UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAMILA MATTOS ALVIM

APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO NA RIBEIRO ALVIM ENGENHARIA LTDA

JUIZ DE FORA
2013

CAMILA MATTOS ALVIM

APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO NA RIBEIRO ALVIM ENGENHARIA LTDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: DSc. Clóvis Neumann

JUIZ DE FORA

2013

Alvim, Camila Mattos.
Aplicação do planejamento e controle da produção na construção civil : estudo de caso na Ribeiro Alvim Engenharia Ltda / Camila Mattos Alvim. – 2013.
75 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção)–Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

1. Administração da produção. 2. Construção civil. I. Título.

CDU 658.5

CAMILA MATTOS ALVIM

APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO NA RIBEIRO ALVIM ENGENHARIA LTDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 7 de março de 2013.

BANCA EXAMINADORA

_____

DSc. Clóvis Neumann (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

DSc. Marcos Martins Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

DSc. Luiz Henrique Dias Alves

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter iluminado meu caminho e por ter me dado força nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, pelo amor, pelo suporte e por toda confiança que depositaram em mim. Especialmente ao meu pai, agradeço por toda a ajuda, pelo incentivo e interesse pelo trabalho.

Às minhas irmãs, pela amizade e a todos os familiares pela constante torcida.

Ao Filipe pelo carinho e companheirismo em todos esses anos.

A todos os meus amigos por estarem sempre ao meu lado.

Ao Professor Clóvis pela disponibilidade e apoio durante a realização deste trabalho.

RESUMO

Com o atual crescimento do mercado da construção civil as empresas têm enfrentado um aumento de competitividade, pois o consumidor se tornou mais exigente quanto a prazos de entrega e qualidade dos produtos. A composição deste cenário tem feito com que as empresas construtoras busquem alternativas de melhoria de seus sistemas produtivos através da aplicação da Gestão da Produção e de princípios inicialmente desenvolvidos para o ambiente industrial. Somando-se a esses aspectos, nota-se que muitos problemas relacionados à baixa eficiência na construção civil estão associados a deficiências nas fases de planejamento e controle da produção, que para a maioria das obras ocorre sem a utilização de ferramentas específicas. A partir do contexto apresentado, o presente trabalho tem como objetivo aplicar o Planejamento e Controle da Produção em uma empresa da construção civil, através da realização do Planejamento das Necessidades de Material de uma de suas obras, buscando investigar as atuais atividades de planejamento existentes, suas falhas, restrições e propor melhorias ao processo de aquisição de materiais da empresa pela criação de uma Programação de Compras que possa auxiliar o setor de suprimentos, um setor fundamental para o fornecimento de recursos e para o cumprimento dos prazos de execução da obra.

Palavras-chave: Construção Civil. Gestão da Produção. Planejamento e Controle da Produção.

ABSTRACT

With the current growth of the construction market companies have faced increased competition as consumers become more demanding as the delivery and quality of products. The composition of this scenario has caused construction companies seek alternatives to improve their production systems through the application of Production Management and the principles originally developed for the industrial environment. Adding to these aspects, we note that many problems related to the low efficiency in construction are associated with deficiencies in planning and production control, which works for most occurs without the use of specific tools. From the context presented, this work has as its aims the application of Planning and Production Control in a civil construction company, by the Material Requirement Planning of one of its construction, trying to investigate the current planning activities, its failures, restrictions and suggesting improvements in the company material buying process through the implementation of an efficient purchase scheduling able to help the supply section, which is fundamental for resources supply and for meeting the deadline of construction.

Keywords: Construction. Production Management. Planning and Production Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento do PIB da Construção Civil x PIB Brasil 18

Figura 2 - Participação da Construção Civil no PIB do Brasil 19

Figura 3 - Participação da Construção Civil no emprego formal 20

Figura 4 - Níveis hierárquicos da estratégia de produção, funções do PCP x horizonte de tempo 25

Figura 5 - Fluxo de informação e PCP 27

Figura 6 - Modelo tradicional de um processo produtivo, como modelo de conversão..... 30

Figura 7 - Modelo de processo da *Lean Construction*..... 31

Figura 8 - Relação entre a influência do gerenciamento, a acurácia e o momento do planejamento..... 32

Figura 9 - Modelo básico de planejamento para micro e pequenas empresas de construção... 34

Figura 10 - Divisão de atividades macro em atividades menores para construção de uma casa 35

Figura 11 - Quadro de sequenciamento de atividades 36

Figura 12 - Exemplo de Diagrama de Rede 37

Figura 13 - Exemplo de Caminho Crítico 37

Figura 14 - Cronograma para exemplo de construção de uma casa 38

Figura 15 - Linha de Balanço 39

Figura 16 - Cartão de Produção 41

Figura 17 - Programação de materiais como decorrência da programação da produção 42

Figura 18 - Fatores internos e externos que afetam o fluxo de materiais 43

Figura 19 - Organograma da Empresa 46

Figura 20 - Cronograma geral de execução dos serviços 50

Figura 21- Cronograma simplificado das macro etapas 50

Figura 22 - Composição de serviço de alvenaria 52

Figura 23 - Consumo de materiais por unidade de serviço do orçamento 52

Figura 24 - Cronograma Etapas 2 e 3 54

Figura 25 - Necessidades de material por mês - Etapa 2 54

Figura 26 - Necessidades de material por mês - Etapa 3 55

Figura 27 - Informações sobre tempo de obtenção dos materiais 55

Figura 28 - MRP da Etapa 2 59

Figura 29 - MRP da Etapa 3 61

Figura 30 - Programação conjunta de compras para Etapas 2 e 3 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atuação do PCP nos três níveis hierárquicos da organização 25

Tabela 2- Cálculo da duração da atividade alvenaria 36

Tabela 3 - Necessidades totais de material por etapa 53

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APS - Advanced Planning Scheduling

BOM - Bill of Materials

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CPM - Critical Path Method

DEOP - Departamento de Obras Públicas de Minas Gerais

EAP - Estrutura Analítica do Projeto

ERP - Enterprise Resources Planning

FAR - Fundo de Arrendamento Residencial

FGV - Fundação Getúlio Vargas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MPS - Master Production Schedule

MRP - Material Requirement Planning

MRP II - Manufacturing Resources Planning

OC - Ordem de Compra

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PERT - Program Evaluation and Review Technique

PIB - Produto Interno Bruto

PMP - Plano Mestre de Produção

RM - Requisição de Materiais

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SindusCon-SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12

1.1 CONSIDERAÇÃES INICIAIS 12
1.2 JUSTIFICATIVA 14
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 14
1.4 OBJETIVOS 15
1.5 DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA 16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 16

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL 18
2.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO PCP 22
2.3 DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELACIONADOS AO PCP 24
2.3.1 PRINCIPAIS ATIVIDADES DO PCP 26
2.3.1.1 MRP - MATERIAL REQUIREMENT PLANNING 28
2.4 FILOFOSIAS DA GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 29
2.4.1 LEAN CONSTRUCTION 29
2.4.1.1 PRINCIPAIS CONCEITOS DA LEAN CONSTRUCTION 30
2.4.2 ATIVIDADES DE GESTÃO NA CONSTRUÇÃO 31
2.4.2.1 HORIZONTE DE PLANEJAMENTO PARA O PCP NA CONSTRUÇÃO 31
2.4.2.2 HIERARQUIAS DO PLANEJAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL 32
2.4.2.2.1 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO 35
2.4.2.2.2 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO: LOOKAHEAD PLANNING 39
2.4.2.2.3 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO: WEEKLY PLANNING 40
2.4.2.3 PROGRAMAÇÃO DE MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL 41
2.5 RESTRIÇÕES AO PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL 43

3. DESENVOLVIMENTO 45

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA 45
3.1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL 46
3.1.1.1 SETOR DE SUPRIMENTOS 47
3.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO 48
3.2.1 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO DO EMPREENDIMENTO 49
3.3 ESTUDO DE CASO 51
3.3.1 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DE MATERIAIS 51
3.3.1.1 NECESSIDADES DE MATERIAIS PARA AS ETAPAS 53
3.3.1.2 DEFINIÇÃO DO MOMENTO EM QUE OS MATERIAIS SÃO NECESSÁRIOS 54
3.3.2 CÁLCULO DO MRP 56

4. RESULTADOS 62

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS 62
4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 64

5. CONCLUSÕES 67

REFERÊNCIAS 68

ANEXO 1 – PLANTA DA IMPLANTAÇÃO 71

ANEXO 2 – PLANTA DOS APARTAMENTOS 72

ANEXO 3 – PLANTA DAS UNIDADES ADAPTADAS 73

ANEXO 4 – TERMO DE AUTENTICIDADE 74

ANEXO 5 – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA 75

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÃES INICIAIS

A construção civil é uma atividade que abrange grande quantidade de variáveis por estar inserida em um ambiente muito dinâmico e mutável. Nos últimos tempos, o setor vem sofrendo alterações significativas, pela intensificação da competitividade, globalização dos mercados e demanda mais exigente quanto à modernidade e qualidade dos produtos. Por outro lado, historicamente, o setor é deficiente quando se trata da utilização de ferramentas de gestão da produção e pouco investe em técnicas que tragam melhorias e modernizações ao processo produtivo.

Diante da percepção do cenário apresentado, as empresas construtoras vêm modificando sua atuação e buscando formas de gerenciar a produção e de melhorar o desempenho, através de mudanças no paradigma de produção tradicional. Essa mudança foi proporcionada pela incorporação de práticas, desenvolvidas originalmente para sistemas de produção industrial, no âmbito dos processos produtivos da construção (BERNARDES, 2001; MACHADO, 2003).

Segundo Isatto *et al*. (2000 *apud* KRAWCZYK FILHO, 2003) o planejamento e controle da construção pode ser considerado uma importante função gerencial para o alcance da eficiência e eficácia na execução de empreendimentos de construção.

O Planejamento e Controle da Produção é entendido como “um sistema de informações que gerencia a produção, do ponto de vista das quantidades a serem elaboradas, de cada tipo de bem ou serviço e do tempo necessário para sua execução” (PEREIRA e ERDMANN, 1998 *apud* RIBEIRO, 2006, p. 16).

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) pode atuar como aliado na obtenção de diferencial competitivo para as empresas da construção, cumprindo o papel fundamental de fornecer rapidamente a informação necessária.

Modificar a estrutura tradicional é um desafio para o setor, contudo, também uma grande oportunidade de obter perenidade para as empresas, pela capacidade de melhorar a gestão e o controle dos processos.

A falta de programação dos recursos utilizados na construção, incluindo o escalonamento de atividades a serem executadas e suas durações, tem impacto na confiabilidade dos prazos. A extensão do projeto para além do acordado com o cliente é um fator de insatisfação para o mesmo, e se torna cada vez mais recorrente na construção.

Obras são comumente relacionadas a altos níveis de desperdícios de recursos e tempo, ineficiências e gargalos no processo, esperas e movimentação de recursos excessivos. Essas características ganham maior proporção com a falta de planejamento e de gerenciamento da obra, que, além de impactar os prazos, refletem negativamente nos objetivos de desempenho: Qualidade, Custos, Velocidade, Confiabilidade e Flexibilidade.

Segundo Laufer (1990 *apud* BERNARDES, 2001) alguns dos benefícios que o planejamento proporciona são:

- Facilitar a compreensão dos objetivos do empreendimento, e com isso, aumentar as chances de atendê-los;
- Definir todo o trabalho exigido para que cada participante possa identificar e planejar sua parcela de trabalho;
- Desenvolver referência para outros processos como orçamento e programação;
- Possibilitar melhor coordenação, tanto vertical, como horizontal;
- Geração de informações para tomada de decisão consistente;
- Fundamentar decisões futuras através da análise dos impactos de decisões atuais;
- Melhoria de desempenho do processo, através da análise de viabilidade de adoção de processos alternativos;
- Aumentar velocidade de resposta às mudanças;
- Possibilita monitorar, revisar e controlar a execução, pela definição de padrões;
- Melhorar a utilização da experiência da gerência em processo de aprendizado contínuo.

Tendo em vista esses benefícios, bem como a importância do assunto, o tema Planejamento e Controle da Produção aplicado a uma empresa de construção civil foi escolhido para desenvolvimento deste trabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para desenvolver este tema surgiu do potencial de resultados que o Planejamento e Controle da Produção pode trazer para a construção de empreendimentos. Atualmente, poucas empresas utilizam algum tipo de técnica para elaborar um planejamento detalhado da obra antes de sua execução, e um número ainda menor monitora sua evolução para redirecionar o planejamento quando necessário, no entanto, esse processo é fundamental e tem forte impacto no desempenho da produção.

Segundo Mattos (2010) deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor da construção civil, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos.

Desta forma, o trabalho foi desenvolvido com o intuito de propor a utilização de técnicas de PCP a uma empresa de construção civil, que não utiliza um planejamento formalizado de suas obras. Com a análise do resultado obtido, pretende-se verificar se a execução do planejamento é proveitosa, para que a empresa passe a adotar a prática em todas as suas obras.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho consiste na realização de uma pesquisa preliminar dos conceitos e técnicas atualmente existentes da aplicação do PCP na construção civil. Esse estudo teve o objetivo de buscar fundamentação teórica para a etapa seguinte, que tratou da análise prática desses conceitos, através da elaboração de um Planejamento das Necessidades de Material em uma das obras da empresa Ribeiro Alvim Engenharia Ltda.

Através do projeto e do cronograma da obra, as etapas de execução do empreendimento foram desagregadas até chegar às necessidades de material para cada período do cronograma, obtendo-se detalhadamente quando e em que quantidade os recursos devem estar disponíveis para a execução da obra.

A abordagem das técnicas de PCP para a construção civil foi feita de forma ampla, não foram tratadas neste trabalho as variações e implicações que o tamanho ou complexidade das obras têm nos sistemas de planejamento. Foi elaborado o modelo para uma obra, cabendo

à empresa realizar as modificações necessárias de acordo com a variação de complexidade de suas obras.

Neste estudo de caso optou-se por realizar apenas o planejamento das necessidades de material, não incluindo no planejamento as necessidades de mão de obra e equipamentos, o que poderá ser realizado futuramente pela empresa. Apesar de a utilização da mão de obra e de equipamentos influenciar no planejamento das necessidades de material, o foco foi dado aos materiais para haver melhor aplicação do modelo do MRP – *Material Requirement Planning* ou Planejamento das Necessidades de Material, da forma como é estudado para a produção.

Outra delimitação do estudo foi a realização dos cálculos do MRP apenas para a Etapa 2 – Infra Estrutura e para a Etapa 3 – Supra Estrutura, em virtude de a etapa 1 – Serviços Preliminares e Gerais ser uma etapa que utiliza basicamente equipamentos, mão de obra e serviços administrativos.

As demais etapas, depois da 3, não foram contempladas pelo fato de serem uma repetição do método, e por isso, poderiam causar extensão excessiva do trabalho, porém, no planejamento que será usado na obra devem estar todas as etapas.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é discorrer sobre a aplicação do Planejamento e Controle da Produção em empresas da construção civil**,** pesquisando ferramentas e conceitos atualmente disponíveis. Posteriormente, verificar a aplicação dos conceitos na prática, através da elaboração do Planejamento das Necessidades de Material para a execução de uma das obras da empresa Ribeiro Alvim Engenharia Ltda. e da análise dos resultados obtidos.

1.5 DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA

A metodologia de trabalho baseia-se, inicialmente, na definição dos objetivos do trabalho, desdobramento do tema, pesquisa bibliográfica e posterior estudo de caso e apresentação dos resultados finais.

O levantamento bibliográfico abrange a conjuntura do setor da construção civil, a origem do Planejamento e Controle da Produção na indústria e a origem dos estudos sobre planejamento e controle aplicado à construção. Foram estudados os conceitos e ferramentas relacionados ao PCP para a construção, tratando de sua evolução, características e funções.

O estudo de caso foi feito posteriormente, para a conclusão prática do trabalho, na Ribeiro Alvim Engenharia Ltda, uma empresa do setor da construção, situada em Juiz de Fora. Para este estudo foi selecionada uma das obras da empresa para elaboração do Planejamento das Necessidades de Material (MRP).

Foram levantadas todas as informações necessárias ao planejamento, informações sobre a empresa e sobre o empreendimento, como, especificações do projeto, etapas de execução e cronograma de realização. A partir das informações levantadas foram realizados os cálculos das quantidades necessárias de cada material em cada período do cronograma.

O resultado final dos cálculos foi a geração de uma planilha de planejamento que poderá ser utilizada durante a execução da obra para coordenar a liberação de pedidos, de ordens de compra e a disponibilidade de recursos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, o primeiro discorre sobre a proposta de trabalho desenvolvida, incluindo a descrição do tema, as motivações para escolha do mesmo, os objetivos, resultados esperados, escopo trabalhado e metodologia.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos relacionados ao tema deste trabalho, em busca de fundamentação teórica e embasamento para desenvolvê-lo. Nesse capítulo está descrito o estado atual dos estudos sobre PCP e construção civil, abordando o PCP de forma geral e sua aplicação ao setor da construção.

No terceiro capítulo estão apresentadas informações sobre a empresa e sobre o empreendimento que foi objeto de estudo do trabalho. O estudo de caso está descrito de forma mais detalhada, com todas as informações coletadas, elaboração dos cálculos e apresentação do planejamento desenvolvido.

No quarto capítulo, é apresentado o resultado final e suas análises, levantando os pontos fortes do planejamento final e seus pontos de melhoria futura.

Ao final, no capítulo cinco, são descritas as conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL

No Brasil, o setor da construção civil vive um momento muito favorável, o que se deve ao reflexo de programas com o “Minha Casa, Minha Vida”, voltado para o mercado de imóveis que se destina às classes média e baixa, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), além das obras para a Copa de 2014 e Olimpíadas 2016.

O crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) demonstra o incremento das atividades do setor, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2010 o PIB da construção civil teve um crescimento recorde de 11,6%. Já em 2011, o crescimento foi de 3,6% e o resultado do primeiro semestre de 2012 é de um crescimento de 2,4 % em relação ao mesmo período do ano anterior. A Figura 1 (BANCO DE DADOS CBIC, 2012) apresenta estes dados:

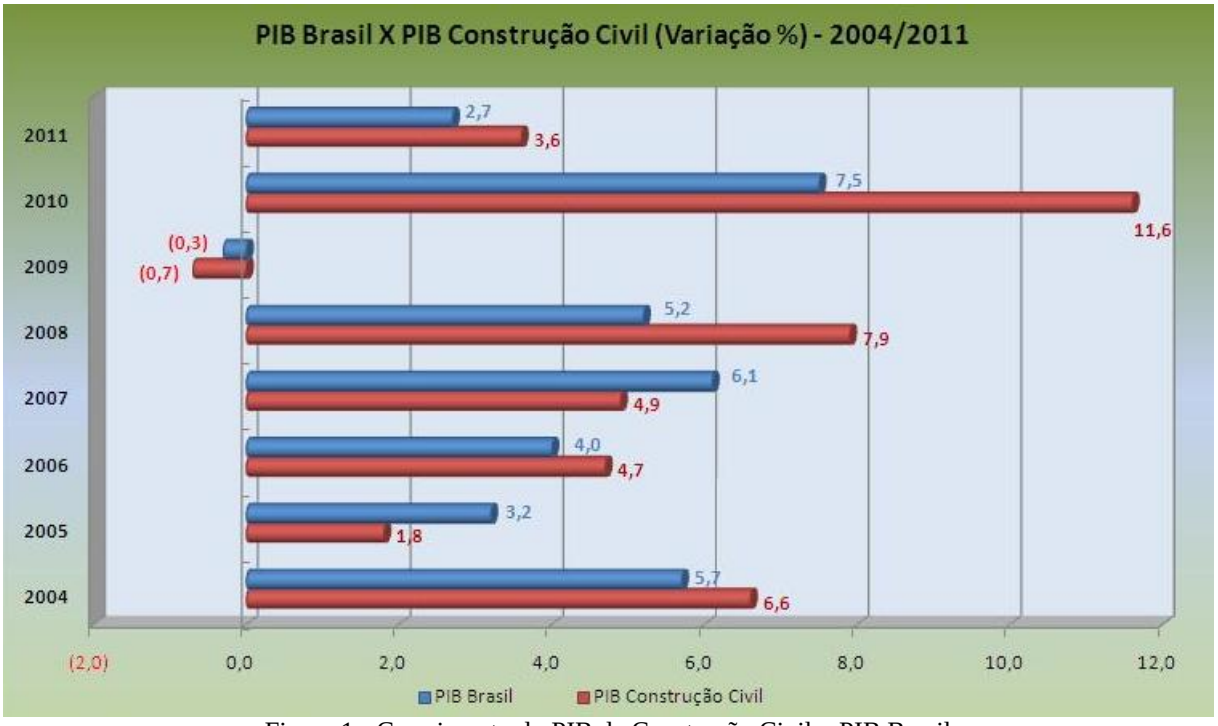


Figura 1 - Crescimento do PIB da Construção Civil x PIB Brasil
Fonte: IBGE *apud* Banco de Dados CBIC, 2012

A representatividade do PIB da construção em relação ao PIB do Brasil é de grande relevância, o que pode ser verificado pelos dados da Figura 2 (BANCO DE DADOS CBIC, 2012):

PARTICIPAÇÃO (%) DO PIB DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO PIB TOTAL BRASIL - 2000 a 2011

Ano	Construção Civil no Brasil (%)
2000	5,5
2001	5,3
2002	5,3
2003	4,7
2004	5,1
2005	4,9
2006	4,7
2007	4,9
2008	4,9
2009	5,3
2010*	5,7
2011*	5,8

Figura 2 - Participação da Construção Civil no PIB do Brasil
Fonte: IBGE *apud* Banco de Dados CBIC, 2012

A construção civil também é responsável pela movimentação de outros setores. Fazem parte de sua cadeia produtiva os seguintes seguimentos: cadeia de produtos de madeira, cadeia de argilas e silicatos, cadeia dos calcários, cadeia de produtos derivados de materiais químicos e petroquímicos, produtos da siderurgia e metalurgia de ferrosos, produtos da siderurgia e metalurgia de não ferrosos (SEBRAE, 2012).

Além da notável participação da construção civil no mercado nacional, esta também tem grande contribuição na geração de empregos do país. Segundo pesquisa do SindusCon-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) em conjunto com a FGV (Fundação Getulio Vargas), a construção civil brasileira gerou mais 46.447 novos empregos com carteira assinada em abril de 2012, o que representa um aumento de 1,41% na comparação com março do mesmo ano. A Figura 3 (REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO SINDUSCON - SP, 2012) apresenta o crescimento da participação da construção civil no emprego formal:

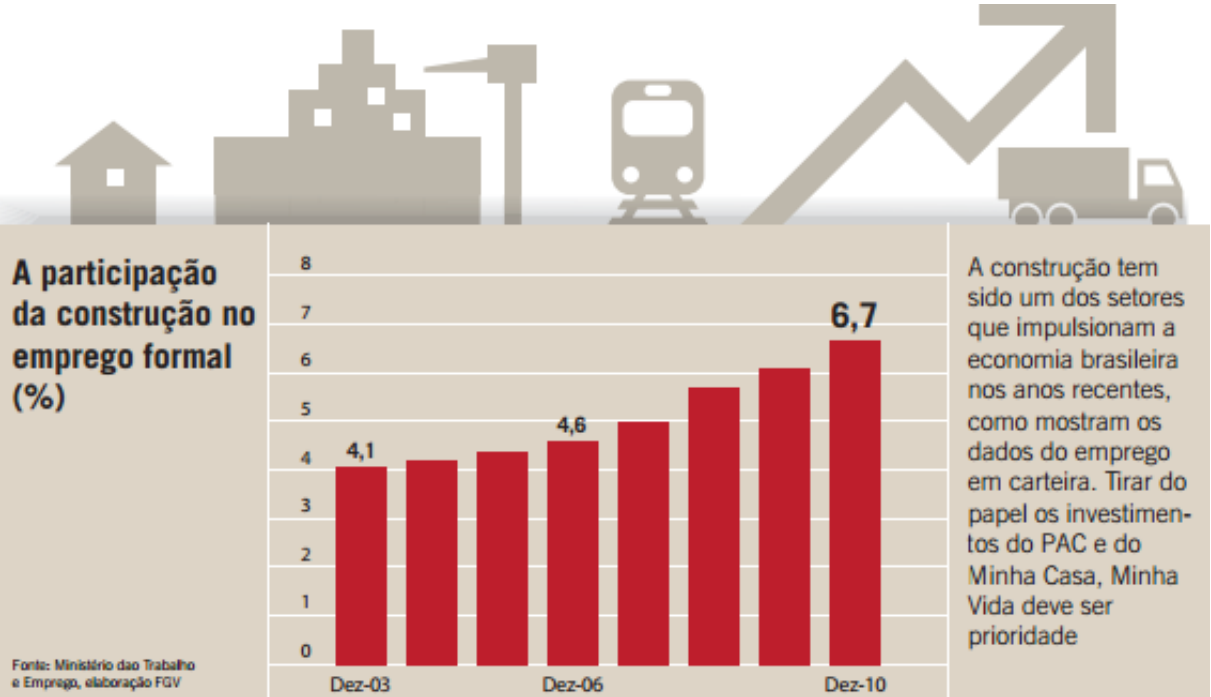


Figura 3 - Participação da Construção Civil no emprego formal
Fonte: FGV *apud* Revista Conjuntura da Construção SindusCon – SP, 2012

As transformações que vêm ocorrendo na conjuntura do setor ocasionaram uma mudança de postura das empresas construtoras, que para se adaptarem às necessidades do mercado, passaram a buscar aumento de eficiência produtiva e melhorias de qualidade em todo o processo de projeto e de produção, através da adoção de procedimentos de planejamento, programação e controle de suas atividades (FREITAS, 2005).

A construção civil é essencialmente uma indústria de transformação, que utiliza um sistema produtivo peculiar (CASAROTTO, 2002 *apud* FREITAS, 2005). Esse fato torna a aplicação do Planejamento e Controle da Produção ao setor mais desafiadora e ao mesmo tempo de extrema importância.

O processo produtivo da construção civil pode ser simplificadamente descrito pela transformação de insumos como mão de obra, cimento, areia, cal, brita, aço, tijolos, asfalto, tinta, madeira, telhas, equipamentos, ferramentas, máquinas, entre outros, nos mais diversos tipos de empreendimentos, como apartamentos, casas, prédios industriais, estradas e pontes (PEREIRA FILHO *et al.*, 2004).

O sistema produtivo da construção pode ser caracterizado com um sistema produtivo por projeto (SLACK *et al.*, 2002 *apud* MACHADO 2003). Nos sistemas produtivos por projeto existem particularidades quando comparados à manufatura convencional. Algumas

características observadas são: o alto nível de complexidade e variação dos processos, os produtos gerados são únicos, específicos e de alto valor agregado, imobilidade física do local de construção, o uso de mão de obra intensiva e pouco qualificada, a concentração temporária de recursos, longos prazos de execução e longo ciclo de vida do produto (TUBINO, 2007).

O planejamento para a construção de empreendimentos da construção civil é considerado complexo devido ao fato de que o produto final é único, portanto, a não padronização do mesmo se torna um dificultador. Apesar disso, por mais variáveis que sejam os produtos, os processos construtivos são conhecidos de experiências similares, vividas pelas empresas em projetos anteriores e podem servir de base para o planejamento, mesmo que as especificidades se alterem de acordo com cada projeto, as características gerais se mantêm as mesmas (MACHADO, 2003).

No entanto, na realidade não é assim que ocorre, ainda que se tenha o conhecimento necessário, as empresas da construção não conseguem obter o sucesso esperado do planejamento da produção, e continuam apresentando processos muito variáveis (MACHADO, 2003).

Segundo Kehl (1997 *apud* MACHADO, 2003, p. 3) “o setor da construção historicamente buscou inspiração nas práticas da manufatura seriada para organizar seu processo produtivo”.

Observando as práticas utilizadas nos últimos anos pelo setor, pode-se perceber a influência da indústria seriada através da utilização dos fundamentos da divisão do trabalho, da organização dos estágios da obra pela especialização de funções e da transmissão de conhecimentos entre operários oficiais e ajudantes. Nota-se também a presença da influência de princípios da administração científica, com os conceitos de tarefas e incentivos financeiros (MACHADO, 2003).

Faz-se necessária a modernização dos procedimentos aplicados à construção (MACHADO, 2003). Como ressaltado por Kehl (1997 *apud* MACHADO, 2003, p. 3) “a aplicação ainda mais extensiva de princípios da ciência da Engenharia de Produção à construção civil talvez seja a maior contribuição que se possa dar para este setor industrial, de modo a promover a redução de perdas em seus processos produtivos”.

Os baixos índices de produtividade da construção não se justificam mais pela desqualificação dos profissionais e sim pelas deficiências no planejamento e no gerenciamento dos projetos das empresas (CASAROTTO, 2002 *apud* FREITAS, 2005). As etapas de planejamento das construções são interpretadas como resultado da geração de planos e outros documentos que sirvam apenas para serem seguidos nas etapas de execução dos empreendimentos, normalmente conhecidos como cronograma geral da obra (BALLARD & HOWELL, 1997 *apud* BERNARDES, 2001).

2.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO PCP

A Revolução Industrial modificou os padrões de produção de bens de consumo e deu origem a uma percepção diferente sobre racionalidade econômica aplicada a sistemas de produção. Novos conceitos surgiram com a ciência da Administração, difundida por Frederick W. Taylor e Henri Fayol, e ao longo do tempo, vêm se modificando em consonância com o aumento de complexidade dos sistemas de produção e com a crescente necessidade de gerenciar esses sistemas, que envolvem recursos humanos, físicos e tecnológicos, para transformar entradas em saídas (LUSTOSA *et al*., 2008).

Taylor introduziu ideias que revolucionaram o pensamento da época, segundo ele a administração deveria basear-se na observação, medição, análise e aprimoramento dos métodos de trabalho. Seguindo as propostas de Taylor outros fundamentos se originaram, Frank Gilbreth desenvolveu o estudo dos tempos e movimentos e Henry Gantt criou um sistema de programação da produção baseado em gráficos e cálculos (LUSTOSA *et al*., 2008).

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é fruto dessa evolução, Gantt é um dos precursores do sistema de PCP baseado em restrições de capacidade e tempo, utilizando ainda métodos manuais de cálculo (LUSTOSA *et al*., 2008).

No século XX, Henry Ford aplicou os conceitos desenvolvidos até então, para a produção em massa de automóveis, empregando linha de montagem móvel e peças intercambiáveis (LUSTOSA *et al*., 2008).

Posteriormente, o aumento da complexidade dos bens, impulsionado pelo avanço tecnológico do pós-guerra, tornou difícil acompanhar o gerenciamento da produção com

sistemas de cálculo elaborados apenas pelo cérebro humano. Tal fato levou à criação de artifícios para a realização dos cálculos. Em 1960, pesquisadores como Joe Orlicky, Oliver Wight e G. W. Possl desenvolveram a teoria MRP *(Material Requirements Planning*), que foi introduzida no ambiente de produção como softwares tipo MRP, a partir do uso de computadores (LUSTOSA *et al*., 2008).

Em 1980, em virtude da crescente pressão por redução de custos e tempos, não bastava que as empresas garantissem materiais em tempo, também se tronou necessário garantir o dimensionamento correto dos recursos de produção. Assim, o MRP evoluiu para o MRPII (*Manufacturing Resources Planning*), que além das funções do MRP, também considera a capacidade dos recursos produtivos (LUSTOSA *et al*., 2008).

Os sistemas foram se aprimorando, seguindo as necessidades que surgiam à medida que o mercado aumentava. Em 1990, com a globalização, o acréscimo de competitividade levou grades empresas e multinacionais a investirem em perspectivas ainda mais abrangentes, houve então o advento dos sistemas ERP (*Enterprise Resources Planning*), que planejam e controlam todos os recursos da empresa e não só os de produção, sendo dividido em módulos como contabilidade, finanças e vendas. Em seguida, os sistemas se modernizaram ainda mais, as empresas passaram a adotas o APS (*Advanced Planning Scheduling*), módulo de otimização da produção, baseado em programação matemática para resolução de problemas de programação da produção, considerando restrições existentes (LUSTOSA *et al*., 2008).

Evidencia-se também que o PCP tem grande influência japonesa, o sistema Toyota de Produção, com princípios de redução de estoques, e a filosofia *Just-in Time* têm sido aplicados em conjunto com os sistemas MRP e MRPII (LUSTOSA *et al*., 2008).

As empresas continuam acompanhando as transformações dos sistemas de PCP, com o objetivo de sobreviver em um mercado de acirrada concorrência e busca por redução de *lead-times*, atendimento de prazos, melhores preços, com alta flexibilidade e alto volume de produção, por meio da redução de erros nas atividades produtivas planejadas. Essas questões preocupam não só grandes empresas, mas principalmente empresas pequenas, nas quais o PCP pode atuar como elemento estratégico para a competitividade.

2.3 DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELACIONADOS AO PCP

Pode-se definir o Planejamento e Controle da Produção como conjunto de atividades gerenciais a serem implantadas para a concretização da produção de um produto (PIRES, 1995 *apud* FREITAS, 2005).

O sistema de gerenciamento da produção é constituído pelas funções básicas de planejamento e controle, sendo que o planejamento é responsável por definir metas e a sequência desejada de eventos para atingi-las. Por sua vez, o controle, tem o papel de fazer com que os eventos se aproximem do que foi planejado, para isso, inicia o replanejamento quando a sequência não é a desejável e armazena o aprendizado das falhas em relação ao plano (BALLARD, 2000).

Slack *et al*. (2002 *apud* MACHADO, 2003) estabelecem que o planejamento é a formalização, no presente, do que se espera que aconteça em determinado momento do futuro, definindo as ações que devem ser tomadas para atingir um objetivo futuro. O controle atua no direcionamento desse planejamento, por meio da comparação entre o que foi realizado e o plano, providenciando o realinhamento do plano quando necessário. O PCP deve ainda conciliar a capacidade de fornecimento de uma operação com a demanda existente sobre ela, tratando tanto do fornecimento de produtos aos clientes, quanto do fornecimento interno de insumos às operações.

O PCP é encarregado de fornecer as informações necessárias para o gerenciamento eficiente do fluxo de materiais na produção, através da utilização eficaz dos recursos, coordenação de atividades com fornecedores e comunicação com os clientes sobre requisitos de mercado (VOLLMAN *et al.*, 1997 *apud* FREITAS, 2005).

Segundo Tubino (2007) o PCP é responsável por coordenar e aplicar os recursos produtivos, visando atender da melhor forma possível os planos estabelecidos nos três níveis hierárquicos da organização, que são os níveis: estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e operacional (curto prazo), conforme mostrado na Tabela 1 (LUSTOSA *et al.*, 2008, p. 10):

Tabela 1 - Atuação do PCP nos três níveis hierárquicos da organização

Nível Estratégico	São definidas políticas estratégicas de longo prazo. O planejamento da capacidade é elaborado no nível estratégico, definindo a capacidade da planta. Já o planejamento agregado de produção é elaborado como uma transição para o nível tático, definindo o composto (ou mix) das estratégias específicas de produção.
Nível Tático	São estabelecidos planos de médio prazo para a produção, obtendo-se o *MPS (Master Production Schedule)* ou Plano Mestre de Produção (PMP).
Nível Operacional	São preparados os planos de curto prazo, como resultado do *MRP (Material Requirement Planning)* ou Planejamento das Necessidades de Materiais. Neste nível são gerenciados os estoques, as ordens de produção são sequenciadas, as ordens de compra são emitidas e liberadas, assim como são executados o acompanhamento e o controle.

Fonte: Lustosa *et al.*, 2008, p. 10

Os níveis hierárquicos também podem ser associados a horizontes de tempo, como ilustrado na Figura 4 (LUSTOSA *et al.*, 2008, p. 10):

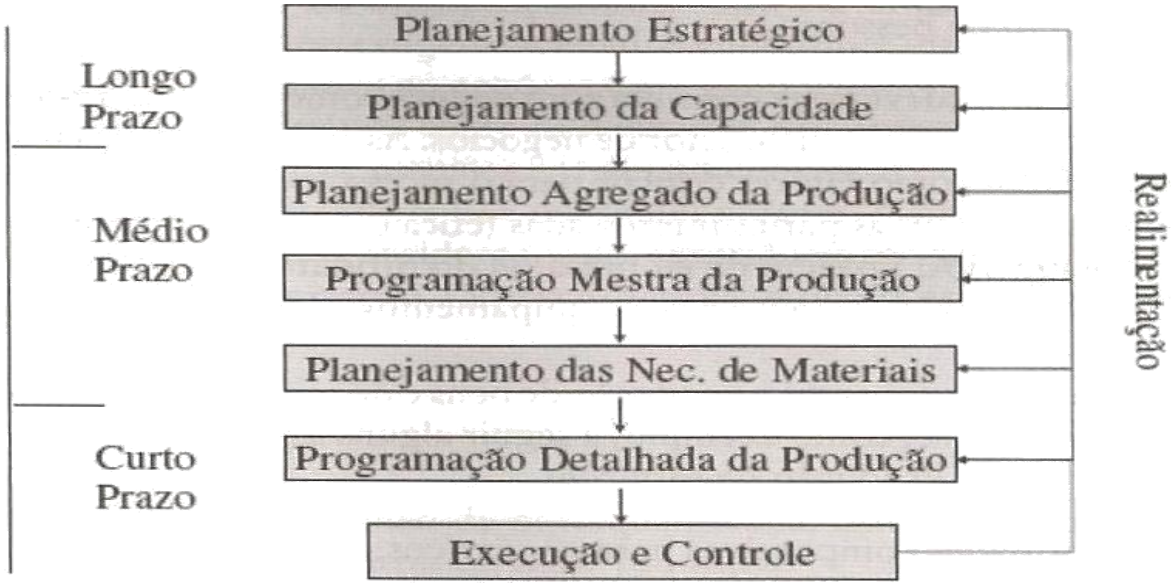


Figura 4 - Níveis hierárquicos da estratégia de produção, funções do PCP x horizonte de tempo
Fonte: Lustosa *et al.*, 2008, p. 10

2.3.1 PRINCIPAIS ATIVIDADES DO PCP

O PCP atua em conjunto com diversos setores do sistema produtivo e administra as informações vindas dos mesmos, transformando-as em ordens de produção, ordens de compra e ordens de montagem.

Os principais inputs de outras áreas para o PCP, segundo Tubino (2007) são:

Engenharia do Produto: informações contidas em lista de materiais e desenhos técnicos (estrutura do produto);

Engenharia de Processos: roteiros de fabricação com tempos padrões de atravessamento (lead times);

Marketing: previsões de venda de longo e médio prazo, pedidos firmes em carteira;

Manutenção: planos de manutenção;

Compras/Suprimentos: informa as entradas e saídas dos materiais em estoque;

Recursos Humanos: programas de treinamento e de reuniões de segurança, dados sobre absenteísmo e afastamento de funcionários.

Finanças: plano de investimentos e fluxo de caixa.

Na Figura 5 (TUBINO, 2007, p. 3) está representado o fluxo de informações de outros setores para o PCP:

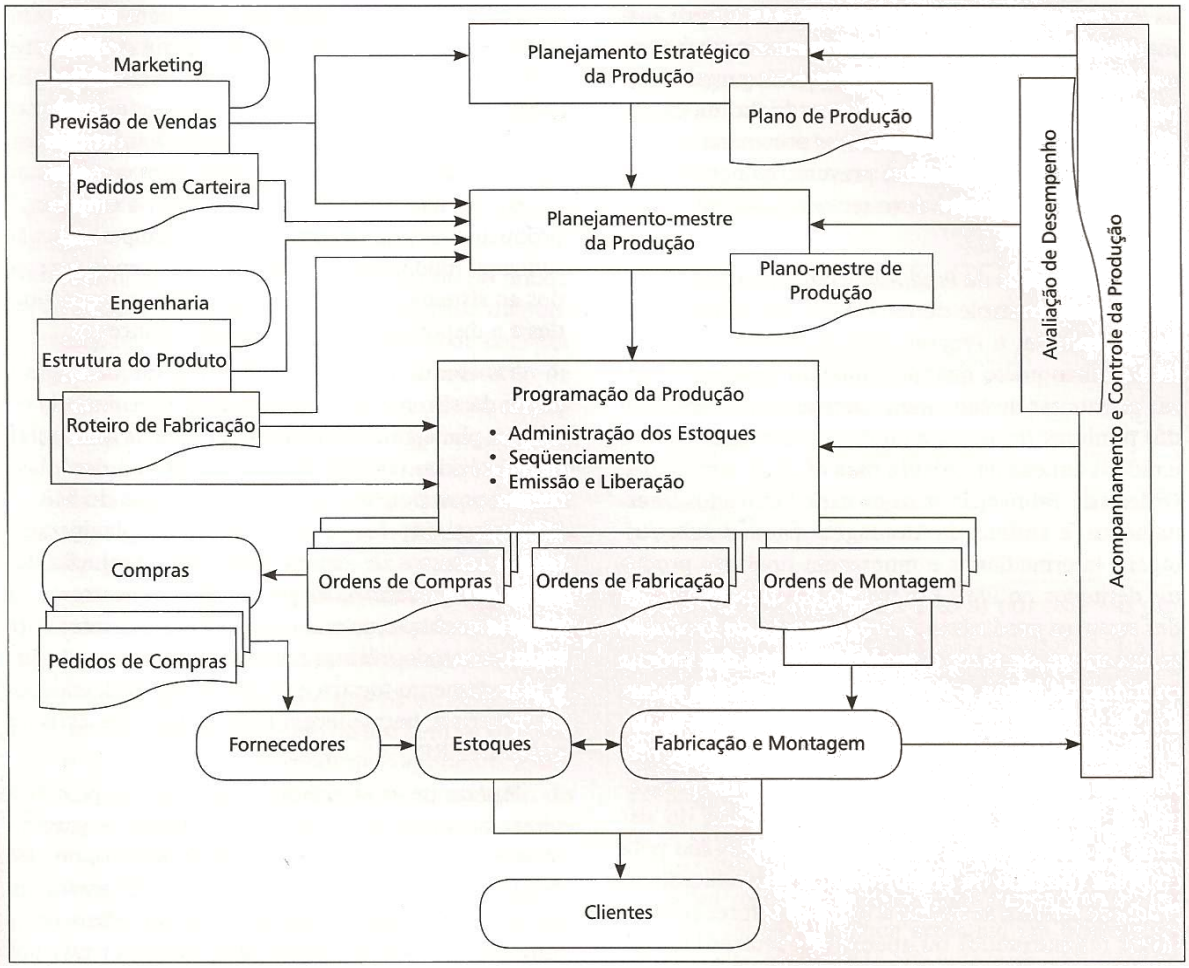


Figura 5 - Fluxo de informação e PCP
Fonte: Tubino, 2007, p. 3

As atividades do PCP podem ser descritas como:

Carregamento: o carregamento da produção significa a determinação do volume que uma operação pode suportar, ou seja, a definição da quantidade de trabalho que será alocada a cada parte da operação. O carregamento pode ser finito, em que é possível limitar a carga de trabalho, ou infinito, em que a operação não limita aceitação de trabalho, pois pode corresponder a ele.

Sequenciamento: estabelece a prioridade de tarefas a serem desempenhadas, a partir de regras predefinidas, para que seja decidida a sequência do trabalho a ser realizado na operação.

Programação (*scheduling*): a programação é responsável por determinar quando as atividades serão iniciadas e terminadas, isto é, o momento de início e fim de cada uma delas, resultando em declarações de volume e horário (ou datas).

Monitoramento e controle da operação: após ter sido realizado o carregamento, sequenciamento e programação das operações, o monitoramento e controle tem a função de verificar a aderência ao que foi planejado.

2.3.1.1 MRP - MATERIAL REQUIREMENT PLANNING

O MRP (*Material Requirement Planning*) ou Planejamento das Necessidades de Material é um sistema de auxílio às empresas na elaboração de cálculos de volume e tempo. O sistema calcula as necessidades de materiais e planos de produção a partir de demandas dependentes, visando atender pedidos previstos ou conhecidos (MARTINS, 2000 *apud* DI BELLO, 2007).

O produto a ser produzido é decomposto em componentes até o último nível, originando sua lista de materiais, também conhecida como BOM (*Bill of Materials*) (MARTINS, 2000 *apud* DI BELLO, 2007).

O MRP será alimentado por informações do plano mestre de produção, dos estoques, da BOM, das restrições de mão de obra, de equipamentos e dos *lead times*, tendo como saída as ordens de compra e ordens de produção (MARTINS, 2000 *apud* DI BELLO, 2007).

Segundo Martins (2000 *apud* DI BELLO, 2007) para a implantação e funcionamento de um sistema MRP deve-se considerar os seguintes aspectos:

Controle de Estoques: o controle de estoque é essencial para a operação do MRP e deve estar integrado ao mesmo;

Plano Mestre: nele será definida a demanda a ser atendida, sendo que no MRP pode haver a necessidade de alteração dessa demanda por alterações no projeto;

Compras: uma das saídas do MRP será a relação de itens a serem comprados, essa relação irá fundamentar as ações do setor de compras;

Para a construção civil o objetivo do MRP é fazer com que os bens provenientes de fornecedores estejam disponíveis dentro do almoxarifado no momento em que forem requisitados na obra, com isso, é possível integrar a demanda da obra com a rede de suprimentos (DI BELLO, 2007).

2.4 FILOFOSIAS DA GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Teorias e princípios da gestão aplicados ao processo produtivo da construção começaram a surgir como uma nova tendência. Para gerenciar qualquer processo produtivo é necessário identificar o sistema de produção, através da observação de estruturas típicas e assim, definir diretrizes para o seu gerenciamento (MACHADO 2003).

2.4.1 LEAN CONSTRUCTION

No final da década de 70, as empresas da construção vivenciaram modificações na estrutura produtiva convencional com o surgimento de um novo modelo de gestão da produção. Este modelo surgiu na indústria automobilística japonesa, com o Sistema Toyota de Produção (FORMOSO, 2000 *apud* BERNARDES, 2001).

O novo paradigma ficou comumente conhecido como "Produção Enxuta", que segundo Womack *et al.* (2004) é definida por utilizar menores quantidades de tudo em relação à produção em massa, utiliza menos esforço, menos espaço para produção, menos investimento, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo, além de reduzir estoques e diminuir o índice de defeitos. Eliminando qualquer tipo de trabalho considerado desnecessário para a produção, denominado de perda, que gere custos, mas não agregação de valor (BERNARDES, 2001).

A partir da definição de um novo modelo de gestão da produção, estudos foram iniciados, com o objetivo de adequar os conceitos da Produção Enxuta a diversos setores (FORMOSO, 2000 *apud* BERNARDES, 2001). Koskela (1992) foi quem inicialmente propôs a filosofia da *Lean Production* para a construção civil e posteriormente um grupo internacional de pesquisadores chamado Grupo Internacional da *Lean Construction* destacou-se pelo estudo da aplicação do modelo (HOWELL, 1999 *apud* BERNARDES, 2001).

O desenvolvimento de um sistema eficiente de planejamento e controle é um avanço inicial no caminho da implementação das propostas da *Lean Construction*, pois através dele seria possível tomar ações que contribuíssem para a redução de atividades que não agregam valor ao processo produtivo, e que assim, venham a reduzir os desperdícios encontrados na indústria da construção. (HOWELL, 1999 *apud* BERNARDES, 2001).

Embora existam muitos trabalhos definindo os princípios e conceitos da *Lean Construction*, ainda pouco se encontra sobre como as empresas poderiam implantá-los na prática.

2.4.1.1 PRINCIPAIS CONCEITOS DA LEAN CONSTRUCTION

A principal mudança conceitual inserida pela *Lean Construction* é a forma de definir os processos e operações produtivas da construção civil (KOSKELA, 1992).

Tradicionalmente, um processo de produção é definido como a conversão de matéria-prima em produtos, chamado de modelo de conversão (KOSKELA, 1992). O processo de conversão pode ainda ser dividido em atividades de conversão menores ou em subprocessos, que no paradigma tradicional são chamadas de operação (menor divisão hierárquica de um processo) (SHINGO, 1996 apud BERNARDES, 2001).

A partir da visão tradicional, os custos do processo global poderiam ser minimizados pela redução de custos dos subprocessos (KOSKELA, 1992). A Figura 6 (KOSKELA, 1992, p. 13) apresenta o modelo tradicional de um processo produtivo:

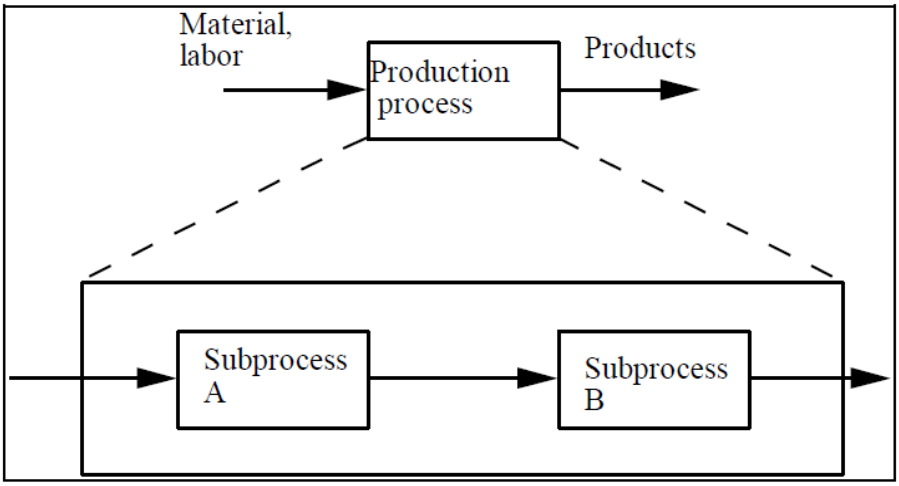


Figura 6 - Modelo tradicional de um processo produtivo, como modelo de conversão
Fonte: Koskela, 1992, p. 13

Este modelo é geralmente adotado na elaboração de planos e orçamentos de obras, são registradas nesses planos convencionais apenas atividades que agregam valor ao produto, ou seja, atividades de conversão. Na *Lean Construction* consideram-se as atividades de conversão, mas também, as atividades de fluxo (KOSKELA, 1992). As atividades de fluxo podem ser transporte, movimentação ou espera (BERNARDES, 2001).

As atividades de conversão agregam valor ao processo, no entanto, o gerenciamento das atividades de fluxo é que irão gerar aumento no desempenho dos processos produtivos (KOSKELA, 1992). Essas atividades são as principais causadoras de desvios de planos, sem analisar os impactos dessas atividades no fluxo global não é possível detectar causas de perdas e desvios (BALLARD & HOWELL, 1996 *apud* Bernardes, 2001). Na Figura 7 (BERNARDES, 2001, p. 15) é apresentado o modelo de processo segundo a *Lean Construction*:

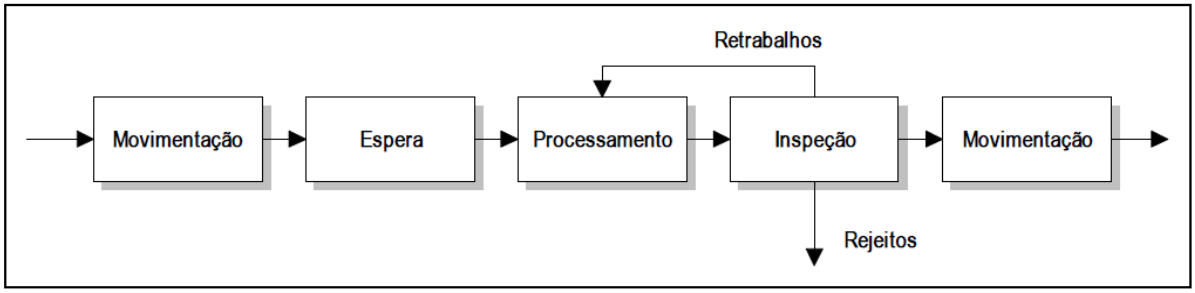


Figura 7 - Modelo de processo da *Lean Construction*
Fonte: Adaptado de Koskela, 1992 *apud* Bernardes, 2001, p. 15

2.4.2 ATIVIDADES DE GESTÃO NA CONSTRUÇÃO

2.4.2.1 HORIZONTE DE PLANEJAMENTO PARA O PCP NA CONSTRUÇÃO

Segundo Corrêa, Gianesi & Caon (2000 *apud* MACHADO, 2003) horizonte de planejamento refere-se ao intervalo de tempo futuro no qual haja interesse em desenvolver um plano eficaz. Não existe uma maneira única de se definir esse horizonte, de maneira que se encaixe a qualquer tipo de situação, o melhor modo é definir o horizonte de tempo considerando o nível de incerteza de cada sistema produtivo. Quanto maior o nível de incerteza, menor deve ser o horizonte de tempo do planejamento, pois nesses casos, para um sistema produtivo com alta incerteza, o período de tempo menor possibilita ter maior precisão.

Para a construção, mesmo com os altos níveis de incerteza, Laufer & Tucker (1988 *apud* MACHADO, 2003) consideram que o planejamento deve ter um amplo horizonte de tempo, visto que os planos devem ser elaborados o mais cedo possível para reduzir as dificuldades relativas às restrições do projeto e aumentar a influência sobre os custos. Para eles, a relação entre a acurácia do plano de longo prazo e a incerteza está associada à carência de informações, à medida que o tempo entre o planejamento e a ação diminui, a

disponibilidade de informações aumenta e melhora a precisão dos planos, o que naturalmente leva a novos horizontes com períodos menores.

A Figura 8 (MACHADO, 2003, p.53) retrata que quanto mais próxima se torna a implantação do plano, a capacidade de influência do gerenciamento se torna reduzida, no entanto, a acurácia do planejamento se torna maior, em virtude do aumento de informações disponíveis (MACHADO, 2003).

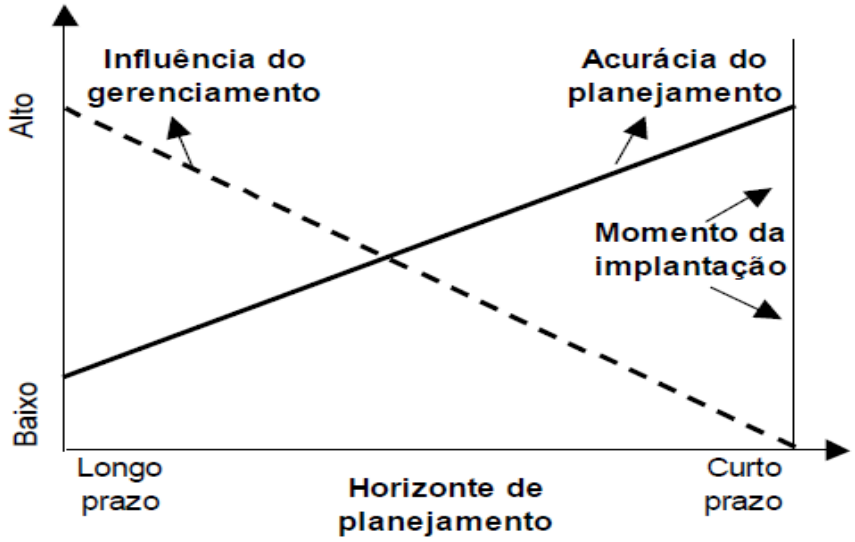


Figura 8 - Relação entre a influência do gerenciamento, a acurácia e o momento do planejamento
Fonte: Adaptado de Laufer & Tucker,1988 *apud* Machado, 2003, p.53

2.4.2.2 HIERARQUIAS DO PLANEJAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

O Planejamento será a etapa de preparação para a execução do projeto, nessa etapa o objetivo é antever o que será executado, quando e como será executado.

Para a construção civil as decisões de planejamento se dividem em estratégicas, ou de longo prazo, táticas, ou de médio prazo e decisões de planejamento operacional e controle, de curto prazo.

Detalhando essas etapas para um projeto de construção, no primeiro nível do planejamento será definido o plano inicial, que origina o cronograma geral da obra. Nesse documento, serão tratadas e definidas questões relativas ao desembolso financeiro, ao sequenciamento de atividades e à previsão dos recursos necessários para a concretização da obra, tendo em vista os objetivos gerais e restrições do projeto como um todo (BALLARD, 2000).

A geração dos planos pode utilizar como base as ferramentas de redes CPM, gráficos de Gantt ou Linhas de Balanço, nas quais são especificadas as informações a respeito de início e fim de atividades e a duração máxima da execução (MACHADO, 2000 *apud* MACHADO, 2003).

No segundo nível de planejamento, será feita uma previsão mais detalhada e com maior precisão do que a que foi feita para o primeiro nível. O planejamento tático é derivado dos planos de nível estratégico, seu objetivo é readequar o plano de longo prazo e determinar os meios de atingir os objetivos do mesmo (BALLARD, 2000).

No nível operacional será realizado o planejamento das atividades a serem realizadas no curto prazo, normalmente são esquematizações dessas atividades considerando um dia de trabalho, ou até uma quinzena. Para isso, é necessário estabelecer os recursos necessários para execução do trabalho de cada dia (MACHADO, 2003).

O plano operacional define o trabalho físico a ser realizado no dia seguinte, o que seria equivalente às ordens de produção. A partir desse plano ocorre o trabalho real e não a geração de outros planos, como acontece nos níveis acima (BALLARD, 2000).

Bernardes (2001) definiu um modelo básico para iniciar a formalização do processo de planejamento e controle da produção. Para esse autor o planejamento é iniciado com a preparação do plano de longo prazo, que irá definir uma visão macro dos serviços a serem executados no canteiro.

O plano elaborado é revisado pelo diretor técnico da empresa e aprovado por ele a partir de uma análise de fluxo de caixa previsto para a obra. Também deve ser analisada a compatibilidade do cronograma com as outras obras da empresa, para não ocorrer o compartilhamento de recursos entre elas. O resultado obtido é o cronograma físico-financeiro da obra (BERNARDES, 2001).

Depois de iniciada a obra, o cronograma físico-financeiro deve ser atualizado periodicamente, acompanhando o desempenho real dos trabalhos. O engenheiro irá identificar os serviços que estão sendo executados, o percentual concluído e os possíveis desvios em relação ao plano (BERNARDES, 2001).

No médio prazo, o plano preparado pelo engenheiro irá conter a programação de contratações ou demissões de mão de obra, alocação de recursos, compra de insumos, ou seja, todas as atividades que incluem os recursos a serem providenciados (BERNARDES, 2001).

O plano para o curto prazo será elaborado pelo engenheiro em conjunto com o mestre de obras. A Figura 9 (BERNARDES, 2001, p. 121) mostra esquematicamente o modelo básico de planejamento para micro e pequenas empresas de construção:

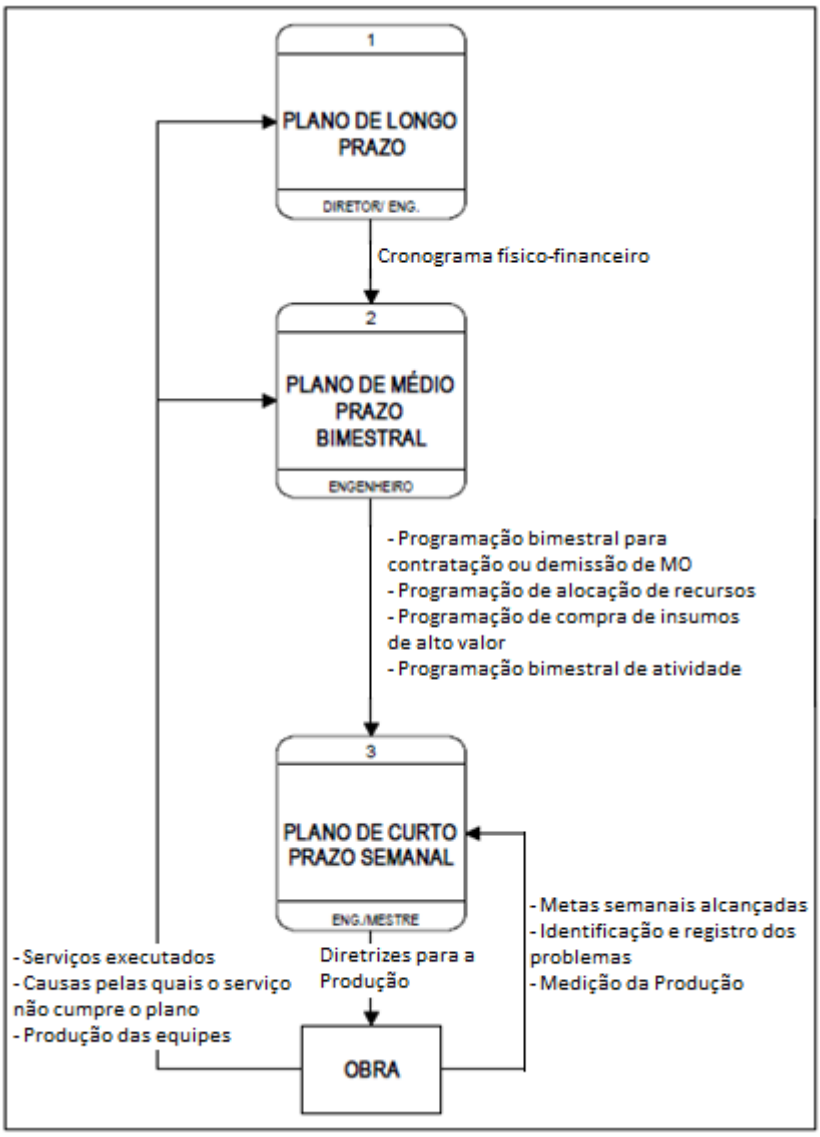


Figura 9 - Modelo básico de planejamento para micro e pequenas empresas de construção
Fonte: Adaptado de Bernardes, 2001, p. 121

2.4.2.2.1 PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO

No planejamento de longo prazo constarão os serviços agregados, na forma dos itens orçamentários, isso acontece em virtude da incerteza que gera a desagregação das fases da obra em operações e componentes, para uma previsão de longo prazo. Sendo assim, a forma mais confiável de realizar planejamentos de longo prazo para a construção é utilizar a agregação dos serviços (MACHADO, 2003).

O planejamento de uma obra, em geral, segue a seguinte sequência:

1) **Identificação das atividades**: identificar todas as atividades que farão parte do cronograma geral da obra, para isso pode-se utilizar a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que subdivide a totalidade da obra em pacotes de trabalho menores, conforme ilustrado na Figura 10 (MATTOS, 2010, p.46):

Figura 10 - Divisão de atividades macro em atividades menores para construção de uma casa
Fonte: Mattos, 2010, p.46

2) **Definição de durações:** determinação da duração das atividades do cronograma. A duração será variável de acordo com a quantidade de serviço, produtividades e quantidade de recursos alocados. A Tabela 2 (MATTOS, 2010, p.47) exemplifica o cálculo da duração da atividade de alvenaria:

Tabela 2- Cálculo da duração da atividade alvenaria

ALVENARIA	
Quantidade de alvenaria	120 m²
Produtividade do pedreiro	1,5 m² / h
Jornada de trabalho	8h / dia
Duração da atividade	120 m² / 1,5 m²/h = **80 h de trabalho (10 dias)**

Fonte: Mattos, 2010, p.47

3) **Definição de precedências:** sequenciamento das atividades, ou seja, estabelecer a dependência entre as atividades, baseando-se na metodologia de construção da obra. Para todas as atividades definem-se as atividades predecessoras, que são aqueles que precisam ser finalizadas antes do início da atividade em questão. A Figura 11 (MATTOS, 2010, p.49) ilustra a definição de precedências das atividades:

Quadro de sequenciação			
Atividade		Duração	Predecessora
FUNDAÇÃO			
A	ESCAVAÇÃO	1 dia	—
B	SAPATAS	3 dias	Escavação
ESTRUTURA			
C	ALVENARIA	5 dias	Sapatas
D	TELHADO	2 dias	Alvenaria
E	INSTALAÇÕES	9 dias	Sapatas
ACABAMENTO			
F	ESQUADRIAS	1 dia	Alvenaria
G	REVESTIMENTO	3 dias	Telhado, instalações
H	PINTURA	2 dias	Esquadrias, revestimento

Figura 11 - Quadro de sequenciamento de atividades
Fonte: Mattos, 2010, p.49

4) **Diagrama de redes:** é o conjunto de atividades inter-relacionadas entre si, que estabelecem a lógica de execução do projeto. Através do diagrama é possível ter uma visualização gráfica do projeto como um fluxo de atividades. A Figura 12 (MATTOS, 2010, p.50) exemplifica o Diagrama de Rede:

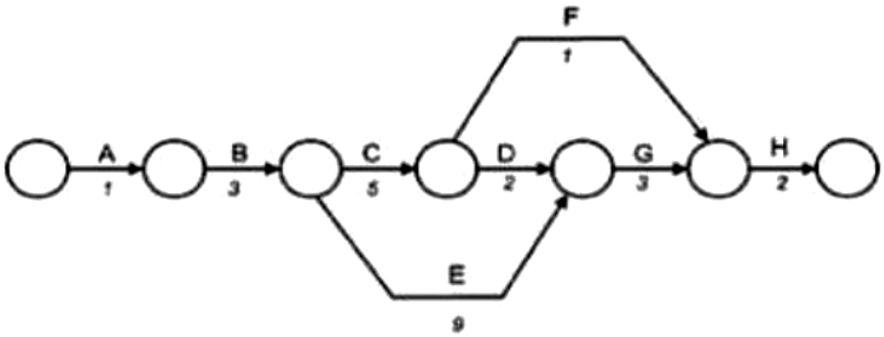


Figura 12 - Exemplo de Diagrama de Rede
Fonte: Mattos, 2010, p.50

5) **Identificação do caminho crítico:** caracteriza-se pela sequência de atividades que produz o caminho mais longo, que será a duração total do projeto. Qualquer atraso nessas atividades acarreta em atraso no tempo total. A Figura 13 (MATTOS, 2010, p.51) apresenta um exemplo de Caminho Crítico:

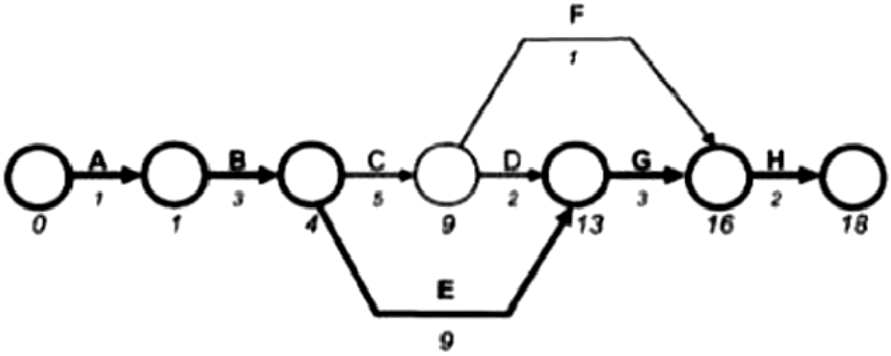


Figura 13 - Exemplo de Caminho Crítico
Fonte: Mattos, 2010, p.51

6) **Geração do Cronograma:** será o produto final do planejamento. O Gráfico de Gantt é caracterizado por ser um gráfico em que o eixo horizontal representa a unidade de tempo e o vertical, as atividades a serem executadas, sendo possível a vinculação entre elas. Um exemplo de cronograma para construção de uma casa pode ser observado na Figura 14 (MATTOS, 2010, p.53):

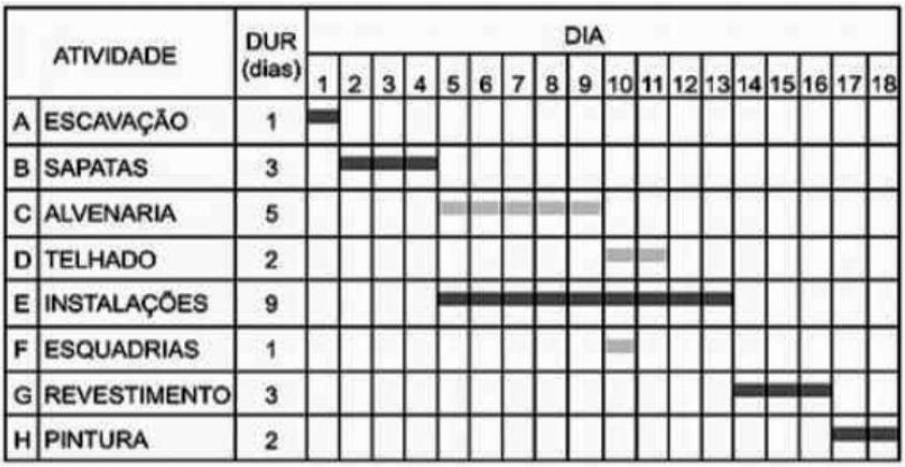


Figura 14 - Cronograma para exemplo de construção de uma casa
Fonte: Mattos, 2010, p.53

As principais questões a serem esclarecidas no horizonte de longo prazo são o quê produzir ou comprar, quem irá produzir e onde produzir (local da obra). Essas questões podem ser definidas de forma eficiente através da Linha de Balanço (DAFICO e MACHADO, 1995 *apud* MACHADO, 2003).

A linha de balanço representa os principais fluxos de trabalho da obra em um gráfico que retrata os componentes necessários para a programação (BERNARDES, 2003 *apud* DI BELLO 2007).

A linha de balanço é uma das ferramentas de programação que pode ser utilizada para planejar e acompanhar o desenvolvimento das atividades da construção. É indicada para projetos de caráter repetitivo, pois parte do princípio que para a construção de empreendimentos a maioria dos processos se repete ao longo do tempo (MENDES JR e HEINECK, 1997).

Na linha de balanço as atividades repetitivas são programadas de acordo com seu ritmo de produção e conclusão, ou seja, é retratado o número de unidades de uma operação que as equipes conseguem concluir em uma unidade de tempo.

O ritmo de produção é representado graficamente em um diagrama espaço/tempo, em que o eixo vertical apresenta as unidades básicas e o eixo horizontal apresenta o tempo, conforme mostrado na Figura 15 (MACHADO e HEINECK):

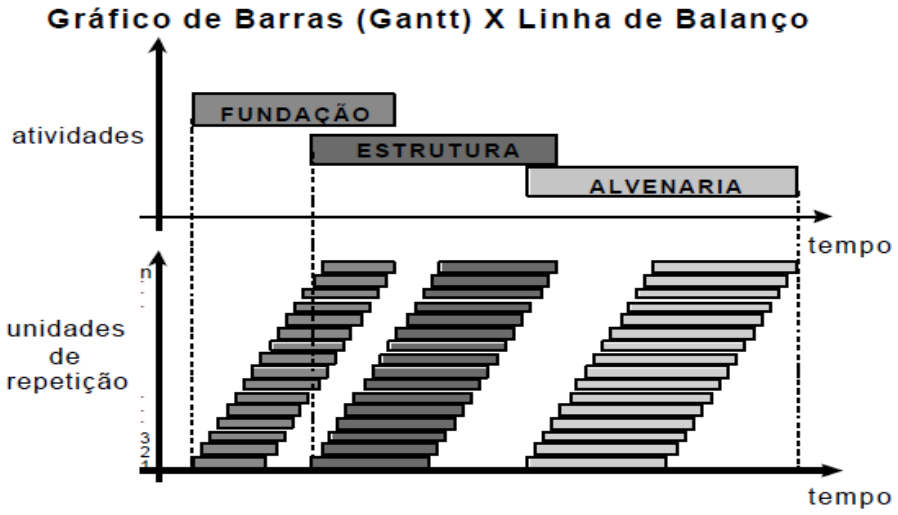


Figura 15 - Linha de Balanço
Fonte: Machado e Heineck (http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_II.pdf)

2.4.2.2.2 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO: LOOKAHEAD PLANNING

À medida que se aproxima o momento da execução, é necessário decompor os planos de longo prazo em horizontes de tempo menores e torná-los mais próximos da realidade.

O modelo *Lookahead Planning* de Ballard (2000) tem a principal vantagem de fazer a ligação entre as decisões de longo prazo da Linha de Balanço, com as ações de nível operacional, em horizonte de um dia até uma quinzena.

Na lógica de planejamento *Lookahead*, antecipa-se todas as operações a serem realizadas para garantir que em um futuro próximo (4 a 6 semanas) sejam executados todos os serviços que tenham essas operações como atividades auxiliares ou constituintes. As atividades auxiliares são aquelas que devem ser realizadas anteriormente para possibilitar a execução de operações posteriores, definidas na lógica de redes do plano de longo prazo (BALLARD, 2000).

Para exemplificar, se um serviço de pintura foi programado na linha de balanço em determinado período, a preparação de andaimes, a emissão da ordem de compra dos materiais

necessários e a disponibilização de mão de obra devem ser providenciadas com antecedência, para permitir que a etapa de pintura inicie conforme o planejado (MACHADO e HEINECK).

Parece uma ideia simples, mas o que se observa na realidade é que esse processo não ocorre de forma organizada na maioria dos canteiros de obra (MACHADO e HEINECK).

2.4.2.2.3 PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO: WEEKLY PLANNING

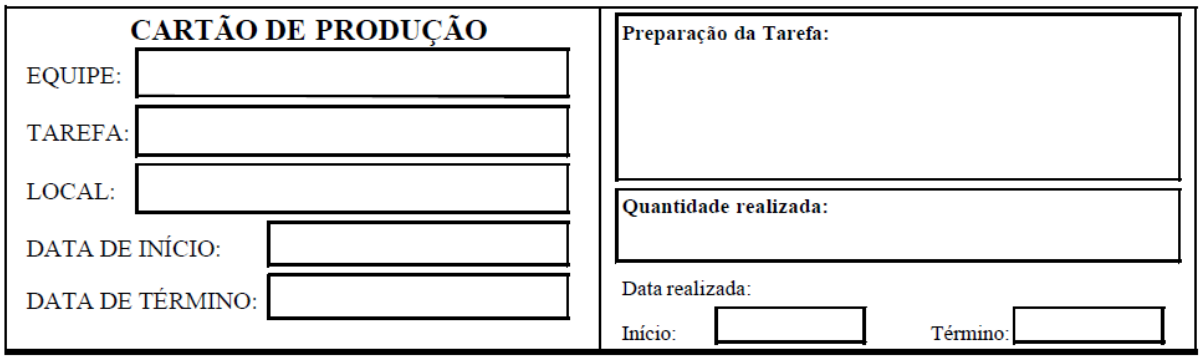
Após a realização do *Lookahead Planning* as decisões serão transportadas para o nível operacional, ou seja, para a execução da obra de fato.

O período de execução do planejamento de curto prazo pode variar de um a quinze dias e será o elemento propulsor das ações operacionais. Com a elaboração do plano pretende-se para cada período ter uma definição segura sobre quais operações devem ser executadas (MACHADO e HEINECK).

Segundo Ballard, 2000 uma forma de realizar o microplanejamento é através da definição de períodos semanais de planejamento de curto prazo, originados a partir da primeira semana de planejamento do *Lookahead Planning.* Dessa forma, no início de cada semana as equipes teriam a descrição das tarefas que devem ser executadas ao longo da semana.

O *Lookahead Planning* e o planejamento de curto prazo relacionam-se através de cartões de produção para todas as tarefas previsíveis para conclusão final da obra. Esses cartões estão associados a diversas tarefas que ocorrem no canteiro de obras e formam um “estoque” de ordens de produção, que são liberadas a partir da elaboração do *Lookahead Planning,* e confirmadas quando o planejamento de curto prazo é entregue para as equipes de produção (MACHADO e HEINECK).

Os cartões funcionam com ordens de serviços e proporcionam compromisso dos trabalhadores com a execução das tarefas e com o cumprimento de prazos. A Figura 16 (MACHADO e HEINECK) apresenta um modelo de Cartão de Produção:



CARTÃO DE PRODUÇÃO	Preparação da Tarefa:
EQUIPE:	
TAREFA:	
LOCAL:	Quantidade realizada:
DATA DE INÍCIO:	
DATA DE TÉRMINO:	Data realizada: Início: Término:

Figura 16 - Cartão de Produção
Fonte: Machado e Heineck (http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_II.pdf)

2.4.2.3 PROGRAMAÇÃO DE MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor de compras e suprimentos tem função imprescindível no Planejamento e Controle da Produção das empresas de construção civil, o setor deve assegurar que os materiais sejam disponibilizados no tempo em que são necessários, com qualidade e preços apropriados (LUBBEN, 1989 *apud* SEVERIANO FILHO e LUCENA, 1997).

Segundo Ballou (1993 *apud* SEVERIANO FILHO e LUCENA 1997) deve haver coordenação entre a movimentação de suprimentos e as exigências da operação, isto é, o objetivo da administração de materiais é prover o material certo, no instante necessário, em condição utilizável e a custo mínimo. Esses conceitos vão ao encontro da filosofia *Just-in-Time* no que diz respeito à redução de lotes de compra e estoques.

O setor de compras atua com base nas informações provenientes da elaboração dos planos de produção, com a definição dos tipos e quantidades de produtos a serem fabricados, cabe a ele verificar e providenciar a matéria prima necessária para a produção em cada período (SEVERIANO FILHO e LUCENA, 1997).

A programação da produção, que é uma fase do PCP, irá originar a programação de materiais, e a partir dela as Ordens de Compra (OCs) e Requisições de Materiais (RMs) (SEVERIANO FILHO E LUCENA, 1997).

Nas obras, parte do material se encontra estocada no almoxarifado e o que faltar deve ser comprado. As operações de suprimento e abastecimentos da produção são realizadas pelo almoxarifado através das RMs, para isso as necessidades de materiais da obra devem ser conhecidas com antecedência.

Com a programação de materiais é possível conhecer antecipadamente os materiais a serem comprados pelo setor de compras e os momentos exatos em que esses materiais devem ser colocados à disposição da operação. A Figura 17 (SEVERIANO FILHO e LUCENA, 1997, p. 3) apresenta esquematicamente o processo de programação de materiais a partir da programação da produção:

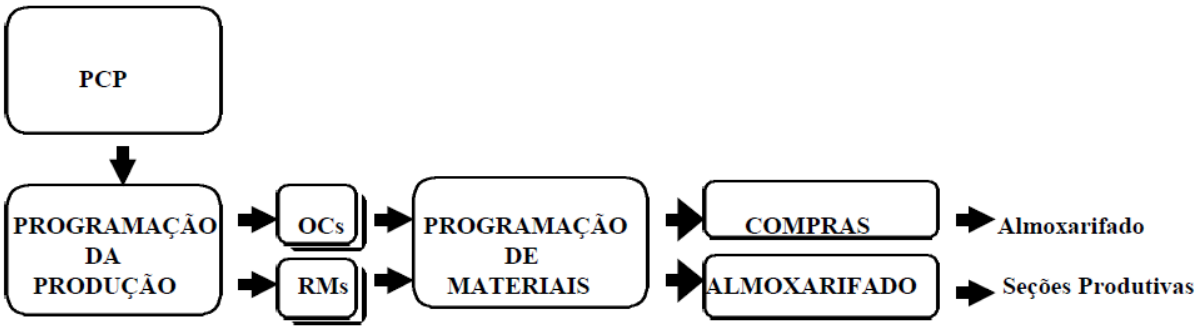


Figura 17 - Programação de materiais como decorrência da programação da produção
Fonte: Chiavenato, 1991 *apud* Severiano Filho e Lucena, 1997, p. 3

Segundo Messias (1989 *apud* SEVERIANO FILHO e LUCENA, 1997) os fatores que regem a programação de materiais são:

- O prazo em que a empresa necessita do material;
- Se a aquisição é à vista ou a prazo;
- Qual a quantidade necessária;
- Se a qualidade é ótima;
- A certeza da garantia e da assistência técnica.

Para assegurar o fornecimento dos materiais é preciso considerar a influência de fatores internos e externos, como os relacionados na Figura 18 (SEVERIANO FILHO e LUCENA, 1997, p. 4):

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
a) máquinas e ferramentas: geralmente as que não estão em boas condições de uso e requerem uma boa manutenção e conservação; b) pessoal: detectar se a falha na administração de materiais se verifica por falta de treinamento e/ou qualificação, ou se por uma supervisão inadequada; c) perdas: que ocorrem como conseqüência dos fatores "a" e "b" já relacionados.	a) oscilações do mercado, que podem ser: • sazonais, portanto previsíveis, e • ocasionais, que são muito mais difíceis de se prever; requerendo, portanto, uma constante atenção do programador quanto ao comportamento da situação econômica-financeira do mercado; b) atrasos dos fornecimentos que geralmente são causados por várias razões , entre outras: • desequilíbrio do mecanismo de procura e compra; • baixa capacidade e idoneidade técnica do fornecedor; • falta de responsabilidade no compromisso assumido entre comprador e vendedor.

Figura 18 - Fatores internos e externos que afetam o fluxo de materiais
Fonte: Tibiriçá e Fiod Neto, 1988 *apud* Severiano Filho e Lucena, 1997, p. 4

A programação de materiais pode ser orientada por ferramentas como gráfico de barras, PERT-CPM, linhas de balanço, MRP, entre outros.

2.5 RESTRIÇÕES AO PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Muitas vezes as ferramentas de PCP são utilizadas de forma ineficiente, desperdiçando o potencial produtivo das empresas (PEREIRA FILHO *et al.*, 2004).

As principais limitações ligadas às atividades de planejamento e controle para a construção civil, segundo Slack *et al.* (2002 *apud* MACHADO, 2003) são:

Restrições de custos: tanto a delimitação de custos para o produto quanto as restrições custo para implementação de sistemas de planejamento;

Restrições de capacidade: os produtos devem ser produzidos dentro de limites de capacidade projetados;

Restrições de tempo: os produtos devem ser produzidos dentro de um intervalo de tempo determinado pelo consumidor, além disso, a pressão por cumprimento de prazos faz com que o foco seja apenas na execução e o planejamento seja negligenciado;

Restrições de qualidade: os produtos devem atender a padrões de qualidade projetados.

As ordens de serviço podem estar sujeitas a diferentes tipos de restrições como: contratuais, de projeto, de materiais, de serviços preliminares, de espaço, de equipamentos, de mão de obra, de permissões, de inspeções e de aprovações (BALLARD, 2000). Muitas vezes essas restrições se tornam impedimentos para que a execução se dê como o planejado e o resultado é a tomada de decisões reativa ao que acontece.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso foi realizado na Ribeiro Alvim Engenharia Ltda, uma empresa de médio porte da construção civil, que atua na prestação de serviços de empreitadas para particulares e órgãos públicos em Juiz de Fora e região.

A empresa foi fundada em agosto de 1983. Em seus 30 anos de existência a empresa trabalha com a missão de garantir a qualidade na realização de obras, buscando a melhoria contínua e a satisfação do cliente.

Suas áreas de atuação são, no setor público, a prestação de serviços de empreitada, construção, reforma de escolas, Unidades de Pronto Atendimento de Saúde, hospitais, urbanismo, edifícios e casas para o Sistema Nacional de Habitação. Em incorporações, atua na construção e incorporação de prédios de apartamentos e, no setor privado, também atua na prestação de serviços de empreitada, gerenciamento, na construção de casas e de galpões industriais.

Entre os principais clientes estão a Universidade Federal de Juiz de Fora, a Prefeitura de Juiz de Fora, o Hospital Albert Sabin, a Caixa Econômica Federal, a MRS Logística S.A. e o DEOP – Departamento de Obras Públicas de Minas Gerais.

A Ribeiro Alvim Engenharia tem a certificação de qualidade PBQP-H desde 2000. Essa certificação visa proporcionar melhoria da qualidade e produtividade do setor da construção civil, com o objetivo de elevar a competitividade dos bens e serviços produzidos. Além disso, o PBQP-H exige requalificação da mão de obra, padronização, verificação constante e preventiva dos processos, redução dos níveis de desperdício e de retrabalho (RIBEIRO, 2006).

3.1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A empresa conta com uma equipe técnica formada por sete engenheiros civis, um engenheiro eletricista e um engenheiro mecânico. Na área administrativa trabalham quinze funcionários e atuando nas obras estão duzentos e oitenta funcionários, entre eles, mestres de obra, pedreiros, encarregados, almoxarifes, entre outros.

A estrutura organizacional está representada no organograma da Figura 19:

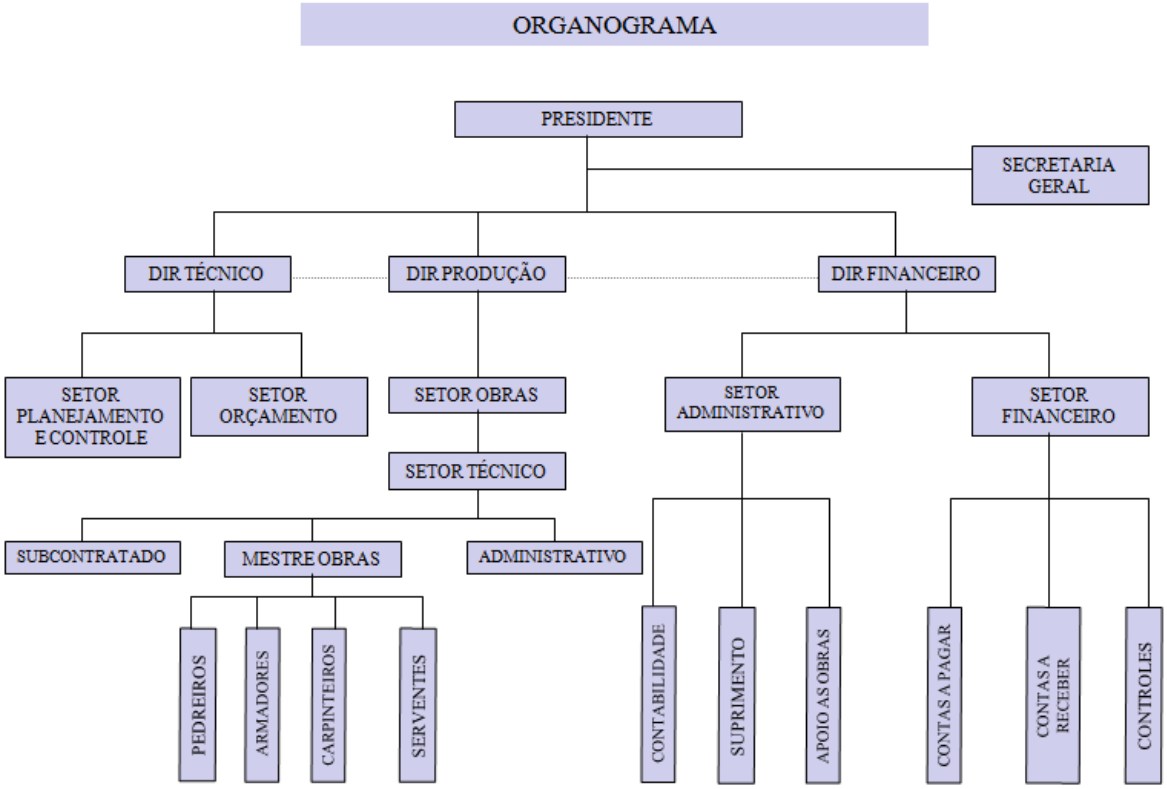


Figura 19 - Organograma da Empresa
Fonte: Ribeiro Alvim Engenharia Ltda., 2012

3.1.1.1 SETOR DE SUPRIMENTOS

O Setor de Suprimentos é composto por três pessoas do setor administrativo, que coordenam a aquisição de materiais para as obras em andamento, o setor é centralizado para todas as obras e é responsável pela relação com os fornecedores, pelo processamento dos pedidos e controle dos prazos de entrega do material.

As quantidades de material necessárias são calculadas pelo próprio engenheiro responsável pela obra, com base nas dimensões do projeto e em sua experiência. Os insumos são calculados em função dos volumes, áreas e comprimentos especificados no projeto, através dos índices de consumo de materiais, retirados do Banco de Dados de Composições Unitárias do SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. O cálculo das necessidades será detalhado mais à frente.

A realização dos cálculos de quantidades necessárias de material não utiliza nenhum tipo de ferramenta ou modelo de formalização, o processo vai sendo feito no decorrer da obra e repassado ao setor de suprimentos de forma fracionada.

É o engenheiro, ou o encarregado ou o almoxarife da obra, que realiza o recebimento e a armazenagem dos materiais, a verificação da quantidade e qualidade dos mesmos e o controle de estoque e resuprimento. Cada obra armazena seu próprio material.

Da maneira como as aquisições são realizadas atualmente não é possível sincronizar os pedidos de todas as obras e nem realizar a contratação total do material no início da obra, o que impede o setor de efetuar compras conjuntas de maior volume e garantia de melhor preço dos produtos, pois os pedidos são feitos separadamente, de acordo com a necessidade de cada obra.

Como não é disponibilizado um cronograma de compra de materiais no início de cada obra, os benefícios de se ter um setor de compras centralizado acabam sendo inutilizados e as funções que seriam de responsabilidade deste setor são passadas ao engenheiro da obra.

Visto o atual sistema de funcionamento do setor, foi identificada a necessidade de gerar melhorias em seu processo. A geração de um planejamento das necessidades para a aquisição de materiais é o objetivo deste estudo de caso, buscando obter melhorias não só na coordenação do processo de compra de todas as obras, mas também, proporcionar melhor

controle das quantidades a serem obtidas, através dos cálculos exatos das quantidades e momentos em que os materiais são necessários.

3.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

A obra que foi objeto do estudo de caso deste trabalho é o Residencial Marumbi, empreendimento pertencente ao Programa Habitacional Federal “Minha Casa, Minha Vida”, em que a empresa é selecionada, por licitação pública, para ser contratada pelo FAR - Fundo de Arrendamento Residencial, representado pela Caixa Econômica Federal, e a Prefeitura Municipal participa com a doação do terreno para a construção.

A obra foi iniciada em fevereiro de 2013 e está localizada na Rua Cecília Filgueiras Fávero, bairro Marumbi, em Juiz de Fora, com previsão de duração de 18 meses. No momento de elaboração do trabalho a obra estava na etapa de execução dos serviços preliminares de terraplanagem do terreno.

O projeto da obra compreende a construção de 6 blocos de 22 apartamentos, cada bloco com 5 andares de 4 apartamentos e mais 1 andar com 2 apartamentos, sendo um total de 132 apartamentos de 39m². Além dos apartamentos serão construídas mais 4 casas, denominadas unidades adaptadas para pessoas portadoras de necessidades especiais.

Algumas especificações do projeto dos apartamentos, importantes para a definição de materiais a serem utilizados são: paredes da cozinha, área de serviço e banheiro serão azulejadas com azulejos brancos até a altura de 1,50 m; as janelas e basculantes serão de alumínio, com vidros lisos; será colocado piso cerâmico em todos os cômodos; as portas serão em madeira; serão colocadas instalações elétricas e hidráulicas; água e esgoto do apartamento com disposição e quantidades de acordo com os projetos específicos.

O Anexo 1 - Planta da Implantação mostra a localização e a situação dos blocos a serem construídos no terreno onde será implantado o empreendimento.

O Anexo 2 - Planta dos Apartamentos e o Anexo 3 - Planta das Unidades Adaptadas mostram a disposição interna dos cômodos que os compõem.

3.2.1 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O planejamento da obra foi iniciado pela análise de viabilidade do empreendimento. Após definida a viabilidade técnica e econômica, foram providenciados o projeto e toda a documentação necessária para desenvolver a construção do empreendimento. A empresa contrata os projetos e levantamentos topográficos e efetua a parte de orçamentos, planilhas e documentação do processo da Caixa Econômica Federal.

Foram desenvolvidos pela empresa o orçamento, o cronograma físico-financeiro, o cronograma geral da obra, a previsão de desembolso, o sequenciamento de atividades e a previsão de necessidades de recursos, baseados em modelos fornecidos pela Caixa.

O setor de engenharia será responsável pelo controle do planejamento, comparando durante o decorrer da obra os custos reais com os custos orçados no cronograma físico-financeiro e, quando necessário, realizará o replanejamento.

A seguir são apresentados na Figura 20 o cronograma geral da obra e na Figura 21 o cronograma simplificado das macro etapas a serem realizadas.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DE SERVIÇOS	PESO (%)	mês 0 fev/13	mês 1 mar/13	mês 2 abr/13	mês 3 mai/13	mês 4 jun/13	mês 5 jul/13	mês 6 ago/13	mês 7 set/13	mês 8 out/13	mês 9 nov/13	mês 10 dez/13	mês 11 jan/14	mês 12 fev/14	mês 13 mar/14	mês 14 abr/14	mês 15 mai/14	mês 16 jun/14	mês 17 jul/14	
1	SERV. PRELIMINARES E GERAIS	7,90	9,00%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,35%	5,40%	100,00%
2	INFRA-ESTRUTURA	18,16				25,00%	25,00%	25,00%	25,00%												100,00%
3	SUPRA-ESTRUTURA	15,04								20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%							100,00%
4	PAREDES E PAINÉIS	23,09							10,18%	10,18%	10,82%	10,82%	10,82%	0,65%	2,59%	3,88%	13,92%	8,31%	10,43%	7,41%	100,00%
4.1	alvenarias	11,75							20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%								100,00%
4.2	esquadrias metálicas	6,97															30,00%	20,00%	30,00%	20,00%	100,00%
4.3	esquadrias de madeira	2,98									5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	20,00%	30,00%	25,00%	5,00%			100,00%
4.4	ferragens	0,75															50,00%	50,00%			100,00%
4.5	vidros	0,63																	50,00%	50,00%	100,00%
5	COBERTURA	2,21					1,57%	1,57%	3,14%	3,14%	4,71%	4,71%	26,86%	26,86%	20,58%	6,86%					100,00%
5.1	telhados	0,89											30,00%	30,00%	30,00%	10,00%					100,00%
5.2	impermeabilizações	0,70					5,00%	5,00%	10,00%	10,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%							100,00%
5.3	tratamentos	0,63											30,00%	30,00%	30,00%	10,00%					100,00%
6	REVESTIMENTO	16,64											9,14%	11,92%	13,09%	18,62%	18,62%	10,93%	5,15%	12,52%	100,00%
6.1	revestimentos internos	4,87											15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	5,00%	5,00%	100,00%
6.2	azulejos	3,08												15,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	5,00%		100,00%
6.3	revestimentos externos	3,96											20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%				100,00%
6.4	forros	0,14													30,00%	30,00%	30,00%	10,00%			100,00%
6.5	pinturas	4,60														20,00%	20,00%	10,00%	10,00%	40,00%	100,00%
6.6	especiais																				0,00%
7	PAVIMENTAÇÃO	4,72														19,15%	25,00%	17,34%	23,83%	14,68%	100,00%
7.1	madeiras																				0,00%
7.2	cerâmicas	3,62														25,00%	25,00%	15,00%	25,00%	10,00%	100,00%
7.3	carpetes																				0,00%
7.4	cimentados																				0,00%
7.5	rodapés, soleiras e peitoris	0,77															25,00%	25,00%	20,00%	30,00%	100,00%
7.6	pavimentações especiais	0,34															25,00%	25,00%	20,00%	30,00%	100,00%
8	INSTALAÇÕES	12,24						0,54%	1,39%	4,83%	4,83%	4,83%	6,28%	11,78%	15,35%	14,44%	12,45%	9,79%	6,60%	6,89%	100,00%
8.1	elétrica	5,18							2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	10,00%	10,00%	10,00%	100,00%
8.2	hidraúlica	3,56								10,00%	10,00%	10,00%	15,00%	15,00%	15,00%	10,00%	5,00%	5,00%	2,00%	3,00%	100,00%
8.3	sanitária	1,32						5,00%	5,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	15,00%	10,00%	5,00%			100,00%
8.4	elevadores/mecânicas																				0,00%
8.5	aparelhos	2,18													20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	10,00%	10,00%	100,00%

Figura 20 - Cronograma geral de execução dos serviços
Fonte: Adaptado de Ribeiro Alvim Engenharia Ltda., 2013

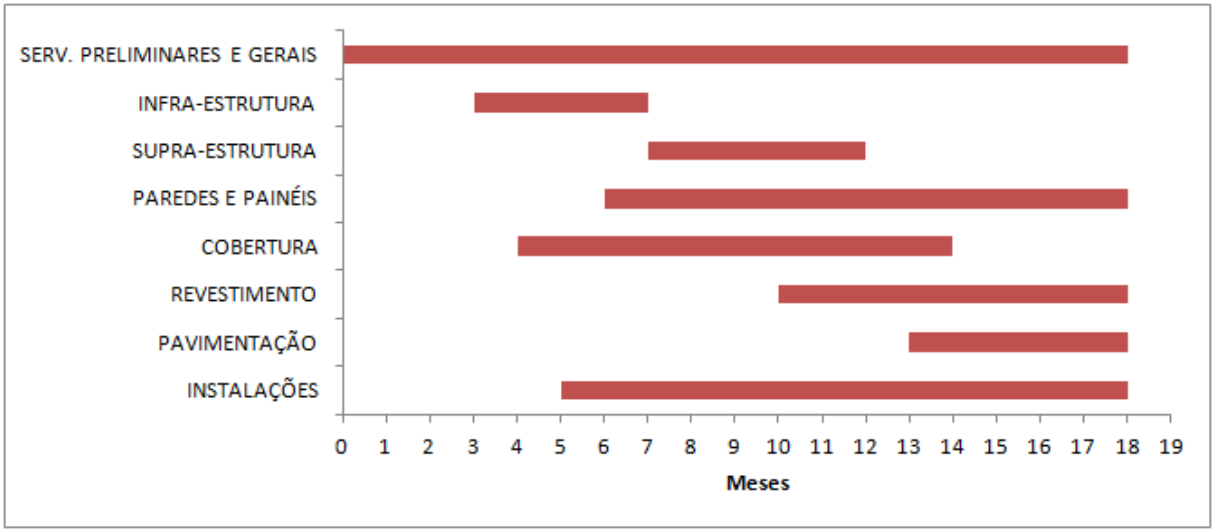


Figura 21- Cronograma simplificado das macro etapas
Fonte: Autor, 2013

3.3 ESTUDO DE CASO

3.3.1 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DE MATERIAIS

O cálculo das necessidades de material pode ser realizado com base no conhecimento dos itens que compõem o produto e do tempo necessário para obter estes itens. A partir da previsão de quando o produto deve estar disponível, pode-se calcular em que momento e em que quantidade os componentes devem ser obtidos, para não haver sobra, nem falta, de nenhum deles para o suprimento da produção (BROLESE, 2006).

A estrutura do produto é a fonte de informação para identificar os componentes e suas quantidades, no entanto, nem sempre é possível representar graficamente esta estrutura, sendo assim, pode ser usada também uma representação alternativa, com as mesmas informações, que é a Lista de Materiais ou *Bill of Materials* e também a Lista de Atividades ou *Bill of Activities* (BROLESE, 2006).

Para obtenção dos materiais necessários na obra em questão foi utilizada a planilha de orçamento do empreendimento, na qual consta a listagem dos serviços a serem realizados para cada etapa de execução da obra, desde os serviços preliminares até a etapa final de instalações e aparelhos.

Para cada serviço foram estabelecidos quais materiais e quanto de cada um deles seria necessário para executar uma unidade deste serviço, essa quantidade unitária foi multiplicada pela quantidade total do serviço, a ser realizada de acordo com o projeto e com a planilha de orçamento, obtendo-se assim, a quantidade total de material para cada serviço e o total de material para cada etapa.

Os índices de consumo dos materiais para cada serviço foram retirados do Banco de dados de Composições de Serviços do SINAPI, ilustrado na Figura 22 (SINAPI, 2013) para o serviço alvenaria:

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL
LISTA DE ITENS DA COMPOSIÇÃO

Código Selecionado: 73935/1 Local: BELO HORIZONTE

Descrição: ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO FURADO 10X20X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA),E=1CM

Total de Ocorrências: 4

Tipo do Item	Código	Descrição do Agrupador	Descrição Básica	Unidade	Coeficiente
I	4750		PEDREIRO	H	1,0000000
I	6111		SERVENTE	H	1,0000000
I	7271		TIJOLO CERAMICO FURADO 8 FUROS 10 X 20 X 20CM	UN	24,0000000
C	73449		ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 - PREPARO MANUAL - P	M3	0,0100000

Figura 22 - Composição de serviço de alvenaria
Fonte: Banco de dados de Composições de Serviços do SINAPI, 2013

Na Figura 23 está exemplificado o método de cálculo das necessidades de material, pela planilha orçamentária, para os serviços da Etapa 3 - Supra Estrutura. A coluna serviço contém a descrição de cada serviço a ser cumprido nesta etapa, as colunas seguintes contêm a unidade do serviço, a quantidade a ser realizada, o custo unitário de execução e o custo total.

Na parte mais à direita da mesma figura se situam alguns dos insumos materiais a serem utilizados, em índices unitários de consumo para a quantidade unitária de cada serviço. Seguindo verticalmente a linha do serviço na planilha, pode-se obter a composição material para este serviço.

☑ HABITAÇÃO

Empreendimento
nome RESIDENCIAL MARUMBI
endereço: RUA CECÍLIA, SN - MARUMBI - JUIZ DE FORA
Proponente: RIBEIRO ALVIM ENGENHARIA LTDA. DATA-BASE: jul/12

							KG	M3	M3	M2	KG	M3	M2	KG	KG	KG	L	M2	M2	M	KG
							INSUMOS MATERIAIS														
	SERVIÇO	Unid.	Quant.	Custo Unitário	Custo Total		CIMENTO	AREIA	BRITA	LONA PLÁSTICA	CAL	CONCRETO	EMPREITEIRO DE NIVEL POLIMENTO	AÇO	ARAME	TELA SOLDADA 4,2MM CADA 10CM	IMPERMEABILIZANTE IGOL	TÁBUAS	MADEIRIT	PONTALETES 7,7X7,5	PREGOS
3	3.1 Concreto Armado																				
	3.1.1 Formas de madeira para lajes	m²	7386,41	47,18	348.490,62													0,30	0,46	3,00	0,25
SUPRA	3.1.1 Escoramento para lajes , até 3,3m	m²		6,99																	
ESTRU-	3.1.2 Concreto bombeado fck 25 Mpa para lajes	m²	738,64	369,44	272.883,37							1,02									
TURA	3.1.3 Armadura CA50 para lajes	kg	51704,84	5,34	276.103,84									1,10	0,02						
	3.1.4 Armadura CA50 para grout	kg	1458,81	5,34	7.790,05									1,10	0,02						
	3.2 Concreto para enchimento (grout)	m²	43,76	351,12	15.366,52							1,02									
	3.3 Nivelamento e polimento de concreto nível 0	m²	5263,92	10,00	52.639,20								1,00								
	CUSTO TOTAL DO ÍTEM				973.273,59																

Figura 23 - Consumo de materiais por unidade de serviço do orçamento
Fonte: Adaptado de Ribeiro Alvim Engenharia Ltda., 2013

A elaboração da planilha apresentada na Figura 23 deve ser feita no início de cada obra pelo engenheiro responsável. As informações resultantes serão as entradas para o cálculo do Planejamento das Necessidades de Material, assim, será possível disponibilizar o planejamento ao setor de compras no início da obra, não sendo mais preciso que o engenheiro realize o cálculo parcelado das quantidades.

Para a construção, os componentes materiais deverão ser comprados e não produzidos, como no caso da maior parte das indústrias, no entanto, a importância do conhecimento destas quantidades para a compra é tão significativa quanto para a produção de bens.

3.3.1.1 NECESSIDADES DE MATERIAIS PARA AS ETAPAS

Após a multiplicação dos índices de consumo de material pelas quantidades de serviço a serem executadas, obteve-se uma listagem de todos os materiais e suas quantidades totais necessárias a cada etapa. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as Etapas 2 e 3:

Tabela 3 - Necessidades totais de material por etapa

NECESSIDADE DE MATERIAIS			
ETAPA	**MATERIAIS**	**Total**	**UNIDADE**
ETAPA 2 - NFRAESTRUTURA	AÇO	54.685,40	KG
	ARAME	1.017,70	KG
	BRITA	58,49	M³
	CONCRETO	1.328,19	M³
	IMPERMEABILIZANTE IGOL	507,70	L
	LONA PLÁSTICA	1.169,76	M²
	PONTALETES	6.412,62	M
	PREGOS	993,59	KG
	TÁBUAS	1.814,20	M²
	TELA SOLDADA	1.169,76	KG
ETAPA 3 – SUPRAESTRUTURA	AÇO	58.480,01	KG
	ARAME	1.063,27	KG
	CONCRETO	798,05	M³
	MADEIRIT	3.397,75	M²
	PONTALETES	22.159,22	M
	PREGOS	1.846,60	KG
	TÁBUAS	2.215,92	M²

Fonte: Autor, 2013

3.3.1.2 DEFINIÇÃO DO MOMENTO EM QUE OS MATERIAIS SÃO NECESSÁRIOS

Depois de determinar as quantidades de material para cada etapa é necessário saber o momento em que essas quantidades são necessárias e quanto tempo é preciso para providenciar que o material esteja disponível no momento do consumo, isto é, quando as ações gerenciais de compra devem ser iniciadas. Segundo a lógica do MRP os materiais devem ser comprados no momento mais tarde possível, com o intuito de minimizar os estoques.

A partir do cronograma das Etapas 2 e 3 foram obtidas as necessidades de cada material por mês, multiplicando a quantidade total de cada material pela porcentagem da etapa que deverá ser realizada em cada mês.

Na Figura 24 está representado o cronograma das Etapas 2 e 3 e nas Figuras 25 e 26 estão as quantidades necessárias de cada material por mês do cronograma, para as duas etapas:

CRONOGRAMA														
DISCRIMINAÇÃO DE SERVIÇOS	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14	mar/14
ETAPA 2 - INFRAESTRUTURA				25,00%	25,00%	25,00%	25,00%							
ETAPA 3 - SUPRA-ESTRUTURA								20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%		

Figura 24 - Cronograma Etapas 2 e 3
Fonte: Autor, 2013

NECESSIDADES BRUTAS DE MATERIAL POR PERÍODO DO CRONOGRAMA									
ETAPA 2 - INFRAESTRUTURA	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13
AÇO (KG)				13.671,35	13.671,35	13.671,35	13.671,35		
ARAME (KG)				254,42	254,42	254,42	254,42		
BRITA (M^3)				14,62	14,62	14,62	14,62		
CONCRETO (M^3)				332,05	332,05	332,05	332,05		
IMPERMEABILIZANTE IGOL (L)				126,92	126,92	126,92	126,92		
LONA PLÁSTICA (M^2)				292,44	292,44	292,44	292,44		
PONTALETES (M)				1.603,15	1.603,15	1.603,15	1.603,15		
PREGOS (KG)				248,40	248,40	248,40	248,40		
TÁBUAS (M^2)				453,55	453,55	453,55	453,55		
TELA SOLDADA (KG)				292,44	292,44	292,44	292,44		

Figura 25 - Necessidades de material por mês - Etapa 2
Fonte: Autor, 2013

NECESSIDADES BRUTAS DE MATERIAL POR PERÍODO DO CRONOGRAMA													
ETAPA 3 - SUPRA-ESTRUTURA	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14
AÇO (KG)								11696,00	11696,00	11696,00	11696,00	11696,00	
ARAME (KG)								212,65	212,65	212,65	212,65	212,65	
CONCRETO (M^3)								159,61	159,61	159,61	159,61	159,61	
MADEIRIT (M^2)								679,55	679,55	679,55	679,55	679,55	
PONTALETES (M)								4431,84	4431,84	4431,84	4431,84	4431,84	
PREGOS (KG)								369,32	369,32	369,32	369,32	369,32	
TÁBUAS (M^2)								443,18	443,18	443,18	443,18	443,18	

Figura 26 - Necessidades de material por mês - Etapa 3
Fonte: Autor, 2013

Para determinar o momento em que os itens devem ser comprados foram levantadas informações sobre os tempos de obtenção de cada um dos materiais que serão necessários.

A Figura 27 apresenta o resultado do levantamento destas informações:

	NECESSIDADE DE MATERIAIS						
	MATERIAIS	UNIDADE	LT 1ª semana (início do processo de aquisição)	LT demais semanas (emissão de ordens)	PADRÃO DE COMPRA	LOTE	Qs
ETAPA 2 - INFRAESTRUTURA	AÇO	KG	15 dias	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	ARAME	KG	15 dias	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	BRITA	M^3	15 dias	1 semana	1 x por semana	L4L	-
	CONCRETO	M^3	30 dias	1 semana	1 x por semana	L4L	-
	IMPERMEABILIZANTE IGOL	L	15 dias	15 dias	compra apenas uma vez no início do período	tambor de 200L	-
	LONA PLÁSTICA	M^2	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	PONTALETES	M	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	PREGOS	KG	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	10
	TÁBUAS	M^2	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	TELA SOLDADA	KG	15 dias	1 semana	1 x por mês	L4L	-
ETAPA 3 - SUPRAESTRUTURA	AÇO	KG	15 dias	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	ARAME	KG	15 dias	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	CONCRETO	M^3	30 dias	1 semana	1 x por semana	L4L	-
	MADEIRIT	M^2	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	PONTALETES	M	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	PREGOS	KG	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-
	TÁBUAS	M^2	1 semana	1 semana	1 x por mês	L4L	-

Figura 27 - Informações sobre tempo de obtenção dos materiais
Fonte: Autor, 2013

Foram considerados dois Lead Times no processo de aquisição, o primeiro será utilizado apenas na primeira vez em que for realizada a compra do material, esse lead time pode ser maior ou igual ao lead time para as demais semanas. No lead time 1estão englobados o tempo gasto para realizar a cotação de preços (pedido de cotação de preços e seleção do fornecedor por mapa comparativo de preços e condições) e o tempo de emissão da ordem de compra e entrega do material pelo fornecedor; já no lead time 2, não está sendo considerado o

tempo para cotação de preços, apenas os tempos de emissão da ordem de compra e entrega do material pelo fornecedor.

A diferenciação de lead times não ocorrerá para alguns produtos em que o tempo de cotação de preços e seleção do fornecedor não é tão significativo, estes materiais geralmente são de fácil obtenção e possuem maior disponibilidade de fornecimento. Também não será considerado o primeiro lead time para produtos em que o total contratado é necessário para apenas um período, ou ainda, quando o processo de cotação de preços já foi realizado em uma etapa anterior em que foi realizada a contratação de entrega de material para toda a obra.

Este último caso ocorre na Etapa 3, visto que a cotação dos materiais já foi feita no início da Etapa 2 e que já foi realizado o contrato de entrega de materiais para a obra toda, não é preciso realizar o mesmo processo novamente, será usado apenas o lead time 2 para continuação da emissão de ordens de compra.

Outro fator temporal considerado foi o Padrão de Compra, este padrão trata da periodicidade com que as compras podem ser realizadas, alguns materiais não podem ser comprados ou recebidos toda semana, apenas uma vez por mês, por exemplo, por restrição do fornecedor ou da própria obra.

As outras duas colunas registram o tamanho do Lote de Compra e o Estoque de Segurança (Qs).

3.3.2 CÁLCULO DO MRP

Antes do início da primeira operação de execução da obra, os materiais já devem estar disponíveis e posteriormente deve ser mantida a continuidade do abastecimento, para atender às necessidades do planejamento da construção (DIAS, 1993 *apud* RIBEIRO, 2006).

Depois de ter definido a quantidade e o momento em que cada material é necessário, assim como o tempo para obtenção dos materiais, foi elaborado o cálculo do MRP para ter a determinação de quando o processo de aquisição de cada material deve ser iniciado.

Para calcular o MRP a quantidade necessária total de cada material para os meses do cronograma, obtida nas Figuras 25 e 26, foi dividida igualmente para cada semana. Na prática a necessidade por semana não será constante, no entanto, para efeitos de planejamento,

tomou-se como base um consumo médio igual por semana, por não haver informação disponível que sirva de parâmetro para a divisão da necessidade de forma variável para cada semana. Futuramente, quando o planejamento for implantado, poderá ser feito um controle do que foi consumido realmente por semana e comparar com as necessidades definidas no planejamento. A coleta das informações reais servirá de base para que os futuros planejamentos possam ser mais precisos.

Na Figura 28 está representado o MRP para os materiais da Etapa 2:

AÇO (kg)	LT1=2 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					10.253,5	6.835,7	3.417,8	0,0	10.253,5	6.835,7	3.417,8	0,0	10.253,5	6.835,7	3.417,8	0,0	10.253,5	6.835,7	3.417,8	0,0			
	Necessidades Líquidas					3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8	3.417,8			
	Recebimentos de Pedidos					13.671,3				13.671,3				13.671,3				13.671,3						
	Liberação de Ordens de Pedidos			13.671,3					13.671,3				13.671,3				13.671,3							

ARAME (kg)	LT1=2 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					190,8	127,2	63,6	0,0	190,8	127,2	63,6	0,0	190,8	127,2	63,6	0,0	190,8	127,2	63,6	0,0			
	Necessidades Líquidas					63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6			
	Recebimentos de Pedidos					254,4				254,4				254,4				254,4						
	Liberação de Ordens de Pedidos			254,4					254,4				254,4				254,4							

BRITA (m³)	LT1=2 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor semana	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Necessidades Líquidas					3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7			
	Recebimentos de Pedidos					3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7			
	Liberação de Ordens de Pedidos			3,7		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7				

CONCRETO (m³)	LT1=4 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor semana	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Necessidades Líquidas					83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0			
	Recebimentos de Pedidos					83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0			
	Liberação de Ordens de Pedidos	83,0				83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0				

IMPERMEABILIZANTE IGOL (L)	LT1=2 / Lote=200L / PC=1x no início do período	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					568,3	536,5	504,8	473,1	441,3	409,6	377,9	346,2	314,4	282,7	251,0	219,2	187,5	155,8	124,0	92,3			
	Necessidades Líquidas					31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7			
	Recebimentos de Pedidos					600,0																		
	Liberação de Ordens de Pedidos			600,0																				

LONA PLÁSTICA (m²)	LT1=1 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0			
	Necessidades Líquidas					73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1			
	Recebimentos de Pedidos					292,4				292,4				292,4				292,4						
	Liberação de Ordens de Pedidos				292,4				292,4				292,4				292,4							

PONTALETES (m)	LT1=1 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					1.202,4	801,6	400,8	0,0	1.202,4	801,6	400,8	0,0	1.202,4	801,6	400,8	0,0	1.202,4	801,6	400,8	0,0			
	Necessidades Líquidas					400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8	400,8			
	Recebimentos de Pedidos					1.603,2				1.603,2				1.603,2				1.603,2						
	Liberação de Ordens de Pedidos				1.603,2				1.603,2				1.603,2				1.603,2							

PREGOS (kg)	LT1=1 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês / Qs=10	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					196,3	134,2	72,1	10,0	196,3	134,2	72,1	10,0	196,3	134,2	72,1	10,0	196,3	134,2	72,1	10,0			
	Necessidades Líquidas					62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1			
	Recebimentos de Pedidos					258,4				248,4				248,4				248,4						
	Liberação de Ordens de Pedidos				258,4				248,4				248,4				248,4							

TÁBUAS (m²)	LT1=1 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					340,2	226,8	113,4	0,0	340,2	226,8	113,4	0,0	340,2	226,8	113,4	0,0	340,2	226,8	113,4	0,0			
	Necessidades Líquidas					113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4	113,4			
	Recebimentos de Pedidos					453,5				453,5				453,5				453,5						
	Liberação de Ordens de Pedidos				453,5				453,5				453,5				453,5							

TELA SOLDADA (kg)	LT1=2 / LT2=1 / L4L / PC=1xpor mês	abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13				set/13		
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	Necessidades Brutas					73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1			
	Recebimentos Programados																							
	Balanço Projetado Disponível (0)					219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0	219,3	146,2	73,1	0,0			
	Necessidades Líquidas					73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1			
	Recebimentos de Pedidos					292,4				292,4				292,4				292,4						
	Liberação de Ordens de Pedidos			292,4					292,4				292,4				292,4							

Figura 28 - MRP da Etapa 2
Fonte: Autor, 2013

Observando o cálculo para o material Aço, o lead time 1 é de 2 períodos, por isso, para que o material esteja disponível da primeira semana de maio, o processo de aquisição inicial, incluindo a cotação de preços, deve ser iniciado duas semanas antes, ou seja, na terceira semana de abril. Como o padrão de compra é de 1 vez no mês, o material só será comprado no início de cada mês, em quantidade que atenda a todas as semanas deste mês, dessa forma, haverá um estoque que deverá ser gerenciado para atender à necessidade de todas as semanas.

No fim do mês, quando este estoque chegar a zero, deve ser feito novo pedido. Nas semanas seguintes o lead time em vigor será o 2, pois não é mais necessário considerar o tempo para cotação de preços, apenas o tempo de liberação da ordem de compra e chegada do material.

Da mesma maneira foram feitos os cálculos para os demais materiais, considerando os parâmetros de cada um. Para o material Prego foi considerado um fator adicional que é o estoque de segurança de 10 Kg, por isso, a quantidade pedida deve ser tal que o estoque final de cada mês não seja nulo, e sim, de 10 Kg.

Outro material particular é o Impermeabilizante Igol, para o qual a compra realizada deve obedecer ao lote de tambores de 200 L e ao padrão de compra de apenas uma vez no início do período de consumo para garantir melhores preços.

O mesmo processo foi feito para os materiais da Etapa 3, nesta etapa, com exceção do material Madeirit, todos os materiais se repetem. Como mencionado anteriormente, para os materiais que se repetem não será considerado o lead time 1, apenas o 2, uma vez que o processo de cotação de preços já foi realizado no início da Etapa 2.

Os valores resultantes do cálculo do MRP para a Etapa 3 estão apresentadas na Figura 29:

	LT2=1/ L4L / PC=1xpor mês	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
AÇO (kg)	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			8.772,0	5.848,0	2.924,0	0,0	8.772,0	5.848,0	2.924,0	0,0	8.772,0	5.848,0	2.924,0	0,0	8.772,0	5.848,0	2.924,0	0,0	8.772,0	5.848,0	2.924,0	0,0
	Necessidades Líquidas			2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0	2.924,0
	Recebimentos de Pedidos			11.696,0				11.696,0				11.696,0				11.696,0				11.696,0			
	Liberação de Ordens de Pedidos		11.696,0				11.696,0				11.696,0				11.696,0				11.696,0				

	LT2=1/ L4L / PC=1xpor mês	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
ARAME (kg)	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			159,5	106,3	53,2	0,0	159,5	106,3	53,2	0,0	159,5	106,3	53,2	0,0	159,5	106,3	53,2	0,0	159,5	106,3	53,2	0,0
	Necessidades Líquidas			53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2
	Recebimentos de Pedidos			212,7				212,7				212,7				212,7				212,7			
	Liberação de Ordens de Pedidos		212,7				212,7				212,7				212,7				212,7				

	LT2=1/ L4L / PC=1xpor semana	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
CONCRETO (m³)	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Necessidades Líquidas			39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
	Recebimentos de Pedidos			39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
	Liberação de Ordens de Pedidos		39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	

MADEIRIT (m²)	LT1=1/LT2=1/L4L/PC=1x por mês	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			509,7	339,8	169,9	0,0	509,7	339,8	169,9	0,0	509,7	339,8	169,9	0,0	509,7	339,8	169,9	0,0	509,7	339,8	169,9	0,0
	Necessidades Líquidas			169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9	169,9
	Recebimentos de Pedidos			679,5				679,5				679,5				679,5				679,5			
	Liberação de Ordens de Pedidos		679,5				679,5				679,5				679,5				679,5				

PONTALETES (m)	LT2=1/L4L/PC=1xpor mês	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			3.323,9	2.215,9	1.108,0	0,0	3.323,9	2.215,9	1.108,0	0,0	3.323,9	2.215,9	1.108,0	0,0	3.323,9	2.215,9	1.108,0	0,0	3.323,9	2.215,9	1.108,0	0,0
	Necessidades Líquidas			1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0	1.108,0
	Recebimentos de Pedidos			4431,84				4431,84				4431,84				4431,843				4431,84			
	Liberação de Ordens de Pedidos		4.431,8				4.431,8				4.431,8				4.431,8				4.431,8				

PREGOS (kg)	LT2=1/L4L/PC=1xpor mês/Qs=10	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			287,0	194,7	102,3	10,0	287,0	194,7	102,3	10,0	287,0	194,7	102,3	10,0	287,0	194,7	102,3	10,0	287,0	194,7	102,3	10,0
	Necessidades Líquidas			92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3
	Recebimentos de Pedidos			379,32				369,32				369,3				369,3				369,3			
	Liberação de Ordens de Pedidos		379,3				369,3				369,3				369,3				369,3				

TÁBUAS (m²)	LT2=1/L4L/PC=1xpor mês	ago/13		set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
	SEMANAS	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Necessidades Brutas			110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8
	Recebimentos Programados																						
	Balanço Projetado Disponível (0)			332,4	221,6	110,8	0,0	332,4	221,6	110,8	0,0	332,4	221,6	110,8	0,0	332,4	221,6	110,8	0,0	332,4	221,6	110,8	0,0
	Necessidades Líquidas			110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8	110,8
	Recebimentos de Pedidos			443,184				443,184				443,184				443,1843				443,184			
	Liberação de Ordens de Pedidos		443,2				443,2				443,2				443,2				443,2				

Figura 29 - MRP da Etapa 3
Fonte: Autor, 2013

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

Como resultado obtido pelo cálculo do MRP das Etapas 2 e 3 tem-se uma programação conjunta de compras de materiais para estas etapas, que mostra, durante a realização da obra, o momento em que o processo de aquisição deve ser iniciado para cada material, e as quantidades e períodos de liberação das ordens de compra.

Para obter a programação de compras foram listados todos os materiais que serão utilizados nas Etapas 2 e 3. Do MRP foram retiradas as informações da última linha de cada quadro "Liberação de Ordens de Pedidos", que contém as quantidades que devem ser compradas de cada material, em cada período do cronograma.

A Programação de Compras resultante é apresentada na Figura 30:

Programação de Compras	mar/13			abr/13				mai/13				jun/13				jul/13				ago/13			
SEMANAS	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AÇO (kg)						13.671,3					13.671,3				13.671,3				13.671,3				11.696,0
ARAME (kg)						254,4					254,4				254,4				254,4				212,7
BRITA (m³)						3,7		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	
CONCRETO (m³)				83,0				83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	39,9
IMPERMEABILIZANTE IGOL (L)						600,0																	
LONA PLÁSTICA (m²)							292,4				292,4				292,4				292,4				
MADEIRIT (m²)																							679,5
PONTALETES (m)							1.603,2				1.603,2				1.603,2				1.603,2				4.431,8
PREGOS (kg)							258,4				248,4				248,4				248,4				379,3
TÁBUAS (m²)							453,5				453,5				453,5				453,5				443,2
TELA SOLDADA (kg)						292,4					292,4				292,4				292,4				

Programação de Compras	set/13				out/13				nov/13				dez/13				jan/14			
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AÇO (kg)				11.696,0				11.696,0				11.696,0				11.696,0				
ARAME (kg)				212,7				212,7				212,7				212,7				
BRITA (m³)																				
CONCRETO (m³)	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	
IMPERMEABILIZANTE IGOL (L)																				
LONA PLÁSTICA (m²)																				
MADEIRIT (m²)				679,5				679,5				679,5				679,5				
PONTALETES (m)				4.431,8				4.431,8				4.431,8				4.431,8				
PREGOS (kg)				369,3				369,3				369,3				369,3				
TÁBUAS (m²)				443,2				443,2				443,2				443,2				
TELA SOLDADA (kg)																				

Figura 30 - Programação conjunta de compras para Etapas 2 e 3
Fonte: Autor, 2013

O processo de aquisição de um material deve ser iniciado na semana em que aparecer uma quantidade deste material pela primeira vez no cronograma da programação (dados em vermelho). A partir daí, o início do processo será feito pela cotação de preços, seleção do fornecedor e liberação da primeira ordem de compra com a quantidade estipulada pela programação. O período de lead time até a entrega do material pela primeira vez na obra é maior, pois está considerando que mais tempo é necessário no início do processo de aquisição.

No primeiro pedido do ciclo de aquisições, que é a primeira aparição da quantidade do material no cronograma, os fornecedores serão contratados para suprir a quantidade total de material necessária na obra, no entanto, o material não será entregue todo de uma vez, a entrega será feita parceladamente, pela liberação de ordens de compra nas semanas seguintes.

O cronograma mostra quando e em que quantidade as ordens de compra devem ser liberadas para que o material chegue até a obra e atenda à necessidade de consumo, conforme o planejado.

Tomando como exemplo o Aço, seu processo de aquisição pode ser explicado, segundo a Figura 30. O processo deste material deve ser iniciado na terceira semana de abril, quando será feita a cotação de preços para a quantidade total de aço necessária à realização da obra, seleção e contratação do fornecedor para suprimento em todo o período da obra e liberação da primeira ordem de compra, não da quantidade total, mas da quantidade necessária na semana, obtida pelo cálculo no MRP. Na quarta semana de maio, de acordo com a programação, deve ser providenciada nova compra do material, como já existe o contrato com o fornecedor, é feita apenas a liberação da ordem de compra, na quantidade definida, para que seja feita a entrega do aço no período exato em que deve estar disponível para o uso.

De acordo com o cronograma, as Etapas 2 e 3 não se sobrepõem, a Etapa 3 só é iniciada após o término da Etapa 2. Quando duas ou mais etapas se sobrepuserem, ou seja, tiverem períodos de realização simultânea, a programação de compras de um mesmo material, presente em ambas as etapas, será alcançada pelo somatório das quantidades, de um mesmo período, em “Liberação de Ordens de Pedidos” do MRP que foi calculado separadamente para cada etapa.

A programação de compras para etapas que ocorrem simultaneamente é ainda mais importante, pois permite que os pedidos dos materiais sejam feitos de forma conjunta,

garantindo maior poder de barganha com os fornecedores e otimização do processo de compra, que será realizado apenas uma vez e não vários pedidos realizados separadamente, com ocorre atualmente na empresa.

O planejamento das compras guiará o setor de suprimentos durante a execução de toda a obra e também auxiliará na coordenação das compras de todas as obras da empresa, sabendo que qualquer atraso nos prazos estabelecidos pode causar a falta de recursos na obra e, por consequência, a paralisação e atraso da mesma.

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com este trabalho pretendia-se constatar que é possível aplicar técnicas de Planejamento e Controle da Produção, como o MRP, desenvolvidas para o contexto industrial, à construção civil. Além disso, verificar que a aplicação das técnicas estudadas podem trazer melhorias ao processo produtivo e, principalmente, ao processo de aquisição de materiais sem acarretar grandes custos para a implantação de um modelo de planejamento.

No desenvolvimento do trabalho foi possível aplicar os conceitos relacionados ao Planejamento e Controle da Produção à obra estudada e realizar o cálculo do MRP, a partir da manipulação dos dados e desagregação da execução dos serviços em necessidades de materiais.

A parte mais difícil foi o tratamento dos dados e transposição dos conceitos industriais para a realidade da obra, no entanto, após terem sido definidos todos os parâmetros e obtidos todos os dados, a realização dos cálculos foi feita de forma simples, com a ajuda de uma planilha e sem a necessidade de nenhum tipo de software mais complexo, o que constatou que o Planejamento das Necessidades de Material pode ser realizado pela empresa, sem a necessidade de grandes investimentos.

As melhorias obtidas não puderam ser mensuradas, já que o modelo de planejamento ainda não foi implantado pela empresa, no entanto, a ferramenta apresentada disponibiliza informações essenciais ao funcionamento do setor de suprimentos, que antes não existiam, e que facilitarão a tomada das ações e decisões do mesmo.

A principal vantagem resultante da adoção do MRP e da Programação de Compras pela empresa será a modificação do atual funcionamento do Setor de Suprimentos, pois

através destas ferramentas o Engenheiro da obra realizará o cálculo das necessidades de material, para as etapas e para obra como um todo, apenas uma vez no início das atividades de planejamento, sendo responsável depois apenas pelo controle e replanejamento, quando necessário.

Como ocorre atualmente, o Engenheiro calcula as quantidades de material fracionadamente durante o decorrer de toda a obra e repassa para o Setor de Suprimentos, o que é um esforço repetitivo e desnecessário. Com o cálculo das necessidades previamente definido, o MRP e a Programação de Compras podem ser realizados e disponibilizados ao Setor de Suprimentos, que terá as informações de que precisa para executar suas funções, sem atribuir atividades que seriam de sua incumbência ao Engenheiro.

Alguns resultados que também podem ser obtidos com a adoção do modelo de Programação de Compra dos materiais da obra são:

Fornecimento de recursos para a obra em quantidades e momentos certos: como foi demonstrado, a Programação de Compras permite que se tenha a definição correta de quando as ações de compra devem ser tomadas para que o material esteja disponível no momento planejado para o uso e também em que quantidade realizar os pedidos, de forma que não haja sobra nem falta de material.

Cumprimento de prazos de execução dos serviços do cronograma: a programação pode ser útil também como forma de verificar o cumprimento do cronograma de execução física da obra. A constatação de que a necessidade de materiais planejada não condiz com o consumo real, pode ser um indicativo de que os serviços não estão sendo realizados conforme o previsto ou de que foram adiantados, sendo necessário verificar as causas do desvio e rever o planejamento.

Negociações de compra, obtenção de melhores preços e seleção de fornecedores qualificados: a Programação de Compras permite tanto planejar as compras em quantidades maiores e coordenar a compra conjunta de etapas e de mais obras, para garantir melhores preços, como também, prevê o tempo necessário para a seleção de preços e de fornecedores, proporcionando uma seleção mais criteriosa, uma vez que o tempo já está reservado para este fim e não mais será preciso escolher o fornecedor apressadamente para garantir que o material chegue a tempo.

Organização do canteiro de obras: pode ser feita a disposição prévia e programada dos locais de estocagem de insumos pela obtenção das informações das quantidades que serão recebidas por período, segundo o planejamento de compras. Além disso, as ordens de compra são programadas em quantidades que atendam apenas ao necessário para que não haja acúmulo de estoque no canteiro.

Redução e melhor controle dos estoques de material: através do controle das quantidades consumidas e monitoramento das quantidades compradas, evitam-se desvios e consumo além do planejado. A construção muitas vezes se depara com o roubo de materiais armazenados no canteiro de obras, o que pode ser mais bem controlado e monitorado pela investigação das causas de consumo além da necessidade.

Apesar de ter chegado ao resultado esperado, alguns progressos e adaptações ainda devem ser feitos para a utilização efetiva das ferramentas e para a aplicação em todas as obras.

A primeira identificação é que seja feito um controle das quantidades reais consumidas nos períodos e que esse controle realimente os próximos planejamentos, embora o consumo possa ser muito variável, é importante levantar essas informações para que o consumo semanal dos materiais não seja considerado constante e o planejamento seja mais próximo da realidade.

Além de manter o controle do realizado é importante que o modelo desenvolvido seja aprimorado através da criação de um modelo geral padronizado, mas dinâmico, que possa ser aplicado a todas as obras, além de abranger também as necessidades de equipamento e mão de obra, e não só de materiais.

5. CONCLUSÕES

Com o estudo realizado verificou-se que o planejamento ineficiente está na raiz da maioria dos problemas encontrados na construção, como a baixa produtividade, não cumprimento dos prazos acordados com o cliente e os altos níveis de desperdício de materiais.

Através deste trabalho foi possível constatar que a aplicação do PCP pode atuar como forma de trazer melhorias ao processo produtivo da construção civil.

Como existem muitas possibilidades de aprofundamento do tema, este trabalho representa pequena contribuição para as empresas do setor, perto do que ainda pode ser feito, no entanto, foi possível verificar também que pequenas modificações podem trazer grandes benefícios. O desenvolvimento do MRP e da Programação de Compras, de fácil adaptação à realidade de uma obra exemplificou bem esta proposição.

A proposta de melhoria apresentada impacta diretamente o setor de suprimentos, mas pode ter contribuição também nas atividades de outros setores, como nas atividades de planejamento e controle da execução da obra, nas previsões de desembolso e recurso financeiro, nos planos de contratação e utilização da mão de obra, entre outros.

A empresa estudada, assim como a maioria das empresas que atuam no ramo da construção, apresentam muitos problemas e necessitam da identificação de melhorias, o que pode ser visto como oportunidade de desenvolvimento de trabalhos futuros, criando soluções e progressos não só pela aplicação do PCP, mas também das diversas áreas da Engenharia de Produção.

REFERÊNCIAS

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Tese de Doutorado (School of Civil Engineering) - Faculty of Engineering of the University of Birmingham, Birmingham – UK, 2000.

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

BROLESE, R. E. **Apresentação de um modelo de programação, planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2006. Monografia de Pós-Graduação em Gerência da Produção – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, 2006.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Banco de Dados. 2012. Disponível em < http://www.cbicdados.com.br/home/>. Acesso em 06 out, 2012.

DI BELLO, B. C. **Uma metodologia de planejamento aplicado à cadeia de suprimentos de construções prediais**. 2007. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

DIAS, E. C.; CASTELO, A. M**. Investir ou Patinar...**Projeto de crescimento não pode prescindir de aprimoramentos e ajustes; margem de manobra de políticas anticíclicas se estreita. São Paulo: SindusCon – SP, ano X, n. 3, set 2012. Disponível em < http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/set2012.pdf>. Acesso em 06 out, 2012.

EMPREGO na construção civil cresce 1,41% em abril, diz SindusCon-SP. **Revista Fundações e Obras Geotécnicas**. 2012. Disponível em <http://www.revistafundacoes.com.br/noticias/emprego-na-construcao-civil-cresce-1.41-porcent-em-abril-diz-sinduscon-sp/>. Acesso em 07 out, 2012.

FREITAS, J. B. **Formação e gerência de redes de empresas:** requisitos para a adequação do planejamento e controle da produção – Estudo de caso em obra de construção civil de grande porte. 2005. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2005.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO, R. L. **Um novo modelo de PCP para o setor da construção civil**. Disponível em <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_II.pdf>. Acesso em 25 ago, 2012.

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

KRAWCZYK FILHO, M**. Diretrizes para a programação de recursos em obras de curto prazo**. 2003. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2003.

LUSTOSA, L. *et al*.**Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MACHADO, R. L. **Sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.

MATIAS, B. S. et al. **Lean Construction**. Apostila 1ª Temporada de Minicursos PET Civil – Universidade Federal do Ceará. Disponível em: < http://www.petcivil.ufc.br/portal/wp-content/uploads/2012/02/Lean-Cosntruction-v1.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2012.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: PINI, 2010.

MENDES JR, R. e HEINECK, L. F. M. **Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos**. XVII ENEGEP - Gramado, RS, Brasil, 1997. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3107.PDF>. Acesso em 22 out, 2012.

NEUMANN, C. **Planejamento e Controle da Produção – PCP**. Apostila do Curso de Engenharia de Produção. Juiz de Fora, 2012.

PEREIRA FILHO, J. I.; ROCHA, R. A e SILVA, L. M. **Planejamento e controle da produção na Construção Civil para gerenciamento de custos**. XXIV ENEGEP - Florianópolis, SC, Brasil, 3 a 5 de nov de 2004. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0110_0473.pdf>. Acesso em 15 set, 2012.

RIBEIRO, P. K. P. **Gerenciamento do ciclo de aquisição de materiais na produção de edifícios.** 2006. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2006.

SEBRAE SP. **A cadeia produtiva da construção civil**. 2012. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/setor/construcao-civil/o-setor/cadeia-produtiva/integra_bia/ident_unico/120000613>. Acesso em 06 out, 2012.

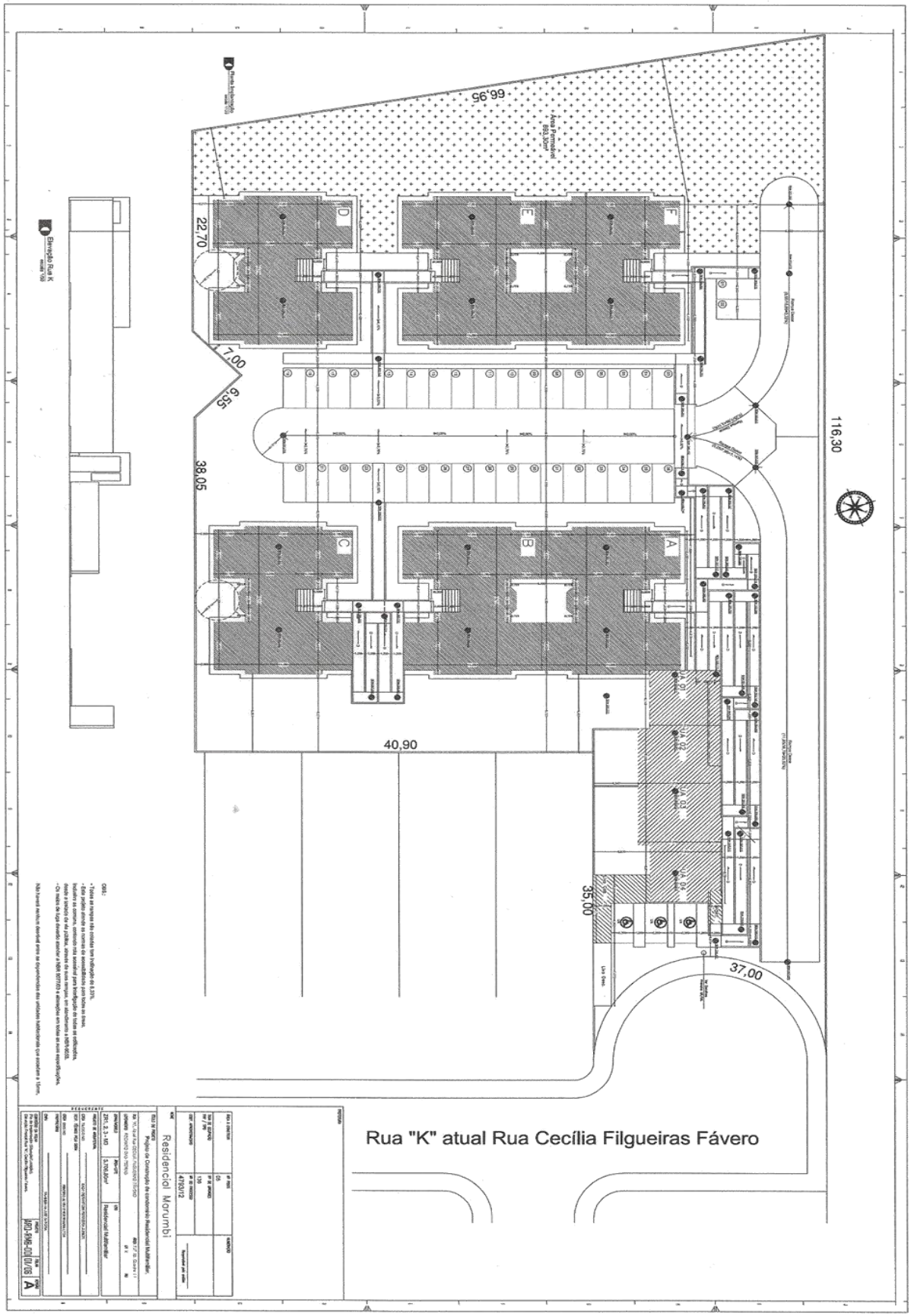
SEVERIANO FILHO, C e LUCENA, F. O. **A Programação de Materiais Frente às Necessidades do PCP - Estudo de Caso na Construção Civil**. XVII ENEGEP - Gramado, RS, Brasil, 1997. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3312.PDF>. Acesso em 15 set, 2012.

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Construção Civil Será Destaque na Economia Brasileira em 2012**. 2012. Disponível em < http://www.seesp.org.br/site/cotidiano/1903-construcao-civil-sera-destaque-na-economia-brasileira-em-2012.html>. Acesso em 06 out, 2012.

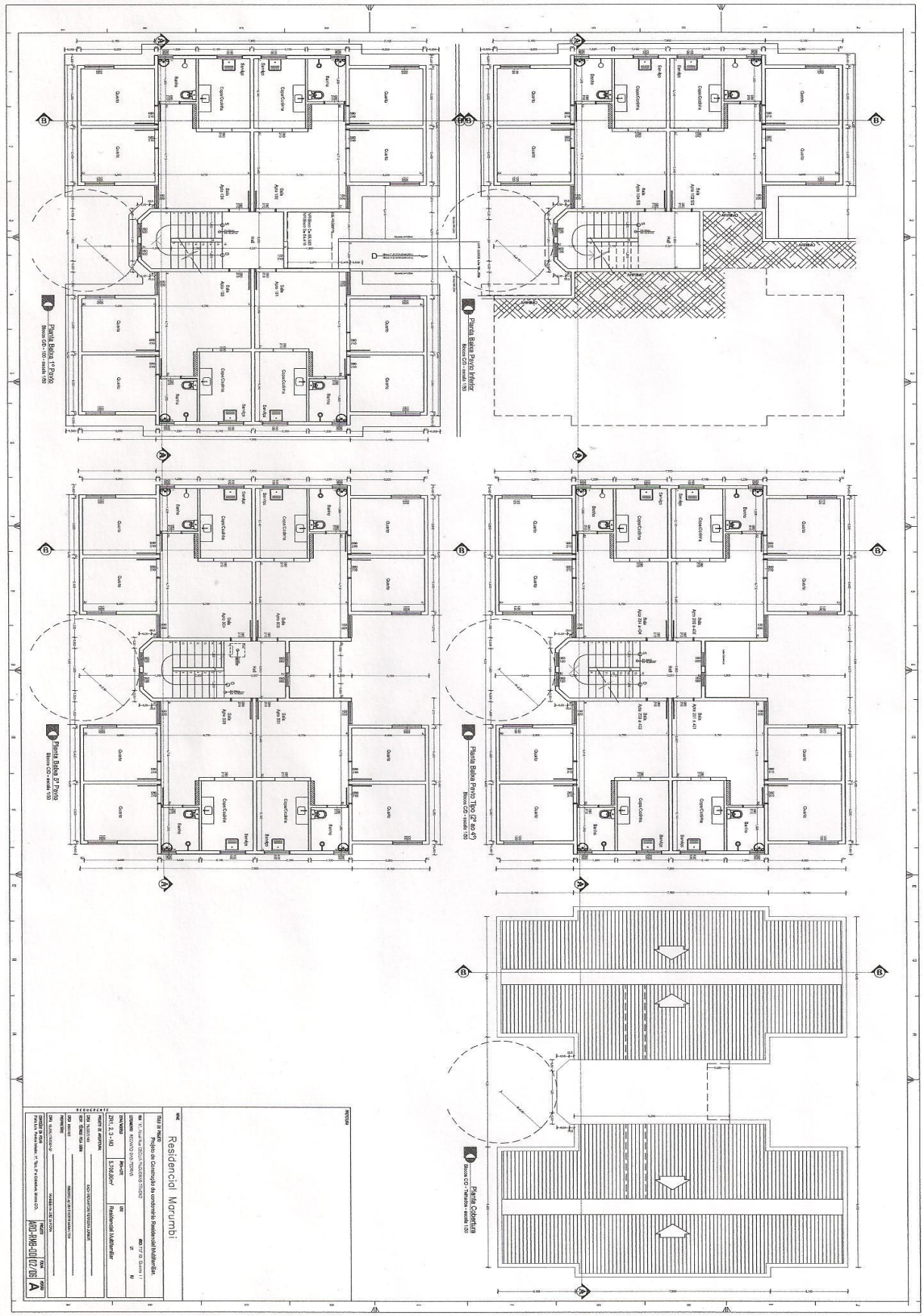
TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

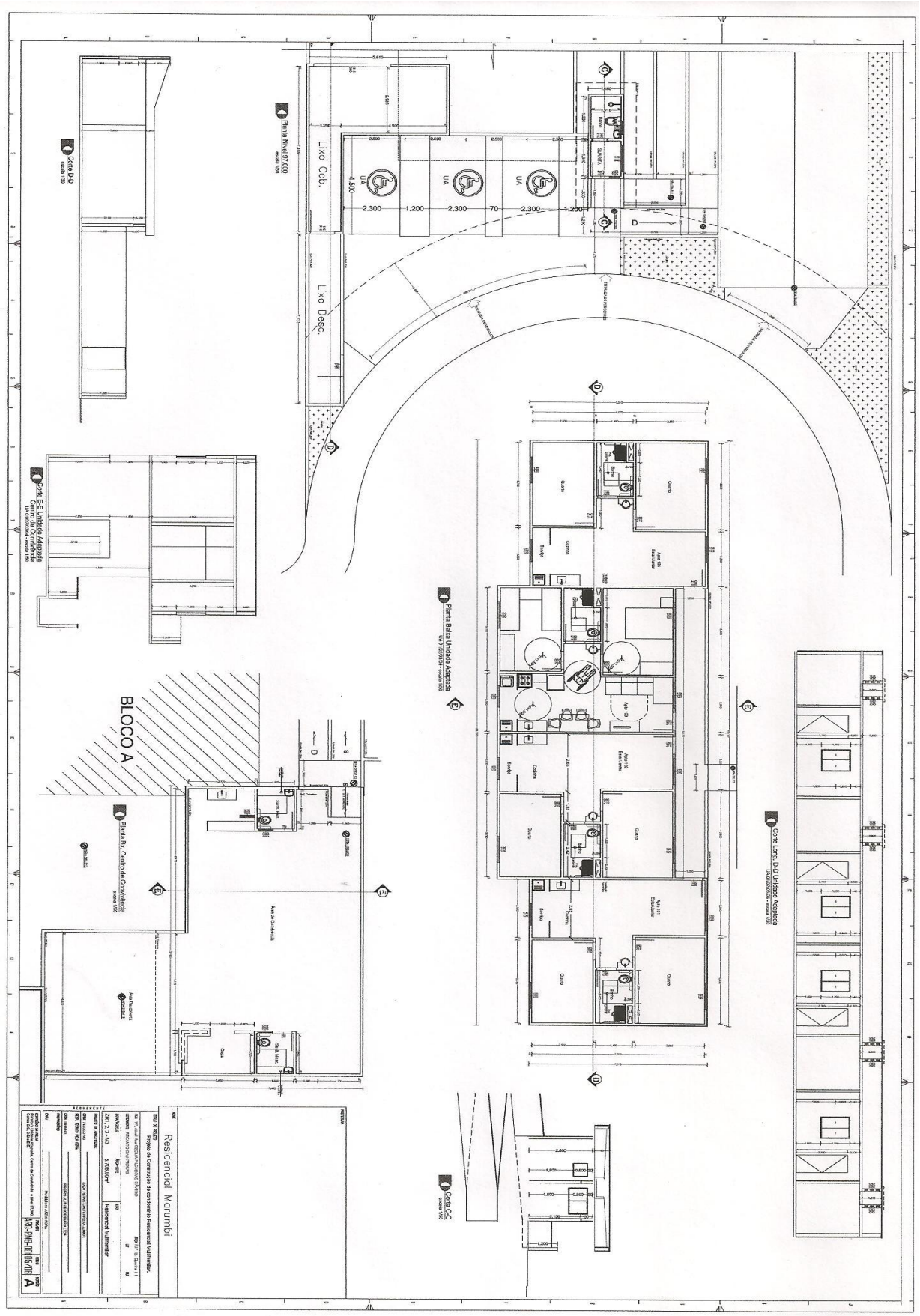
ANEXO 1 – PLANTA DA IMPLANTAÇÃO



ANEXO 2 – PLANTA DOS APARTAMENTOS



ANEXO 3 – PLANTA DAS UNIDADES ADAPTADAS



ANEXO 4 – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

ANEXO 5 – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins, que Camila Mattos Alvim possui autorização para divulgar o nome da empresa bem como dados não confidenciais na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Juiz de Fora, 25 de março de 2013.

_____

José Maria Ribeiro Alvim
Sócio-Administrador