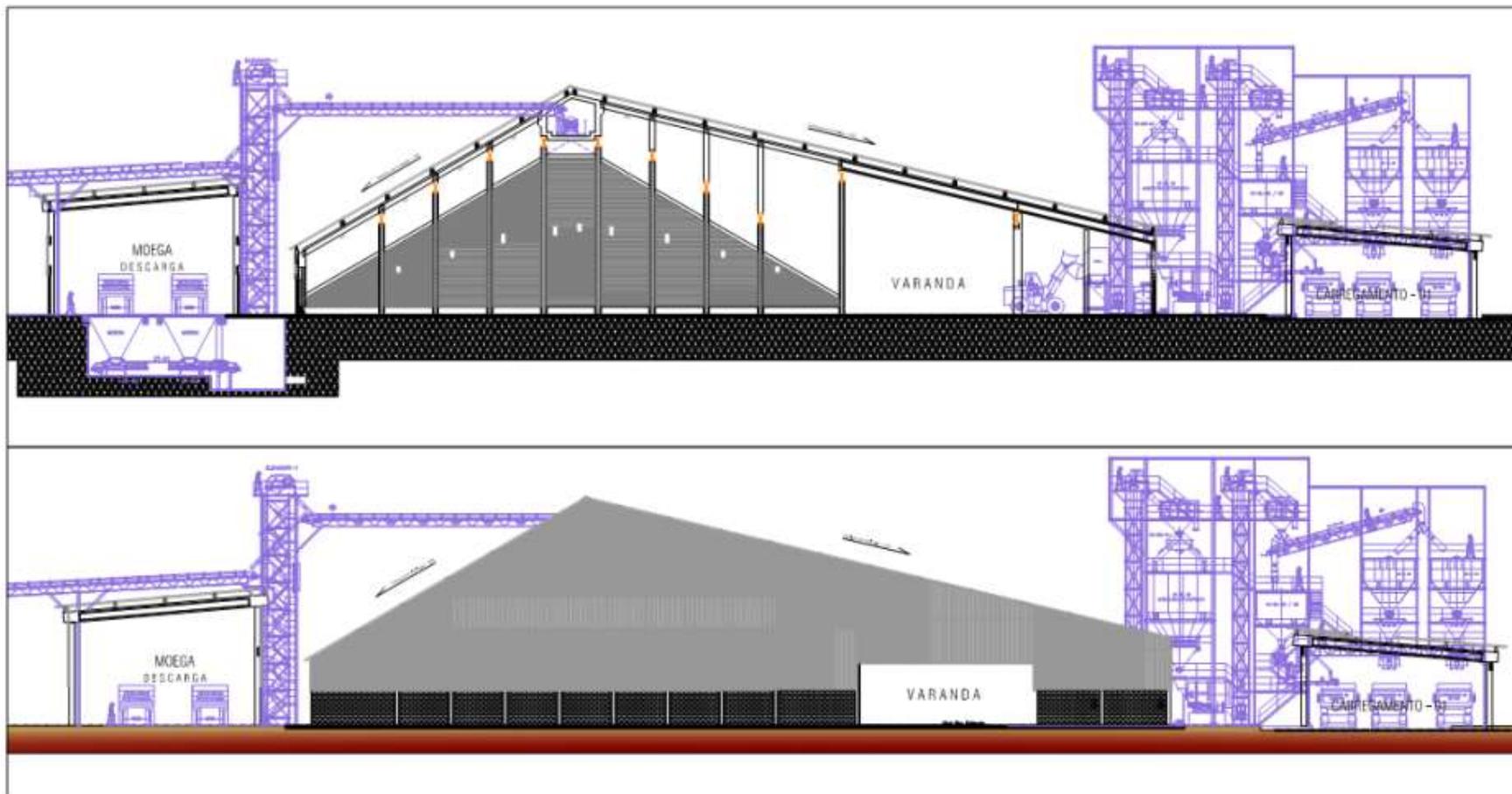


Figura 4.4 – Corte do galpão principal (a); fachada frontal do galpão principal (b); (indústria de processamento de fertilizantes São Luís – MA)



4.1.2. Diagnóstico das falhas relativas ao processo produtivo

Na execução do empreendimento foram expostas várias falhas no gerenciamento do projeto. Essas ocorreram desde as fases de orçamento, planejamento, execução e controle. A Tabela 4.1 resume as principais falhas diagnosticadas que serão discutidas na sequência.

Tabela 4.1 – Principais falhas diagnosticadas no caso A

FALHA	FONTE DE EVIDÊNCIA	ORIGEM	POSSÍVEL CAUSA
Falta de comprometimento da equipe e desconhecimento de funções	Observação	Planejamento	Falta de apresentação do Termo de Abertura a todos os envolvidos.
Erros na programação da obra envolvendo alocação de recursos (mão de obra, prazo e custos)	Análise documental (cronograma e orçamento)	Planejamento /programação	Falta de parâmetros comparativos (desconhecimento da produtividade dos operários)
Atrasos na entrega do concreto	Observação	Planejamento/ logística	Falta de um contrato com o fornecedor
Produção de fôrmas além do previsto	Observação	Planejamento/ logística	Erro de programação pela falta de parâmetros em termos de produtividade
Leiaute sem espaço suficiente para disposição das novas fôrmas	Observação	Planejamento do canteiro/logística	Falta de um projeto de canteiro
Atraso da obra	Análise documental (laudo de sondagem)	Fundação	Laudo de sondagem com erros
Atraso da obra	Análise documental	Projeto	Erro no laudo de sondagem gerou alteração dos projetos de fundação e estrutural
Atraso da obra	Observação	Execução das primeiras etapas	Poucos funcionários locados devido à espera dos novos projetos
Atraso da obra	Observação	Execução das primeiras etapas	Atraso na instalação de energia
Atraso da obra	Observação/ Análise documental	Execução e montagem da estrutura	Atraso na fabricação dos pré-moldados devido à insuficiência no abastecimento de concreto
Atraso da obra	Observação/ Análise documental	Execução e montagem da estrutura	Atraso na entrega dos projetos estruturais
Falta de conformidade das peças	Observação	Fabricação das peças	Não foi seguida a sequência de montagem previamente estipulada

eficiente a interdependência entre as atividades, alocação de recursos envolvidos e análise dos custos. Estes itens foram executados de maneira empírica, o que ocasionou problemas na fase de execução. As medidas tomadas para solução dos problemas, quase sempre, foram ações corretivas.

A principal dificuldade para elaboração de um planejamento mais eficiente e detalhado foi a falta de parâmetros comparativos. Ou seja, a empresa não possuía uma sistemática de registrar experiências anteriores, de modo a subsidiar a gerência com dados e indicadores para a tomada de decisões estratégicas.

Outro fato interveniente foi o fornecimento de concreto. Devido ao crescente aquecimento da construção civil na cidade de São Luís, os fornecedores locais não conseguiram atender a demanda de concreto. Houve atrasos, tanto na execução das fundações quanto na produção dos pré-moldados, provocados pela deficiência no fornecimento de concreto.

Apesar de existirem várias empresas concreteiras na cidade, o fornecimento de concreto para produção dos pré-moldados ficou a cargo de uma única concreteira, pois era a única a fornecer concreto com adição de sílica ativa. Devido ao empreendimento ser um ambiente altamente corrosivo, a empresa optou por esta tecnologia para garantir uma maior durabilidade do concreto. Deste modo, o volume planejado de peças pré-moldadas executadas diariamente não foi atingido, ocasionando, além de atrasos, a baixa produtividade da mão de obra disponibilizada. Para sanar os atrasos e custos advindos, a empresa disponibilizou o seu caminhão betoneira para reduzir o impacto dos atrasos e executou mais fôrmas (para pilares e vigas) além das previstas. A falta de garantia no fornecimento de concreto evidenciou, também, a falta de um contrato firmado com um fornecedor.

Um leiaute do canteiro para produção das estruturas pré-moldadas foi elaborado. As fôrmas foram dispostas numa área de 10 metros de largura por 80 metros de comprimento. Para a movimentação e carga das peças pré-moldadas foram utilizados dois pórticos rolantes com capacidade de quinze toneladas cada. Este leiaute não tinha espaço suficiente para disposição das novas fôrmas. As fôrmas foram dispostas fora deste canteiro, exigindo o uso de guindaste para retirada e carga das peças. As peças produzidas foram estocadas nas áreas disponibilizadas ao redor do galpão. O leiaute do canteiro é apresentado na Figura 4.6. A pista principal de fabricação dos pré-moldados pode ser visualizada na Figura 4.7.

Figura 4.6 – Leiaute do canteiro do caso A. Pista de fabricação dos pré-moldados – pilares e vigas (1); estoque de aço e armação (2); escritório/almoxarifado/refeitório/sanitários (3); fabricação dos pré-moldados – peças especiais e vigas protendidas, respectivamente (4) e (5).

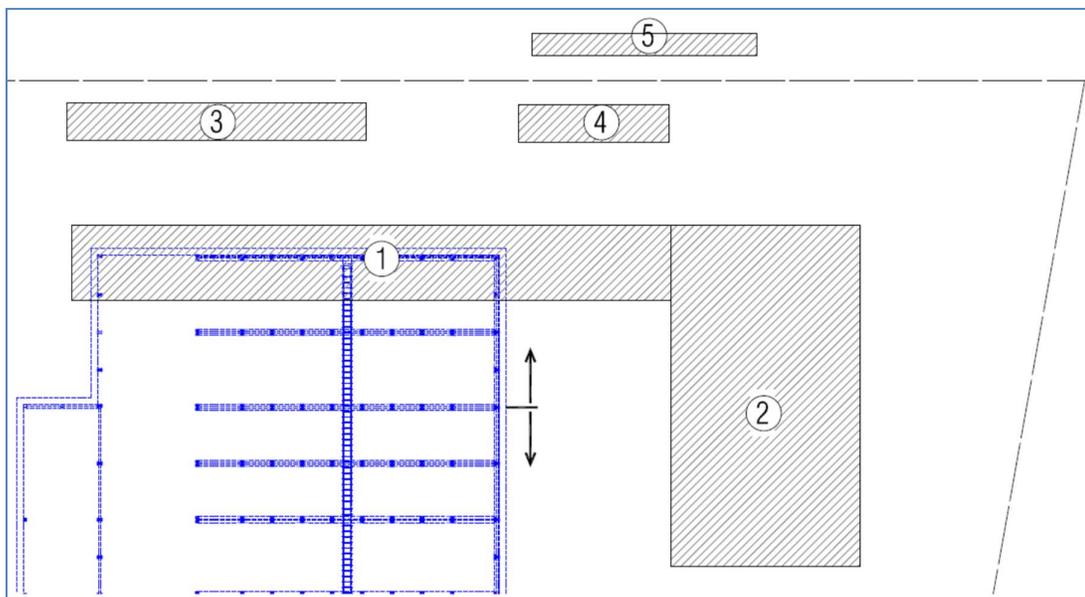


Figura 4.7 – Pista principal de fabricação dos pré-moldados



O cronograma físico real diferiu em demasia do planejado. Isso foi devido, em parte, por um erro ocorrido no laudo de sondagem do terreno. O laudo de sondagem, que foi de responsabilidade da contratante, indicava um tipo de solo onde se poderiam executar as fundações em estacas escavadas. Porém, verificou-se *in loco* que o terreno, bastante arenoso,

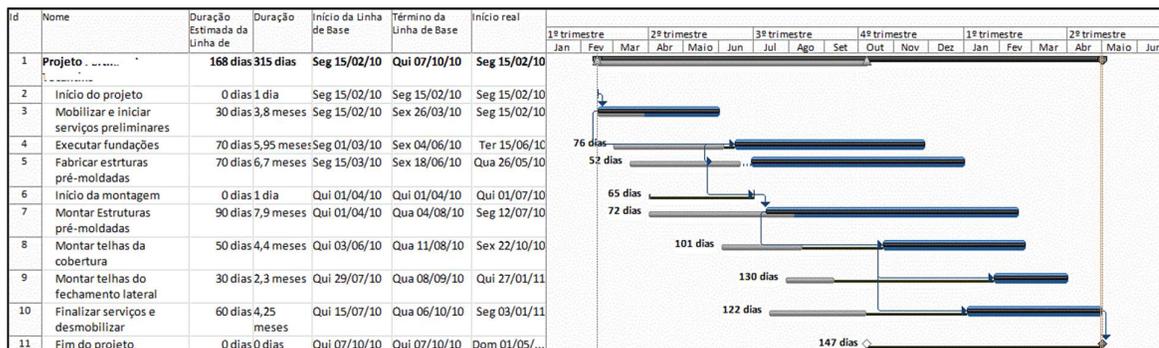
obrigava a execução das fundações por outro processo. Houve uma renegociação com o cliente e, em seguida, os projetos de fundação e estrutural tiveram que ser modificados, ocasionando atrasos. Enquanto se resolvia os projetos, as instalações do canteiro ocorriam com o menor número de funcionários possível. Portanto, houve atraso no início da execução das fundações e da fabricação dos pré-moldados. Prevista para iniciar na primeira semana de março de 2010, a escavação foi iniciada somente em junho de 2010 (3 meses depois). Para a fabricação da estrutura pré-moldada, também houve atraso de quase 4 meses após a data prevista, causada, também, pelo atraso na instalação da energia (de responsabilidade da contratante). Pode-se observar na Figura 4.8 a comparação entre o cronograma planejado *versus* cronograma real.

Como dito anteriormente, houve atrasos na execução das fundações e na fabricação dos pré-moldados devido à insuficiência no abastecimento de concreto. Atrasos na entrega dos projetos estruturais não permitiram que a fabricação ocorresse de maneira ininterrupta. Assim, o período de fabricação inicialmente previsto para acontecer em três meses e meio, levou o dobro do tempo (Figura 4.8).

Houve também ingerência na fabricação das peças, estimulada pelos atrasos, pois as mesmas não foram produzidas na sequência de montagem previamente estipulada no cronograma. A “ordem” era produzir a todo custo. Assim, as peças foram produzidas de maneira a priorizar, tão somente, o menor número de intervenções nas fôrmas em detrimento do sequenciamento da montagem. Isso provocou gargalos na montagem, não permitindo a montagem de outras etapas sucessoras, devido à falta de uma ou outra peça pré-moldada.

Vários erros ocorreram na fabricação das peças, especialmente nas vigas pré-moldadas. Muitos dos furos de acoplamento ficaram fora das dimensões estabelecidas em projeto. A falta de uma sistemática de acompanhamento e controle da produção explica a maioria das não conformidades. Assim, para as vigas pré-moldadas, gastou-se em média três vezes mais tempo para sua montagem. A montagem da cobertura e fechamento laterais em telhas de cimento amianto foi realizada praticamente no período de chuva, reduzindo assim a produtividade. O prazo inicial previsto para executar todo o projeto, de aproximadamente 8 meses, levou 15 meses, mais que o dobro do previsto. A Figura 4.8 ilustra, nas barras pretas, o cronograma planejado e, em azul, o cronograma real.

Figura 4.8 - Cronograma planejado (em preto) versus o cronograma real (em azul) do caso A



Na Figura 4.9 pode ser vista a abertura dos furos de acoplamento de uma viga com um rompedor elétrico.

Figura 4.9 – Abertura dos furos de acoplamento com rompedor elétrico



4.1.3. Levantamento de dados comparativos entre previsto e realizado

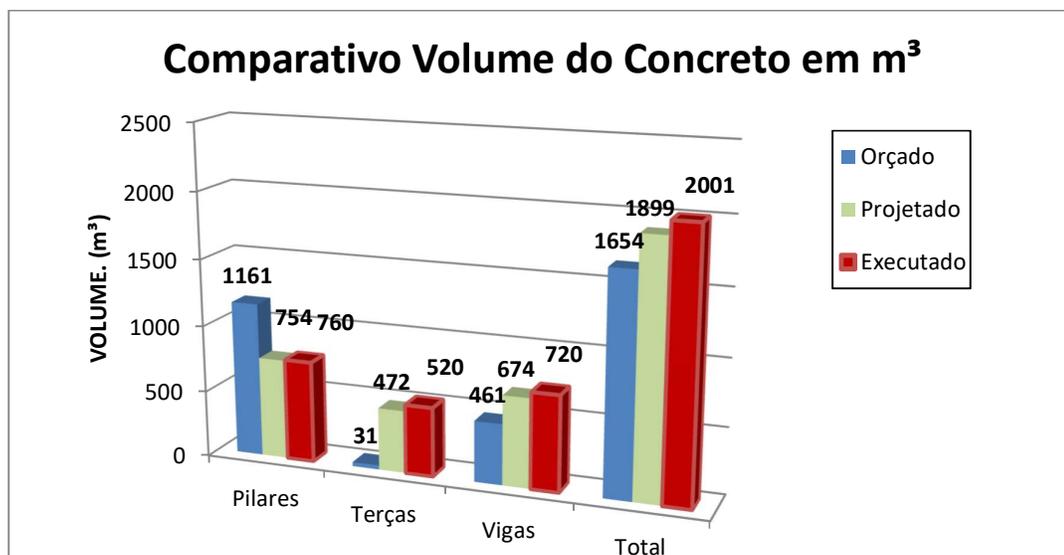
Nenhum levantamento de indicadores de produtividade ou de desperdícios foi realizado, não possibilitando a comparação com o orçamento inicial previsto. Alguns dados relacionados ao projeto estrutural foram comparados com o orçamento inicial, o qual foi elaborado com base em um estudo estrutural preliminar. Isso permitiu fazer uma análise comparativa desses dados com os quantitativos gastos na execução.

Os comparativos se resumem aos valores obtidos para fabricação da estrutura pré-moldada, objeto principal da pesquisa.

Os dados conseguidos foram o volume de concreto e a quantidade de aço para fabricação dos pilares, vigas e terças pré-moldadas.

A Figura 4.10 ilustra o comparativo entre os volumes de concreto orçado, o projetado e o executado.

Figura 4.10 – Comparativo entre consumos de concreto da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado)



Observa-se neste gráfico que houve uma variação entre os índices orçado/projetado (O/P) de concreto dos pilares, terças e vigas, melhor visualizados na Tabela 4.2. Isso resultou num índice orçado/projetado total de 0,87. A diferença entre os volumes de concreto do projeto preliminar orçado *versus* o projeto real indicou balanço positivo somente nos pilares (cerca de 54%). Devido a uma falha de escolha da seção transversal das terças de apoio das telhas da cobertura, houve considerável déficit de concreto em relação ao projeto final (aproximadamente 1423%). Os fertilizantes, que são produtos altamente corrosivos, obrigaram o aumento da seção.

Tabela 4.2 – Índice comparativo do volume de concreto entre previsto orçado e projetado do caso A

Índice comparativo do volume de concreto	Orçado/projetado
Pilares	1,54
Terças	0,07
Vigas	0,68
O/P total volume de concreto	0,87

Os índices com valor acima de 1 indicam que o quantitativo orçado foi maior que o projetado, ocorrendo o contrário para índices com valores abaixo de 1. Assim, houve um acréscimo de 13 % do volume orçado para o volume projetado.

Na Tabela 4.3 encontram-se os índices comparativos do volume de concreto projetado e o volume executado.

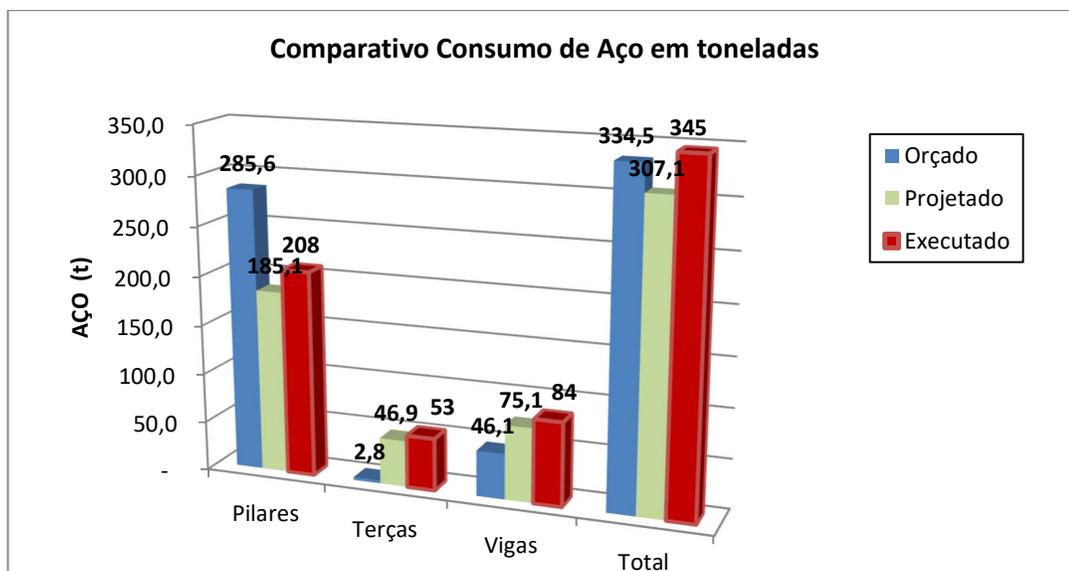
Tabela 4.3 – Índice comparativo do volume de concreto projetado e executado do caso A

Índice comparativo do volume de concreto	Projetado/executado
Pilares	0,99
Terças	0,91
Vigas	0,94
P/E total volume de concreto	0,95

Entre os índices projetado/executado (P/E) resultou em um índice total de 0,95. Os valores abaixo de 1 indicam que o quantitativo projetado foi menor do que o executado, indicando um desperdício de material no processo de 5%.

A Figura 4.11 ilustra o comparativo entre os consumos de aço orçado, projetado e executado.

Figura 4.11 – Comparativo entre consumos de aço da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado)



Observa-se que houve uma variação entre os índices orçado/projetado (O/P) em termos de aço, resultando em um índice total de 1,09 (Tabela 4.4). Nota-se que nos pilares, a quantidade de

aço prevista no estudo estrutural preliminar, excedeu o total definido no projeto em 54%. Já para as terças, observa-se elevada diferença negativa na estimativa, motivada pelo mesmo motivo explicado para o comparativo de concreto.

Tabela 4.4 – Índice comparativo do consumo de aço entre previsto orçado e projetado do caso A

Índice comparativo do consumo de aço	Orçado/projetado
Pilares	1,54
Terças	0,06
Vigas	0,61
O/P total consumo de aço	1,09

Na comparação entre os valores de quantitativo de aço dos valores orçado, projetado e executado, notou-se uma variação do índice O/P de 1,54, 0,06 e 0,61, respectivamente. Isso resultou num índice o/p total de 1,09, indicando que foi previsto em orçamento 9% a mais de aço do que o projetado.

Na Tabela 4.5 encontram-se os índices comparativos do consumo de aço projetado e o executado.

Tabela 4.5 – Índice comparativo do consumo de aço projetado e executado do caso A

Índice comparativo do volume de concreto	Projetado/executado
Pilares	0,89
Terças	0,88
Vigas	0,89
P/E total consume de aço	0,89

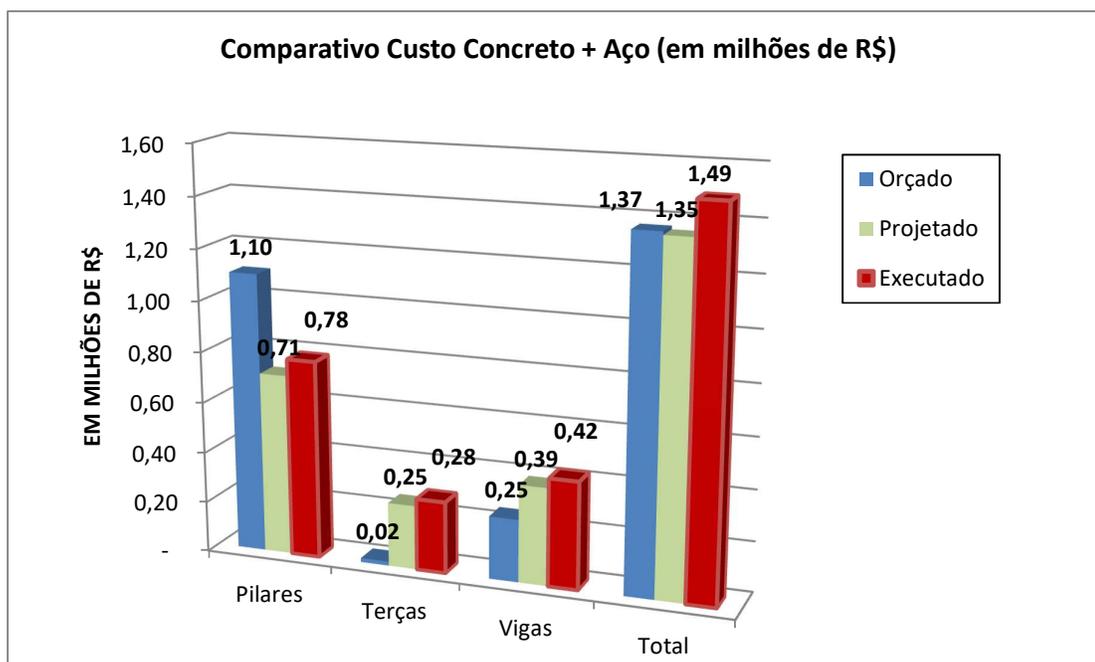
Em contrapartida, o índice P/E total foi de 0,89, indicando que 11% de aço foi gasto na execução a mais do que o projetado.

Nota-se que enquanto o índice O/P total do volume de concreto foi 0,87, ou seja, o volume de concreto projetado foi maior que o orçado em 11%, o mesmo índice para o aço foi de 1,09, ou seja, 9% a mais que o projetado.

Esse equilíbrio se deve ao estudo do anteprojeto estrutural, onde foram previstas seções transversais dos elementos pré-moldados menores e com taxas de aço maiores, mas na elaboração do projeto definitivo chegou-se em seções maiores com taxas de aço menores.

O equilíbrio é evidenciado na Figura 4.12, onde se vê o comparativo financeiro do total de concreto mais o total de aço. Para este comparativo, considerou-se o preço do concreto de R\$ 260,00 por metro cúbico e o do aço de R\$ 2,80 o quilo.

Figura 4.12 – Comparativo entre os custos de concreto e aço da estrutura pré-moldada do caso A (orçado x projetado x executado)



A Tabela 4.6 apresenta o resumo dos índices comparativos entre os custos de concreto e aço somados considerando os custos orçados, projetados e executados.

Tabela 4.6 – Índices comparativos entre os custos de concreto e aço (orçado x projetado x executado) do caso A

elementos	Orçado/Projetado (O/P)	Projetado/Executado (P/E)
Pilares	1,55	0,91
Terças	0,08	0,89
Vigas	0,64	0,93
Total	1,01	0,91

O índice O/P total foi de 1,01, ou seja, o custo orçado, de concreto mais o aço, foi maior em 1 % em relação ao projetado. O índice P/E total foi de 0,91, indicando que o custo real executado de concreto mais o aço foi de 9 % a mais do que o projetado.

A diferença do projetado para o executado indica desperdícios no processo. Os quantitativos de concreto e aço gastos a mais foram obtidos com: perdas no lançamento do concreto, peças produzidas a mais, peças danificadas que foram fabricadas novamente, falta de planejamento na concretagem, perdas por substituição, entre outros. O diagnóstico das falhas observadas em vários momentos do processo produtivo tanto na fabricação quanto na montagem, evidenciaram a necessidade da implantação de um sistema de medição de desempenho dos recursos, o qual foi implantado no estudo de caso B. Os dados de produtividade da mão de obra analisados no estudo de caso B forneceram subsídios para a implantação dos indicadores de produtividade e apoio ao planejamento ao nível operacional da obra do estudo de caso C.

Inicialmente são caracterizadas as duas obras e posteriormente é apresentada a implantação dos indicadores.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA DO ESTUDO DE CASO B

No dia 07 de junho de 2011, a empresa X fechou um contrato com uma empresa de logística para fabricação, fornecimento e montagem de estrutura em concreto pré-moldado (Caso B). O contrato incluía, também, a responsabilidade pela elaboração do projeto e execução das fundações. O prazo final estabelecido em contrato para entrega da estrutura montada foi o dia 08 de agosto de 2011.

A obra tratava-se de um galpão para apoio logístico, com área total construída de 1004,37 m², incluindo 134,00 m² de pavimento superior (mezanino). A estrutura pré-moldada é composta de pórticos atirantados, compostos de pilares e vigas da cobertura.

O cliente solicitou que os eixos de alguns dos pórticos coincidisse com os eixos dos pórticos de um galpão existente. Isso contribuiu negativamente na execução do projeto, pois se diminuiu a modulação da estrutura e repetitividade dos elementos pré-moldados. A relação e dimensões dos elementos pré-moldados e demais itens negociados está apresentada na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Relação dos itens da estrutura negociada do caso B

1	Descrição da Estrutura	QUANT.	UNID
1.1	Pilares CPM	29,00	unid
1.1.1	Pilar CPM s/ consolos (cabeça simples) 0,25 x 0,45 x 7,70 m	17,00	unid
1.1.2	Pilar CPM s/ consolos (de oitão) 0,25 x 0,45 x 7,25 m	3,00	unid
1.1.3	Pilar CPM c/ consolos (cabeça simples com consolo) 0,25 x 0,45 x 7,70 m	3,00	unid
1.1.4	Pilar CPM c/ consolos (para mezanino) 0,25 x 0,35 x 8,88 m	6,00	unid
1.2	Vigas CPM	10,00	unid
1.2.1	Viga Retangular (para mezanino) 0,25 x 0,55 x 5,17 m	6,00	unid
1.2.1	Viga Retangular (para mezanino) 0,25 x 0,55 x 5,38 m	4,00	unid
1.4	Vigas CPM Tipo Calha	18,00	unid
1.4.1	Viga calha 0,40 x 0,50 x 4,97 m	2,00	unid
1.4.2	Viga calha 0,40 x 0,50 x 5,66 m	8,00	unid
1.4.3	Viga calha 0,40 x 0,50 x 4,56 m	6,00	unid
1.4.4	Viga calha 0,40 x 0,50 x 3,20 m	2,00	unid
1.3	Braço CPM seção duplo "T"	20,00	unid
1.5	Laje CPM seção "PI" 0,30 x 2,50 x 5,61 m	134,00	m ²
1.6	Perfil "U" enrijecido	1.912,57	Kg
1.6.1	Perfil "U" enrijecido 200x50x20 #14	1.912,57	Kg
1.7	Telhas Metálica Trapezoidal TP-40 #0,50	906,00	m ²
1.8	Ferragens p/ montagem da estrutura	1.004,37	m ²
1.9	Transporte	1,00	vb
1.10	Equipamentos para montagem da estrutura	64,39	m ³
1.11	Mão-de-obra/equipamentos para execução das fundações	43,50	m ³
1.12	Mão-de-obra/equipamentos para montagem da estrutura	64,39	m ³

Uma empresa de construção civil foi contratada pelo proprietário da obra para fiscalização e execução dos serviços complementares. O cliente não apresentou projeto arquitetônico, ficando a cargo da equipe de projetos da Empresa X apresentar um estudo inicial da estrutura. Estudos foram feitos e discutidos entre a equipe de projetos, o proprietário e a fiscalizadora.

Com o intuito de melhor caracterizar o caso, a Figura 4.13 ilustra o corte transversal dos eixos sem mezanino, a Figura 4.14 ilustra o corte transversal dos eixos com mezanino, a Figura 4.15 ilustra a planta de locação da obra, a Figura 4.16 ilustra a planta de fôrmas/montagem do nível do pavimento superior e a Figura 4.17 ilustra a planta de fôrmas/montagem do nível da cobertura.

Figura 4.13 - Corte transversal eixos 1,5-9 da obra do caso B

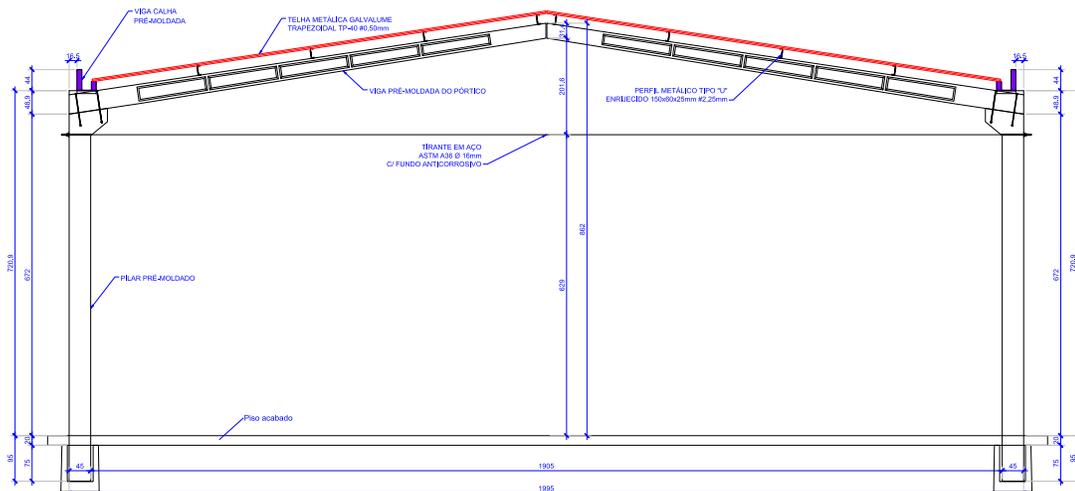


Figura 4.14 - Corte transversal eixos 2, 3 e 4 da obra do caso B

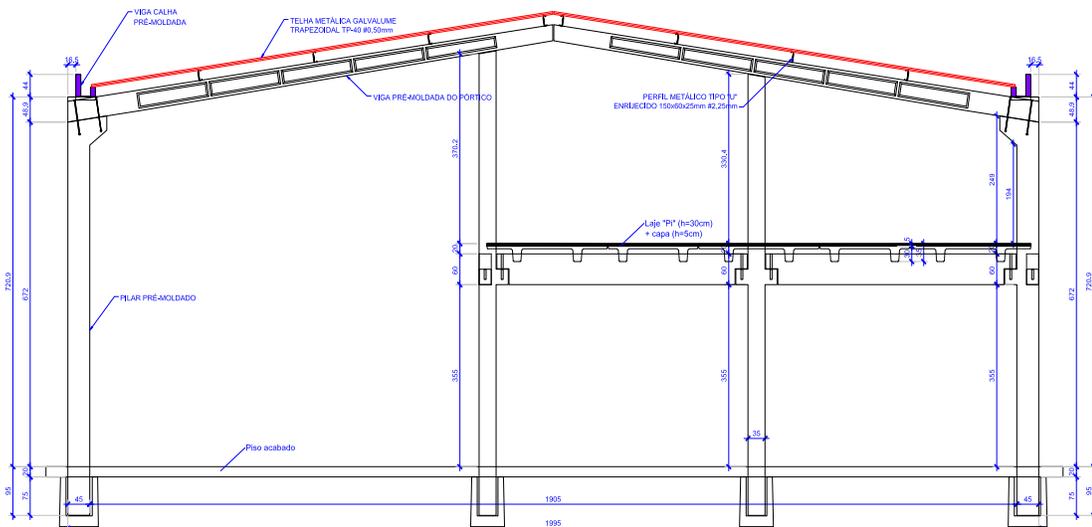


Figura 4.15 - Planta de localização da obra do caso B

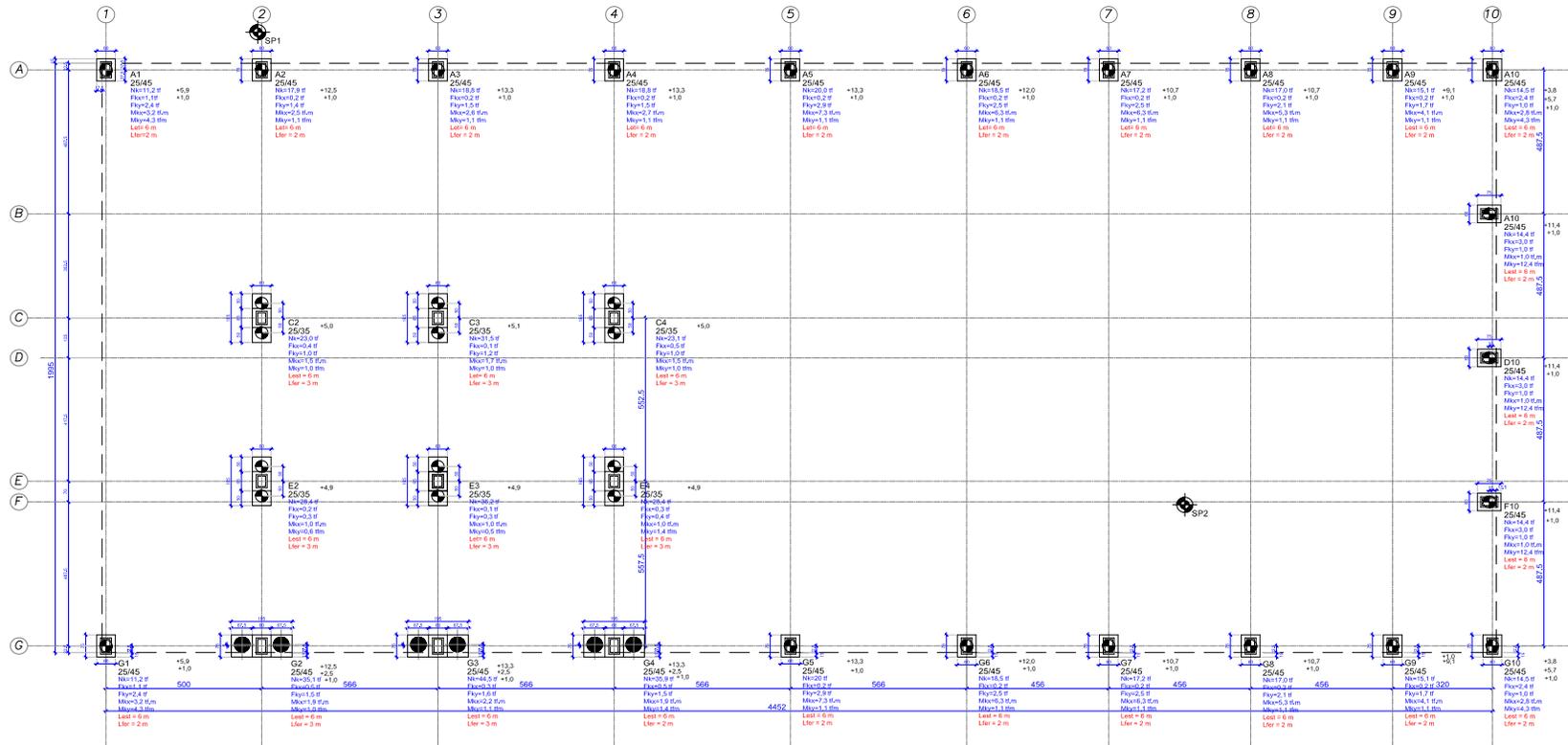


Figura 4.16 - Planta de fôrmas/montagem nível pavimento superior da obra do caso B

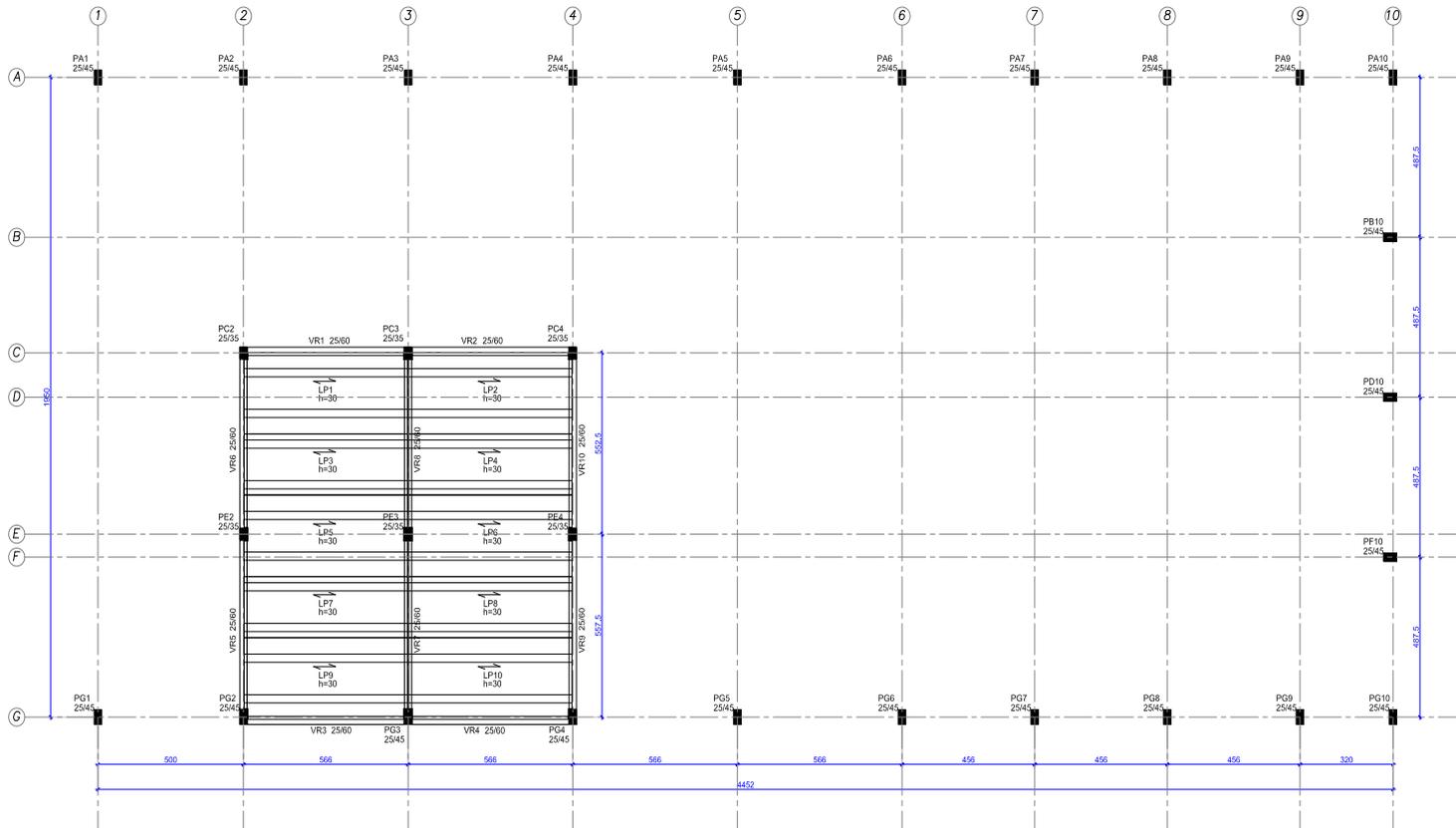
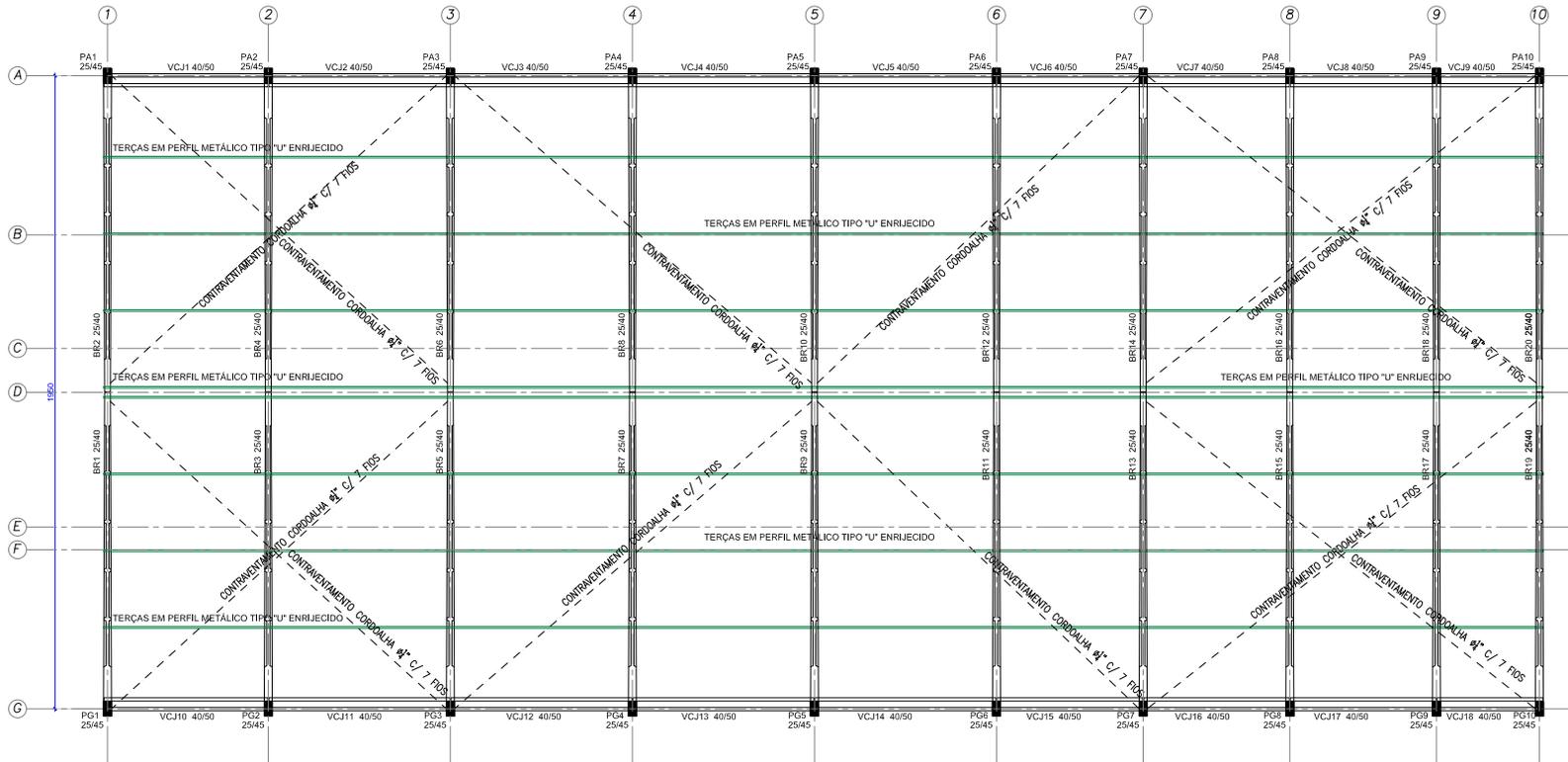


Figura 4.17 - Planta de fôrmas/montagem nível cobertura da obra do caso B



O cliente estabeleceu o contrato mediante o prazo máximo de 60 dias para entrega dos serviços, com previsão de multa de 7% sobre o valor do contrato e mais 0,50% de multa por dia de atraso. Isso exigiu um planejamento e controle de curto prazo com acompanhamento e atualização do cronograma diariamente. Vê-se na Figura 4.18 o cronograma de Gantt planejado.

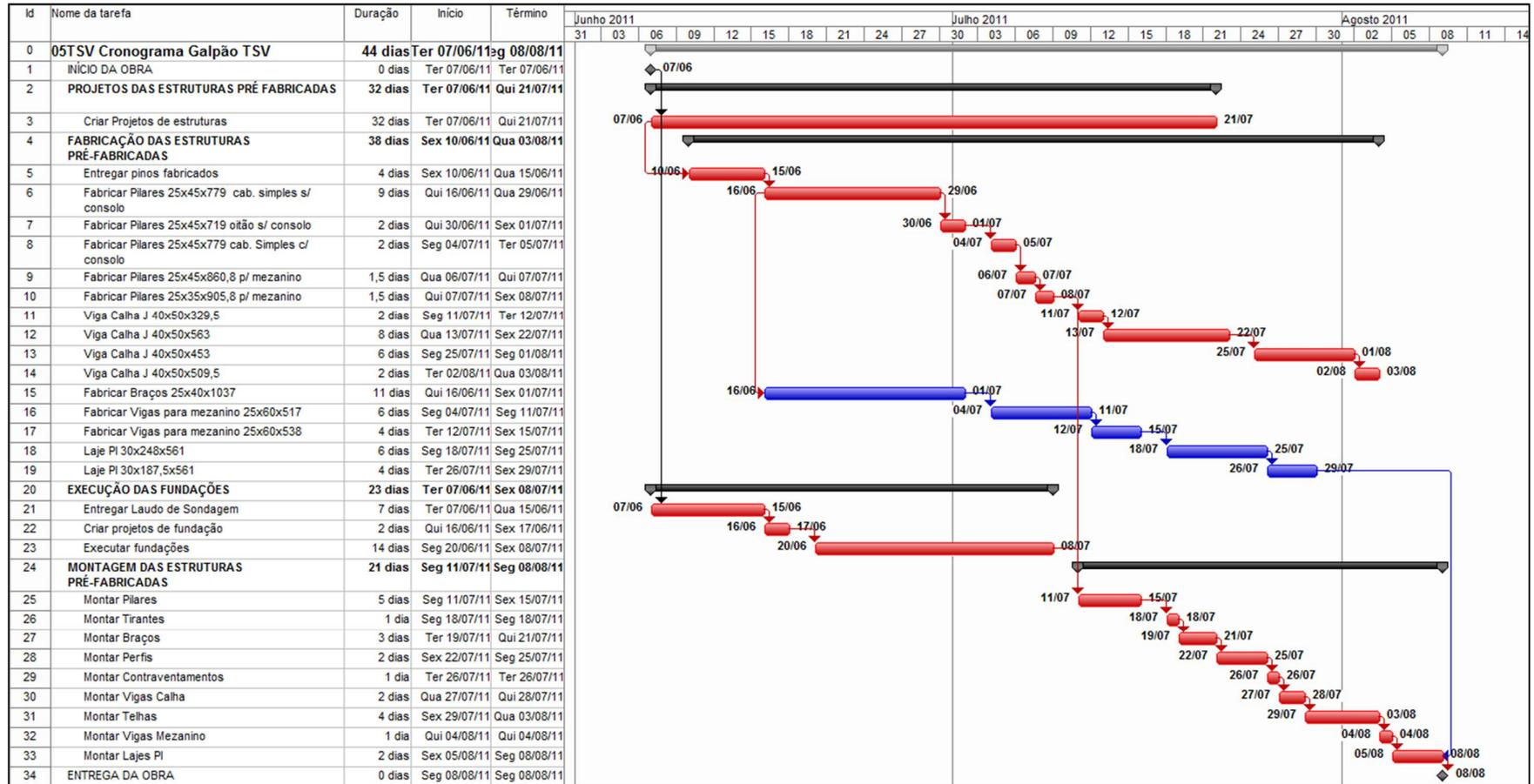
O gráfico de Gantt evidencia que a maioria das tarefas são críticas (barras horizontais em vermelho) desde a elaboração dos projetos, passando pela fabricação da maioria dos elementos pré-moldados, execução das fundações e montagem da estrutura. Com isso, o cronograma teve que ser atualizado quase que diariamente para que se tivesse controle das ações para realização do projeto.

Optou-se por implantar um sistema de medição de desempenho de produtividade na Empresa X, inicialmente no estudo de caso B, nas etapas de armação, concretagem dos elementos pré-moldados e montagem da estrutura.

A armação era montada próximo ao estoque de aço. A armadura após montada era transportada para o local de concretagem, seja manualmente, seja pela utilização de equipamento (caminhão ou pá carregadeira), dependendo da massa.

As fôrmas utilizadas para fabricação dos elementos pré-moldados da obra B foram dispostas em dois locais na fábrica. As fôrmas para execução de pilares e vigas foram dispostas sob uma monovia, feita com perfil metálico laminado. As peças eram içadas por meio de uma talha elétrica, com capacidade de 3,0 toneladas, que rola no sentido longitudinal da monovia. A central de armação ficava próxima às fôrmas dos pilares e vigas.

Figura 4.18 - Cronograma de Gantt (planejado) da obra do caso B



As fôrmas das lajes tipo "Pi" eram dispostas aproximadamente a 300 metros da central de armação. O transporte foi facilitado devido a armadura da laje ser dividida em vigas das nervuras e armação da capa. Após as vigas das nervuras serem montadas na fôrma, os armadores posicionavam a armação da capa e montavam as armações complementares. As armações das estacas e dos blocos de fundação foram executadas na fábrica e transportadas para a obra. Vê-se na Figura 4.19 a concretagem de laje e içamento de um pilar.

Figura 4.19 - Concretagem de laje "Pi" e içamento de um pilar



4.3. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA DO ESTUDO DE CASO B

O Caso C foi iniciado no dia 26 de agosto de 2011, quando a empresa X fechou um contrato com uma empresa de processamento e distribuição de fertilizantes minerais para fabricação, fornecimento e montagem de estrutura em concreto pré-moldado em Porto Nacional, no Estado de Tocantins. O prazo final estabelecido em contrato para entrega da estrutura montada foi de 100 (cem) dias corridos, com previsão de multa diária por cada dia de atraso. O escopo do projeto incluía:

- a) Execução das fundações (materiais e mão de obra);
- b) Fabricação, fornecimento e montagem dos elementos pré-moldados;
- c) Fornecimento e montagem de cobertura em telhas de fibrocimento;
- d) Execução de fechamentos laterais em blocos de concreto e telha de fibrocimento (material e mão de obra);
- e) Execução de paredes de contenção em canaletas de concreto armadas (materiais e mão de obra);
- f) Concreto moldado *in loco* para execução de vigas baldrames e proteção das bases dos pilares;

A obra tratava-se de uma ampliação de galpão existente. A parte existente continha área para recebimento, estocagem e processamento de matéria-prima, com área de aproximadamente 5.887,58 m². A ampliação, com área de 3.438,00 m², foi executada para recebimento e estocagem de matéria-prima. A estrutura pré-moldada foi composta de pórticos com pilares e vigas pré-moldadas, espaçadas a cada 6 (seis) metros. Cada pórtico vencia um vão de 30 (trinta) metros. Os pórticos espaçados a cada 18 (dezoito) metros separavam os boxes de armazenamento. Esses pórticos recebiam as paredes de contenção, compostas de canaletas em concreto armadas, apoiadas em pilares pré-moldados devidamente espaçados. A estrutura pré-moldada foi produzida na cidade de Goiânia e transportada para a cidade de Porto Nacional em carretas, uma distância média de 760 km.

Na Tabela 4.8, é apresentado o escopo do contrato do projeto, com descrição e quantitativo de cada item negociado.

Tabela 4.8 - Relação dos itens e quantitativos do projeto negociado do caso C

Área total da construção:	3.438,00 m ²		
Pé-direito:	7,00 m		
Espaçamento entre pórticos:	6,00 m		
Beirais frontais:	0,50 m		
Beirais laterais:	0,90 m		
Inclinação da cobertura:	20,00 %		
Item	Descrição dos materiais/serviços	Quantidade	Unidade
2.2.1	Pilar CPM;	74,00	pç
2.2.2	Braço CPM seção DT;	49,00	pç
2.2.3	Terça CPM seção vazada;	395,00	pç
2.2.4	Viga calha CPM;	17,98	m
2.2.5	Frete - indústria contratada até a obra;	1,00	vb
2.2.6	Ferragem p/ travamento da estrutura;	3.438,00	m ²
2.2.7	Telha ondulada fibrocimento 8mm, p/ cobertura;	3.653,16	m ²
2.2.8	Equipamentos p/ montagem da estrutura;	3.438,00	m ²
2.2.9	Escavação das fundações;	111,00	m ³
2.2.10	Concreto p/ fundações;	111,00	m ³
2.2.11	Aço p/ fundações;	5.772,00	kg
2.2.12	Mão-de-obra p/ montagem da estrutura;	3.438,00	m ²
2.2.13	Fechamento lateral em telha de fibrocimento (mão-de-obra);	146,40	m ²
2.2.14	Fechamento lateral em blocos de concreto (material + mão-de-obra);	1.102,30	m ²
2.2.15	Proteção dos pilares dos boxes;	28,86	m ³

Cabe aqui salientar que, para elaboração do orçamento e consequente proposta técnica foram utilizados os indicadores de produtividade obtidos através do estudo de caso B.

Vê-se na Figura 4.20 o leiaute do galpão, onde o galpão 01 e o galpão 02 eram existentes e, a ampliação, o galpão 03. Para melhor caracterizar a obra, a Figura 4.21 ilustra a planta baixa, a Figura 4.22 ilustra os cortes e a Figura 4.23 ilustra as fachadas da obra do caso C.

Figura 4.20 – Leiaute do pátio fabril da obra do caso C

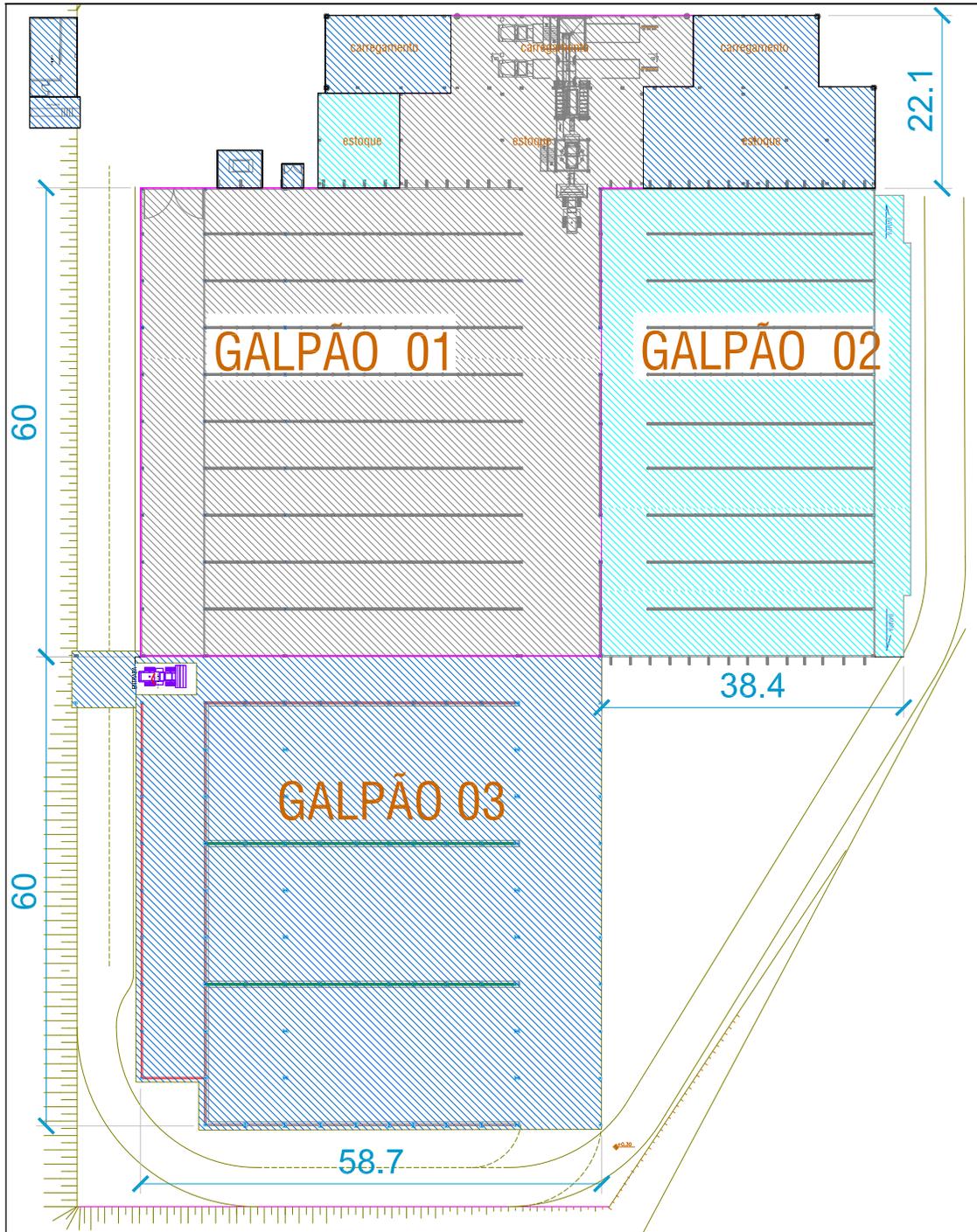


Figura 4.21 – Planta baixa do Galpão 3 do caso C

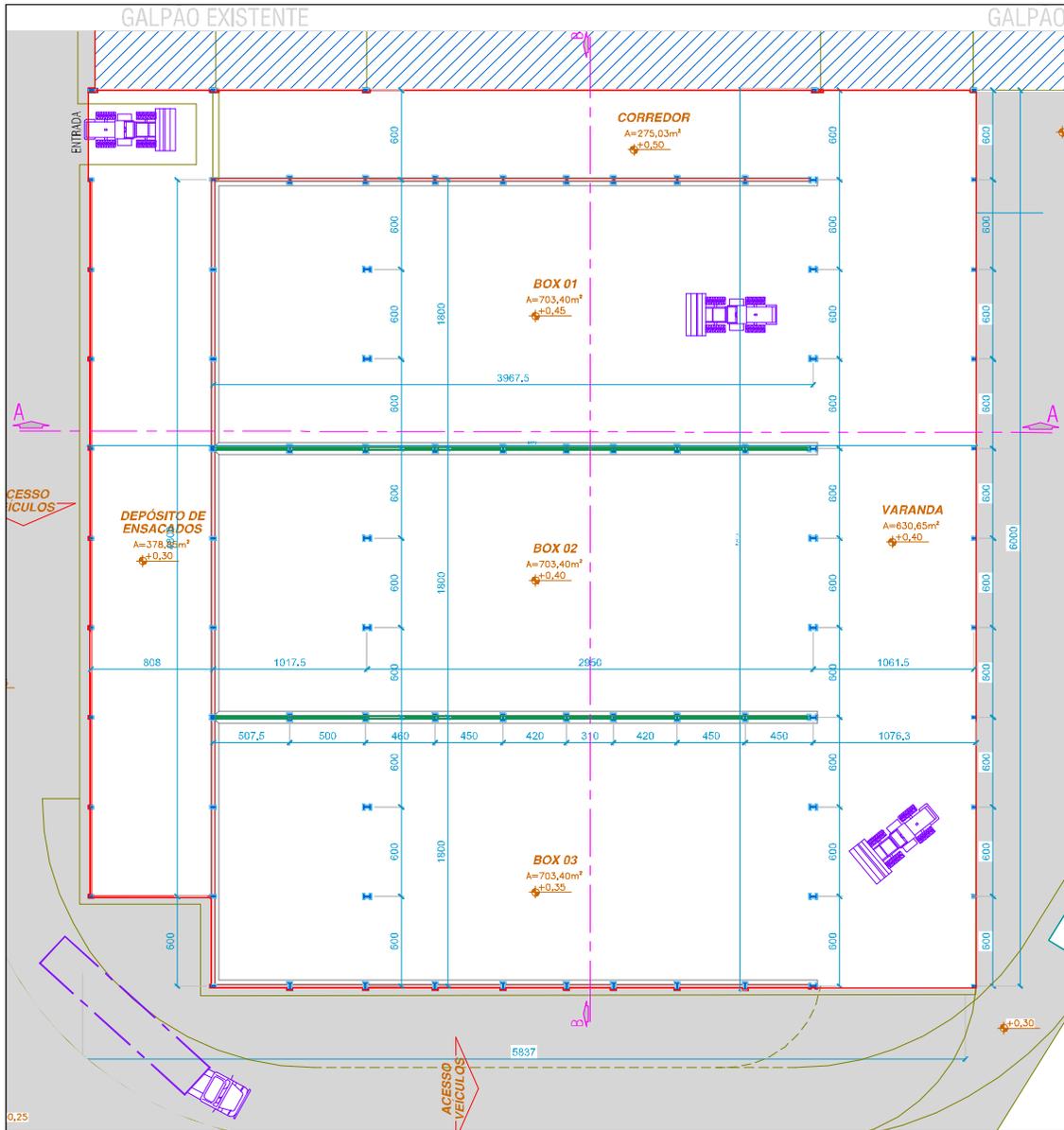


Figura 4.22 – Cortes transversal e longitudinal (Corte AA e BB, respectivamente) do caso C

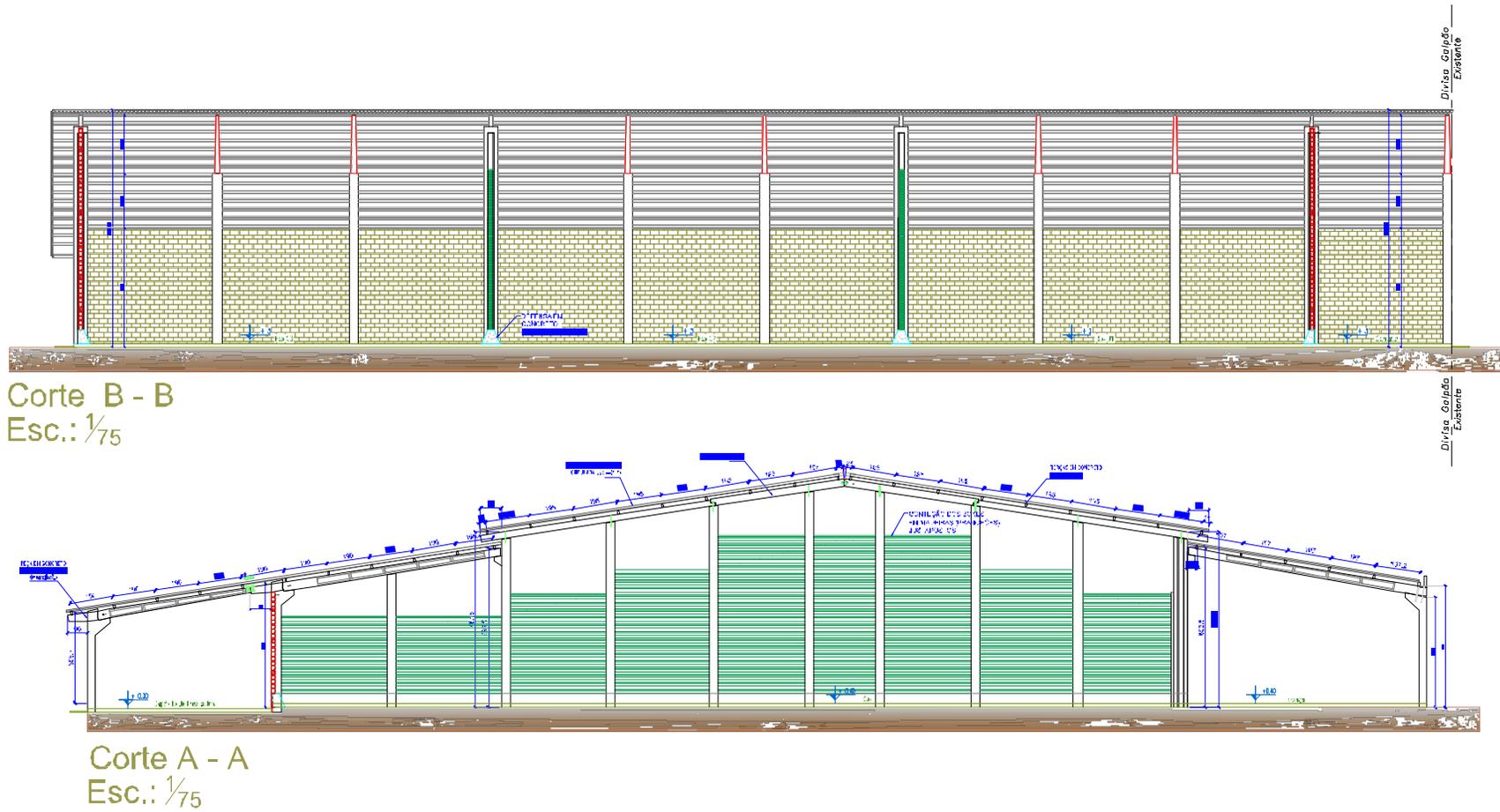
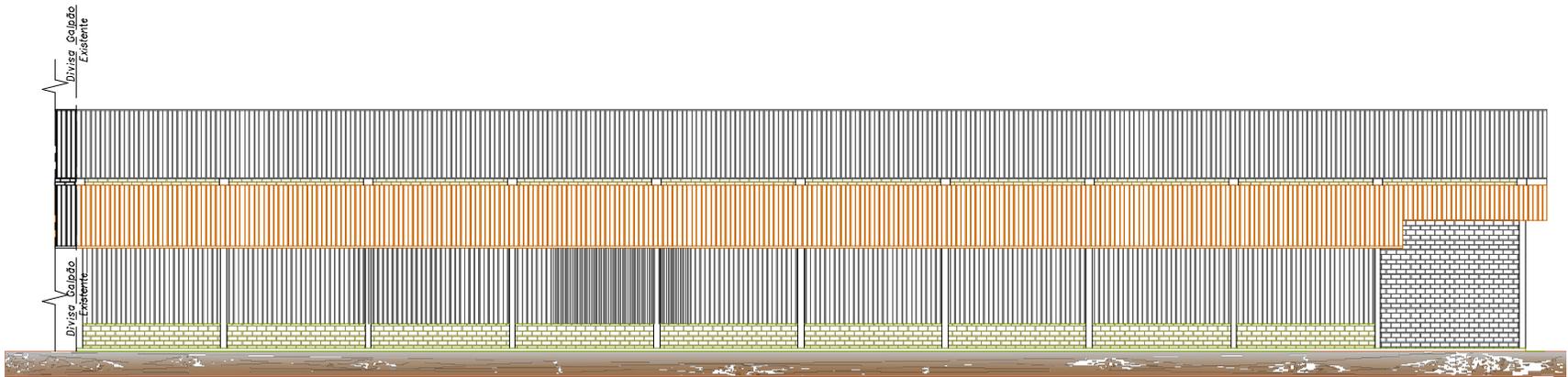
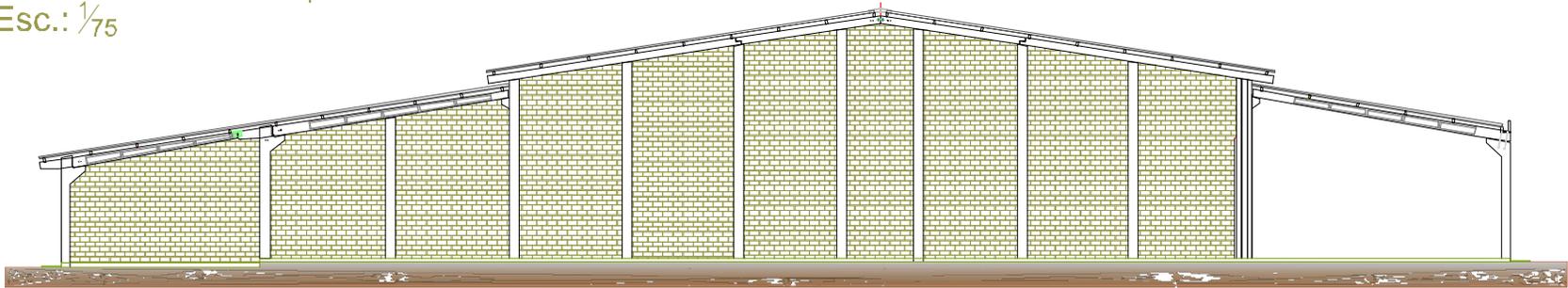


Figura 4.23 – Fachadas frontal e lateral esquerda



Fachada Lateral Esquerda
Esc.: 1/75

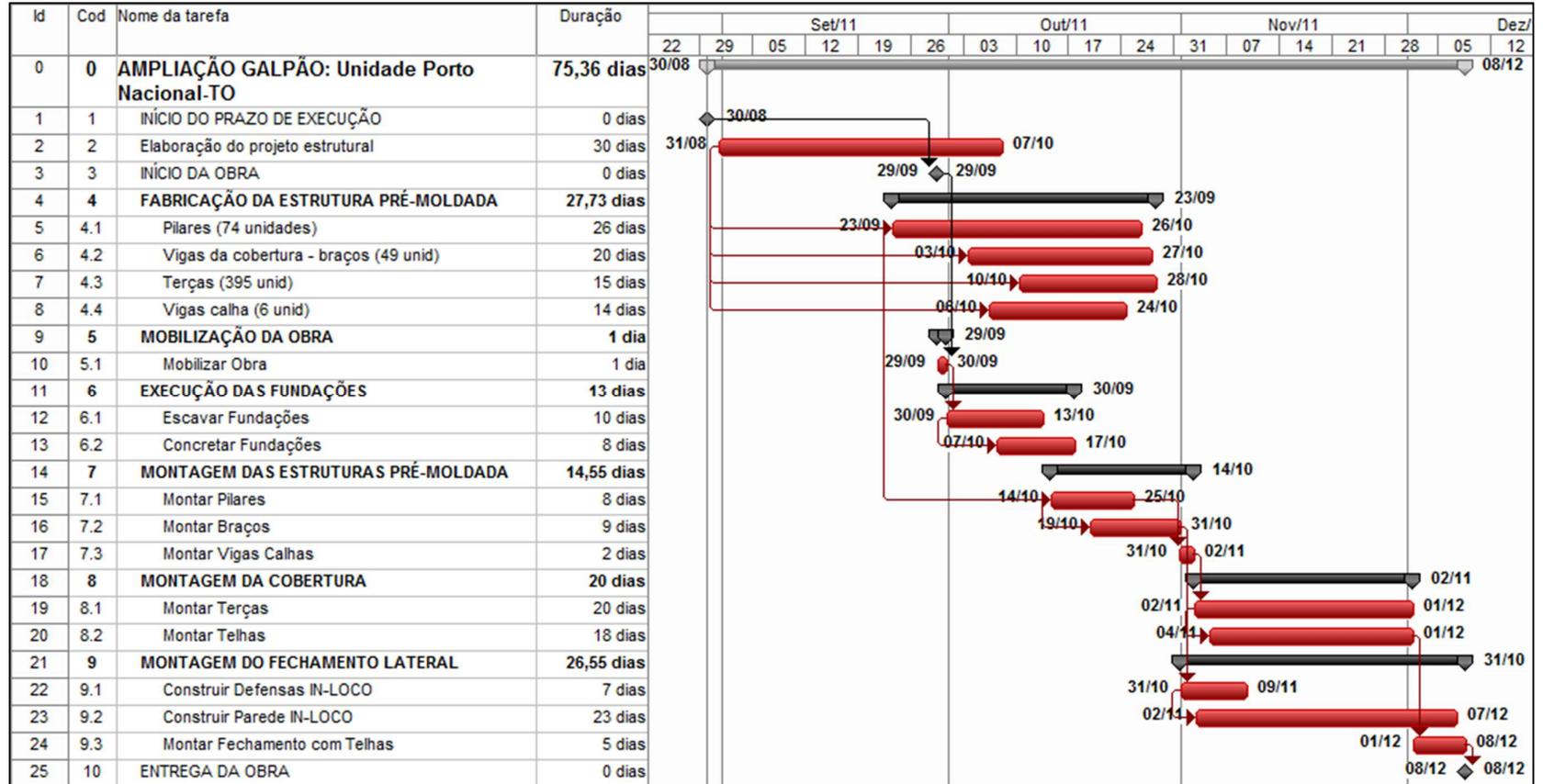


Fachada Frontal
Esc.: 1/75

Na Figura 4.24 ilustra-se o cronograma de barras, gráfico de Gantt, obtido mediante o planejamento do projeto em questão.

Nota-se que, devido ao curto prazo negociado, todas as tarefas foram críticas (barras em vermelho), ou seja, não havia folga para compensar eventuais atrasos. Se ocorresse algum atraso, em determinada tarefa, a sua predecessora o acumularia. Assim, foi exigido um rígido acompanhamento e controle do projeto, a fim de evitar acúmulos de atrasos, os quais levariam a um atraso do prazo final. O cronograma foi atualizado, praticamente, toda a semana, visando o planejamento de curto prazo.

Figura 4.24 – Cronograma de barras de Gantt (planejado) do caso C



O prazo começou a ser contado no dia 30 de agosto de 2011 e o prazo previsto para término era o dia 08 de dezembro de 2011, ou seja, cem dias corridos, conforme firmado em contrato. Esse prazo representou aproximadamente 75 (setenta e cinco) dias úteis.

Durante a execução do projeto foram medidos os indicadores de produtividade nas etapas de armação, concretagem dos elementos pré-moldados e montagem da estrutura, análogos ao estudo de caso B. Não foram medidos indicadores para outras etapas do projeto como: a elaboração de projeto estrutural, execução da fundação, execução da alvenaria, entre outros. Essas etapas não fazem parte do objeto deste estudo.

Os locais de produção na fábrica para o estudo de caso C foram os mesmos do caso anterior, com exceção de alguns pilares com seção de 40x60 centímetros. Para atendimento do cronograma, foi necessário montar outras fôrmas para execução desses pilares.

CAPÍTULO 5

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA ARMAÇÃO, CONCRETAGEM E MONTAGEM

Segue a descrição da implantação dos indicadores de produtividade para as equipes de armação, concretagem e montagem das estruturas pré-moldadas de concreto. A descrição será feita apresentando cada item para o caso B e para o caso C paralelamente.

5.1. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE ARMAÇÃO

O período de trabalho das equipes iniciava às 07h30min até às 17h15min, com intervalo para o almoço das 11h20min às 12h20min. As horas trabalhadas no sábado são pagas como hora extra aos funcionários. Entretanto, para os terceirizados, a produção de sábado é medida por tarefa previamente combinada. A tarefa é combinada diretamente entre o proprietário da empresa terceirizada de armação e seus funcionários.

As equipes de armação foram compostas por funcionários registrados e terceirizados. Nesse estudo não foram separadas as equipes de funcionários, pois, em vários momentos, algum funcionário da equipe registrada compôs a outra equipe para execução das armações.

Durante os dias de fabricação das estruturas, também foram executadas outras estruturas pré-moldadas que não faziam parte da estrutura em estudo. Na execução das estruturas pré-moldadas dos estudos de caso B e C, foram executados, também, postes pré-moldados para eletrificação. Assim, os quantitativos de aço utilizados aqui mensurados, bem como as suas produtividades obtidas, contêm, além das estruturas em estudo, a execução de postes para eletrificação. Esses itens não foram separados dos objetos de estudo, pois houve extrema dificuldade na mensuração de horas gastas na execução de cada uma delas. Em geral, a equipe registrada ficou por conta da execução das armações dos postes. Porém, essa equipe, quando possível, complementou a produção diária das estruturas em estudo.

Justifica-se, para o estudo deste trabalho, a não separação das diferentes estruturas executadas em cada dia, entre um e outro cliente. Faz parte da realidade da empresa a

utilização da mão de obra disponível, seja de equipe terceirizada ou da própria empresa, para atendimento da produção planejada.

No estudo de caso B, foram coletadas as produtividades obtidas do processo produtivo. Já no estudo de caso C, como o planejamento foi elaborado se tomando por base as produtividades obtidas do estudo anterior, houve acompanhamento da produtividade para replanejamento da obra. O replanejamento inclui não somente a fase de produção, mas também a fase de montagem da estrutura pré-moldada.

5.1.1. RUP para armação (estudo de caso B)

Os dados coletados de quantitativo de horas, quantitativo de aço e das RUP's (diária, cumulativa e potencial) calculadas, para o estudo de caso B, são apresentados na Tabela 5.1. As horas foram quantificadas em homem-hora diária (HH diária) e homem-hora acumulada (HH acumulada). Os quantitativos de aço são apresentados com seus consumos diários (kg diário) e acumulados (kg acumulado).

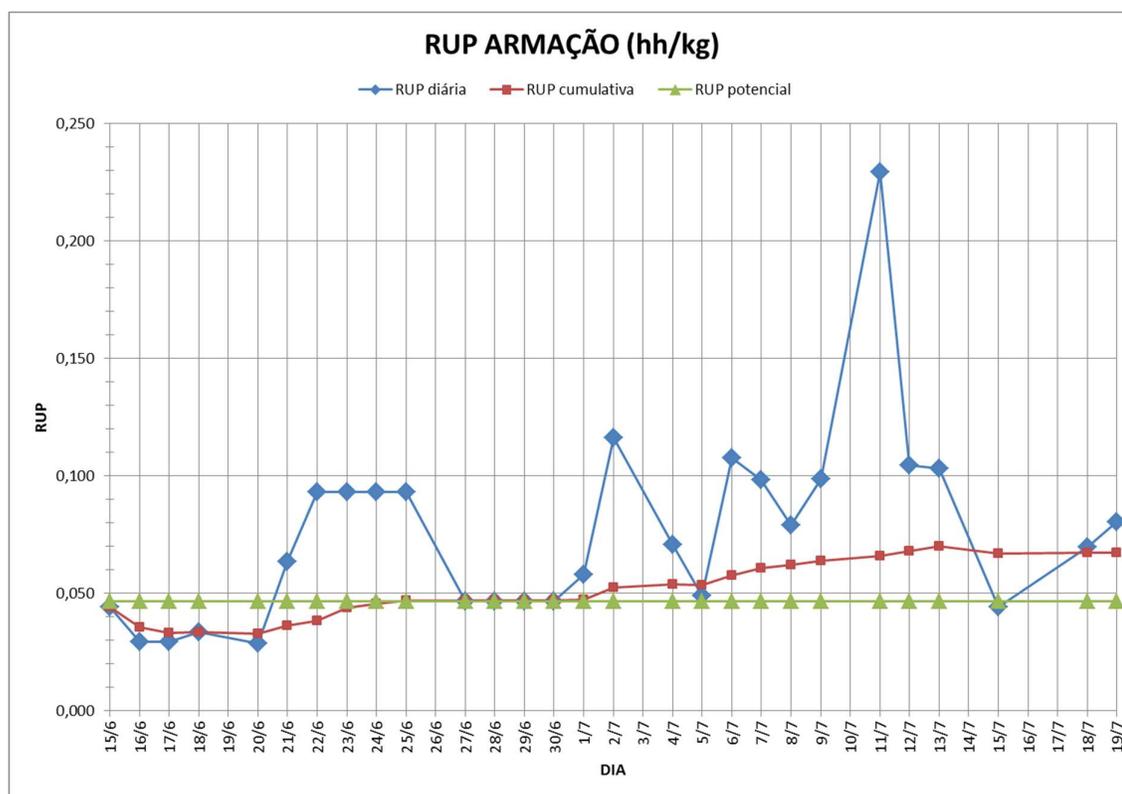
Tabela 5.1 – Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de aço e RUP's (diária, cumulativa e potencial) relativos à armação para o estudo de caso B

Data	HH diária	HH acumulada	Kg diário	Kg acumulada	RUP diária	RUP cumulativa	RUP potencial
	h	h	kg	kg	hh/kg	hh/kg	hh/kg
15/06/2011	8,75	8,75	219,80	219,80	0,040	0,040	0,042
16/06/2011	8,75	17,50	329,70	549,50	0,027	0,032	0,042
17/06/2011	8,75	26,25	329,70	879,20	0,027	0,030	0,042
18/06/2011	35,00	61,25	1.158,14	2.037,34	0,030	0,030	0,042
20/06/2011	8,75	70,00	339,91	2.377,25	0,026	0,029	0,042
21/06/2011	17,50	87,50	306,46	2.683,71	0,057	0,033	0,042
22/06/2011	8,75	96,25	104,71	2.788,42	0,084	0,035	0,042
23/06/2011	26,25	122,50	314,13	3.102,55	0,084	0,039	0,042
24/06/2011	8,75	131,25	104,71	3.207,26	0,084	0,041	0,042
25/06/2011	8,25	139,50	104,71	3.311,97	0,079	0,042	0,042
27/06/2011	8,75	148,25	209,42	3.521,39	0,042	0,042	0,042
28/06/2011	8,75	157,00	209,42	3.730,81	0,042	0,042	0,042
29/06/2011	8,75	165,75	209,42	3.940,23	0,042	0,042	0,042
30/06/2011	8,75	174,50	209,42	4.149,65	0,042	0,042	0,042
01/07/2011	8,75	183,25	168,17	4.317,82	0,052	0,042	0,042
02/07/2011	33,00	216,25	335,08	4.652,90	0,098	0,046	0,042
04/07/2011	26,25	242,50	413,03	5.065,93	0,064	0,048	0,042
05/07/2011	13,42	255,92	294,56	5.360,49	0,046	0,048	0,042
06/07/2011	43,00	298,92	445,76	5.806,25	0,096	0,051	0,042
07/07/2011	43,00	341,92	487,83	6.294,08	0,088	0,054	0,042
08/07/2011	34,25	376,17	482,86	6.776,94	0,071	0,056	0,042
09/07/2011	34,00	410,17	344,70	7.121,64	0,099	0,058	0,042
11/07/2011	17,50	427,67	84,14	7.205,78	0,208	0,059	0,042
12/07/2011	42,75	470,42	446,47	7.652,25	0,096	0,061	0,042
13/07/2011	43,35	513,77	468,82	8.121,07	0,092	0,063	0,042
15/07/2011	43,50	557,27	1.092,70	9.213,77	0,040	0,060	0,042
18/07/2011	34,76	592,03	555,51	9.769,28	0,063	0,061	0,042
19/07/2011	8,75	600,78	121,08	9.890,36	0,072	0,061	0,042

Na Figura 5.1, vê-se o gráfico para as RUP's (diária, potencial e cumulativa) de armação obtidas para o estudo de caso B.

Observa-se que houve alta produtividade nos primeiros dias de produção. Esse fato foi influenciado pelas primeiras armaduras montadas serem dos pilares do pórtico, de menor complexidade e de maior repetitividade. Com isso, facilitou-se o corte e dobra de vários pilares e a montagem das armaduras. Porém, na sequência, com a entrada das armaduras mais complexas, houve decréscimo da produtividade. Pode-se notar esse fato na análise da curva ascendente da linha de RUP cumulativa.

Figura 5.1 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso B



Dos dias 22 a 25 de junho houve decréscimo da produtividade, pois foi iniciada a montagem das vigas da cobertura. Porém, nos dias 26 a 30 de junho, os armadores estavam montando as mesmas vigas da cobertura com uma maior produtividade. Tal fato pode ser explicado pelo efeito aprendido oriundo das operações repetitivas. O mesmo fenômeno é observado nos picos de pior produtividade dos dias 2, 6 e 12 de julho, onde essas datas correspondem ao início da armação de novos elementos como pilares do mezanino, blocos de armação das fundações e vigas do mezanino, respectivamente. Considerável pico de pior produtividade foi observado

no dia 11 de julho, quando os armadores iniciaram a armação de uma peça mais complexa, uma viga calha.

Embora seja difícil identificar o efeito de pequenas falhas de gestão na análise de RUP's diárias, o efeito de anormalidades fica bastante visível, dando ao gestor a possibilidade de avaliar o ônus adicional associado aos dias de alteração na tipologia da armação.

O resultado da RUP_{cumulativa} medido (0,061 hh/kg) ficou acima da estimada no orçamento (0,053 hh/kg). Assim, evidencia-se a necessidade de se corrigir a RUP considerada no orçamento para a RUP obtida com a medição. Comparando a RUP_{cumulativa} obtida com a RUP para o serviço de armação considerado na Tabela de Composições de Preços de Orçamentos para a Construção Civil (TCPO) de 0,08 hh/kg, nota-se que a equipe de armação tem alcançado boa produtividade. Porém, este valor pode ainda ser melhorado mediante constatação da perda de produtividade (PPMO) mostrada a seguir.

Para o cálculo da perda de produtividade de mão de obra para o serviço de armação, a partir da equação (2.2), considerando que esta engloba a última RUP_{cumulativa} do período de coleta (0,061 hh/kg) e a RUP_{potencial} (0,042 hh/kg), tem-se:

$$PPMO = \frac{0,061 - 0,042}{0,042} \times 100(\%)$$

$$PPMO = 45,2\%$$

Ou seja, a perda de produtividade no período analisado foi de 45,2%, indicando uma considerável possibilidade de melhora, mesmo estando o coeficiente com melhor produtividade do que considera a TCPO.

5.1.2. RUP para armação (estudo de caso C)

No estudo de caso C, foram levantados separadamente os dados de produtividade da equipe da própria empresa e da equipe terceirizada. Porém, também foram analisados os resultados das produtividades totais, ou seja, somando-se as produtividades dos dois tipos de equipe.

Do total de aço mensurado neste estudo, cada equipe – terceirizada e da própria empresa – executou metade do total. Na Figura 5.2, vê-se uma armação de um pilar disposta na fôrma para concretagem.

Figura 5.2 – Armação de pilar disposta na fôrma para concretagem



Os dados coletados de quantitativo de horas, quantitativo de aço e das razões unitárias de produção diária, cumulativa e potencial (RUP), calculadas para o estudo de caso C, são apresentados na Tabela 5.2, considerando a produção das equipes próprias e terceirizadas. Esses valores foram medidos durante o período de 23 de setembro a 18 de novembro de 2011 (correspondente ao início e término dos serviços de armação).

Tabela 5.2 – Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de aço e RUP's (diária, cumulativa e potencial) relativos à armação para o estudo de caso C

Data	HH diária (h)	HH acumulado (h)	Kg diário (kg)	Kg acumulado (kg)	RUP diária (hh/kg)	RUP cumulativa (hh/kg)	RUP potencial (hh/kg)
23/09/2011	61,3	61,3	1.728,6	1.728,6	0,035	0,035	0,033
24/09/2011	35,0	96,3	1.209,4	2.938,0	0,029	0,033	0,033
26/09/2011	61,3	157,5	1.090,6	4.028,6	0,056	0,039	0,033
27/09/2011	35,0	192,5	1.199,6	5.228,2	0,029	0,037	0,033
28/09/2011	61,3	253,8	1.444,7	6.673,0	0,042	0,038	0,033
29/09/2011	61,3	315,0	1.816,1	8.489,1	0,034	0,037	0,033
30/09/2011	61,3	376,3	2.079,0	10.568,1	0,029	0,036	0,033
03/10/2011	61,3	437,5	1.525,0	12.093,1	0,040	0,036	0,033
04/10/2011	61,3	498,8	1.449,5	13.542,5	0,042	0,037	0,033
05/10/2011	61,3	560,0	1.819,8	15.362,3	0,034	0,036	0,033
06/10/2011	61,3	621,3	1.122,7	16.485,0	0,055	0,038	0,033
07/10/2011	61,3	682,5	1.019,5	17.504,5	0,060	0,039	0,033
08/10/2011	26,3	708,8	1.240,9	18.745,4	0,021	0,038	0,033
10/10/2011	61,3	770,0	1.521,9	20.267,3	0,040	0,038	0,033
11/10/2011	61,3	831,3	2.280,4	22.547,6	0,027	0,037	0,033
12/10/2011	26,3	857,5	697,5	23.245,2	0,038	0,037	0,033
13/10/2011	61,3	918,8	2.210,7	25.455,9	0,028	0,036	0,033
14/10/2011	61,3	980,0	1.222,4	26.678,3	0,050	0,037	0,033
15/10/2011	26,3	1.006,3	930,7	27.609,0	0,028	0,036	0,033
17/10/2011	61,3	1.067,5	1.629,3	29.238,4	0,038	0,037	0,033
18/10/2011	61,3	1.128,8	1.122,7	30.361,0	0,055	0,037	0,033
19/10/2011	35,0	1.163,8	827,4	31.188,4	0,042	0,037	0,033
20/10/2011	70,0	1.233,8	1.406,2	32.594,6	0,050	0,038	0,033
21/10/2011	35,0	1.268,8	1.516,2	34.110,8	0,023	0,037	0,033
22/10/2011	70,0	1.338,8	2.670,9	36.781,6	0,026	0,036	0,033
24/10/2011	78,8	1.417,5	2.501,5	39.283,1	0,031	0,036	0,033
25/10/2011	78,8	1.496,3	1.342,8	40.625,9	0,059	0,037	0,033
26/10/2011	78,8	1.575,0	1.311,5	41.937,4	0,060	0,038	0,033
27/10/2011	78,8	1.653,8	1.505,0	43.442,5	0,052	0,038	0,033
28/10/2011	35,0	1.688,8	678,7	44.121,1	0,052	0,038	0,033
01/11/2011	78,8	1.767,5	1.698,6	45.819,7	0,046	0,039	0,033
03/11/2011	78,8	1.846,3	1.589,7	47.409,4	0,050	0,039	0,033
04/11/2011	78,8	1.925,0	1.222,8	48.632,3	0,064	0,040	0,033
05/11/2011	43,8	1.968,8	623,7	49.256,0	0,070	0,040	0,033
07/11/2011	78,8	2.047,5	1.228,5	50.484,5	0,064	0,041	0,033
08/11/2011	78,8	2.126,3	1.659,6	52.144,1	0,047	0,041	0,033
09/11/2011	78,8	2.205,0	1.797,7	53.941,9	0,044	0,041	0,033
10/11/2011	78,8	2.283,8	1.509,5	55.451,4	0,052	0,041	0,033
11/11/2011	78,8	2.362,5	1.191,3	56.642,6	0,066	0,042	0,033
14/11/2011	78,8	2.441,3	1.129,6	57.772,3	0,070	0,042	0,033
15/11/2011	43,8	2.485,0	820,6	58.592,8	0,053	0,042	0,033
16/11/2011	56,0	2.541,0	582,2	59.175,0	0,096	0,043	0,033
17/11/2011	78,8	2.619,8	1.484,7	60.659,7	0,053	0,043	0,033
18/11/2011	30,6	2.650,4	575,1	61.234,8	0,053	0,043	0,033

Nesses valores de produção e produtividade para o serviço de armação, estão os serviços realizados tanto pela mão de obra própria da empresa quanto a terceirizada. Um comparativo entre os valores obtidos da medição separada de cada um deles é apresentado na Tabela 5.3. Nesta também são apresentados os resultados da perda de produtividade de mão de obra (PPMO) para o período. Os valores estão separados em mão de obra própria, mão de obra terceirizada e mão de obra total, que é a soma das outras duas.

Tabela 5.3 – Resultados das horas de mão de obra e quantitativos acumulados, RUP's (cumulativa e potencial) e PPMO para o estudo de caso C

Período	Execução	HH acumulado (h)	Kg acumulado (kg)	RUP cumulativa (hh/kg)	RUP potencial (hh/kg)	PPMO%
23/09 a 18/11/2011	MDO própria	1.250,4	30.630,7	0,041	0,030	36,8%
23/09 a 18/11/2011	MDO terceirizada	1.400,0	30.604,0	0,046	0,035	32,0%
23/09 a 18/11/2011	MDO total	2.650,4	61.234,8	0,043	0,033	32,9%

Observa-se na análise da tabela que a produtividade da equipe própria da empresa foi melhor em relação à equipe terceirizada, dentro do período analisado. Isso se deve, em parte, à estratégia da empresa de deixar para a equipe terceirizada a execução das armaduras que continham mais detalhes a executar, ou seja, mais complexas.

Assim, em geral, a equipe da própria empresa ficou com a responsabilidade de executar a armação das peças que dão uma melhor produtividade, embora essa equipe tenha apresentado uma maior perda de produtividade da mão de obra (36,8%).

Os gráficos das razões unitárias de produção para a equipe da própria indústria, a equipe terceirizada e para a somatória das duas são apresentados nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5, respectivamente.

Figura 5.3 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (equipe da própria empresa)

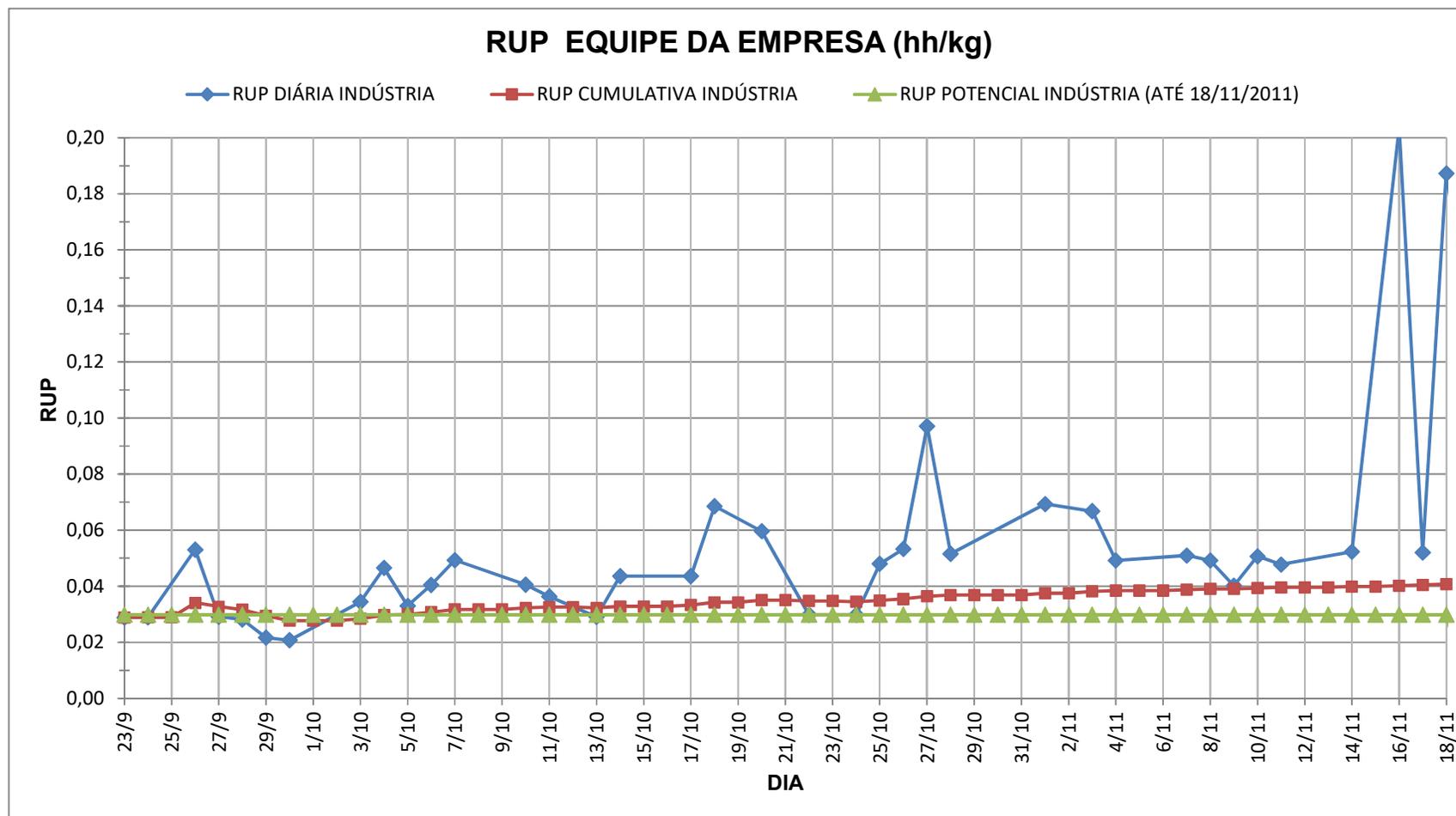


Figura 5.4 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (equipe terceirizada)

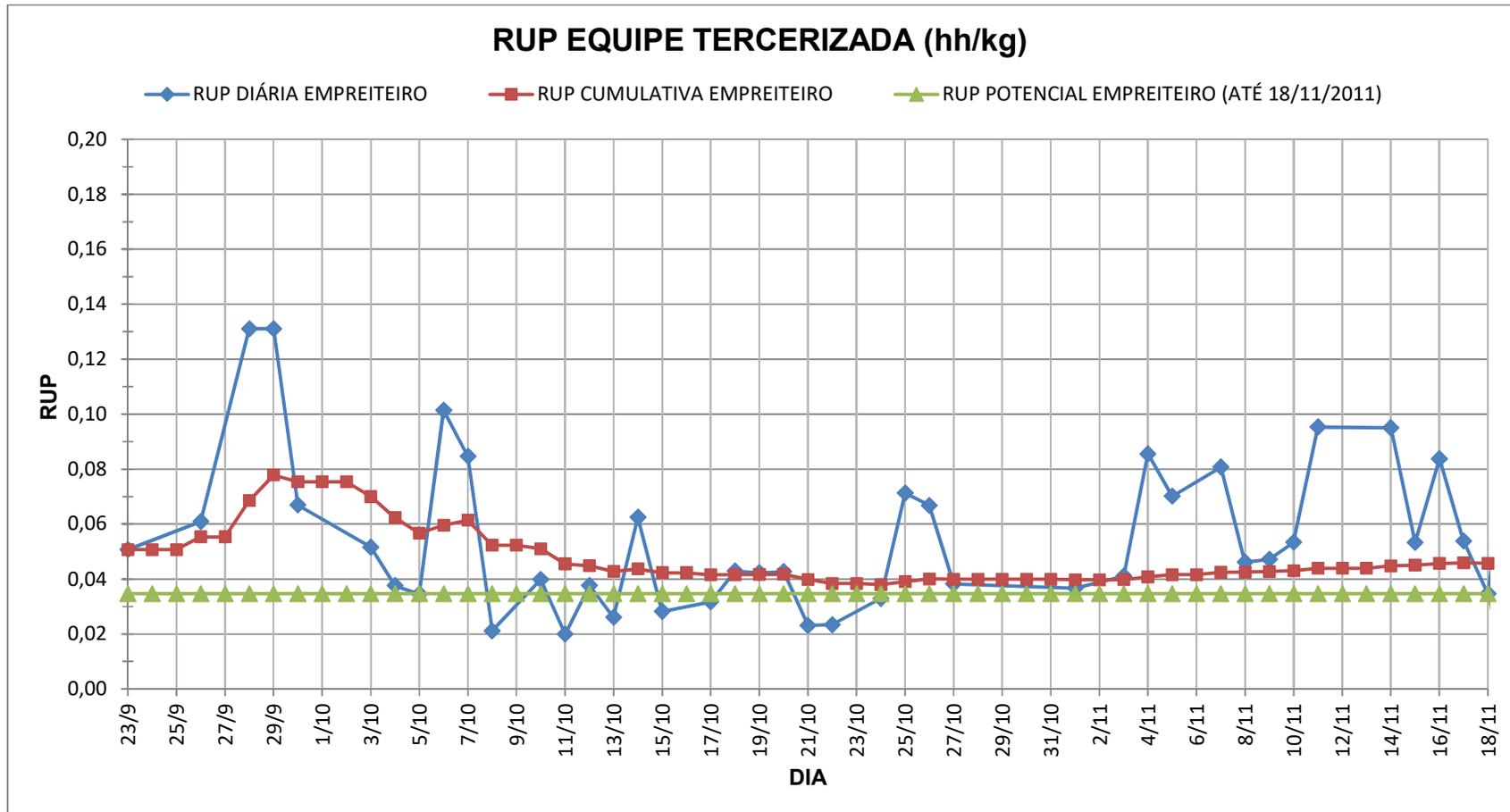
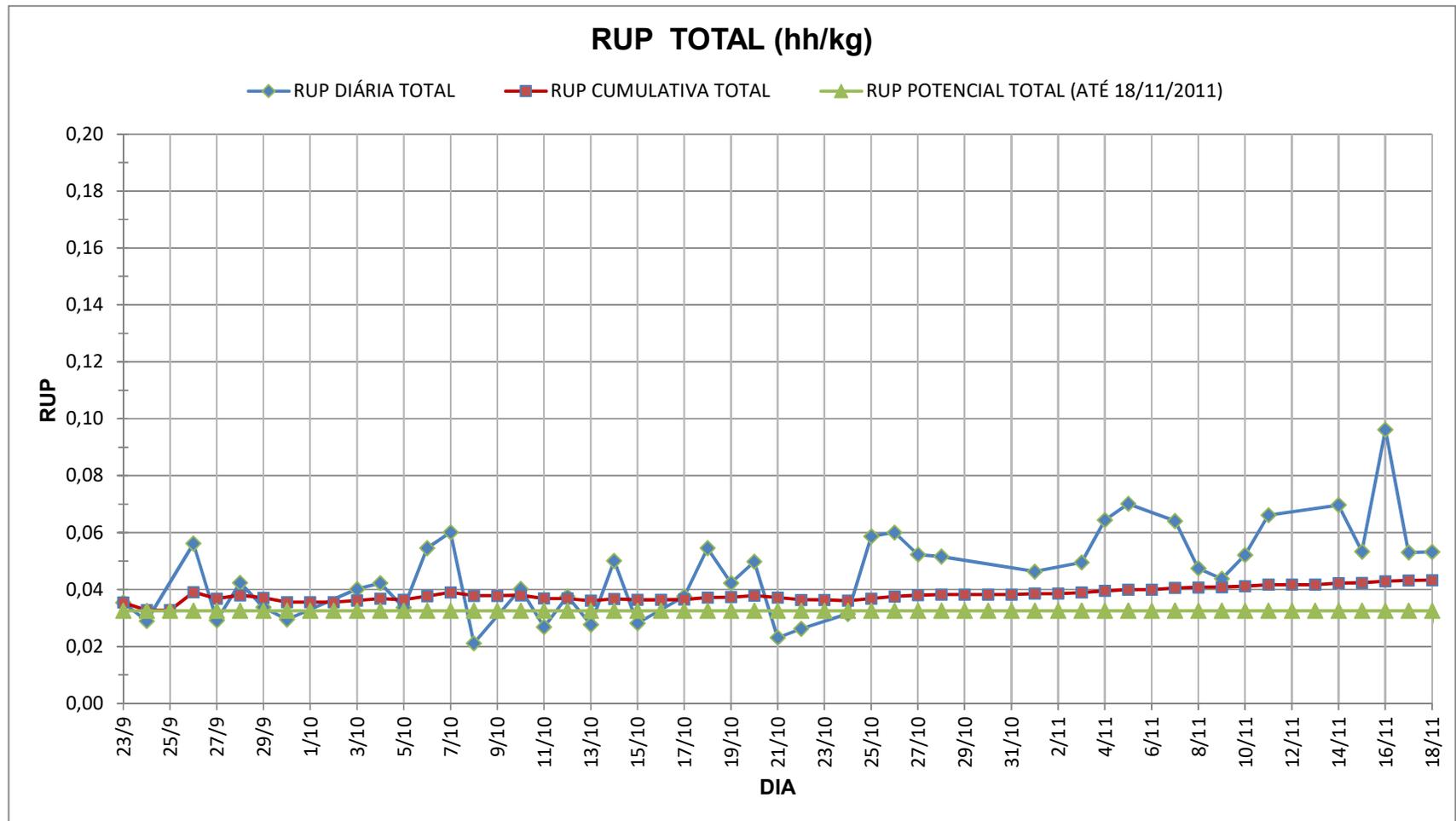


Figura 5.5 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de armação para o estudo de caso C (total – equipe própria mais equipe terceirizada)



Na análise do gráfico de produtividade da equipe registrada na empresa, observa-se que nas primeiras datas houve boa produtividade, chegando a ficar a RUP diária abaixo da RUP potencial em algumas datas. Isso foi devido à execução das armações dos postes serem executadas nas primeiras datas por essa equipe. Além das armaduras dos postes serem, em geral, mais fáceis de executar do que as armações da estrutura, a equipe já está habituada na sua execução.

A equipe com mão de obra própria da empresa executou, também, armações da estrutura da obra do caso C nas últimas datas, em conjunto com as armações de postes. Tal fato é evidenciado nos picos de pior produtividade nos últimos dias (em torno de 0,20 hh/kg). Assim, a curva da RUP cumulativa apresenta decréscimo de produtividade do começo para o fim, ao contrário do resultado esperado devido ao efeito aprendido.

Já os resultados de produtividade diária para a equipe terceirizada apresentam picos de alta e baixa produtividade alternados, chegando a resultados abaixo da RUP potencial em alguns dias. Os picos de alta produtividade estão presentes nas primeiras datas até cerca da metade do período estudado. Assim, observa-se neste período o efeito aprendido. Além da metade do período houve decréscimo de produtividade devido à execução de armações de elementos mais complexos.

Com a somatória das duas equipes para análise da produtividade total, observa-se a RUP cumulativa praticamente constante do início até cerca de metade do período estudado, com leve queda na produtividade daí para o final do período. A RUP cumulativa ficou em torno de 0,0433 hh/kg, apresentando uma perda de produtividade da mão de obra (PPMO) de 32,9%.

Na comparação da produtividade alcançada para o serviço de armação, o estudo de caso C apresentou resultado de aproximadamente 30% a mais de produtividade em relação à produtividade do estudo de caso B (0,061 hh/kg). Devido ao estudo de caso C ter uma maior representatividade devido a um maior consumo de insumos, o valor da produtividade pôde ser mais bem aferido.

5.2. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE CONCRETAGEM

A Empresa X possui uma central de dosagem, localizada na própria indústria, que atende tanto a linha de produção de blocos de concreto quanto à produção de estruturas pré-moldadas. O concreto para as estruturas é dosado na central, lançado no caminhão betoneira, que o transporta até às fôrmas. O caminhão lança o concreto diretamente sobre a fôrma, no caso da produção das lajes. Na produção dos pilares e vigas, o caminhão lança o concreto em jericas que são transportadas até o local para lançamento. Na execução de alguns pilares do estudo

de caso C as fôrmas foram dispostas dentro de um galpão onde permitia o acesso do caminhão betoneira e direto lançamento do concreto.

Na eventualidade de uma falha mecânica do caminhão betoneira, ou o volume diário ser maior que a capacidade de pesagem da central, a empresa usava a estratégia de adquirir o concreto de uma concreteira existente nas proximidades.

No levantamento dos dados de produtividade diária foi considerada a produção de outras peças além das pertencentes aos estudos de casos B e C. Em geral, essas peças produzidas foram postes para eletrificação, assim como foi mencionado anteriormente para o serviço de armação. Assim, nos dados de homens-hora gastos e volumes produzidos, estão somados valores dispendidos com a execução desses postes pré-moldados. Não houve separação entre as peças pré-moldadas, pertencentes aos objetos de estudo, e os postes devido à dificuldade encontrada em separar as horas disponibilizadas por cada colaborador para os diferentes serviços executados. Embora esses itens não tenham sido separados, a forma de mensuração é válida, pois condiz com os procedimentos de produção da empresa.

Toda a mão de obra utilizada no serviço de lançamento do concreto era registrada na empresa em estudo.

5.2.1. RUP para concretagem (estudo de caso B)

Na execução do pré-moldado do estudo de caso B foram utilizados, no máximo, três concretadores e um acabador, ou seja, um máximo de 35 horas-homem. A Figura 5.6 ilustra peças pré-moldadas estocadas na fábrica.

Figura 5.6 - Estoque de pilares e vigas calha na fábrica



Na Tabela 5.4 apresentam-se os dados dos homens-hora, volumes de concreto e resultados das razões unitárias de produção (RUP) para fabricação dos elementos pré-moldados do estudo

de caso B. Nota-se que o volume diário de concreto utilizado sofreu considerável aumento do dia 16 de junho para o dia 22 de julho, devido a uma disponibilidade maior de fôrmas para serem preenchidas.

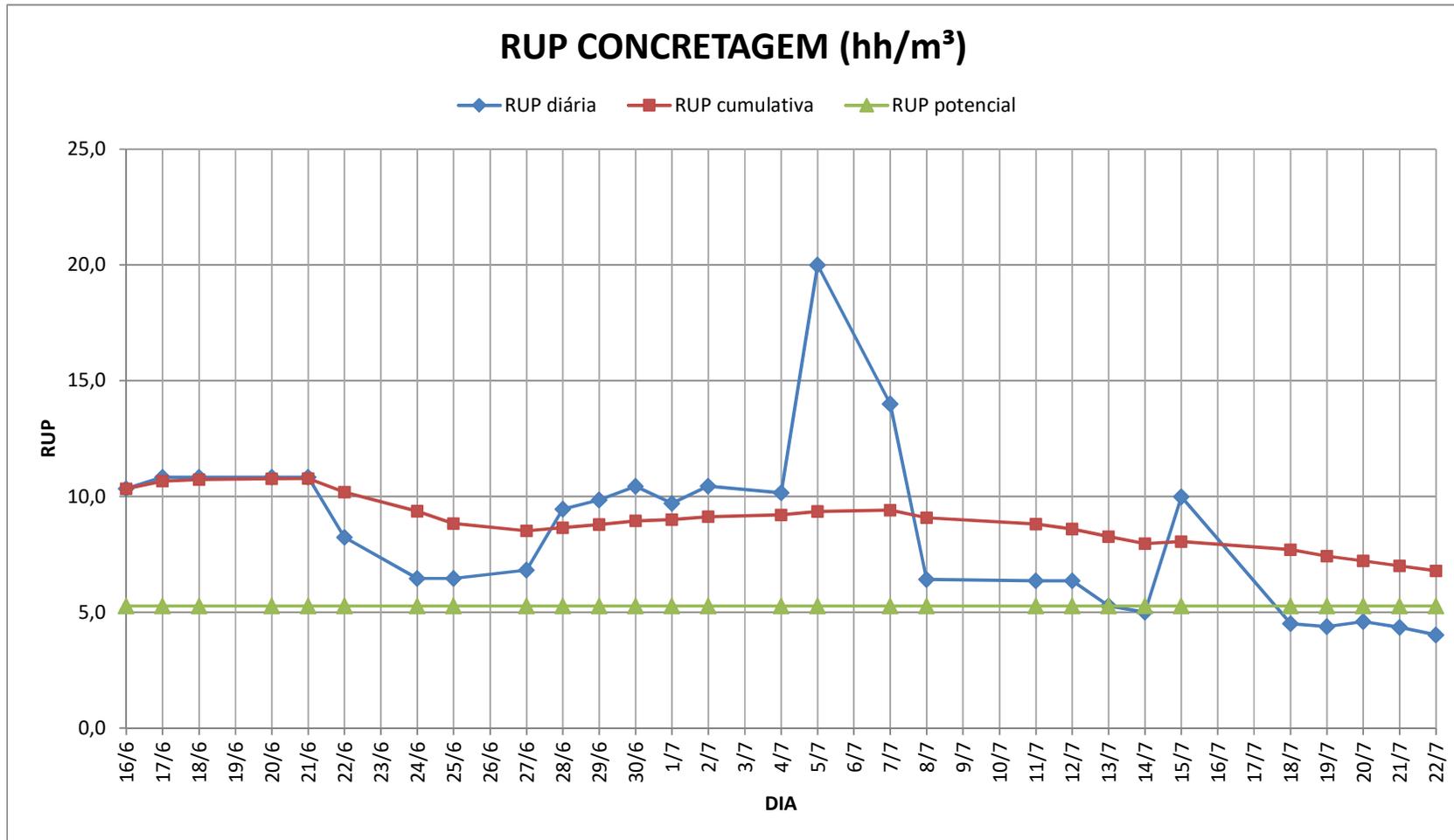
Tabela 5.4 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial relativas à concretagem para o caso B

Data	HH diári	IH acumul	Vol. diário	Vol. acumula	RUP diária	RUP cumulati	RUP potenci
	h	h	m ³	m ³	hh/m ³	hh/m ³	hh/m ³
16/06/2011	9,30	9,30	0,90	0,90	10,33	10,33	5,27
17/06/2011	19,50	28,80	1,80	2,70	10,83	10,67	5,27
18/06/2011	19,50	48,30	1,80	4,50	10,83	10,73	5,27
20/06/2011	19,50	67,80	1,80	6,30	10,83	10,76	5,27
21/06/2011	19,50	87,30	1,80	8,10	10,83	10,78	5,27
22/06/2011	19,83	107,13	2,41	10,51	8,23	10,19	5,27
24/06/2011	19,50	126,63	3,02	13,53	6,46	9,36	5,27
25/06/2011	19,50	146,13	3,02	16,55	6,46	8,83	5,27
27/06/2011	20,60	166,73	3,02	19,57	6,82	8,52	5,27
28/06/2011	29,49	196,22	3,12	22,69	9,45	8,65	5,27
29/06/2011	29,25	225,47	2,97	25,66	9,85	8,79	5,27
30/06/2011	29,65	255,12	2,84	28,50	10,44	8,95	5,27
01/07/2011	19,50	274,62	2,01	30,51	9,70	9,00	5,27
02/07/2011	29,25	303,87	2,80	33,31	10,45	9,12	5,27
04/07/2011	29,25	333,12	2,88	36,19	10,16	9,20	5,27
05/07/2011	10,00	343,12	0,50	36,69	20,00	9,35	5,27
07/07/2011	7,00	350,12	0,50	37,19	14,00	9,41	5,27
08/07/2011	29,50	379,62	4,60	41,79	6,41	9,08	5,27
11/07/2011	29,25	408,87	4,60	46,39	6,36	8,81	5,27
12/07/2011	29,25	438,12	4,60	50,99	6,36	8,59	5,27
13/07/2011	29,25	467,37	5,55	56,54	5,27	8,27	5,27
14/07/2011	29,25	496,62	5,85	62,39	5,00	7,96	5,27
15/07/2011	29,25	525,87	2,93	65,32	9,98	8,05	5,27
18/07/2011	31,75	557,62	7,04	72,36	4,51	7,71	5,27
19/07/2011	29,25	586,87	6,68	79,04	4,38	7,42	5,27
20/07/2011	29,25	616,12	6,36	85,40	4,60	7,21	5,27
21/07/2011	29,25	645,37	6,72	92,12	4,35	7,01	5,27
22/07/2011	29,25	674,62	7,27	99,39	4,02	6,79	5,27

A RUP potencial encontrada (5,27) atingiu valor superior em comparação com o valor médio encontrado em concretagens pelo sistema convencional. Embora o ambiente do processo de pré-fabricação em concreto propicie uma melhor organização, em comparação com uma concretagem *in loco*, isso não resultou em uma melhor produtividade. Tal fato se explica devido, neste estudo, ter-se considerado para medição da produtividade a consideração de outras fases sucessoras à concretagem, que são: desforma, limpeza, preparo da fôrma, posicionamento da armadura e lançamento do concreto.

A Figura 5.7 apresenta o gráfico dos resultados das RUP's para concretagem dos elementos pré-moldados para o caso B.

Figura 5.7 – Produtividade do serviço de concretagem dos elementos pré-moldados do caso B



Observa-se que a RUP cumulativa teve uma leve inclinação descendente. Isso se explica pelo fato de, nos primeiros dias, haver reduzido número de fôrmas disponíveis para concretagem. Principalmente nos últimos dias o volume diário de concreto aumentou.

Nota-se o fenômeno de aprendizagem a partir do dia 8 de julho, pois ocorre a tendência da RUP diária de se aproximar, até ficar abaixo, da RUP potencial. Exceto pelo dia 15 de julho, onde houve a interferência na produtividade devido à falha mecânica do caminhão betoneira, impossibilitando a concretagem de mais peças. O defeito mecânico do caminhão também é responsável pelo significativo pico de baixa produtividade no dia 5 de julho.

Para o cálculo da perda de produtividade de mão de obra para o serviço de concretagem, considerando que está engloba a última RUP_{cumulativa} do período de coleta (6,79 Hh/m³) e a RUP_{potencial} (5,27 Hh/m³), tem-se:

$$PPMO = \frac{6,79 - 5,27}{5,27} \times 100(\%)$$

$$PPMO = 28,84\%$$

Dessa forma, a perda de produtividade no período analisado foi de 28,84%, sendo este valor coerente com os fatores intervenientes apresentados. A perda de produtividade para o serviço de concretagem foi menor em comparação ao serviço de armação devido à complexidade da peça não influenciar diretamente no preparo da fôrma e lançamento do concreto.

Na análise da RUP_{cumulativa} calculada pelos dados coletados (6,79 Hh/m³) com a RUP considerada em orçamento (6,90 Hh/m³), encontra-se valores bem aproximados, indicando que a quantidade de homens-hora orçado está coerente com os resultados obtidos em campo. Porém, há etapas que consomem consideráveis horas auxiliares, necessitando ação para sua redução.

5.2.2. RUP para concretagem (estudo de caso C)

Na execução dos pré-moldados do estudo de caso C foram utilizados, no máximo, cinco concretadores e dois acabadores, ou seja, um máximo de 61,25 horas-homem. A Figura 5.8 ilustra peças pré-moldadas, da estrutura em estudo, estocadas na fábrica.

Figura 5.8 – Pilares pré-moldados estocados no pátio



Na Tabela 5.5 apresentam-se os dados dos homens-hora, volumes de concreto e resultados das razões unitárias de produção (RUP) para fabricação dos elementos pré-moldados do estudo de caso C.

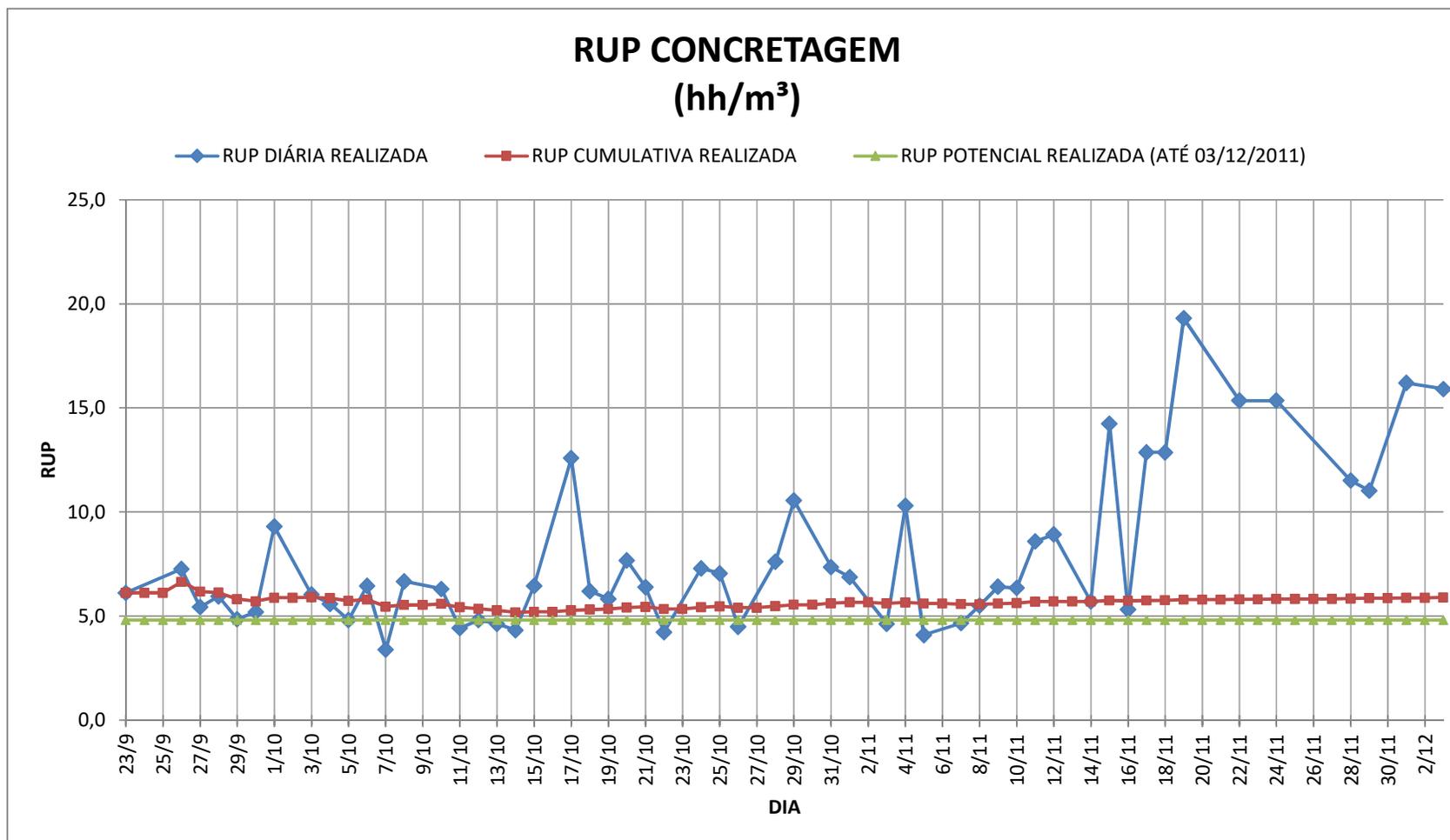
Nota-se que, na maioria das datas onde o volume diário produzido foi maior que 10,0 metros cúbicos, as razões unitárias de produtividade ficaram na média de 4,80. Esse fato é explicado devido à maior disponibilidade de fôrmas para ser preenchidas, o que permitiu um melhor aproveitamento da mão de obra disponível. Em contrapartida, verificam-se produtividades relativamente baixas quando o volume produzido no dia foi menor que 10,0 m³.

Tabela 5.5 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial relativos à concretagem para o caso C

Data	HH diária (h)	HH acumulado (h)	Volume diário (m ³)	Volume acumulado (m ³)	RUP diária (hh/m ³)	RUP cumulativa (hh/m ³)	RUP potencial (hh/m ³)
23/09/2011	35,0	35,0	5,72	5,72	6,12	6,12	4,85
26/09/2011	35,0	70,0	4,82	10,54	7,26	6,64	4,85
27/09/2011	35,0	105,0	6,44	16,98	5,43	6,18	4,85
28/09/2011	35,0	140,0	5,88	22,86	5,95	6,12	4,85
29/09/2011	35,0	175,0	7,22	30,08	4,85	5,82	4,85
30/09/2011	35,0	210,0	6,72	36,80	5,21	5,71	4,85
01/10/2011	17,5	227,5	1,88	38,68	9,31	5,88	4,85
03/10/2011	35,0	262,5	5,80	44,48	6,03	5,90	4,85
04/10/2011	35,0	297,5	6,26	50,74	5,59	5,86	4,85
05/10/2011	35,0	332,5	7,26	58,00	4,82	5,73	4,85
06/10/2011	35,0	367,5	5,42	63,42	6,46	5,79	4,85
07/10/2011	35,0	402,5	10,32	73,74	3,39	5,46	4,85
08/10/2011	35,0	437,5	5,25	78,99	6,67	5,54	4,85
10/10/2011	35,0	472,5	5,55	84,54	6,31	5,59	4,85
11/10/2011	61,3	533,8	13,85	98,39	4,42	5,42	4,85
12/10/2011	61,3	595,0	12,73	111,12	4,81	5,35	4,85
13/10/2011	61,3	656,3	13,23	124,35	4,63	5,28	4,85
14/10/2011	61,3	717,5	14,16	138,51	4,33	5,18	4,85
15/10/2011	17,5	735,0	2,71	141,22	6,46	5,20	4,85
17/10/2011	17,5	752,5	1,39	142,61	12,59	5,28	4,85
18/10/2011	26,3	778,8	2,78	145,39	9,44	5,36	4,85
19/10/2011	61,3	840,0	10,52	155,91	5,82	5,39	4,85
20/10/2011	35,0	875,0	4,56	160,47	7,68	5,45	4,85
21/10/2011	33,3	908,3	5,20	165,67	6,39	5,48	4,85
22/10/2011	61,3	969,5	14,48	180,15	4,23	5,38	4,85
24/10/2011	56,9	1.026,4	7,80	187,95	7,29	5,46	4,85
25/10/2011	35,0	1.061,4	4,96	192,91	7,06	5,50	4,85
26/10/2011	61,3	1.122,6	9,71	202,62	6,31	5,54	4,85
28/10/2011	52,5	1.175,1	6,89	209,50	7,62	5,61	4,85
29/10/2011	35,0	1.210,1	3,32	212,82	10,55	5,69	4,85
31/10/2011	61,3	1.271,4	8,33	221,15	7,35	5,75	4,85
01/11/2011	61,3	1.332,6	8,91	230,06	6,88	5,79	4,85
03/11/2011	61,3	1.393,9	13,22	243,28	4,63	5,73	4,85
04/11/2011	26,3	1.420,1	2,55	245,83	10,30	5,78	4,85
05/11/2011	35,0	1.455,1	8,55	254,38	4,09	5,72	4,85
07/11/2011	43,8	1.498,9	7,47	261,85	5,86	5,72	4,85
08/11/2011	61,3	1.560,1	12,53	274,38	4,89	5,69	4,85
09/11/2011	61,3	1.621,4	11,24	285,62	5,45	5,68	4,85
10/11/2011	61,3	1.682,6	9,64	295,26	6,35	5,70	4,85
11/11/2011	61,3	1.743,9	7,13	302,39	8,59	5,77	4,85
12/11/2011	8,8	1.752,6	0,98	303,37	8,93	5,78	4,85
14/11/2011	61,3	1.813,9	10,74	314,12	5,70	5,77	4,85
15/11/2011	26,3	1.840,1	1,84	315,96	14,24	5,82	4,85
16/11/2011	61,3	1.901,4	11,53	327,49	5,31	5,81	4,85
17/11/2011	8,8	1.910,1	0,68	328,17	12,87	5,82	4,85
18/11/2011	8,8	1.918,9	0,68	328,85	12,87	5,84	4,85
22/11/2011	8,8	1.927,6	0,57	329,42	15,35	5,85	4,85
24/11/2011	8,8	1.936,4	0,57	329,99	15,35	5,87	4,85
28/11/2011	13,1	1.949,5	1,14	331,13	11,51	5,89	4,85
29/11/2011	13,1	1.962,6	1,19	332,32	11,03	5,91	4,85
01/12/2011	8,8	1.971,4	0,54	332,86	16,20	5,92	4,85
03/12/2011	8,8	1.980,1	0,55	333,41	15,91	5,94	4,85

A Figura 5.9 apresenta o gráfico dos resultados das RUP's para concretagem dos elementos pré-moldados relativos ao caso C.

Figura 5.9 – RUP's (diária, cumulativa e potencial) do serviço de concretagem para o estudo de caso C



Observando o gráfico da produtividade, vê-se que na produtividade diária, do início da concretagem até aproximadamente o dia 16 de novembro, houve variações de picos mínimos e máximos de produtividade, com certa predominância de picos de baixa produtividade. Inicialmente, houve leve tendência de melhora da produtividade, até o dia 15 de outubro. Isso pode ser notada na observação da linha da RUP cumulativa. Os picos de pior produtividade notados nos dias 17 de outubro e dia 15 de novembro foram devidos a atrasos na entrega do concreto pelo caminhão betoneira.

A melhora inicial da produtividade pode ser explicada pelo efeito aprendido e pela liberação de mais fôrmas para a moldagem. A piora na produtividade do dia 15 de outubro até o dia 03 de dezembro de 2011 pode ser explicada pela execução de peças mais complexas, as quais exigiam maiores alterações nas fôrmas, diminuindo o número disponível para a moldagem. Com isso, houve baixo aproveitamento da mão de obra disponível.

Para o cálculo da perda de produtividade de mão de obra para o serviço de concretagem, considerando que está engloba a última RUP_{cumulativa} do período de coleta (5,94 hh/m³) e a RUP_{potencial} (4,85 hh/m³), tem-se:

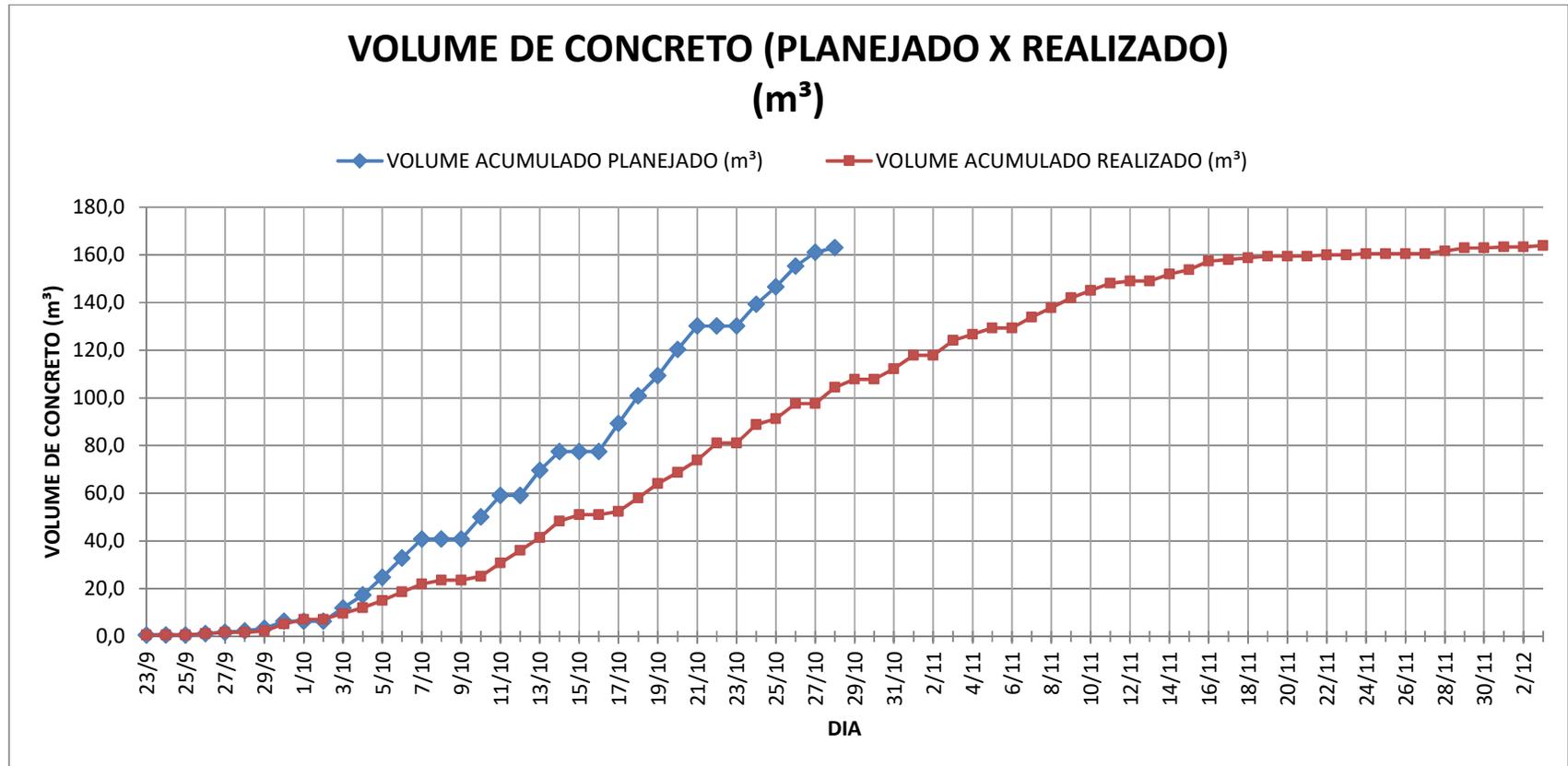
$$PPMO = \frac{5,94 - 4,85}{4,85} \times 100(\%)$$

$$PPMO = 22,47\%$$

Dessa forma, a perda de produtividade no período analisado foi de 22,47%, sendo este valor coerente com os fatores intervenientes apresentados, assim como no Caso B. Também pelo fato de que a complexidade da peça não influencia no lançamento do concreto na fôrma, a perda de produtividade para o serviço de concretagem foi menor em comparação ao serviço de armação.

Na comparação com o volume de concreto diário planejado e o volume diário real, evidencia-se a falta de tomadas de decisões para correções da produção (Figura 5.10).

Figura 5.10 – Volume de concreto planejado x realizado (caso C)



Na linha azul, do volume planejado, previa-se o término dos serviços de concretagem para o dia 28 de outubro. Porém, na linha vermelha de volume real, o término dos serviços foi no dia 03 de dezembro, mais de 30 dias além da data prevista.

Coube à fase de montagem da estrutura, recuperar os atrasos oriundos da fabricação da estrutura. Os resultados de produtividade para a montagem de estrutura serão vistos no item a seguir.

5.3. PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE MONTAGEM

5.3.1. RUP para montagem (estudo de caso B)

Para execução das fundações e montagem da estrutura pré-moldada a Empresa X fechou contrato com empresas terceirizadas. Para perfuração das estacas a empresa contratou uma empresa especializada em escavação de fundações. Já para a execução dos blocos de fundação até a colocação de telhas, foi fechado contrato com uma empresa de execução de serviços de construção civil e montagem de estruturas. A mão de obra da própria empresa X foi usada apenas na locação das fundações, acompanhamento da escavação e concretagem das estacas. A Figura 5.11 ilustra a escavação e concretagem das estacas.

Figura 5.11 - Escavação e concretagem das fundações da obra B

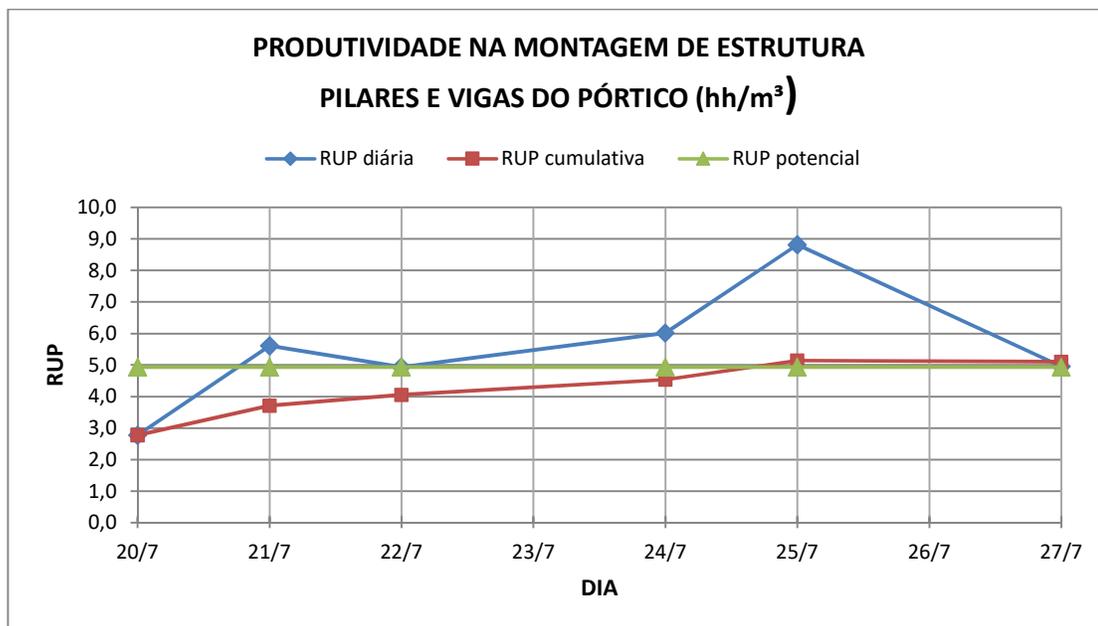


A Tabela 5.6 ilustra os resultados dos dados de homens-hora e volumes despendidos na montagem. Vê-se na Figura 5.12 o gráfico resultante das RUP's dos dados coletados para o serviço de montagem de pilares até as vigas da cobertura do pórtico da obra B.

Tabela 5.6 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial para o serviço de montagem da estrutura do caso B

Data	HH diária	HH acumulada	Vol. diário	Vol. acumulada	RUP diária	RUP cumulativa	RUP potencial
	h	h	m ³	m ³	hh/m ³	hh/m ³	hh/m ³
20/07/2011	30,00	30,00	10,80	10,80	2,78	2,78	4,93
21/07/2011	30,00	60,00	5,35	16,15	5,61	3,72	4,93
22/07/2011	30,00	90,00	6,08	22,23	4,93	4,05	4,93
24/07/2011	44,00	134,00	7,32	29,55	6,01	4,53	4,93
25/07/2011	43,00	177,00	4,88	34,43	8,81	5,14	4,93
27/07/2011	37,00	214,00	7,47	41,90	4,95	5,11	4,93

Figura 5.12 - Produtividade no serviço de montagem da estrutura (pilares e vigas da cobertura) do caso B



A montagem de pilares ocorreu nos dias 20 a 22 de julho de 2011. As montagens das vigas da cobertura do pórtico ocorreram nos dias 24 e 25 de julho e das vigas calha no dia 27 de julho de 2011. Observa-se que no primeiro dia de montagem de pilares houve uma boa produtividade (2,78), ficando abaixo da RUP_{potencial} (4,93). Porém, nos dias seguintes houve uma diminuição da produtividade devido à carga das peças não chegar nos horários previstos, ocasionando atrasos. Na análise de todo o período, nota-se que a RUP_{cumulativa} (5,11) ficou bem próximo da RUP_{potencial}, indicando que dentro do período de montagem a produtividade ficou próxima de um dia de desempenho potencial.

Na montagem das vigas da cobertura, estava previsto no planejamento que esta montagem deveria ocorrer em três dias. Porém, constatou-se em campo que a montagem poderia ser executada em apenas um dia. Entretanto, devido a um erro de projeto, alguns pinos de acoplamento da cabeça do pilar ficaram curtos. Para solucionar o problema, todas as vigas da cobertura tiveram os “cachimbos” (depressão para a porca do pino) rompidos para ficarem três centímetros mais profundos, possibilitando que a porca fosse enroscada aos pinos. A

Figura 5.13 ilustra um detalhe do “cachimbo” de acoplamento.

Figura 5.13 - Detalhe dos "cachimbos" para acoplamento porca/pino



Para o cálculo da perda de produtividade de mão de obra para o serviço de montagem, considerando que esta engloba a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta (5,11 Hh/m³) e a $RUP_{potencial}$ (4,93 Hh/m³), tem-se:

$$PPMO = \frac{5,11 - 4,93}{4,93} \times 100(\%)$$

$$PPMO = 3,65\%$$

Ou seja, a perda de produtividade no período analisado foi de 3,65%, sendo este valor coerente com os fatores intervenientes apresentados.

Quando se compara o resultado da $RUP_{cumulativa}$, obtida pela coleta dos dados em campo (5,11 Hh/m³), com a RUP considerada no orçamento (9,86 Hh/m³) para a montagem da estrutura, vê-se que a produtividade planejada estava pessimista. Este valor deverá ser corrigido nos próximos orçamentos.

A Figura 5.14 e a Figura 5.15 ilustram, respectivamente, a montagem dos pilares e montagem das vigas da cobertura do pórtico.

Figura 5.14 - Montagem dos pilares



Figura 5.15 - Montagem das vigas do pórtico (cobertura)



5.3.2. RUP para montagem (estudo de caso C)

Para execução da obra, a empresa em estudo fechou um contrato de empreita de mão de obra com uma empresa terceirizada. Assim, coube à empresa terceirizada a execução das fundações, montagem da estrutura pré-moldada, montagem da cobertura e execução das alvenarias. Os materiais para as fundações e alvenarias foram adquiridos na cidade de Palmas⁶ ou em Porto Nacional. As telhas da cobertura, assim como as peças pré-moldadas, foram transportadas de Goiânia para Porto Nacional. Os equipamentos para escavação das fundações, guindastes para montagem da estrutura e acompanhamento técnico foram de responsabilidade da empresa em estudo. A Figura 5.16 ilustra a escavação e fôrma de cálice para engastamento dos pilares pré-moldados.

⁶ A cidade de Palmas fica cerca de 60 km de distância da cidade de Porto Nacional, no estado do Tocantins.

Figura 5.16 – Escavação das estacas e fôrma do cálice



Com o atraso da produção, foi necessário o início antecipado da mobilização para a obra e dos serviços de fundação, na tentativa de adiantar o máximo de serviços. Liberados os serviços de fundação, deu-se o início da montagem dos pré-moldados. Porém, a montagem da estrutura não ocorreu de maneira ininterrupta devido ao atraso na sua produção. Assim, a entrega dos pré-moldados, na obra para montagem, ocorreu de maneira alternada e sem sequenciamento. À medida que os pilares eram produzidos, eles eram transportados para a obra e montados, liberando serviços de alvenaria.

A empresa terceirizada para execução dos serviços não foi tão prejudicada com este cronograma, pois sabendo desta realidade, sua mão de obra foi alocada em outros serviços quando não havia disponibilidade de peças pré-moldadas para montagem. Os serviços de montagem incluíram: pilares, vigas e terças da cobertura para apoio das telhas. A montagem foi realizada no período de 21 de outubro de 2011 a 09 de dezembro de 2011, num total de 49 dias corridos. Porém, desses, apenas 22 dias foram necessárias para a montagem dos pré-moldados. Veem-se, na Tabela 5.7, os resultados obtidos de produtividade, durante a montagem, com indicação de homens-hora e volumes de concreto montados.

Tabela 5.7 - Resultados das horas de mão de obra, quantitativos de concreto e RUP's diária, cumulativa e potencial para o serviço de montagem da estrutura do caso C

Data	HH diária (h)	HH acumulado (h)	Volume diário (m³)	Volume acumulado (m³)	RUP diária (hh/m³)	RUP cumulativa (hh/m³)	RUP potencial (hh/m³)
21/10/2011	6,0	6,0	1,68	1,68	3,57	3,57	2,67
22/10/2011	28,5	34,5	15,63	17,31	1,82	1,99	2,67
24/10/2011	27,0	61,5	14,64	31,95	1,84	1,92	2,67
31/10/2011	24,0	85,5	8,60	40,55	2,79	2,11	2,67
01/11/2011	28,5	114,0	14,07	54,62	2,03	2,09	2,67
02/11/2011	28,2	142,2	10,02	64,64	2,81	2,20	2,67
04/11/2011	27,0	169,2	12,56	77,20	2,15	2,19	2,67
10/11/2011	29,3	198,5	11,15	88,35	2,62	2,25	2,67
12/11/2011	24,0	222,5	8,85	97,20	2,71	2,29	2,67
14/11/2011	28,5	251,0	10,35	107,56	2,75	2,33	2,67
15/11/2011	15,0	266,0	1,76	109,32	8,52	2,43	2,67
16/11/2011	32,5	298,5	5,28	114,60	6,16	2,60	2,67
17/11/2011	42,5	341,0	6,08	120,68	6,99	2,83	2,67
18/11/2011	32,0	373,0	4,34	125,02	7,37	2,98	2,67
21/11/2011	45,0	418,0	5,94	130,95	7,58	3,19	2,67
22/11/2011	40,0	458,0	4,52	135,47	8,86	3,38	2,67
23/11/2011	45,0	503,0	5,70	141,17	7,89	3,56	2,67
24/11/2011	42,5	545,5	4,71	145,88	9,02	3,74	2,67
25/11/2011	42,5	588,0	4,92	150,80	8,65	3,90	2,67
26/11/2011	40,0	628,0	5,02	155,82	7,97	4,03	2,67
08/12/2011	24,0	652,0	2,80	158,62	8,57	4,11	2,67
09/12/2011	28,0	680,0	3,47	162,09	8,07	4,19	2,67

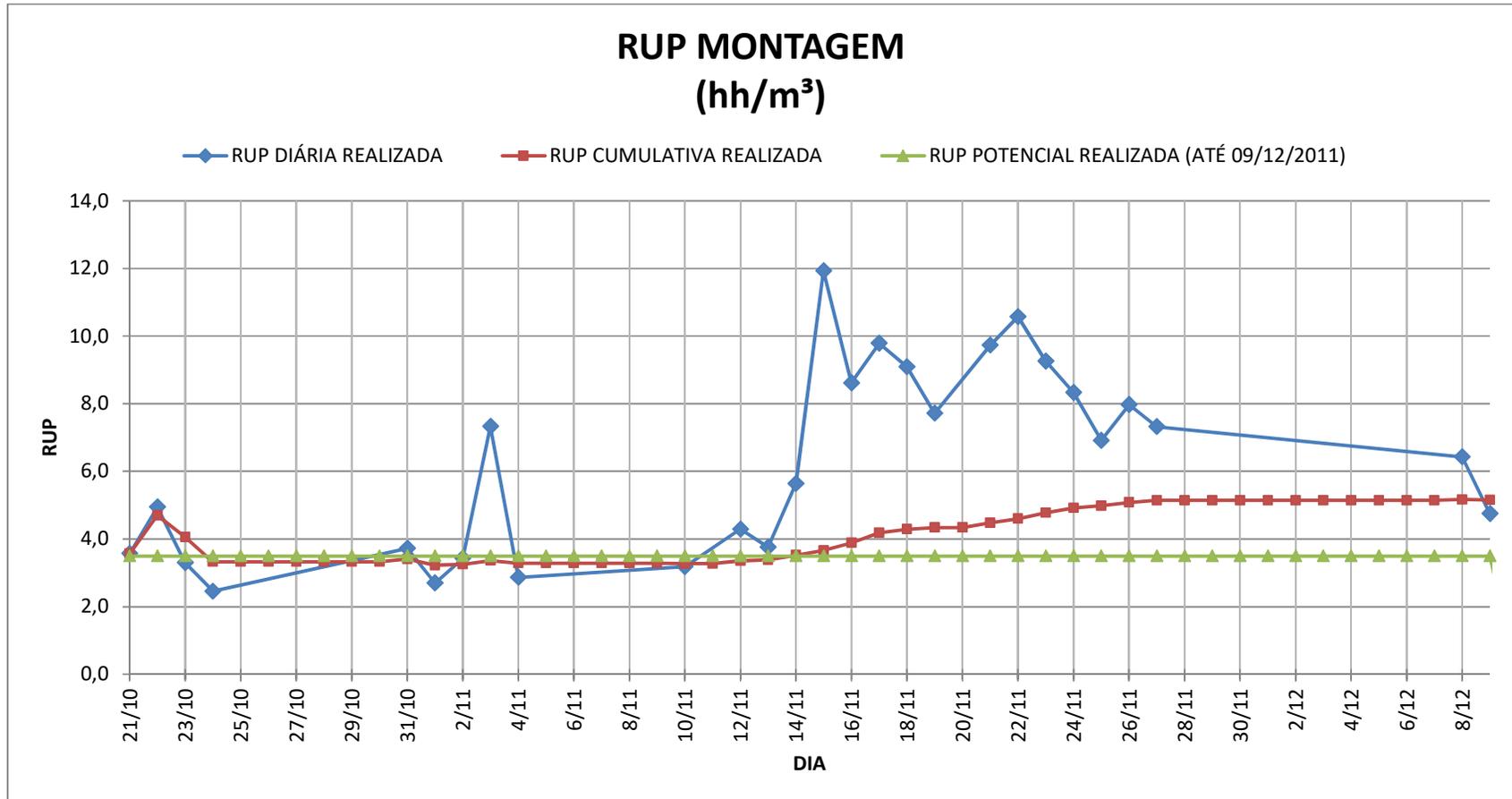
No período de montagem analisado, a medição apontou uma razão unitária de produção cumulativa de 4,19 hh/m³ e razão unitária potencial de 2,67 hh/m³. Isso resultou numa perda de produtividade de mão de obra de 56,9%, como pode ser visto a seguir:

$$PPMO = \frac{4,19 - 2,67}{2,67} \times 100(\%)$$

$$PPMO = 56,9\%$$

Essa perda de produtividade no período analisado demonstra um valor consideravelmente elevado, que pode ser explicado devido à influência do período de baixa produtividade apresentado a partir do dia 15 de novembro. Esse período corresponde às montagens dos elementos pré-moldados de cobertura. No gráfico das produtividades para a montagem, na Figura 5.17, observa-se o período de baixa produtividade.

Figura 5.17 – Produtividade no serviço de montagem da estrutura (pilares, vigas e terças da cobertura) do caso C



Na análise da Figura 5.17, observa-se que houve sensível diferença de produtividade do início para o final dos serviços. Inicialmente, os serviços de montagem dos pilares foram iniciados com excelente produtividade, ficando até abaixo da RUP potencial em alguns casos. Em geral, explica-se esse por três fatores básicos: (1) a montagem dos pilares não envolve serviços em altura, mais difíceis de executar devido à segurança necessária; (2) dispense menos mão de obra; e (3) os pilares apresentam maior volume, por comprimento, do que as vigas. Junto, esses fatores levaram aos índices de boa produtividade nos primeiros dias. Porém, a partir do dia 15 de novembro de 2011, as RUP's diárias deram uma queda de produtividade, pois foram iniciados os serviços de montagem das vigas e terças da cobertura, os quais apresentam características antagônicas aos três fatores, característicos dos pilares, anteriormente apresentados. Além disso, durante a montagem, algumas vigas do pórtico apresentaram dificuldade para encaixar nos pilares pré-moldados. Esses problemas são oriundos de não conformidade dimensional das vigas durante à fabricação. As Figuras 5.18, 5.19, 5.20 e 5.21 ilustram fases da montagem dos pré-moldados.

Figura 5.18 – Montagem de pilares pré-moldados (obra C)



Figura 5.19 – Montagem das vigas da cobertura (obra C)



Figura 5.20 – Vista interna da estrutura com telhas já montadas (obra C)

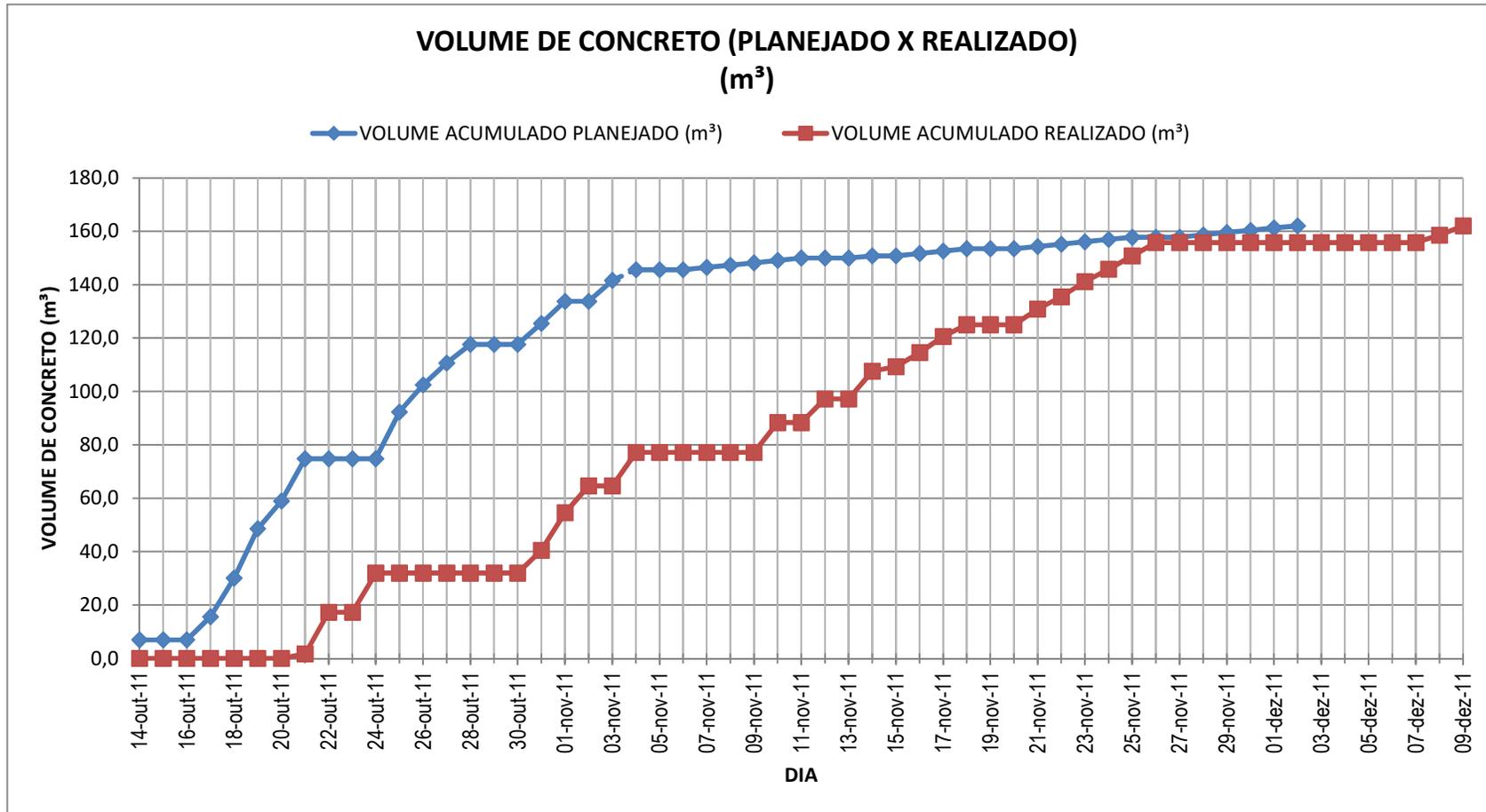


Figura 5.21 – Vista externa da fachada frontal (obra C), finalizada.



Na Figura 5.22 são mostrados os gráficos dos volumes de concreto montados, sendo: na cor azul o volume de pré-moldados planejado para montagem; e, em vermelho, o volume real obtido na montagem. Nota-se que no planejamento houve consideração de muitas peças montadas nas primeiras datas. Essa concentração tornou o gráfico do planejado mais íngreme nas primeiras datas, ficando mais horizontal do meio para o fim. Já no gráfico obtido na medição real, o gráfico ficou mais assemelhado à Curva S, apresentando melhor distribuição das horas-homem. De acordo com o planejado, houve atraso de sete dias na conclusão dos serviços de montagem. Esse atraso foi acarretado, conforme evidenciado anteriormente, pelo atraso na produção das peças pré-moldadas.

Figura 5.22 – Serviço de montagem: volumes de concreto planejado x realizado do caso C



5.4. ANÁLISE DOS INDICADORES PARA APOIO AO PLANEJAMENTO

A apresentação do estudo de caso A (exploratório) evidenciou a importância de, tendo um sistema de medição de desempenho da mão de obra, ser possível corrigir desvios ao longo da execução, no que se refere em especial ao prazo programado. A execução de um projeto com decisões gerenciais baseadas tão somente na experiência e empirismo deu margem a erros, passíveis de serem evitados mediante a utilização de uma sistemática de medições e construção de indicadores.

Para o estudo de caso da obra B, os resultados dos indicadores obtidos dos dados coletados pouco puderam retroalimentar o planejamento para correção do cronograma. Isso por se tratar de uma obra relativamente pequena e com prazo de execução curto (60 dias corridos), impossibilitando a obtenção de resultados em tempo para sua utilização no replanejamento da obra. Porém, os resultados obtidos foram utilizados para planejar o estudo de caso C.

Já no estudo de caso C, além da utilização preliminar dos indicadores do estudo de caso anterior, os indicadores mensurados diariamente foram repassados às gerências para a tomada de decisões.

O acompanhamento do andamento do cronograma foi realizado com utilização do *software MS Project®*. A visualização do andamento foi facilitada pela utilização do programa, que permitiu avaliar possíveis atrasos, munindo a gerência de informações para a tomada de decisões preventivas. Foram feitos diagramas de Gantt com o uso da ferramenta, para se ter uma visão do planejamento de médio prazo e facilitar o replanejamento dos projetos.

5.4.1. Resultado dos indicadores

Neste item serão analisados como os indicadores obtidos puderam subsidiar o planejamento de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas. Por meio da sua aplicação, os indicadores puderam ser aferidos durante a execução do projeto.

Os resultados da produtividade cumulativa obtido no estudo de caso B foram utilizados para o planejamento do estudo de caso C. Na Tabela 5.8, são apresentados os resultados dos acumulados de homens-hora e quantitativos (aço ou concreto) gastos em cada uma das etapas do estudo de caso B, bem como o resultado da razão unitária de produção cumulativa (RUP cumulativa).

Tabela 5.8 – Horas-homem e quantitativos de insumos (aço ou concreto) gastos na obra B

Serviços (estudo de caso B)	Período	HH acumulado		Quantitativo acumulado		RUP cumulativa	
Execução das armações	15/06/2011 a 19/07/2011	600,8	h	9.890,4	kg	0,061	hh/kg
Concretagem dos pré-moldados	16/06/2011 a 22/07/2011	674,6	h	99,4	m ³	6,788	hh/m ³
Montagem dos pré-moldados	20/07/2011 a 27/07/2011	214,0	h	41,9	m ³	5,107	hh/m ³

Quando foi negociada a obra do estudo de caso C, foram consideradas as estimativas de volumes de peças pré-moldadas e as produtividades obtidas no estudo de caso anterior e foram calculados os totais de homens-hora que seriam gastos para a conclusão do projeto. Na Tabela 5.9 são apresentados os resultados dos quantitativos de horas-homem (Q_{hh}) encontrados na utilização da Equação 5.1:

$$Q_{hh} = \text{Quantitativo} * RUP \quad (5.1)$$

Tabela 5.9 – Quantitativos encontrados para planejamento da obra C

Descrição dos pré-moldados (estudo de caso C)	Quant. Concreto e Aço	Etapa	Armação	Concretagem	Montagem
		RUP	0,061	6,788	5,107
		Unid.	hh/kg	hh/m ³	hh/m ³
Pilares CPM (74 unidades)	92,38 m ³			627,1	471,8
	14829,00 kg		904,6		
Braços CPM seção DT (49 unidades)	56,68 m ³			384,7	289,5
	12151,00 kg		741,2		
Viga calha CPM (11 unidades)	6,57 m ³			44,6	33,6
	723,00 kg		44,1		
Terças CPM (395 unidades)	62,02 m ³			421,0	316,7
	5272,00 kg		321,6		
Total	217,65 m ³			1.477,4	1.111,5
	32975,00 kg		2.011,5		
Total de horas-homem	4600,42 hh				
Produtividade	0,05 m ³ /hh				

Na sequência, baseando-se no cronograma de execução do estudo de caso C, apresentado no capítulo 5, e mediante os totais de homens-hora obtidos na utilização das produtividades disponíveis, chegou-se na análise da distribuição das horas ao longo da execução do projeto, para as etapas de fabricação dos pré-moldados. Na Tabela 5.10, apresenta-se o planejamento na consideração somente dos dias úteis para cada semana (análise 1). Numa segunda análise, na Tabela 5.11, apresenta-se o planejamento na consideração dos trabalhos também aos sábados e feriados. A intenção foi avaliar a redução nos totais de homens-hora consumidas, caso se utilizasse os sábados e feriados para a produção.

Tabela 5.10 – Planejamento da fabricação do pré-moldado da obra C (análise 1)

PLANEJAMENTO FABRICAÇÃO (caso C)		1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana	Σ	
RUP concreto	6,788	23/set a 24/set/2011	25/set a 01/out/2011	02/out a 08/out/2011	09/out a 15/out/2011	16/out a 22/out/2011	23/out a 28/out/2011		
RUP aço	0,061								
Diás úteis	dia	1	5	5	5	5	4	25	
Participação	%	4,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	16,0%	100,0%	
ARMAÇÕES	Consumo	kg/sem	1319	6595	6595	6595	6595	5276	32975
	Consumo de hora-homem	hh/sem	80,5	402,3	402,3	402,3	402,3	321,8	
		hh total	80,5	482,8	885,0	1287,3	1689,6	2011,5	2011,5
	Funcionários	Semana	9,2	46,0	46,0	46,0	46,0	36,8	
		Dia	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	
CONCRETO	Consumo	m³/sem	8,7	43,5	43,5	43,5	43,5	34,8	217,7
	Consumo de hora-homem	hh/sem	59,1	295,5	295,5	295,5	295,5	236,4	
		hh total	59,1	354,6	650,1	945,5	1241,0	1477,4	1477,4
	Funcionários	Semana	6,8	33,8	33,8	33,8	33,8	27,1	
		Dia	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	

Tabela 5.11 – Planejamento da fabricação do pré-moldado da obra C (análise 2)

PLANEJAMENTO FABRICAÇÃO (caso C)		1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana	Σ	
RUP concreto	6,788	23/set a 24/set/2011	25/set a 01/out/2011	02/out a 08/out/2011	09/out a 15/out/2011	16/out a 22/out/2011	23/out a 28/out/2011		
RUP aço	0,061								
Diás úteis	dia	2	6	6	6	6	6	32	
Participação	%	6,3%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	100,0%	
ARMAÇÕES	Consumo	kg/sem	2061	6183	6183	6183	6183	6183	32975,0
	Consumo de hora-homem	hh/sem	125,7	377,2	377,2	377,2	377,2	377,2	
		hh total	125,7	502,9	880,0	1257,2	1634,3	2011,5	2011,5
	Funcionários	Semana	14,4	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	
		Dia	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	
CONCRETO	Consumo	m³/sem	13,6	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8	217,7
	Consumo de hora-homem	hh/sem	92,3	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0	
		hh total	92,3	369,4	646,4	923,4	1200,4	1477,4	1477,4
	Funcionários	Semana	10,6	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	
		Dia	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	

No planejamento da montagem, também baseado na razão unitária de produção cumulativa obtida na medição da obra B, chegou-se aos seguintes resultados (Tabela 5.12)

Tabela 5.12 – Planejamento da montagem do pré-moldado da obra C (análise 2)

PLANEJAMENTO MONTAGEM (caso C)		1ª sem	2ª sem	3ª sem	4ª sem	5ª sem	6ª sem	7ª sem	8ª sem	Σ	
RUP montagem	5,107	14/out a 15/out/ 2011	16/out a 22/out/ 2011	23/out a 29/out/ 2011	30/out a 05/nov/ 2011	06/nov a 12/nov/ 2011	13/nov a 19/nov/ 2011	20/nov a 26/nov/ 2011	27/nov a 01/dez/ 2011		
Diás úteis	dia	2	5	5	4	5	4	5	5	35	
Participação	%	5,7%	14,3%	14,3%	11,4%	14,3%	11,4%	14,3%	14,3%	100,0%	
CONCRETO	Consumo	m³/sem	12,4	31,1	31,1	24,9	31,1	24,9	31,1	31,1	217,7
	Consumo de hora-homem	hh/sem	63,5	158,8	158,8	127,0	158,8	127,0	158,8	158,8	
		hh total	63,5	222,3	381,1	508,1	666,9	794,0	952,7	1111,5	1111,5
	Funcionários	Semana	7,3	18,2	18,2	14,6	18,2	14,6	18,2	18,2	
		Dia	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	

Cabe ressaltar que os planejamentos da produção e montagem apresentados também devem considerar outros fatores intrínsecos ao processo produtivo. Os totais obtidos a cada semana dos consumos de insumos, de homens-hora, de número de funcionários por semana e por dia são valores médios, fazendo-se uma distribuição uniforme ao longo dos dias. O gestor deve, neste planejamento, considerar em sua análise a distribuição dos consumos de acordo com a realidade dos recursos disponíveis.

Para citar um exemplo, na parte da fabricação, poucas fôrmas foram liberadas nos primeiros dias e, com o trabalho das equipes responsáveis pelo seu preparo, mais fôrmas foram liberadas a cada dia. Assim, evidenciou-se que havia a necessidade de certa antecipação do início dos trabalhos dessas equipes. Deve ser analisada, também, a dificuldade para se modificar uma fôrma, respeitando-se o tempo necessário para sua adaptação. O gestor deve analisar a realidade para cada caso, procurando tornar o planejado o mais próximo possível do real. Esta análise torna-se cada vez mais realista ao se considerar as medições prognosticadas, o que no caso C só foi possível por meio dos indicadores levantados no caso B.

Nesse estudo, para um planejamento mais realista, foi elaborada uma planilha eletrônica com auxílio do *Microsoft Excel*®. Na planilha, os dias foram dispostos em colunas, onde foram lançados os nomes das peças pré-moldadas a serem produzidas, com seus totais de concreto e aço. Para facilitar a análise, as fôrmas foram nomeadas de acordo com os diferentes tipos de peças a serem produzidas. Assim, separou-se em: fôrma de pilar 1, fôrma de pilar 2, fôrma de braço 1, fôrma de braço 2 e assim sucessivamente para cada um dos elementos envolvidos no estudo. Nas linhas em amarelo foram lançadas a produção das peças planejadas (P) e,

nas linhas em branco, a produção realizada (R). A planilha elaborada está apresentada na Tabela 5.13.

A planilha facilitou o acompanhamento da execução da obra, pois permitiu a fácil visualização das peças a produzir (planejado) e das peças produzidas (real). A representação gráfica desta planilha pode ser vista na Figura 5.10. Essa confrontação entre planejado *versus* real subsidiou a gerência de informações para serem tomadas quando o real não atingisse o planejado. Assim, o replanejamento foi feito sempre se tomando como base as produtividades cumulativas obtidas no estudo do caso B.

Na mesma planilha de controle diário de produção, foram calculados os volumes diários e acumulados produzidos (real) e o levantamento de homens-hora gastas, diárias e acumuladas. Com esses dados foram calculadas a RUP diária, a RUP cumulativa, a RUP potencial e a perda de produtividade de mão de obra (PPMO), dentro do período estudado.

Na Tabela 5.15 estão apresentados os quantitativos de consumos de concreto, de homens-hora e o cálculo das razões unitárias de produção para a execução somente da estrutura do caso C.

O período mostrado se refere do dia 23 de setembro a 03 de dezembro de 2011 (término da produção). Devido à grande largura da planilha, os dados estão apresentados a partir do dia 28 de novembro, porém o cálculo total está considerando desde o dia 23 de setembro de 2011.

Tabela 5.15 – Produção e produtividade na fabricação do pré-moldado da obra C (período de 23/set a 03/dez/11)

DESCRIÇÃO		28-nov-11	29-nov-11	30-nov-11	1-dez-11	2-dez-11	3-dez-11
PLANEJADO ESTRUTURA	VOLUME DIÁRIO PLANEJADO (m ³)	-	-	-	-	-	-
	VOLUME ACUMULADO PLANEJADO (m ³)	163,06	163,06	163,06	163,06	163,06	163,06
	HH DIÁRIA PLANEJADA 6,788 hh/m ³	-	-	-	-	-	-
	HH ACUMULADA PLANEJADA	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85
REALIZADO ESTRUTURA	VOLUME DIÁRIO REALIZADO (m ³)	1,14	1,19	-	0,54	-	0,55
	VOLUME ACUMULADO REALIZADO (m ³)	161,66	162,85	162,85	163,39	163,39	163,94
	HH DIÁRIO REALIZADA	13,13	13,13	-	8,75	-	8,75
	HH ACUMULADO REALIZADA	1.027,38	1.040,50	1.040,50	1.049,25	1.049,25	1.058,00
	RUP DIÁRIA REALIZADA	11,51	11,03	-	16,20	-	15,91
	RUP CUMULATIVA REALIZADA	6,36	6,39	6,39	6,42	6,42	6,45
	RUP POTENCIAL REALIZADA (ATÉ 03/12/2011)	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26
PPMO REALIZADA (ATÉ 03/12/2011)	20,8%	21,5%	21,5%	22,1%	22,1%	22,7%	

Na análise da Tabela 5.15, vê-se na parte planejada, que foi calculada utilizando a RUP do caso B de 6,788 hh/m³, o total de homens-hora planejada foi de 1106,85 hh. Esse quantitativo se refere às horas acumuladas até a data de 28 de outubro de 2011, data planejada para o término da produção. Já na parte realizada, com os cálculos dos quantitativos, chegou-se ao valor de RUP acumulada de 6,45 hh/m³, valor pouco abaixo do utilizado para o planejamento. O total de homens-hora gastos no realizado foi de 1058,00 hh, valor também pouco abaixo do planejado, e a PPMO foi de 22,7%.

Conclui-se que na execução da obra do caso C, as produtividades obtidas ficaram próximas às produtividades planejadas. Porém, a produção realizada ficou sempre abaixo da planejada. Embora as planilhas adotadas tenham subsidiado a gerência de informações importantes quanto ao dimensionamento das equipes e do andamento da execução do projeto, pouco se fez para corrigir as falhas. Decisões não foram tomadas para aumentar a produção, justificando, assim, o atraso de 35 dias.

Para corrigir os atrasos, as decisões gerenciais ficaram restritas à etapa de montagem do pré-moldado, além das tarefas relacionadas à execução da obra *in loco*. As decisões foram feitas a partir da análise dos cronogramas de Gantt obtidos. Na Tabela 5.16, são ilustrados os resultados obtidos de consumos na execução da montagem da estrutura da obra C, no período de 14 de outubro a 09 de dezembro de 2011. Também, apresentam-se os valores obtidos no planejamento da montagem.

Tabela 5.16 – Produção e produtividade na montagem dos pré-moldados da obra C (período de 14/out a 09/dez/11)

DESCRIÇÃO		2-dez-11	3-dez-11	4-dez-11	5-dez-11	6-dez-11	7-dez-11	8-dez-11	9-dez-11
PLANEJADO	VOLUME DIÁRIO PLANEJADO (m ³)	0,77	-	-	-	-	-	-	-
	VOLUME ACUMULADO PLANEJADO (m ³)	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09
	HH DIÁRIO REALIZADO 5,107 hh/m ³	3,92	-	-	-	-	-	-	-
	HH DIÁRIO REALIZADO	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78
REALIZADO	VOLUME DIÁRIO REALIZADO (m ³)	-	-	-	-	-	-	2,80	3,47
	VOLUME ACUMULADO REALIZADO (m ³)	155,82	155,82	155,82	155,82	155,82	155,82	158,62	162,09
	HH DIÁRIO REALIZADA	-	-	-	-	-	-	18,00	16,50
	HH ACUMULADA REALIZADA	801,20	801,20	801,20	801,20	801,20	801,20	819,20	835,70
	RUP DIÁRIA REALIZADA							6,43	4,76
	RUP CUMULATIVA REALIZADA	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,16	5,16
	RUP POTENCIAL REALIZADA (ATÉ 09/12/2011)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
	PPMO REALIZADA (ATÉ 09/12/2011)	47,0%	47,0%	47,0%	47,0%	47,0%	47,0%	47,6%	47,4%

Na análise da Tabela 5.16, vê-se na parte planejada, que foi calculada utilizando a RUP do caso B de 5,107 hh/m³, o total de homens-hora planejado foi de 827,78 hh. Esse quantitativo se refere às horas acumuladas até a data de 02 de dezembro de 2011, data planejada para o término da produção. Já na parte realizada, com os cálculos dos quantitativos, chegou-se numa RUP acumulada de 5,16 hh/m³, praticamente o mesmo valor do utilizado para o planejamento. O total de horas-homem gastos no realizado foi de 801,20 hh, valor bem próximo planejado. A PPMO foi de 47,4%, valor elevado e que foi explicado anteriormente.

Conclui-se que, na montagem da estrutura pré-moldada da obra do caso C, as produtividades obtidas ficaram próximas às produtividades planejadas. A produção realizada ficou sempre próxima da planejada, sendo justificada pelo pequeno atraso em relação à data planejada, oito dias (de 02 de dezembro a 09 de dezembro de 2011). Embora o final da montagem precisasse ser antecipado para evitar o atraso no prazo final, pouco se pôde devido à entrega das peças pré-moldadas e alguns dias com chuva. Para melhoria da produtividade da mão de

obra, cabe avaliar os procedimentos de montagem das peças pré-moldadas pertencentes ao sistema de cobertura. A avaliação de uma diferente tipologia do sistema estrutural pode confirmar essa hipótese. Estes estudos não foram objetos deste atual trabalho.

5.4.2. Análise do cronograma do estudo de caso B

A Figura 5.23 refere-se à atualização do cronograma do dia 14 de junho. O projeto todo estava com 27% completo e o caminho crítico passava pela elaboração do projeto estrutural, fabricação dos pré-moldados, escavação e concretagem das fundações e montagem da estrutura. A previsão para término de todo projeto, nessa atualização, iria se atrasar em dois dias. Atraso na fabricação dos pilares e vigas e na execução das fundações jogava as etapas subsequentes para datas posteriores, estendendo o prazo final. Assim, exigiam-se ações para acelerar as etapas críticas.

O cronograma de Gantt, com 44% completado na data de 30 de junho, é visualizado na Figura 5.24. O caminho crítico praticamente continua sendo o mesmo da atualização do dia 14 de junho. Houve conclusão da fabricação dos primeiros pilares com um dia de adiantamento. Esforços foram feitos, principalmente na execução das fundações, onde se previa um atraso de cinco dias. O prazo final estava estendido em três dias.

O cronograma de Gantt, com 64% completado na data de 05 de julho, é visualizado na Figura 5.25. O caminho crítico na etapa de fabricação estava nas vigas calha, porém com a previsão de término na mesma data planejada. O atraso da execução das fundações jogava a montagem para datas posteriores, ocasionando os três dias a mais no prazo final. Uma verificação mais cuidadosa do ritmo de montagem previsto no planejamento inicial permitiu à gerência verificar que havia como encurtar o prazo desta etapa.

Observa-se na Figura 5.26 o cronograma de Gantt atualizado na data de 29 de julho.

Figura 5.23 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 14/06/2011)

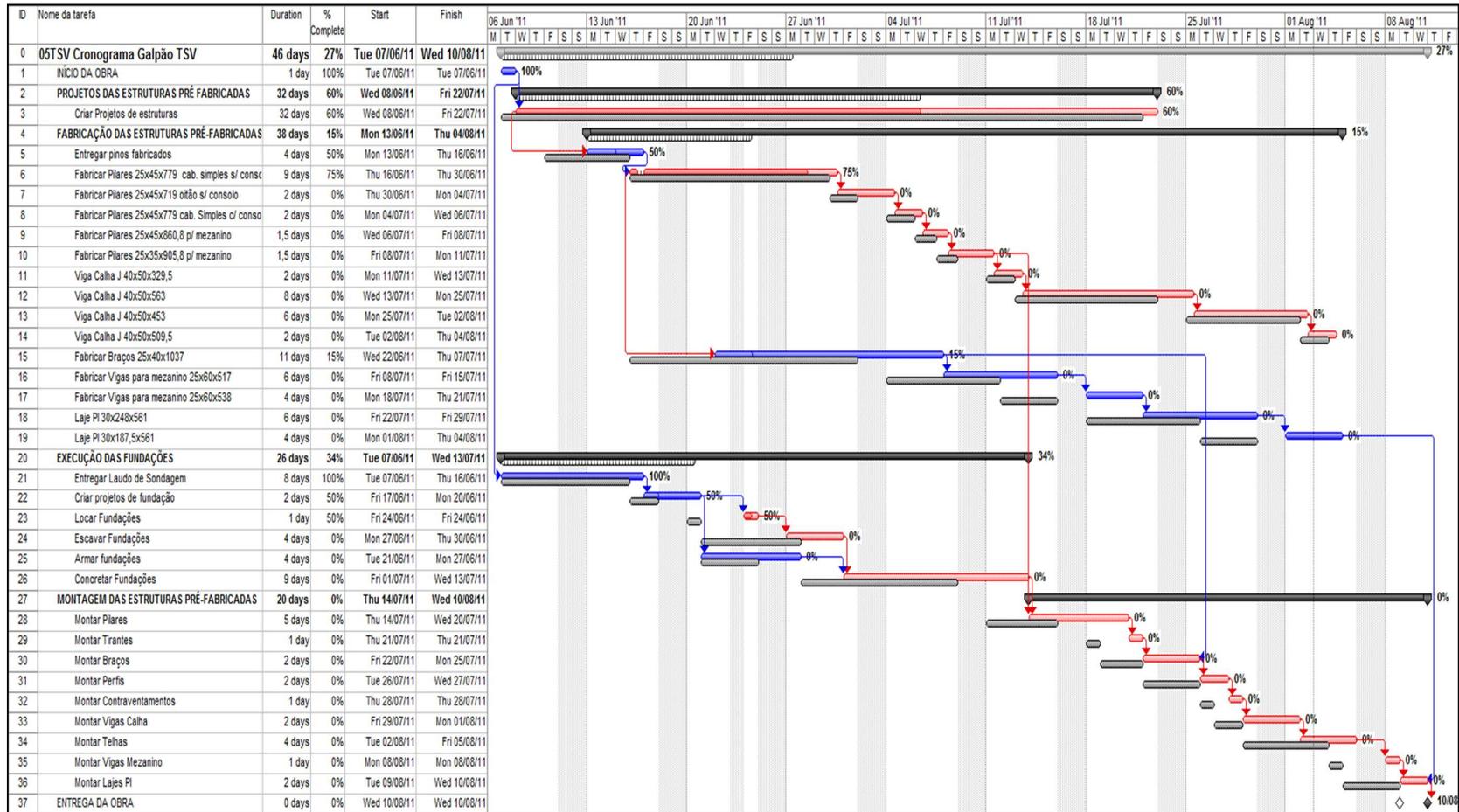


Figura 5.24 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 30/06/2011)

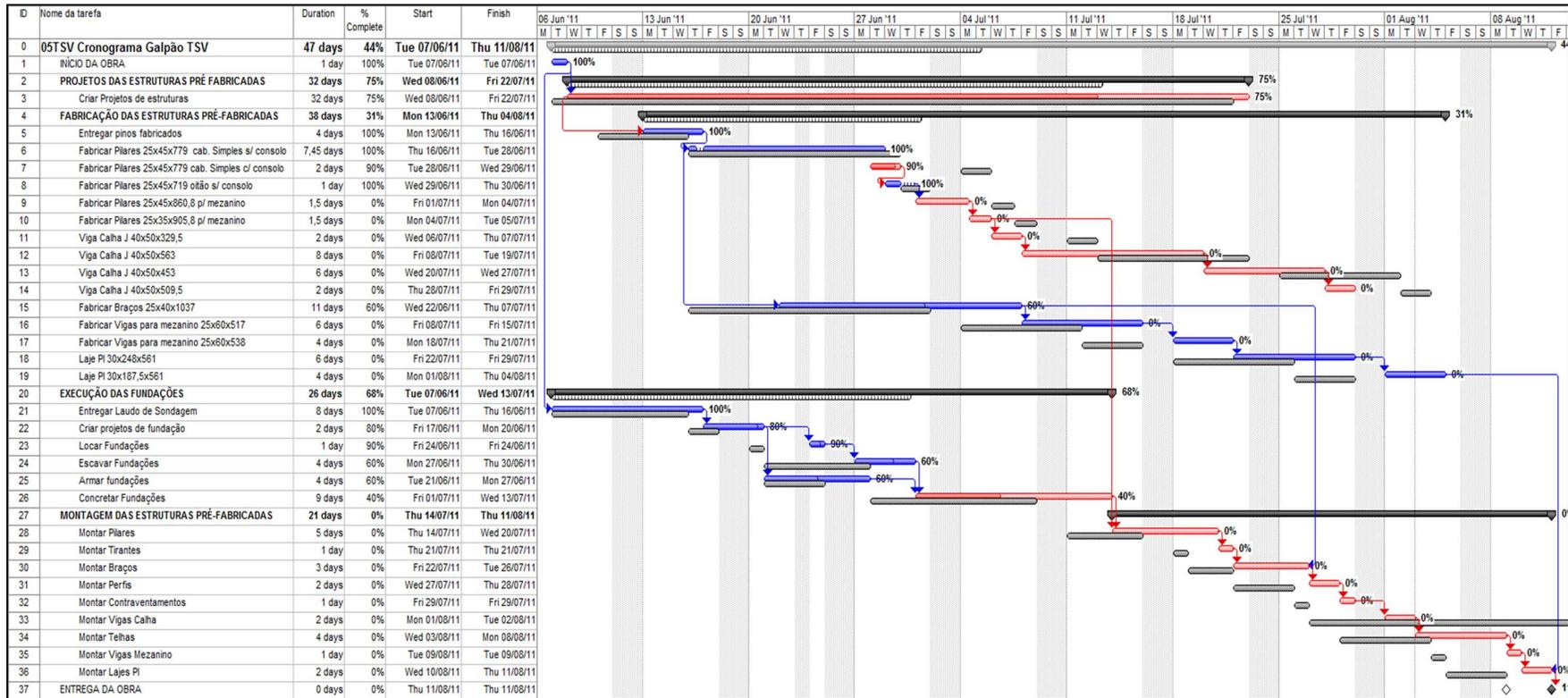


Figura 5.25 - Cronograma de Gantt obra B (atualizado 05/07/2011)

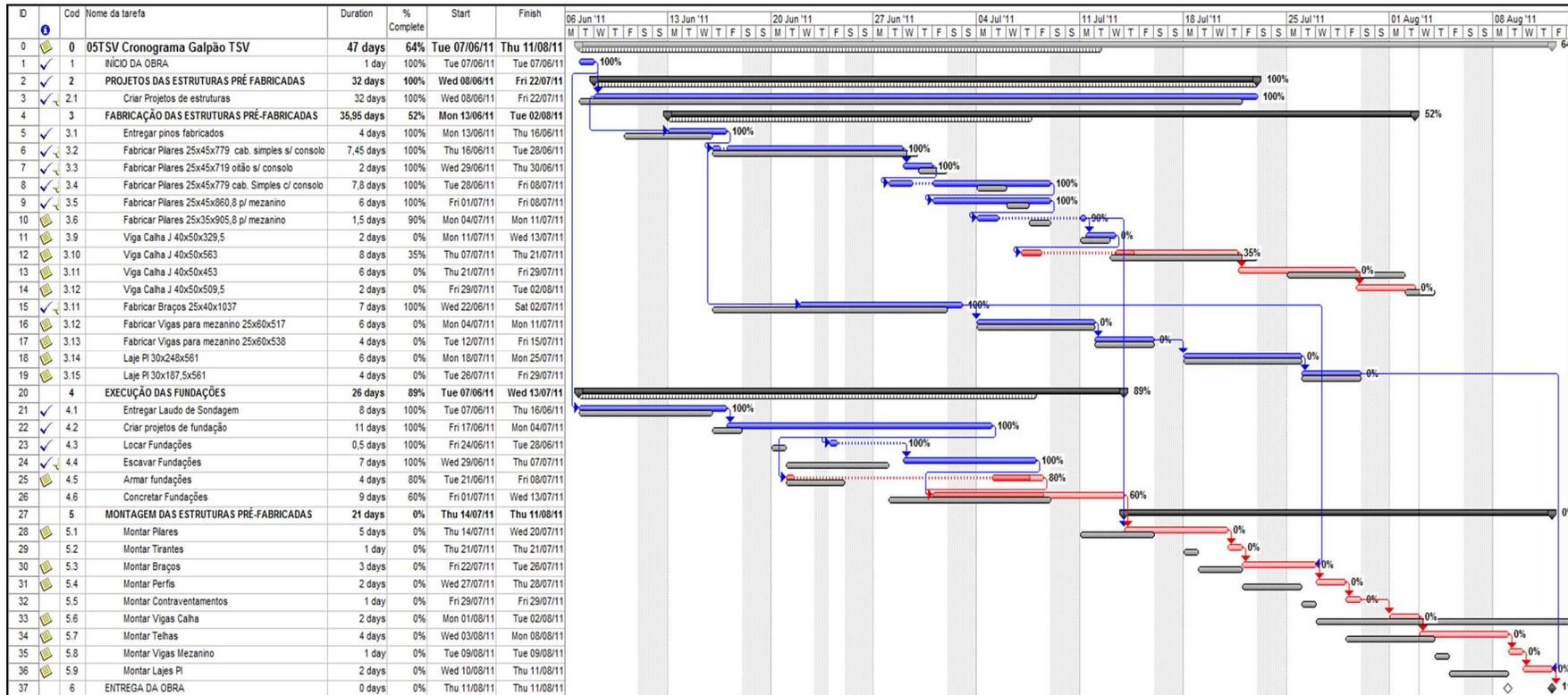
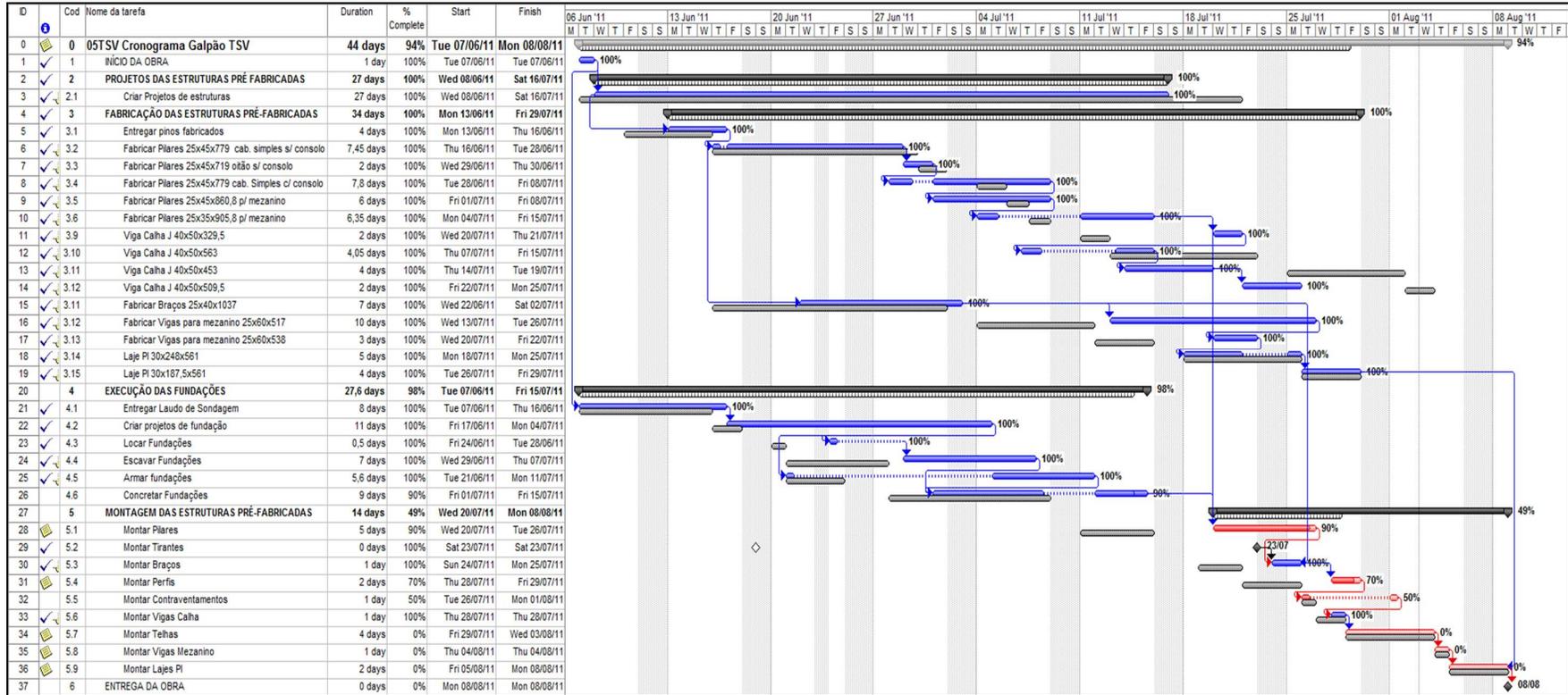


Figura 5.26 – Cronograma de Gantt obra B (atualizado 29/07/2011)



Observa-se na Figura 5.26 que, com 95% completadas, a etapa de fabricação estava finalizada com alguns elementos sendo executados dentro dos prazos estimados. As fundações estão com 98% de finalização, faltando apenas complementar o cálice de três pilares que foram locados de modo errado. O caminho crítico é a montagem, que foi iniciada com atraso, porém, como constatado na verificação do planejamento inicial, o ritmo de montagem ficou acima do programado, trazendo o prazo final para data prevista (08 de agosto).

5.4.3. Análise do cronograma do estudo de caso C

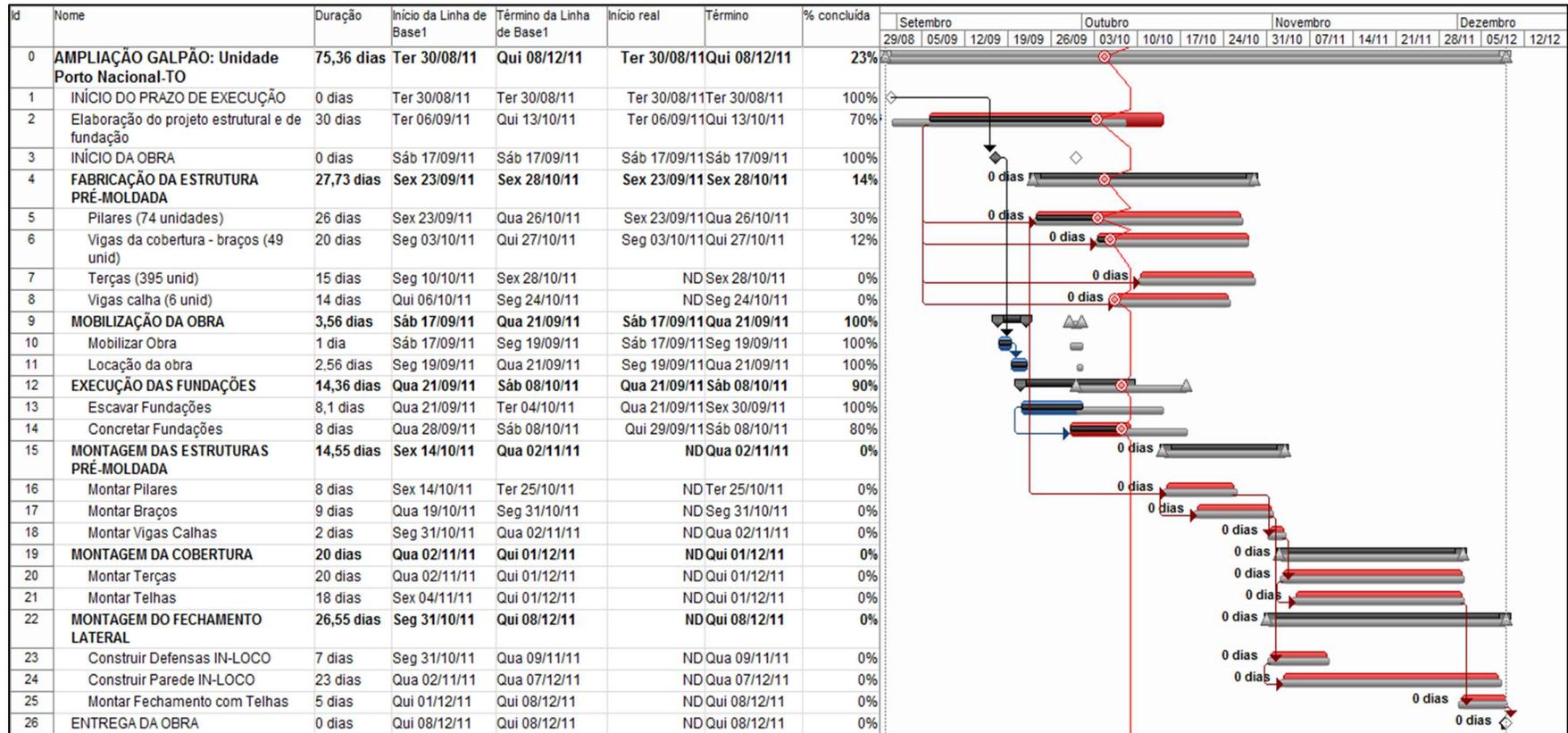
O projeto do estudo de caso C foi iniciado no dia 30 de agosto de 2011. No planejamento inicial, como mostrado anteriormente, viam-se todas as tarefas críticas, ou seja, sem folgas entre as atividades. Coube, então, um rígido acompanhamento do andamento, a fim de evitar atraso do prazo final.

Nos cronogramas, para esse estudo de caso, são apresentados os seguintes itens:

- a) O nome e duração de cada atividade;
- b) Colunas de início e término das atividades planejadas, definidas pelas linhas de base (referência inicial);
- c) Coluna de início real da execução de cada atividade;
- d) Coluna do término atualizado de cada atividade;
- e) Coluna do percentual concluído, conforme a data de atualização.

A Figura 5.27 refere-se à atualização do cronograma no dia 08 de outubro de 2011 (representada pela linha vertical em vermelho). O projeto todo estava com 23% completo. As barras em cinza referem-se ao planejamento inicial e as demais barras correspondem à medição do andamento. Todas as tarefas continuavam como críticas, exceto pelas tarefas de mobilização para obra, locação e escavação das fundações. Como o início dessas tarefas foram antecipadas, elas deixaram de ser críticas. A previsão para término de todo projeto, nessa atualização, permanecia na data do planejado inicial (08 de dezembro de 2011). Nota-se que a etapa de fabricação da estrutura pré-moldada, com 14% concluída, mostra todas suas tarefas atrasadas na data de atualização.

Figura 5.27 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 08/10/2011)



O cronograma de Gantt, com 48% completados na data de 29 de outubro de 2011, é visualizado na Figura 5.28. Devido às conclusões antecipadas da mobilização e da execução das fundações, essas se tornaram não críticas. Na análise do cronograma, vê-se que cabiam esforços para recuperação do andamento da etapa de fabricação, principalmente das terças e vigas calha. A entrega dos pré-moldados na obra, bem como chuvas torrenciais, atrasou a montagem em seis dias. Devido ao início da montagem dos pilares, foi liberado frente para início dos serviços de execução do fechamento lateral. O prazo final nessa atualização estava estendido em quatro dias (para 12 de dezembro de 2011) em relação ao planejado.

O cronograma de Gantt, com 78% completados na data de 19 de novembro de 2011, é visualizado na Figura 5.29. O caminho crítico passa na tarefa de fabricação das vigas calha e na montagem das terças da cobertura, telhas e demais serviços subsequentes. É verificado acentuado atraso na fabricação das vigas calhas, montagem dos braços (19 dias úteis) e na montagem da cobertura (11 dias úteis). Esses atrasos levariam a conclusão do projeto para 26 de dezembro de 2011 – aproximadamente de 11 dias úteis. Assim, a gerência tomou decisões, em conjunto com a empresa terceirizada, para aumentar a produção dos serviços de execução da cobertura. Além do sábado, foram trabalhados os domingos para compensação do tempo perdido. Também, no início da cobertura, foi contratado mais de um guindaste para melhorar a distribuição das telhas, permitindo um ganho de produtividade.

Observa-se na Figura 5.30 o cronograma de Gantt atualizado na data de 16 de dezembro de 2011, com 100% completados.

Figura 5.28 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 29/10/2011)

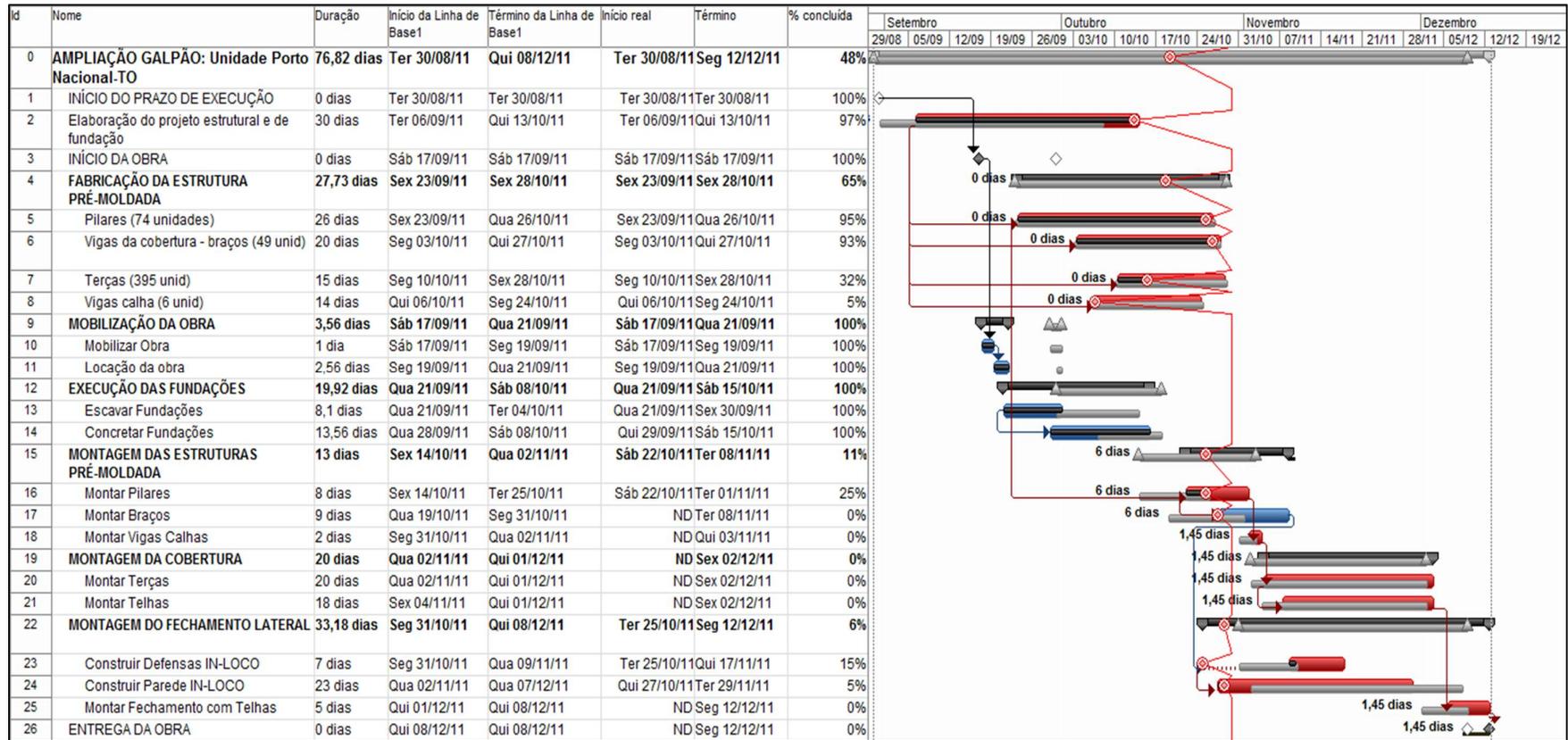


Figura 5.29 - Cronograma de Gantt obra C (atualizado 19/11/2011)

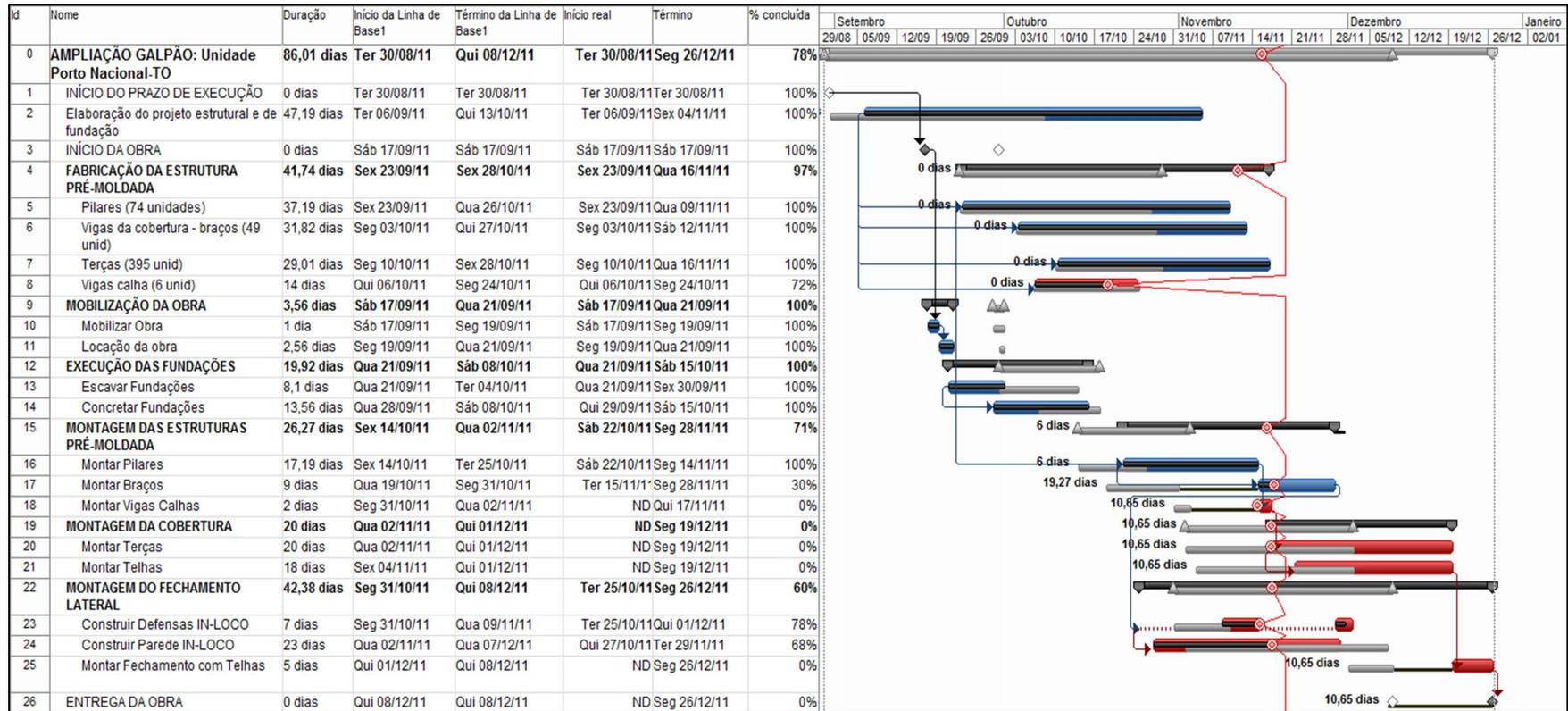
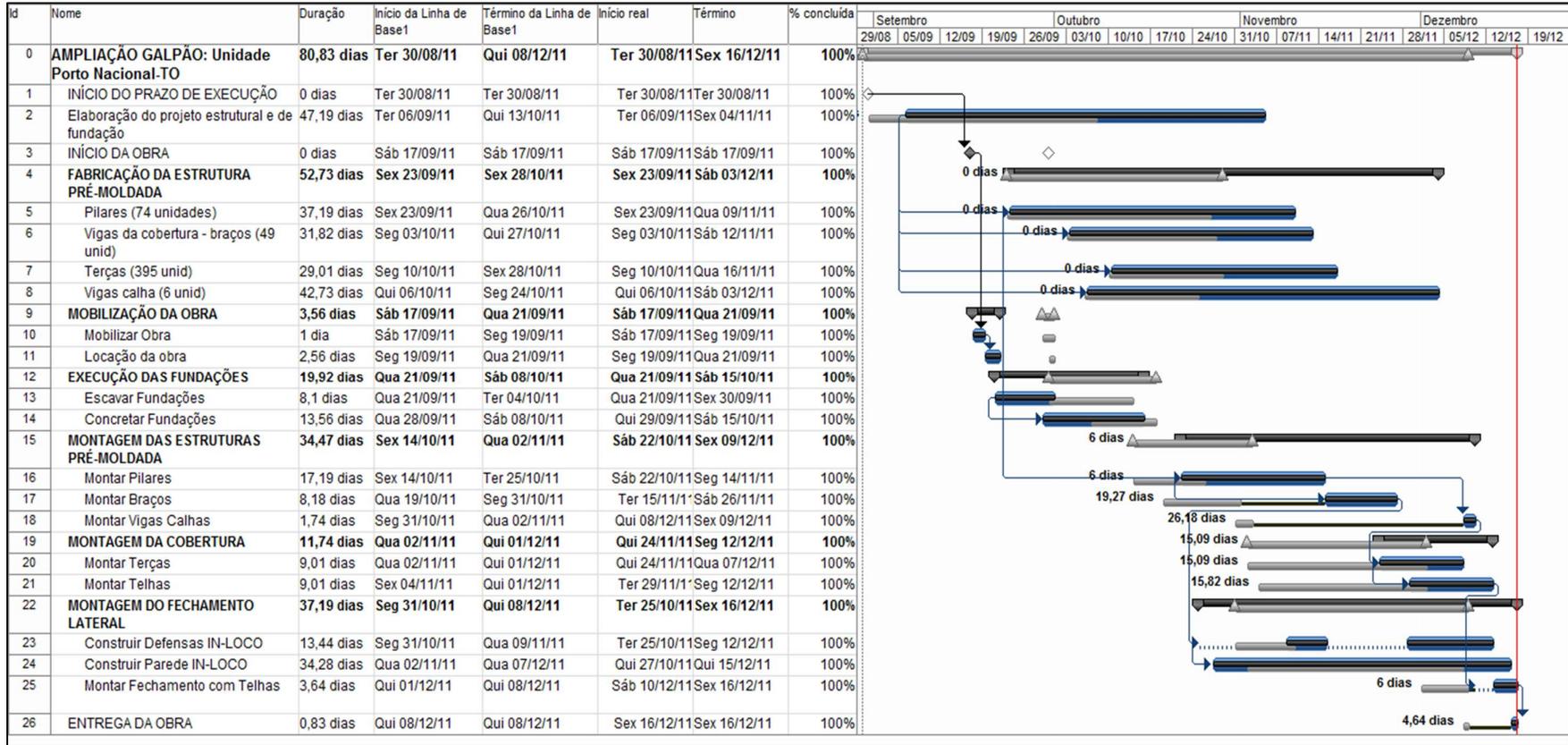


Figura 5.30 - Cronograma de Gantt final obra C (atualizado 16/12/2011)



Os atrasos de cada etapa podem ser visualizados no cronograma apresentado na Figura 5.30. São notados atrasos nas tarefas da etapa de fabricação dos pré-moldados, principalmente devido à fabricação das vigas calha. Nessa, a finalização ocorreu cerca de 40 dias após o planejado, conforme já explicitado anteriormente, na análise resumo dos indicadores de produtividade.

Isso, porém, não prejudicou tanto a finalização da obra, pois sua falta não atrasou o início dos serviços de cobertura. Houve também, extensão do prazo para montagem dos pilares, em comparação ao planejado, devido ao atraso na entrega dos pilares na obra para montagem. Apesar dos atrasos no início da tarefa de montagem das terças pré-moldadas, com as ações tomadas, a sua montagem ocorreu com gastos de menos dias do que o previsto. Assim, os atrasos provenientes da etapa de fabricação, puderam ser corrigidos na etapa de montagem, mediante intervenções gerenciais, por intermédio dos dados de controle. A entrega da obra ocorreu com cerca de oito dias de atraso, dia 16 de dezembro de 2011.

O contrato previa multa para cada dia de atraso. Porém, devido às chuvas torrenciais ocorridas e ao pouco atraso obtido, o cliente desconsiderou a multa.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo apresenta as conclusões alcançadas relacionadas ao cumprimento dos objetivos previamente determinados (gerais e específicos). Desenvolveu-se um modelo para obtenção de indicadores mediante a utilização de pesquisa em campo, com participação dos agentes envolvidos no processo, tendo suporte do referencial teórico apresentado nos capítulos 1, 2 e 3. As considerações finais foram realizadas confrontando-se os resultados obtidos nos estudos de caso e os objetivos traçados na pesquisa. Apresenta-se uma análise das lições aprendidas e, ao final, sugestões para futuras pesquisas concernentes ao tema estudado.

6.1. CONCLUSÕES

O trabalho realizado propôs um modelo para levantamento e mensuração de indicadores de produtividade na fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto. O objetivo geral do trabalho foi atingido, ao se utilizar os indicadores para o planejamento de curto prazo, munindo os gestores de informações para a tomada de decisões.

Num primeiro momento, buscou-se compreender como a falta de indicadores de produtividade poderia influenciar negativamente no processo de planejamento e controle da produção (PCP). Na exposição do estudo de caso A, ficaram evidenciados os aspectos negativos resultantes da falta desses indicadores: a etapa de orçamentação foi elaborada sem parâmetros comparativos; no PCP, as equipes foram dimensionadas empiricamente e os dados de produtividade não foram mensurados na execução; grandes desperdícios de insumos foram encontrados; ações tomadas pelos gestores foram, em suma, baseadas na experiência; e, os replanejamentos foram feitos, meramente, com ações corretivas. Quando não houve falta, os planejamentos tiveram, no mínimo, baixo grau de detalhes, seja no nível operacional, tático ou estratégico.

Passada essa etapa, iniciaram-se os estudos para a implantação de um sistema na mensuração da produtividade das equipes envolvidas com os serviços eleitos para criação do sistema de medição de desempenho. Para o estabelecimento do planejamento de médio prazo, foi utilizado o programa *Microsoft Project*®, fazendo-se a estrutura analítica do projeto (EAP) em estudo. Foram elaborados cartões de produção para levantamentos dos insumos gastos na fabricação e montagem do estudo de caso B. Os cartões de produção apresentaram

algumas dificuldades no seu preenchimento, os quais foram melhorados para as etapas seguintes. Para o planejamento de curto prazo foram elaboradas planilhas eletrônicas no programa *Microsoft Excel*®, as quais facilitaram o controle e processamento dos dados levantados em campo.

Com os dados analisados no estudo de caso B, chegou-se nos primeiros valores de indicadores de produtividade. A análise dos indicadores de produtividade, baseados nos consumos diários e acumulados, foi de fácil entendimento, principalmente na análise gráfica dos indicadores encontrados. Pontos característicos nos gráficos puderam ser cruzados com fatores intervenientes, notados em campo, que influenciaram positiva ou negativamente as produtividades. Isso garantiu uma melhor apropriação e entendimento dos indicadores de produtividade.

Os dados de produtividade obtidos foram utilizados no estudo de caso C nas etapas de orçamentação, planejamento de médio e curto prazo e no controle da execução do projeto. Houve uma maior facilidade para se planejar e dimensionar as equipes, pois se contava com dados referenciais. Apesar disso, houve dificuldade no envolvimento dos responsáveis para cada etapa do processo. A execução da fabricação dos pré-moldados foi iniciada com as equipes que se dispunham, porém, sem tomar ações para aumentar a produção. O acompanhamento e controle da execução permitiu que se anteviessem os atrasos, onde foram realizadas reuniões entre os responsáveis para a divulgação do andamento e tomada de decisões. Porém, pouco foi feito para a prevenção ou correção dos problemas encontrados na etapa de fabricação. Isto foi devido, principalmente, pelas intervenções na fabricação exigirem maiores investimentos de capital e tempo para a aquisição de fôrmas, adequações na central de produção do concreto, entre outras decisões da gerência. A solução encontrada foi tomar ações na etapa de montagem para acelerar o andamento do projeto.

Os resultados de produtividade obtidos no estudo de caso C se assemelharam aos indicadores anteriormente obtidos. Em especial para as etapas de concretagem e de montagem dos pré-moldados. Obteve-se uma melhor produtividade para o serviço de armação na obra C, devido a uma aferição mais representativa pelo maior quantitativo de aço executado. Encontrou-se uma elevada perda de produtividade da mão de obra na análise do indicador da montagem da obra C, influenciada pelas características dimensionais das peças pré-moldadas do sistema de cobertura. Outro fator interveniente foram os problemas ocorridos durante a montagem de algumas vigas dos pórticos.

A teoria utilizada para obtenção dos indicadores de produtividade foi baseada nos métodos comumente aplicados na construção civil. A eficácia dos indicadores voltados para a produção e montagem de estruturas pré-moldadas está na divulgação dos resultados e na continuidade

das medições. Para tal, alerta-se que, para a validação e aferição dos resultados, os indicadores são influenciados pelos fatores socioculturais característicos de cada ambiente de trabalho.

Salienta-se a importância da implementação de sistemas de medição, pois, sem eles, não seria possível gerenciar qualquer processo. O hábito de se medir leva à procura da melhoria contínua dos processos, a excelência.

Por fim, conclui-se que o trabalho pôde contribuir para a obtenção de indicadores de desempenho para o setor de estruturas pré-moldadas, o qual tem carência de referências para apoio à gestão do PCP. As obras pré-moldadas têm como realidade a rapidez na sua execução, fato que corrobora a importância da gestão dos processos para o planejamento de curto prazo.

6.2. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Seguem algumas sugestões para o desenvolvimento de futuros trabalhos sobre o tema aqui estudado:

- Analisar o custo para aceleração de obras pré-moldadas em concreto;
- Elaborar um *software* para medição de produtividade, planejamento e controle de obras pré-moldadas em concreto;
- Estudar a influência da concepção estrutural sobre os indicadores de desempenho para pré-moldados em concreto;
- Investigar a influência das decisões tomadas na etapa de projetos e estratégia de produção sobre os indicadores de desempenho;
- Investigar os principais problemas que reduzem a produtividade na fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto;
- Investigar as variações dos indicadores de produtividade numa abordagem probabilística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKOFF, R. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1976, 114p.
- AKKARI, A. M. P. Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso de pacote computacional: proposta baseada em dois estudos de caso. 2003. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ARAÚJO, L. O. C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. 2000. 374 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ARAÚJO, L. O. C. **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras**. São Paulo, SP. 2005. 503 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. Avaliação de gestão de serviços de construção. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, SIBRAGEC, 2001a, 11 p.
- ARAÚJO, L.O.C.; SOUZA, U.E.L. **Development of a formwork labor productivity forecast model for the Brazilian building construction**. In: 10th INTERNATIONAL SYMPOSIUM - CIB W65/55, 2001, Cincinatti, 2001b.
- ASSUMPÇÃO, J. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil**: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996.
- BARROSO, C. **Avaliação de indicadores de planejamento e controle da produção na construção: boas práticas, eficácia e prazo**. 2010. 194f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- BELOHUBY, M.;ALENCAR, R. **Tecnologia do concreto pré-fabricado** / Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007, cap. 17, p. 511-534.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BOGADO, J. N. R. G. M. **Aumento da produtividade e diminuição de desperdícios na construção civil**: um estudo de caso. 1998. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- BRAGA, A. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2005. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- CAMPOS, V. F. **TQC Controle da qualidade total**: No estilo japonês. 8ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CANASSA, P.; FERREIRA, M.; SERRA, S. M. **O potencial de aplicação de elementos pré-moldados de concreto em construções mistas no Brasil**. Brasil - Campinas, SP. 2007. V SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, **Anais...** Campinas, 2007.

CARRARO, F.; SOUZA, U. E. L. Caracterização da tecnologia construtiva empregada na grande São Paulo para execução da estrutura e da alvenaria das edificações. Brasil - São Paulo, SP. 1998. v.1 p. 45-53. In: Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios : soluções para o terceiro milênio. **Anais...** São Paulo, 1998.

CHYZANOWSKI, E.N.; JOHNSTON, D.W. Application Linear Scheduling. In: **Journal of Construction Engineering and Management**. 1986, Vol. 112. N. 4. 476-491.

COELHO, H. Otto. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COVELO M. A. S. **Gestão da produtividade**. Qualidade e Produtividade na Construção Civil. São Paulo, POLI/ITQC, 1994.

DANTAS, M.M. **Proposição de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. São Paulo, SP. 2006. 162 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DUTRA, F. A. F. **Análise de planejamento e controle da produção visto como um sistema complexo adaptativo**. 2006. 141 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 1ª ed. São Carlos: EESC-USP, 2000.

FACHINI, A. C. **Subsídios para programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. São Paulo, SP. 2005. 214 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. 1991. Thesis (Ph.D) - Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, 1991.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F. Developing a model for planning and controlling production in small sized building firms. In: 6th ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 1998, Guarujá, Brasil. **Proceedings**: International Group for Lean Construction (IGLC-98).

FORMOSO, C.; COELHO, H. O. Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil. Brasil - Porto Alegre, RS. 2005. 11 p. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, **Anais...**, Porto Alegre, RS.

HARMELINK, D.J.; ROWINGS, J.E. Linear Scheduling Model: Development of Controlling Activity Path . **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 124. No 4. Jul./Aug. 1998, p.263-268.

HARRINGTON, H. J. **O processo do aperfeiçoamento**: como as empresas americanas líderes de mercado aperfeiçoam o controle da qualidade. Tradução de JODON Engenharia Consultoria e Representações Ltda. São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1988, 266 p. Original em inglês.

HEINECK, L. F. M. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias. Brasil - Florianópolis, SC. 1991b. p. 67-75. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 3º, **Anais...**Florianópolis, 1991.

HEINECK, L. F. M. Produtividade na construção civil : bibliografia de apoio (em português). Brasil - Florianópolis, SC. 1991a. p. 83-99. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 3º, **Anais...**Florianópolis, 1991.

HERNANDES, F. S. **Análise da importância de planejamento de obras contratantes e empresas construtoras**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

HEZEL, C. R.; OLIVEIRA, R. R. de. **Estudo da variabilidade da produtividade na execução das obras**. Brasil - Fortaleza, CE. 2001. 15p. Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2º, **Anais...**Fortaleza, CE, 2001.

HRONEC, S. **Sinais vitais**: usando medidas de desempenho. São Paulo: Markron Books, 1994. 240 p.

ICHIHARA, J.A. **Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

JUNGLES, A. E.; HERNANDES, F. S. **Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. Porto Alegre, RS. 2005. 10 p. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, **Anais...**Porto Alegre, RS.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Organização orientada para a estratégia**. Rio de Janeiro:Campus, 2001.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Salford: Center for Integrated Facility Engineering, 1992. (CIFE Technical Report, n. 72)

LANTELME, E *et al.* **Indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. In: Gestão da qualidade na construção civil: relatório de pesquisa. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2001.

LANTELME, E. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, United States, n.5, p.243-266, 1987.

LIBRAIS, C.F. **Método prático para estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas**. 2001. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMMER, C.V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC. 1997.

LOBO, R. N. **Gestão da produção**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2010, 197 p.

MACHADO, R. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MAEDA, F.M. **Produtividade da mão-de-obra no serviço de revestimento interno de paredes e tetos com argamassa e gesso**. 2002. 177p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. São Paulo, SP. 2009. 237 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARCHIORI, F. F. **Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil: um estudo de caso para edifícios altos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. 420 p.

MAZIERO, L.. Aplicação do método da Linha de Balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação. 1990, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H.. **Componentes pré-moldados de concreto armado para a construção de edifícios habitacionais**. Brasil - Florianópolis, SC. 1994. p. 491-496. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5th, Florianópolis, 1994

MELO JUNIOR, A. S.; SILVA, R. L. A., BRANCO, R. G. C. **O uso da técnica PERT/CPM na avaliação da produção de trilhos de concreto armado**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 6, João Pessoa, PB, **Anais.....**, 2009.

MELO, C. E. E; VÁRIOS AUTORES. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto / Munte construções industrializadas**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

MENDES JR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. Florianópolis – SC, 1999, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 235 p.

MORAES, R. M. M.; SERRA, S. M. B. Análise e estruturação do processo de planejamento da produção na construção civil. **REVISTA INGEPRO – INOVAÇÃO, GESTÃO E PRODUÇÃO**, Santa Maria, Vol. 1, N. 2, p. 65-77, 2009.

NOVAIS, S. G. **Aplicação de ferramentas para o aumento da transferência no processo de planejamento e controle de obra da construção civil.** 2000. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

OLIVEIRA, K. A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção:** proposta baseada em estudo de caso. 1999. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais:** sistemas prediais hidráulicos. 2008. 661 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PICCHI, F. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção.** 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

PISKE, I. **Modelo de avaliação do gerenciamento da programação e controle da produção - PCP.** 2002. 405 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE. Critérios para geração de indicadores de qualidade e produtividade no serviço público. Brasília: IPEA/MEFP, 1991. 15 p.

REIS, F. S. B. dos. **Produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais no serviço de coberturas com telhado.** 2005. 268 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SANTOS, D. G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

SANTOS, D. G.; SANTOS, C. O. Identificação de problemas nos processos construtivos a partir do índice de produtividade. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2007, Campinas. **Anais...** SIBRAGEC, 2007.

SCARDOELLI, L. S.; BICCA, I.; FORMOSO, C. T. Estudo piloto de medição de produtividade com utilização da técnica de amostragem do trabalho. Brasil - Florianópolis, SC. 1994. p. 509-518. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5th, **Proceedings...** Florianópolis, 1994.

SCHEER, S.; SANTOS, A. dos; MIKALDO JR, J.; QUEVEDO, J.S. R.; ROSSI, S. M. B. **O uso de tecnologia da informação como fator crítico de sucesso na implantação de sistemas de produção enxuta para construções industrializadas.** Brasil - São Paulo, SP. 2005. 1 CD-ROOM. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 2005, São Paulo, SP

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

SILVA, M. do P. **Influência do Planejamento e Controle de Obras nos Horizontes de Médio e Curto Prazo em Edifícios Residenciais em Goiânia.** [Distrito Federal] 2012. 190p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia e Departamento de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1993. 343 p.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOARES, A. C.; BERNARDES, M. M. S.; FORMOSO, C. T. **Improving the production planning and control system in a building company: contributions after stabilization**. In: 10th ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 2002, Gramado, Brasil. *Proceedings*: International Group for Lean Construction.

SOUSA, H.; MONTEIRO, A. **Line of Balance: a new approach to planning and control in construction**. In: 2º FÓRUM INTERNACIONAL DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO – GESCON, 2011, Porto, Portugal.

SOUTO, R. G. **Gestão do processo de planejamento da produção em empresas construtoras de edifícios: estudo de caso**. 2006. 151 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOUZA, U.E.L. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. Brasil - Salvador, BA. 2000. v.1 p.421-428 il.. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8º, **Anais...**Salvador, 2000.

SOUZA, U.E.L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, U.E.L. Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado. São Paulo, 1996. 280p. Tese Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SYAL, M. G.; GROBLER, F.; WILLENBROCK, J.; PARFITT, M. K. Construction Project Planning Process Model For small-Medium Builders. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v.118, n.4, p. 651-666, 1992.

TAGLIARI, V. A. **Análise de utilização do sistema Kanban: multi estudos de casos de empresas da indústria automobilística da região de Curitiba**. 2006. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THOMAS, H.R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p 623-39, 1987.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Look-ahead planning: screening and pulling. In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2, 1997. São Paulo. **Anais...**, 1997.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. In: 31th EDUCAÇÃO E PESQUISA, 2005, São Paulo, Brasil, v. 31, n. 3, p. 443-466. Original em inglês.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.