

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE
PROGRAMAÇÃO DE OBRAS EM UMA
PEQUENA EMPRESA**

PAULO VINÍCIUS HARADA DE OLIVEIRA

Florianópolis

2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE
PLANEJAMENTO DE OBRAS EM UMA
PEQUENA EMPRESA**

PAULO VINÍCIUS HARADA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Área de concentração:
Construção Civil**

**Orientador:
Prof. Dr. Antônio Edésio Jüngles**

**Co-orientadora:
Prof^a. Dr. Ing. Janaíde Cavalcante Rocha**

Florianópolis

2000

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 09/10/2000,
pela comissão examinadora

Prof. Dr. Antônio Edésio Jüngles - Orientador

Prof. Dr. Ricardo Mendes Jr. - CESEC / UFPR

Prof. Dr. Norberto Hochheim - ECV / UFSC

Prof. Roberto de Oliveira, Ph.D.- ECV / UFSC

Prof. Dr. Jucilei Cordini - Coordenador do CPGEC

À minha família
Caio, Margarida e Carla

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Caio e Margarida, pelo apoio e todos os incentivos que me levaram a trilhar por este caminho.

À Carla por acreditar em mim e pelo seu carinho, paciência e compreensão em todos os momentos.

Ao Prof. Antônio Edésio Jungles pela orientação e, acima de tudo, pela oportunidade e confiança em mim depositadas.

Ao Prof. Luiz Fernando Heineck pelas colaborações e sugestões ao longo do trabalho.

Aos Professores Ricardo Mendes Jr., Norberto Hochheim e Roberto de Oliveira pela avaliação final deste trabalho.

À Prof^{ta}. Janaíde Cavalcante Rocha pela orientação para o exame de qualificação.

À Prof^{ta}. Cristine do Nascimento Mutti por todo o incentivo e amizade.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina por abrir-me suas portas.

As todos os funcionários da ECPO – Empresa Catarinense de Planejamento e Obras – que abriram as portas para a realização deste trabalho, em especial ao Eng. João Ambrósio Alves, ao Eng. Émerson da Silva Ferreira, ao Técnico Alexandre Luiz Savi e ao Mestre de Obras Arílton por todo seu apoio e paciência.

A todos os colegas do GGC – Grupo de Gestão da Construção – com quem pude conviver nos últimos anos, em especial à amiga Raquel Toledo.

À companheira de mestrado Sandra Gaspar Novais pelo auxílio durante a realização da pesquisa.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido para o desenvolvimento desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA	1
1.2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	2
1.3. LIMITAÇÕES DO TEMA	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo principal	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. HIPÓTESES	5
1.5.1. Hipótese geral	5
1.5.2. Hipóteses subjacentes	5
1.5.3. Hipóteses de trabalho	5
1.6. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	7
2.2. PRODUTIVIDADE E REPETIÇÃO	11
2.3. TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO	12
2.3.1. Histórico e conceitos	12
2.3.2. Vantagens e desvantagens.....	13
2.4. MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO - CPM - E O PERT	14
2.4.1. Histórico e conceitos	14
2.4.2. Vantagens e desvantagens.....	15
2.5. INTEGRAÇÃO ENTRE O CPM E A LINHA DE BALANÇO	15
2.6. PROGRAMAÇÃO DE OBRAS EM COMPUTADOR.....	17

2.7. A NOVA FILOSOFIA DE PRODUÇÃO	19
2.7.1. O processo de planejamento dentro dos princípios da Nova Filosofia de Produção	21
2.7.1.1. O planejamento de curto prazo	22
2.7.1.2. O planejamento de médio prazo	24
2.7.1.3. O planejamento de longo prazo	25
3. METODOLOGIA	27
3.1. INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR.....	28
3.1.1. Definição do nível de detalhamento.....	29
3.1.2. Definição das durações e precedências	31
3.2. PLANEJAMENTO TÁTICO	34
3.3. PLANEJAMENTO OPERACIONAL	36
3.4. TRANSFERÊNCIA DA INFORMAÇÃO	37
4. ESTUDO DE CASO.....	40
4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O AMBIENTE DE ESTUDO	40
4.1.1. Caracterização da empresa.....	40
4.1.2. Caracterização da obra	44
4.2. O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	47
4.2.1. Investigação preliminar	47
4.2.1.1. O levantamento dos dados iniciais	47
4.2.1.2. Elaboração da lista de atividades.....	50
4.2.1.3. Cálculo das durações e determinação das precedências.....	50
4.2.2. Desenvolvimento do planejamento tático	56
4.2.3. Elaboração da programação de médio e curto prazo	63
4.2.4. Transferência da programação aos operários.....	67
4.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
4.3.1. Efeitos da estratégia da empresa no planejamento operacional.....	70
4.3.2. Simulações e definição do planejamento tático	71
4.3.3. Acompanhamento e planejamento operacional	73
4.3.4. Os cartões de produção e o quadro de programação.....	76

5. CONCLUSÕES	78
5.1. CONCLUSÕES	78
5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
ANEXOS	81
Anexo A - Croqui do pavimento tipo da obra estudada.....	81
Anexo B - Lista das atividades programadas no nível tático.....	83
Anexo C - Seqüência de execução da alvenaria na primeira simulação e após a quinta simulação.....	90
Anexo D - Seqüência de execução da cerâmica na primeira simulação e após a quinta simulação.....	92
Anexo E - Lista final de atividades após o detalhamento e atualização	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - FASES DO CICLO DE PLANEJAMENTO (LAUFER & TUCKER, 1987).....	9
FIGURA 2.2 - MODELO DE PROCESSO DA NOVA FILOSOFIA DE PRODUÇÃO (KOSKELA, 1992)	20
FIGURA 3.1 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	27
FIGURA 3.2 - FLUXOGRAMA DE SERVIÇOS COM LIGAÇÕES DE SEQÜÊNCIA E DE TRAJETÓRIA (ADAPTADO DE ASSUMPÇÃO, 1996)	32
FIGURA 3.3 - EXEMPLO DE LIGAÇÕES DE SEQÜÊNCIA E TRAJETÓRIA NO <i>SOFTWARE</i>	33
FIGURA 3.4 - EXEMPLO DO CARTÃO DE PRODUÇÃO UTILIZADO.....	38
FIGURA 3.5 - ESQUEMA DO QUADRO DE PROGRAMAÇÃO	39
FIGURA 4.1 - CLASSIFICAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (BAIOTTO, 1999)	41
FIGURA 4.2 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA EMPRESA EM DEZEMBRO DE 1998.....	42
FIGURA 4.3 - IMAGEM DA OBRA DURANTE SUA EXECUÇÃO.....	45
FIGURA 4.4 - LIGAÇÕES DE SEQÜÊNCIA ENTRE AS ATIVIDADES REPETITIVAS.....	52
FIGURA 4.5 - ENTRADA DE DADOS NO <i>SOFTWARE</i>	55
FIGURA 4.6 - CRONOGRAMA DA ATIVIDADE REBOCO, COM TRAJETÓRIA DESCENDENTE NA TORRE	56
FIGURA 4.7 - SERVIÇOS SENDO EXECUTADOS APÓS A ENTREGA, NA PRIMEIRA SIMULAÇÃO.....	57
FIGURA 4.8 - ALTERAÇÕES NA TRAJETÓRIA DE EXECUÇÃO PARA AS SIMULAÇÕES.....	58
FIGURA 4.9 - CRONOGRAMA DA ATIVIDADE REBOCO, COM TRAJETÓRIA ASCENDENTE NA TORRE	59
FIGURA 4.10 - RESULTADO DA QUINTA SIMULAÇÃO	62
FIGURA 4.11 - PROGRAMAÇÃO DE CURTO PRAZO DA EXECUÇÃO DO CALFINO	66
FIGURA 4.12 - CARTÃO DE PRODUÇÃO ENTREGUE AO CHEFE DA EQUIPE	68
FIGURA 4.13 - IMAGEM DO QUADRO DE PROGRAMAÇÃO.....	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – DADOS DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS.....	49
TABELA 4.2 – ALTERAÇÕES NO PLANEJAMENTO A CADA SIMULAÇÃO	60

RESUMO

A necessidade de se reduzir prazos e custos e aumentar o controle da obra faz com que as indústrias de construção invistam cada vez mais tempo no planejamento e programação das atividades. Essa dissertação explora o planejamento de edifícios de múltiplos pavimentos, com enfoque na visibilidade do processo e no fluxo de informações, no cenário de um construtora incorporadora de pequeno porte. Foi desenvolvido um estudo de caso, realizando a programação da obra de um edifício residencial de oito pavimentos tipo, executado por uma pequena empresa. Foi feito desde o planejamento tático, através de simulações utilizando um *software* de gerenciamento de projetos, até as programações de médio e curto prazo, nas quais buscou-se garantir a continuidade dos fluxos de trabalho. A transferência da informação foi realizada através do emprego de cartões de produção, intensificando o fluxo de informações. Concluiu-se que o método utilizado contribuiu para o aumento da visibilidade do processo e facilitou o processo de tomada de decisão. Também ficou demonstrado que é possível uma empresa com quadro reduzido de funcionários realizar o planejamento de suas obras, obtendo grandes benefícios sem necessitar de maiores investimentos.

ABSTRACT

The need to reduce terms and costs and to increase the work control drives the construction industries invest more time in the planning and programming of the activities. This work explores the planning of multiple pavements buildings, focusing the visibility of the process and the flow of information in the scenery of a small construction company. A case study was developed. The work programming of a residential building, performed by a small company, was accomplished. It was done from the tactical planning, through simulations using specific software of projects administration, until the medium and short-term programming, in which it was guaranteed the continuity of the workflows. The transfer of the information was accomplished through the use of production cards, intensifying the flow of information. It was concluded that the used method contributed to the increase of the visibility of the process and it facilitated the process of taking decision. It was also demonstrated that it is possible to a company with reduced team of employees accomplishes the planning of work in a building site, obtaining great benefits without remarkable investments.

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

O setor de construção civil, na última década, tem sido marcado por uma busca do desenvolvimento tecnológico. Muitas empresas têm procurado tornarem-se mais competitivas através da implantação de novas tecnologias construtivas e pela modernização organizacional e gerencial. Nesse processo é natural que ocorram resistências às mudanças desde os operários da obra até a alta gerência. Dentro dessa perspectiva torna-se necessário desenvolver metodologias de fácil implantação e com resultados práticos, atendendo às necessidades atuais.

Uma das iniciativas, tanto das empresas construtoras como das instituições de pesquisa, tem sido a modernização empresarial, entendida como a adoção de técnicas de organização e métodos, gerenciamento, planejamento financeiro e operacional, marketing, gestão de recursos humanos, entre outros. Tais ações podem contribuir em muito para a melhoria do desempenho no setor da construção (SOUZA, 1991).

A presente pesquisa está inserida nesse contexto, estando voltada para a modernização do planejamento tático e operacional de uma pequena empresa incorporadora, com quadro reduzido de funcionários e sem apresentar a possibilidade de realizar grandes investimentos. Como parte desse planejamento tem-se o enfoque na programação da obra. COELHO (1998) acrescenta que a pesquisa que auxilie o trabalho de gerentes de projeto para a obtenção de dados de programação e controle de obras de maneira rápida e precisa é sempre bem aceita no mercado da construção civil.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A construção civil é sem dúvida um setor industrial de grande importância sócio-econômica. Segundo estudos publicados pela Câmara da Indústria da Construção, vinculada à Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, o setor da construção civil participa com 14,8 % do PIB nacional e gera 13,5 milhões de empregos diretos (FERRAZ NETO, 1999). No entanto, trata-se de um setor com diversas particularidades e defasagem de alguns anos em relação aos setores industriais mais dinâmicos, no que diz respeito ao gerenciamento do processo produtivo (PICCHI, 1993).

O planejamento e o controle são funções gerenciais básicas em qualquer ramo de atividade industrial. Na construção civil, a realização de qualquer empreendimento envolve uma combinação de recursos (materiais, mão de obra, equipamentos e capital) que podem estar sujeitos a limites e restrições. A alocação de recursos no devido tempo e o fornecimento de dados e fatos para o controle somente são possíveis através de um eficiente sistema de planejamento e programação (SCARDOELLI *et al.*, 1994).

A programação da disponibilização de recursos é tida como o maior potencial individual de melhoria da qualidade das empresas em geral e de construção civil em particular, pela sua influência no prazo e na produtividade da obra (HARMON *apud* PALACIOS, 1994).

A programação de obras através de modelos mais eficientes, vem deixando de ser uma proposta acadêmica, para transformar-se em necessidade para as empresas, como forma de contribuir para melhorar a qualidade de seus produtos e sua competitividade frente ao mercado onde atua (ASSUMPÇÃO e FUGAZZA, 1998).

A competitividade das empresas do setor da construção civil depende de uma implantação eficiente de seus sistemas de planejamento, de programação e de controle da produção. As empresas têm consciência da importância desses sistemas, mas por não existir uma cultura para utilização de conceitos da área de organização da produção constata-se um baixo nível de qualidade dos sistemas de gerenciamento da produção. (ASSUMPÇÃO, 1996).

Segundo CARVALHO *et al.* (1998), a ineficiência do processo de programação de recursos tem sido identificada como responsável por muitos dos problemas relacionados à dilatação do prazo de execução do empreendimento, ao desperdício de recursos e à baixa produtividade da mão de obra.

Apesar dos recursos computacionais existentes atualmente, a maioria dos gerentes que utilizam programas informatizados de gerenciamento de projetos continuam pensando e trabalhando manualmente. Uma minoria deles usa seus programas computacionais de gerenciamento como uma ferramenta de planejamento poderosa. Na maior parte dos casos o real planejamento e análise é obtido manualmente pelo gerente de projeto e os resultados são somente parcialmente documentados como dados para entrada no programa computacional de gerenciamento. No grupo de gerentes que tem computador, 25% planejam manualmente sem o uso do programa computacional de nenhuma maneira (SCHMITT, 1998).

MENDES Jr. e LÓPEZ VACA (1998) acrescentam que o processo de programação é tedioso e demorado e, com muita frequência, exige ajustes posteriores até se chegar a um plano que atenda aos objetivos da forma desejada. Planejar os fluxos de trabalho é considerado demorado, e na prática é pouco realizado. Esta é a percepção das empresas construtoras de pequeno porte, que possuem geralmente apenas um engenheiro para todas as obras da empresa. O comando da obra, nestas empresas, geralmente é realizado através da intuição e repleto de decisões emergenciais.

1.3 LIMITAÇÕES DO TEMA

Os estudos estão voltados ao planejamento de obras repetitivas, mais especificamente obras de edifícios residenciais. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado um estudo de caso em uma pequena empresa construtora incorporadora no município de Florianópolis. A obra estudada tratava-se de um edifício residencial de oito pavimentos tipo. A aplicabilidade destes estudos em outros tipos de empresas do setor necessita ser comprovada através de outras pesquisas.

Não se pretendeu desenvolver detalhadamente um novo método de planejamento, mas sim demonstrar que metodologias simples e ferramentas já conhecidas podem ser facilmente utilizadas por empresa construtoras de pequeno porte para realizar o planejamento de seus empreendimentos.

Foram abordadas somente as decisões relacionadas diretamente com a produção, no sentido de equacionar os meios e procedimentos para executar a obra. Não faz parte deste trabalho qualquer ação ou intervenção relacionada ao desenvolvimento do planejamento estratégico da empresa, sendo feita somente uma análise da estratégia relacionada ao canteiro.

Em todos os níveis de planejamento desenvolvidos houve a participação do engenheiro e do mestre de obras, que tomavam todas as decisões finais relacionadas à programação. O papel do pesquisador foi de orientar quanto aos métodos a serem utilizados, propor alternativas para as programações e auxiliar no uso do *software* gerenciador de projetos, além de servir como agente motivador para as mudanças.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Realizar a programação da execução de uma obra de uma pequena empresa construtora incorporadora, verificando a viabilidade da implementação de cada etapa do processo de planejamento.

1.4.2 Objetivos específicos

- Simular e avaliar alternativas para o planejamento tático da obra, buscando melhores soluções para atingir metas estratégicas de uma pequena empresa incorporadora;
- Empregar conceitos da Nova Filosofia de Produção na realização da programação de médio e curto prazo utilizando um *software* gerenciador de projetos;
- Através de uma programação de curto prazo, permitir uma visão do fluxo de trabalho ao longo das próximas semanas.

1.5 HIPÓTESES

1.5.1 Hipótese geral

É possível implementar um processo de planejamento de obra que atinja os objetivos estratégicos de uma pequena empresa construtora incorporadora, sem realizar grandes investimentos.

1.5.2 Hipóteses subjacentes

- A visualização do fluxo de trabalho auxilia uma pequena empresa a obter um maior controle sobre a obra;
- O aumento da previsibilidade dos resultados e necessidades para as semanas seguintes evita a necessidade de se tomar decisões emergenciais;
- A disponibilização de informações através de dispositivos visuais aumenta a participação dos operários na realização do planejamento.

1.5.3 Hipóteses de trabalho

- O uso de um aplicativo aberto de gerenciamento de projetos é adequado às particularidades de uma empresa de pequeno porte;
- Conceitos da técnica de Linha de Balanço podem ser empregados para se realizar o seqüenciamento das atividades na utilização de um *software* gerenciador de projetos;
- A utilização de uma estrutura analítica para as atividades é adequada para se realizar simulações de cenários, auxiliando na tomada de decisões táticas;
- Dados baseados na experiência de funcionários da empresa em obras anteriores podem ser considerados confiáveis para o nível de decisão em uma pequena empresa.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação encontra-se organizada da seguinte forma:

O **presente capítulo** introduz o tema abordado, justifica a realização do trabalho, apresenta seus objetivos, hipóteses e delimitações;

No **capítulo 2** é feito o embasamento teórico sobre planejamento e programação de obras, discutindo técnicas de programação e a aplicação da Nova Filosofia de Produção no planejamento;

O **capítulo 3** descreve a metodologia utilizada no trabalho e para o levantamento de dados, no cenário de uma pequena empresa;

No **capítulo 4** é feita a descrição e a análise dos resultados do estudo de caso realizado em uma empresa construtora incorporadora de pequeno porte em Florianópolis;

O **capítulo 5** é dedicado às conclusões do trabalho e sugestões para futuras pesquisas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

O planejamento e controle da produção são de extrema importância para o gerenciamento da construção e são considerados funções gerenciais básicas (LAUFER e TUCKER, 1987). A construção civil possui um dos processos produtivos de maior dispersão em torno do valor esperado do prazo de conclusão ou do custo total de uma obra.

Para execução de qualquer projeto é necessário que exista um planejamento, para definir o método de execução do projeto; uma programação, que definirá o cronograma da execução; e um controle, que permitirá o acompanhamento e verificação do andamento do projeto (LOSSO e ARAÚJO, 1995). A realização de um empreendimento exige a combinação dos fatores tempo, custo e recursos. O estabelecimento da alocação eficiente de recursos no tempo e a possibilidade de controle somente serão possíveis através de um eficiente sistema de planejamento e programação.

No planejamento, através da análise do projeto e do estudo da melhor estratégia de ataque à obra, ficam estabelecidos os intervalos de tempo em que os diversos serviços podem ocorrer. Existe uma flexibilidade para analisar as durações das atividades, o tamanho das equipes, a alocação de recursos e mobilização da mão-de-obra, podendo-se prever as despesas que ocorrerão ao longo da obra, servindo de apoio à tomada de decisão (ENSSLIN e ALBERTON, 1994).

LAUFER e TUCKER (1987) identificam, no planejamento, três níveis gerenciais: estratégico (diretoria), tático (engenheiros de produção) e operacional (mestres de obra e subempreiteiros).

O planejamento estratégico está relacionado à alta gerência, sendo bastante agregado e servindo de diretriz para os demais níveis. No nível tático são tomadas decisões no sentido de equacionar os meios e procedimentos que serão utilizados para executar a obra. O planejamento operacional está ligado à rotina do canteiro, ou seja, a questões relativas à produção física do empreendimento (ASSUMPTÃO, 1996).

Já na programação, realiza-se a ordenação estruturada do problema, são fixadas as datas para realização das atividades, onde estabelece-se o cronograma da obra.

MENDES Jr. e LÓPEZ VACA (1998) citam como princípio básico que usualmente governa a programação de atividades a necessidade da construção do edifício encerrar no menor prazo possível e com os recursos disponíveis. Além disso, deve-se buscar uma constância na composição das equipes ao longo da obra e a continuidade da tarefa de cada equipe deve ser assegurada.

Na construção civil são utilizados vários métodos de programação, dentre os quais pode-se citar desde o simples Diagrama de Barras ou Gráfico de Gantt, as Redes PERT / CPM e a Técnica da Linha de Balanço. ENSSLIN e ALBERTON (1994) e HEINECK e MAZIERO (1990) observaram que sua utilização é necessária para evitar o inconveniente da tomada de decisões ao acaso e a escolha de ações e soluções adotadas emergencialmente.

Segundo LAUFER e TUCKER (1987) o processo de planejamento envolve cinco fases (figura 2.1):

- a) planejamento do processo de planejamento;
- b) reunião da informação;
- c) preparação de planos;
- d) difusão da informação e
- e) avaliação do processo de planejamento.

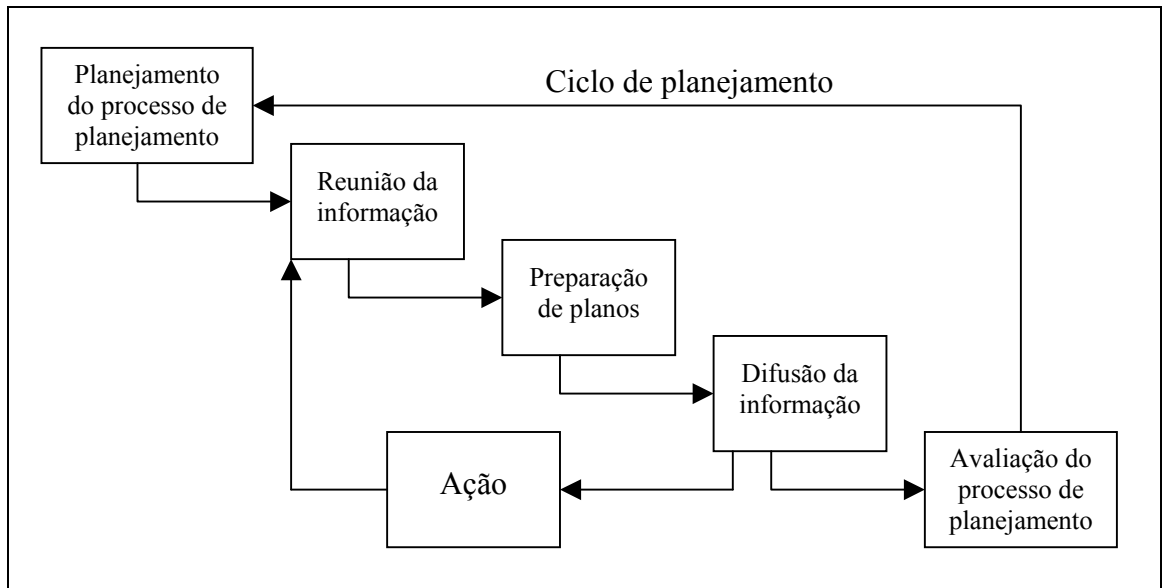


Figura 2.1: Fases do ciclo de planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)

Na primeira fase, são tomadas decisões relativas ao horizonte¹ e nível do detalhamento do planejamento, frequência de replanejamento e grau de controle a ser efetuado. Na segunda fase ocorre a coleta das informações necessárias para se realizar o planejamento.

A fase de preparação dos planos é a que recebe maior atenção dos responsáveis pelo planejamento nas empresas de construção. Existem muitas técnicas utilizadas para a preparação dos planos de obra, porém as mais difundidas são as técnicas de rede baseadas no Método do Caminho Crítico.

Em seguida tem-se a quarta fase: a difusão da informação. A informação deve ser transmitida de acordo com as necessidades de seus usuários e o responsável pelo planejamento na empresa deve discernir quem deve recebê-las e qual seu formato necessário.

A última fase corresponde à avaliação de todo o processo de planejamento, servindo de base para o desenvolvimento deste processo em empreendimentos futuros.

¹ Horizonte de planejamento é o intervalo de tempo entre o planejamento e a ação (LAUFER e TUCKER, 1988)

Das fases do processo de planejamento apresentadas na figura 2.1, as duas primeiras são praticamente inexistentes e as restantes desenvolvidas de forma deficiente. O planejamento realizado no escritório central ainda é pouco utilizado pelo pessoal em canteiro. Isso ocorre devido aos seguintes motivos (LAUFER e TUCKER, 1987):

- a) execução da obra no canteiro coordenada através de um planejamento de curto prazo realizado pelo administrador da obra sem seguir o do escritório e em períodos diferentes dos planos formais;
- b) dificuldade de atualização dos planos por parte dos responsáveis pelo planejamento, por não disporem de informações do canteiro de obras para a retroalimentação do planejamento;
- c) falta de integração vertical do planejamento.

Além disso, estudos mostram que as atividades da gerência são caracterizadas pelos curtos espaço de tempo utilizados para desenvolvê-las, além de serem consideradas breves, variadas e fragmentadas (LAUFER e TUCKER, 1988). Dessa forma, é difícil alocar tempo para a execução do planejamento, principalmente durante a construção do empreendimento, quando ocorre uma preferência pela atenção a operações rotineiras.

BERNARDES (1996) acrescenta que embora haja uma coleta de informações no canteiro de obras, essas não são utilizadas como referência para o planejamento de futuros empreendimentos.

No caso de empresas construtoras de pequeno porte, o quadro de pessoal é bastante reduzido, existindo poucos funcionários para cuidar de todas as tarefas da empresa. Assim, atividades como planejamento e controle tornam-se difíceis de serem realizadas. Geralmente uma pequena empresa possui somente um engenheiro, responsável por todas as obras e ocupado em tempo integral com tarefas diárias, impedido de realizar um planejamento adequado por não possuir tempo disponível. Além disso, a possibilidade de se contratar um profissional somente para o planejamento não chega a ser levada em conta, pois considera-se que não existiria um retorno financeiro.

2.2 PRODUTIVIDADE E REPETIÇÃO

Quando fala-se em índice de produtividade, está referindo-se à quantidade de produtos gerados por um operário em um determinado período. Na construção civil, um exemplo de índice de produtividade é a medição do número de metros quadrados de revestimento argamassado realizado por um pedreiro em um determinado tempo.

A produtividade está diretamente relacionada com todos os processos que envolvem o método construtivo. Aumentar a produtividade significa obter maior eficiência, produzindo mais em menos tempo e com maior qualidade (OLIVEIRA *et al.*, 1998). Os fatores que afetam a produtividade podem ser, no geral, categorizados como referentes a mão-de-obra, características do projeto, condições do canteiro, controle gerencial, métodos construtivos e estrutura organizacional do projeto (THOMAS *et al.*, 1990).

A importância da investigação dos fatores que influenciam a produtividade está além da simples formação de um banco de dados. Um maior entendimento das razões que explicam o comportamento da produtividade na construção tem um efeito positivo em outros temas relacionados, como a programação, a mão-de-obra e o gerenciamento de recursos (HERBSMAN e ELLIS, 1990)

SERPELL (1993) lista uma grande quantidade de fatores que afetam a produtividade da construção. Dentre os que exercem uma influência negativa na produtividade, pode-se citar a programação de horas-extras e cansaço dos operários, erros e omissões no planejamento, modificações no projeto durante a execução, composições e tamanhos inadequados das equipes de trabalho e o excesso de tempo gasto para a tomada de decisões.

O mesmo autor enumera também vários fatores que tendem a melhorar a produtividade, dentre os quais podem ser citados: a utilização de técnicas modernas de planejamento, a utilização de auxílio computacional, o pré-planejamento de todas as operações, programações de curto prazo com definição de equipes e uma boa supervisão dos trabalhos.

A repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem na sua execução, enfim a experiência, também conduzem a um aumento da produtividade (HEINECK, 1991). O autor afirma que esse fenômeno, conhecido como efeito aprendido, ocorre se houver continuidade na execução das tarefas e em canteiros organizados. Além da repetitividade, é necessário que os operários possam deslocar-se de uma tarefa para outra sem interrupção e, além disso, não podem ocorrer esperas devido a faltas de materiais, interferências de outras tarefas ou desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho.

2.3 TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO

2.3.1 Histórico e conceitos

A técnica da Linha de Balanço (LDB) é um método de programação desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos no início dos anos 50. Essa técnica vem sendo utilizada em projetos de natureza repetitiva, tais como conjuntos habitacionais, edifícios de múltiplos pavimentos, pontes extensas, tubulações e construção de estradas (AL SARRAJ, 1990).

Numerosas técnicas para a programação de atividades repetitivas utilizando os princípios da Linha de Balanço com algumas variações foram desenvolvidas a partir da década de 70, chamadas também de Técnicas de Programação Lineares (LSM) (MAZIERO, 1990; THABET e BELIVEAU, 1994).

CARR e MEYER (1974) investigaram as características de um projeto repetitivo e sugeriram que a programação de tais projetos com a Linha de Balanço obteria melhores resultados do que com o CPM. O'BRIEN (1975) desenvolveu um Método de Programação Vertical (*Vertical Production Method – VPM*), baseado na LDB, usado na programação de edifícios altos. STRADAL e CACHA (1982) apresentaram o Método de Programação Espaço Tempo. REDA (1990) apresentou um modelo matemático (*Repetitive Project Model – RPM*) capaz de calcular o mínimo custo de um projeto repetitivo.

Segundo MAZIERO (1990), os princípios da técnica da Linha de Balanço são:

- Determinar uma razão de produção, baseada na relação entre o número de unidades a serem construídas e o tempo de construção das mesmas;
- Manter esse ritmo de trabalho constante;
- Manter a movimentação de mão-de-obra e equipamentos contínuos;
- Tirar benefícios da repetitividade do trabalho.

MENDES Jr. (1998) observa que no caso de edifícios, as atividades são repetidas nos diversos pavimentos ou apartamentos do edifício, possibilitando sua programação seqüencial de forma simples.

2.3.2 Vantagens e desvantagens

As grandes vantagens da Linha de Balanço são a sua simplicidade de aplicação e facilidade de visualização (REDA, 1990). LOSSO e ARAÚJO (1995) acrescentam que existe uma facilidade de entendimento do gráfico, tanto no planejamento como na execução.

Outro fator positivo é a possibilidade de ser utilizada rapidamente para se determinar o que está errado com um projeto e poder identificar gargalos futuros em potencial. Além de tudo, a LDB mantém a continuidade do trabalho e o ritmo de produção, possibilitando o aparecimento do efeito aprendizado (CARR e MEYER, 1974; REDA, 1990).

A desvantagem da LDB, em relação ao CPM, reside no fato de ainda serem poucas suas aplicações na construção civil. Embora conhecida e estudada por pesquisadores nacionais, não conseguiu chegar às empresas construtoras de forma a ser utilizada como uma ferramenta efetiva de planejamento na produção. (MENDES Jr., 1995; ASSUMPÇÃO e FUGAZZA, 1998)

Como o uso da Linha de Balanço é restrito a projetos de serviços repetitivos, há a necessidade de se elaborar uma programação a parte para serviços não repetitivos (LOSSO e ARAÚJO, 1995). Os autores citam ainda a necessidade de um projeto integrado à forma de execução e a dificuldade de se considerar o grande número de variáveis influentes no processo construtivo. Várias atividades exigem uma seqüência de execução diferentes do andamento da obra, causando dessa maneira escalas diferentes para a mesma LDB.

2.4 O MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO – CPM – E O PERT

2.4.1 Histórico e conceitos

Os métodos baseados em redes, tais como o CPM (*Critical Path Method*) e o PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) são aplicáveis a obras onde existe necessidade de um detalhamento maior do que aquelas em que se aplica simplesmente o Diagrama de Barras. As redes usam flechas e nós para representar a construção das operações e suas relações (MAZIERO, 1990).

A técnica CPM foi idealizada no ano de 1957 e teve seus conceitos apresentados pela empresa *DuPont de Nemours*. Esse método considera para as atividades durações obtidas em projetos muito semelhantes executados anteriormente. Como para cada atividade é feita uma única determinação de prazo de duração, baseada em experiência pregressa, o CPM é chamado de processo determinístico.

No mesmo ano, durante a execução do míssil Polaris pela Marinha dos Estados Unidos foi desenvolvida a técnica conhecida como PERT. Por se tratar de um projeto novo, não se conheciam os prazos de fabricação de cada componente, perguntou-se aos fabricantes quais os prazos máximo, normal e mínimo que seriam necessários para produzir as peças. A duração das atividades era estimada através de um tratamento estatístico. Em função disso, a técnica PERT é chamada de probabilística.

Apesar das diferenças, atualmente as técnicas são usadas como uma só, adaptando-se ao enfoque necessário (QUALHARINI, 1995; LIMMER, 1997).

A rede CPM ilustra claramente a seqüência lógica das operações. As dependências e durações estimadas são usadas para determinar o tempo necessário para a conclusão do projeto (MAZIERO, 1990).

2.4.2 Vantagens e desvantagens

O CPM, juntamente com o Gráfico de Gantt, são as técnicas de programação mais utilizadas em todo o mundo (EAST e KIM, 1993).

No caso de programação de atividades repetitivas, o uso do CPM tem como grande desvantagem a necessidade de se representar o projeto através de um grande número de atividades, o que dificulta a visualização e entendimento da rede por parte de um usuário não treinado. Outro problema importante é o fato dessa técnica não garantir a continuidade do trabalho (REDA, 1990; MAZIERO, 1990).

Para criar ou modificar o plano da obra, existe a necessidade de especialistas na técnica, mesmo com o uso de ferramentas computacionais. A aplicação da técnica também é dificultada pela variabilidade das durações e incertezas nas estimativas das atividades e recursos.

KOSKELA (1992) acrescenta ainda que este modelo é baseado em atividades específicas, e não planeja adequadamente os fluxos de equipes e materiais existentes no processo da construção.

2.5 INTEGRAÇÃO ENTRE O CPM E A LINHA DE BALANÇO

COLE (1991) utilizou seis estudos de caso para ilustrar as características do CPM e da LDB quando usados em obras de construção civil, concluindo que o CPM é satisfatório para projetos não repetitivos e a LDB aplicável a projetos repetitivos. Entretanto a maioria dos projetos apresentam as duas características e nenhuma das duas técnicas

aplicada isoladamente foi capaz de atender todos os requisitos para o planejamento e controle da construção.

Combinar estas duas técnicas para o caso de obras com serviços repetitivos já é uma solução reconhecidamente eficaz como demonstram diversas pesquisas realizadas propondo soluções batizadas com diferentes nomes (KALU, 1990; RUSSELL e WONG, 1993; SUHAIL e NEALE, 1994). Esta combinação tem sido muito pesquisada em função do desapontamento tanto dos pesquisadores quanto dos práticos com a aplicação do CPM em projetos repetitivos (SUHAIL e NEALE, 1994).

A metodologia proposta por SUHAIL e NEALE (1994) reforça a idéia de que o planejador deve conduzir sua programação orientado pelos recursos disponíveis (mão-de-obra e equipamentos, principalmente). Desta forma o uso da Linha de Balanço com programação paralela, isto é, com todas atividades seguindo o mesmo ritmo, como recomendado na sua formulação original e simplista não obtém os resultados desejados. Mas para que se possa programar seguindo o ritmo “natural” de cada atividade há a necessidade da integração com o CPM para resolver a questão da precedência em cada unidade repetitiva (MENDES Jr., 1996)

SUHAIL e NEALE (1994) mostram que esta integração é bem simples, quando resolvida manualmente. A sua implementação num *software* de programação de projetos que utilize a técnica CPM com nivelamento (ou restrição) de recursos (o que inclui a maioria dos produtos comerciais) pode tornar-se complexa, exigindo uma série de artificios. O método fortalece as características poderosas dos *softwares* de CPM contemporâneos e capacita a Linha de Balanço a beneficiar-se do desenvolvimento do CPM.

Essa metodologia foi utilizada com sucesso nos recentes trabalhos de MENDES Jr. (1996), onde foi proposto um modelo baseado na planilha eletrônica *MS Excel*; e de COELHO (1998), através de um método utilizando o *software* de gerenciamento de projetos denominado *Time Line*.

Quando se fala em conceitos da Linha de Balanço aproveitados na utilização do *software* de gerenciamento de projetos, refere-se aos seguintes tópicos (COELHO, 1998):

- Programação por unidade básica: a utilização dessa característica da LDB para organizar os serviços facilita a elaboração da rede de precedências, bem como a repetição de uma unidade básica para todas as demais;
- Equipes especializadas: esse conceito da LDB é de suma importância, pois sua utilização permitirá a realização de simulações de programação com as mais variadas situações de disponibilidade de recursos e estratégias de ataque ao canteiro;
- Continuidade do trabalho: a lógica de programação do *software* aliada a esse conceito otimiza a utilização dos recursos empregados no empreendimento, reduzindo a ociosidade das equipes, organizando a abertura de frentes de trabalho e definindo metas para contratações de empreiteiros.

2.6 PROGRAMAÇÃO DE OBRAS EM COMPUTADOR

O uso de recursos computacionais para a engenharia civil por um longo período se concentrou na busca de soluções para problemas de projetos na área de estruturas. Nos últimos anos a tecnologia da informação tem avançado com um passo acelerado e o uso de tais recursos é cada vez maior (SCHMITT, 1998).

Com a extensão da utilização de recursos computacionais a outras atividades que não aquelas ligadas à contabilidade e à administração das empresas, a programação de obras foi o primeiro campo em que foram desenvolvidos *softwares* computacionais específicos, foco motivado pela sua importância central no planejamento e manutenção do controle da execução (BARNES² apud CARVALHO, 1998).

Segundo MENDES Jr. (1995), no Brasil, a técnica da Linha de Balanço é praticamente desconhecida sendo pouquíssimos os casos de sua aplicação. Existem poucos programas

² BARNES, W. C.. Microcomputers in Management of Construction Operations. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v. 119, n. 2, p. 403-12, jun. 1993.

em computador para programação utilizando a Linha de Balanço e todos desenvolvidos nos meios acadêmicos e ainda com pouco uso pelas empresas.

O seu uso permite a simulação de várias alternativas de estratégia de obra e ritmos de produção dos diversos serviços. O objetivo principal destas simulações geralmente será o atendimento ao prazo da obra ou ao cronograma financeiro estabelecido. Vários modelos de simulação, otimização matemática ou sistemas especialistas já foram propostos ao longo das últimas décadas (MENDES Jr., 1996). Dentre os mais recentes, pode-se citar os trabalhos de ABOURIZK e HALPIN (1990), KARSHENAS e HARBER (1990), MOSELHI e EL-RAYES (1993), SAWHNEY e ABOURIZK (1995), ADELI e KARIM (1997), ABOURIZK e HAJJAR (1998) e de MENDES Jr. e LÓPEZ VACA (1998).

Por outro lado, devido à sua simplicidade, a programação com Linha de Balanço pode ser implementada em programas de uso geral, como as planilhas eletrônicas e os gerenciadores de projeto. O uso de planilhas eletrônicas apresenta algumas restrições devido ao tipo de processamento linear realizado pelas planilhas. Já para a programação em programas gerenciadores de projeto, vários parâmetros devem ser ajustados para forçar a aplicação das regras inerentes ao conceito da Linha de Balanço, como por exemplo, a continuidade da tarefa ao longo dos pavimentos de um edifício (MENDES Jr., 1998).

SAWHNEY et al. (1998) afirma que a simulação da construção em computador é uma poderosa ferramenta que pode ser utilizada por uma empresa construtora em levantamentos de produtividade, análise de riscos e programação dos recursos, dando um grande apoio à tomada de decisão. ASSUMPCÃO e FUGAZZA (1998) acrescentam que nos modelos de simulação, o ambiente computacional é fundamental no sentido de gerar um grande número de informações, em um curto espaço de tempo, permitindo ajustar a programação da obra aos objetivos do empreendimento.

Entretanto, um problema diretamente relacionado ao uso de computadores refere-se aos usuários que irão lidar com eles. Nem sempre aqueles que irão trabalhar com os programas têm o conhecimento e experiência necessários à sua operação. Os gerentes mais antigos tendem a evitar o uso destas máquinas, sendo requeridos treinamentos e

atualizações regulares com o objetivo de dar aos mesmos o entendimento e a habilidade necessários à solução de problemas relacionados à operacionalização dos programas (BARNES apud CARVALHO, 1998).

2.7 A NOVA FILOSOFIA DE PRODUÇÃO

A partir da década de 90 iniciou-se a discussão conceitual da Nova Filosofia de Produção na indústria da construção³, quando KOSKELA (1992) realizou uma análise das implicações e benefícios de sua implementação. A Nova Filosofia de Produção tem suas origens em uma série de métodos e técnicas surgidas no Japão, como o JIT (Just-in-Time) e o TQM (Total Quality Management).

A filosofia tradicional vê o processo de produção apenas como a conversão de entradas em saídas. Essa filosofia analisa a construção como um conjunto de atividade interdependentes, porém menosprezando a existência dos fluxos, e foca as iniciativas de melhorias somente nas atividades de conversão. Deste modo, as atividades de fluxo, que consomem tempo e custo, continuam crescendo e contribuem para que a produção se torne ainda mais complexa e sujeita a distúrbios (KOSKELA, 1992).

A Nova Filosofia de Produção baseia-se principalmente em uma dupla visão da produção: conversões e fluxos. Nesta lógica, cada processo passa a ser entendido como um conjunto de atividades de transporte, espera, processamento e inspeção (Figura 2.2).

³ *Lean Construction*, também conhecida como Construção Enxuta.

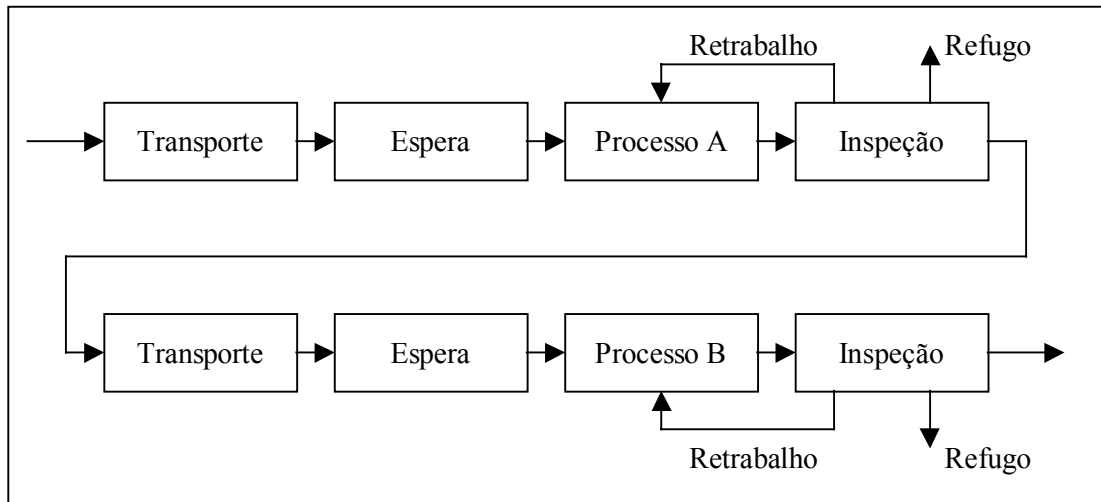


Figura 2.2: Modelo de processo da Nova Filosofia de Produção (KOSKELA, 1992)

Enquanto que todas as atividades consomem recursos, na maioria dos casos somente as atividades de conversão acrescentam valor. Em conseqüência, deve-se tentar que, tanto quanto possível, as atividades de fluxo sejam reduzidas ou eliminadas. Na figura 2.2, as atividades “processo A” e “processo B” são as que acrescentam valor, enquanto que todas as demais (atividades de fluxo) não acrescentam valor.

Entretanto, diversas atividades que não agregam valor final, produzem valor para clientes internos e são essenciais à eficiência global dos processos, como o planejamento, treinamento de mão de obra e prevenção de acidentes (OLIVEIRA, 1999).

Com vistas a implementar as melhorias e, conseqüentemente, em possibilitar o aumento da eficiência dos fluxos de produção, KOSKELA (1992) discute onze princípios gerais da Nova Filosofia de Produção:

- a) redução do volume de atividades que não agregam valor;
- b) incremento do valor final através da consideração dos desejos dos clientes;
- c) redução da variabilidade;
- d) redução dos tempos de ciclo de produção;
- e) simplificação através da minimização do número de passos, partes e dependências;
- f) aumento da flexibilidade de saída;
- g) aumento da transparência do processo;

- h) foco do controle em todo o processo;
- i) realização de melhoria contínua no processo;
- j) balanceamento de melhorias de fluxo e de conversão e
- k) prática do *benchmarking*.

2.7.1 O processo de planejamento dentro dos princípios da Nova Filosofia de Produção

Dos princípios gerais apresentados por KOSKELA (1992), OLIVEIRA (1999) identifica quatro deles sobre os quais o planejamento e controle da produção deve ser concebido: redução da variabilidade, aumento da transparência no processo, realização de melhoria contínua no processo e aplicação do controle na totalidade do processo.

Para BALLARD e HOWELL (1994a, 1994b, 1994c), em seus estudos em busca de melhorias para o processo de planejamento, o primeiro passo para a implementação dos princípios da Nova Filosofia de Produção na construção é a estabilização do ambiente de trabalho, protegendo a produção da variabilidade e da incerteza. A partir deste momento, é possível reduzir a variação dos fluxos de entrada e melhorar o desempenho das operações.

A estabilização do ambiente de trabalho passa pelo planejamento de curto prazo, também chamado de planejamento de comprometimento, através da técnica da produção protegida (*shielding production*). O planejamento de médio prazo, denominado pelos autores como *lookahead planning*, tem como principal função o ajuste dos planos de longo prazo, além de ajudar a reduzir as variações dos fluxos de trabalho. Já no planejamento de longo prazo, a influência dos princípios da Nova Filosofia de Produção é menor, sendo, entretanto, importante para a redução da variabilidade (BALLARD e HOWELL, 1994a , 1997; BALLARD, 1997).

2.7.1.1 O planejamento de curto prazo

Estabilizar o ambiente de trabalho, segundo BALLARD e HOWELL (1994a), fundamenta-se na criação e manutenção de um planejamento de comprometimento. Este é o nível de planejamento onde são tomadas as últimas decisões, delegando tarefas diretamente para a produção. Nesse planejamento deve-se buscar a eliminação ou a redução da influência de imprevistos que dificultem a execução completa das tarefas.

BALLARD e HOWELL (1994a, 1997) afirmam que a utilização da técnica da produção protegida (*shielding production*) no planejamento de comprometimento é fundamental para a implementação dos princípios da Nova Filosofia de Produção. A idéia da produção protegida baseia-se na necessidade de delegar tarefas que sejam completamente executadas pelas equipes de produção, diminuindo a incerteza e evitando descontinuidades nos fluxos de trabalho. Os pacotes de trabalho são elaborados de modo a compatibilizar o fluxo de trabalho com os recursos disponíveis. Os autores, em seus diversos trabalhos, definem o período para esse nível de planejamento como sendo de uma semana.

Todas as tarefas em execução são inseridas na programação comparando-se o que **pode** ser executado (todos os recursos disponíveis, tarefas antecedentes concluídas) com o que **deveria** ser executado (indicado no plano inicial vindo do planejamento tático). A partir dessa comparação o planejador seleciona o que **será** executado, com o comprometimento de todos os envolvidos na produção. A seleção dos pacotes de trabalho é feita a partir de uma reserva de tarefas a serem executadas, reserva esta formada através do planejamento de médio prazo (BALLARD e HOWELL, 1994a).

De modo a proteger a produção das incertezas nos fluxos de trabalho, esse planejamento de comprometimento deve ainda adotar os seguintes critérios (BALLARD e HOWELL, 1997):

- a) Definição: As tarefas devem ser especificadas de modo que seja possível identificar a quantidade e materiais e equipamentos necessários, a equipe de produção e a quantidade de trabalho, e também permitir identificar o término do trabalho ao final do período planejado;

- b) Confiabilidade: Deve-se verificar se os materiais necessários estão no canteiro, se o projeto possui todos os detalhes definidos e se a tarefa antecedente já foi concluída.
- c) Seqüência: Os pacotes de trabalho devem ser selecionados levando-se em conta o seqüenciamento entre as tarefas, considerando a construtividade e a dependência entre as equipes de produção. Também verifica-se a existência de uma reserva de trabalho, ou seja, tarefas adicionais que possam ser executadas no caso de falhas na execução dos pacotes de trabalho ou produtividades acima das esperadas.
- d) Tamanho: O dimensionamento dos pacotes de trabalho deve levar em conta a capacidade das equipes de trabalho em realizar os mesmos dentro do período planejado. Deve-se considerar também se estarão sendo liberadas frentes de trabalho suficientes para as próximas equipes de produção no período de planejamento seguinte.
- e) Aprendizado: Por este critério leva-se em conta a identificação e análise das razões que impossibilitaram o término do trabalho especificado dentro do prazo. O intuito deve ser o de aprender com os erros anteriores, evitando sua recorrência.

Segundo BALLARD e HOWELL (1997), a realização do planejamento de comprometimento tem como responsável pela maioria dos procedimentos o mestre de obras. As tarefas contidas no planejamento devem ser estabelecidas por consenso, através da realização de uma reunião entre o planejador e os chefes das equipes de trabalho ou subempreiteiros.

Os autores acrescentam ainda que toda a elaboração dos pacotes de trabalho inicia-se pela consideração das prioridades estabelecidas no planejamento de médio prazo, além das informações fornecidas pelo gerente da obra e pelo conhecimento do próprio mestre, do andamento das tarefas executadas pelas equipes de produção.

2.7.1.2 O planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo é realizado em um horizonte maior e não necessita do mesmo nível de detalhamento do planejamento de curto prazo. Seu objetivo é verificar se as condições para o início ou prosseguimento de atividades estão satisfeitas e, caso necessário, os problemas sejam discutidos e providências e ajustes sejam programados neste sentido (MENDES Jr., 1999). Para BALLARD (1997), estes ajustes devem observar a compatibilização entre os recursos disponíveis, a capacidade de produção das equipes e o cumprimento de prazos e custos.

Desta forma, este nível de planejamento, também chamado de *lookahead planning*, tem como função ajustar o plano inicial da obra, com um maior nível de detalhamento. O planejamento de médio prazo deve ser utilizado para voltar a atenção da gerência para o que se espera que esteja sendo realizado dentro de algumas semanas, estimulando ações no presente para se atingir o futuro desejado (BALLARD, 1997).

Em outras palavras, procura-se ajustar o que **deveria** ser executado aproximando-se cada vez mais do que **pode** e o que **será** executado, reduzindo-se as variações no fluxo de trabalho (BALLARD e HOWELL, 1994a).

BALLARD (1997) identifica ainda os seguintes propósitos para este planejamento:

- a) Modelar o fluxo de trabalho com o melhor seqüenciamento e ritmo das atividades dentro das capacidades do momento;
- b) Ajustar a mão de obra e os recursos ao fluxo de trabalho;
- c) Produzir e manter uma reserva de tarefas executáveis para todas as equipes, identificando e providenciando os projetos e materiais necessários e verificando se tarefas predecessoras foram ou estão sendo executadas, de forma que as tarefas dessa reserva possam ser incluídas posteriormente no planejamento de comprometimento;
- d) Agrupar os trabalhos interdependentes, assim o método de trabalho pode ser planejado para toda a operação;
- e) Identificar tarefas de diferentes equipes que devem ser planejadas conjuntamente.

Para se reduzir o impacto das variações de fluxo, como atrasos na entrega de materiais e mudanças de planos, uma ferramenta importante e comum é a utilização de *buffers* entre as operações. Desta forma, variações em uma operação não afetam a execução da operação seguinte. Os *buffers* apresentam três funções relacionadas à formação de uma reserva de trabalho: compensar diferenças de ritmo entre as atividades; compensar a incerteza dos ritmos atuais; e permitir diferentes seqüências de trabalho entre o fornecedor de materiais e as equipes de execução (BALLARD e HOWELL, 1994b).

Entretanto, os autores acrescentam que esses *buffers* são caros, difíceis de dimensionar e raramente apresentam uma solução adequada. Os custos relacionados aos *buffers* incluem espaço para estocagem de materiais, duplo manuseio, controle de estoques e prevenção de desperdício. Deste modo, a redução das variações de fluxo ocorre com a substituição gradual dos *buffers* por planos mais confiáveis, obtidos com o ajuste dos planos produzidos pelo planejamento de longo prazo.

BALLARD e HOWELL (1994b) sugerem que nesse ajuste do plano inicial somente devem ser mantidas no planejamento tarefas as quais o gerente acredita que passarão para a reserva de tarefas executáveis conforme o programado. No caso de uma atividade onde a possibilidade de execução é questionável, por exemplo por falta de material, a mesma é excluída do planejamento de médio prazo, retornando somente quando os recursos estiverem assegurados ou o cronograma seja ajustado para acomodar o atraso na entrega.

2.7.1.3 O planejamento de longo prazo

Este nível de planejamento tem como horizonte todo o período da obra, tendo como objetivo gerar o plano inicial da obra, também chamado de plano mestre. (MENDES Jr., 1999). O planejamento de longo prazo envolve decisões de caráter tático, tais como: datas para as principais fases da construção, plano de ataque à obra e definição do número de equipes (ASSUMPÇÃO, 1996).

OLIVEIRA (1999) observa que dentre os três níveis de planejamento, o de longo prazo é aquele onde os princípios da Nova Filosofia de Produção exercem menor influência.

Entretanto, a consideração da continuidade nas atividades no planejamento tático, através da técnica de Linha de Balanço, favorece alguns desses princípios: redução do desperdício, minimização da variabilidade, melhora nos fluxos de materiais e de mão de obra, geração de planos flexíveis e uso de gerenciamento visual da produção (MENDES Jr. e HEINECK, 1998).

BALLARD e HOWELL (1994b) acrescentam ainda que o plano inicial é concebido tendo em vista os objetivos do projeto e que mesmo estes objetivos podem sofrer variações ao longo do empreendimento, como por exemplo em consequência de mudanças de tendências de mercado ou na disponibilidade de recursos financeiros. O monitoramento das bases dos objetivos permite a detecção antecipada das mudanças, protegendo os planos da variabilidade.

O plano mestre deve ser atualizado periodicamente, em função de mudanças no andamento da obra, motivadas, por exemplo, por atrasos na execução ou por mudanças no fluxo de receitas. As principais atividades envolvidas nesta atualização são as seguintes (BERNARDES et al., 1999):

- a) Coletar informações: ao se revisar o plano mestre durante a obra, é necessário contar também com informações provenientes dos níveis inferiores de planejamento, principalmente do planejamento de médio prazo;
- b) Gerar fluxo de caixa: a partir do plano mestre elabora-se um fluxo de caixa que servirá de base para o controle financeiro da obra;
- c) Preparar plano: várias técnicas podem ser utilizadas, sendo as principais o Diagrama de Gantt, o PERT/CPM e a Linha de Balanço;
- d) Difundir o plano mestre: o plano mestre deverá ser apresentado em um ou mais formatos, em função da necessidade de seus usuários;
- e) Programar recursos: envolve recursos cuja programação de compra, aluguel ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo. Caracterizam-se por um longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade deste ciclo. Como exemplo pode-se citar o caso dos elevadores.
- f) Difundir programação de recursos: uma vez gerada, a programação de recursos deve ser disseminada aos setores de recursos humanos, para a contratação da mão de obra, e de suprimentos, para a aquisição de materiais e equipamentos necessários.

3. METODOLOGIA

A metodologia apresentada neste capítulo foi aplicada na realização do planejamento de um edifício residencial de oito pavimentos tipo, tendo como cenário uma empresa de pequeno porte, com quadro reduzido de funcionários, e que não realizava a programação da execução de modo formal. Devido às características da empresa, buscou-se um modo de se realizar o planejamento através do menor investimento de tempo possível.

A seguir apresenta-se o método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, com a descrição de suas principais etapas. O desenvolvimento desta pesquisa seguiu as etapas apresentadas no diagrama da figura 3.1.

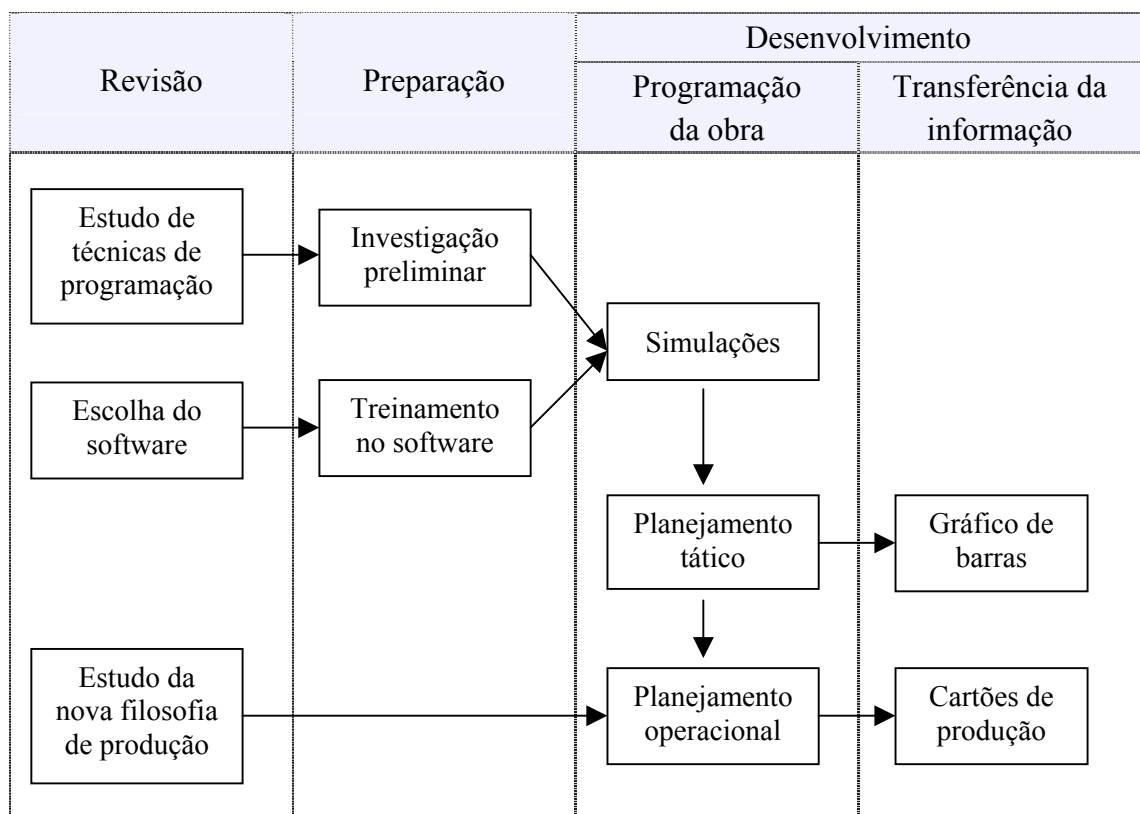


FIGURA 3.1: Desenvolvimento da pesquisa.

A apresentação do método de pesquisa está dividida em quatro partes:

- a) investigação preliminar, que aborda como foi realizado o levantamento das atividades a serem programadas, suas precedências e a estimativa de suas durações;
- b) planejamento tático, onde a estratégia de execução foi definida com o auxílio de simulações utilizando um *software* de gerenciamento de projetos;
- c) planejamento operacional, ou seja, programação de médio e curto prazo, com o detalhamento e explosão das atividades ao longo da execução a fim de se realizar a programação semanal da obra;
- d) transferência da informação, mostrando-se como foram utilizados os cartões de produção para passar os dados da programação gerada pelo *software* para os operários da obra.

3.1. INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR

A investigação preliminar teve como objetivo levantar os dados iniciais necessários para se realizar a programação da obra.

LAUFER e TUCKER (1987) listam vários documentos como necessários para a obtenção de informações para se realizar o planejamento, dentre eles plantas, especificações técnicas, contratos, tecnologia a ser utilizada na construção, produtividade do trabalho, equipamentos a serem utilizados, metas e dificuldades ditadas pela alta gerência. Entretanto, em uma empresa de pequeno porte, geralmente estes documentos não estão disponíveis no momento de se realizar o planejamento. Neste trabalho as informações foram obtidas a partir de plantas, do orçamento preliminar e de registros informais da produtividade das equipes em obras anteriores, além do conhecimento das metas ditadas no planejamento estratégico da empresa.

Na utilização de um *software* gerenciador de projetos, a identificação de quais informações são necessárias é facilitada pois o próprio *software* pede os dados básicos necessários para realizar a programação, a saber: lista das atividades; precedências; durações estimadas.

Na elaboração da lista das atividades a serem programadas, foi dada uma atenção especial ao nível de detalhamento da mesma, uma vez que o objetivo, neste momento, era gerar informações para o nível tático.

3.1.1. Definição do nível de detalhamento

Um dos determinantes da eficácia do planejamento é o nível de detalhamento no qual foi desenvolvido. Entretanto, existe uma grande confusão na definição de um grau de detalhamento adequado (LAUFER e TUCKER, 1988). O planejamento deve ser suficientemente detalhado, de forma a auxiliar a orientação de todas as atividades. Por outro lado, um planejamento excessivamente detalhado pode ter conseqüências indesejadas:

- a) elevação do custo;
- b) falta de uma visão clara do empreendimento;
- c) necessidade de uma atualização dos dados mais freqüente, consumindo tempo no monitoramento e replanejamento;
- d) parte das informações não são baseadas em dados mas na experiência dos envolvidos, o que nem sempre conduz a estimativas precisas.

Os mesmos autores acrescentam que o nível de detalhamento deve variar com o horizonte de planejamento, crescendo com a proximidade da execução. Para o planejamento de longo prazo, o horizonte incluiu todo o período da obra. Já o horizonte do planejamento de médio prazo foi de cinco semanas. Finalmente, o planejamento de curto prazo era realizado para período de uma semana.

A organização das informações foi centrada nas atividades, criando-se uma estrutura analítica denominada *WBS - Work Breakdown Structure*¹. O *WBS* é um procedimento de decompor a obra em subsistemas, estabelecendo hierarquias para esta decomposição. Deste modo, as atividades no nível tático englobam as atividades criadas em níveis mais detalhados. O uso adequado de uma estrutura analítica é fundamental na simulação de cenários e apoio à tomada de decisões táticas (MENDES Jr., 1999, ASSUMPCÃO e FUGAZZA, 1999).

Estudos de MENDES Jr. (1999) indicam que para realizar uma programação prévia do edifício, o nível de detalhamento das atividades mais encontrado recai em uma relação de 66 atividades mais comuns. Este mesmo autor utilizou em seu trabalho uma lista de 61 atividades para realizar a programação preliminar dos serviços repetitivos. Já ASSUMPÇÃO e FUGAZZA (1999), em sua proposta de *WBS* para edifícios com sistema construtivo tradicional, relacionam 34 serviços testemunho² a serem utilizados na geração de uma rede básica para o planejamento. Estes estudos orientaram a estruturação da lista de atividades deste trabalho.

Como a partir deste primeiro levantamento de dados seriam definidas somente as datas de início e conclusão das principais fases da obra, o nível de detalhamento, portanto, deveria ser tal que as durações da execução de cada item da lista fosse medido em meses. No caso de serviços que apresentavam prazos de execução reduzidos, buscou-se agrupar tais serviços em um único item de duração maior.

Na elaboração da lista de atividades foram utilizados os critérios apresentados por ASSUMPÇÃO (1996) para o agrupamento dos serviços:

- Agrupamento de serviços de mesma natureza. Por exemplo: os serviços de marcação, elevação e encunhamento da alvenaria interna (do pavimento tipo), são agrupados no serviço “alvenaria interna dos pavimentos tipo”, por serem serviços de mesma natureza e que utilizam os mesmos tipos de profissionais.
- Agrupamento de serviços de natureza diferente porém de execução simultânea e obrigatória. Por exemplo: os serviços de embutimento de conduítes e caixas elétricas em estruturas de concreto devem ser agrupados no serviço “estruturas dos pavimentos tipo”. Embora não sejam de natureza estrutural, como são os serviços de execução de formas, armação e concretagem, é conveniente situá-los junto deste grupo, pois este é o agrupamento que melhor irá representar sua distribuição no tempo.

¹ No Brasil utiliza-se também a nomenclatura EAP – Estrutura Analítica de Projeto.

² Entende-se por serviço testemunho, aquele que agrega serviços ou tarefas de menor hierarquia (por exemplo: alvenaria é serviço testemunho de marcação, elevação, colocação de vergas e encunhamento). A rede básica é gerada a partir dos serviços testemunhos, permitindo que se trabalhe com menor número de atividades, reduzindo o tamanho da rede sem entretanto comprometer a qualidade do planejamento.

3.1.2. Definição das durações e precedências

A estimativa da duração das atividades deve ser feita, sempre que possível, a partir de registros de produtividade da própria empresa. No caso de empresas construtoras de pequeno porte, geralmente este histórico é inexistente. Para este trabalho foram disponibilizados registros informais e incompletos de durações de atividades em uma obra anterior da empresa. Para as atividades que não constavam deste registro, as durações foram calculadas com base na experiência do engenheiro e do mestre em obras anteriores da empresa.

A determinação das precedências entre as atividades foi realizada em conjunto pelo planejador e pelo engenheiro da obra. Em certos momentos, houve a necessidade de se consultar também o mestre de obras. Neste ponto, deve-se estar atento às tecnologias de construção, materiais e equipamentos que serão empregados no empreendimento.

No *software* gerenciador de projetos, a lista de atividades foi organizada e dividida em três partes de modo a se separar as atividade repetitivas (torre) das não repetitivas (cobertura e periferia). A base para o posterior desenvolvimento do planejamento tático é considerar as atividades da torre como repetitivas ao longo dos múltiplos pavimentos do edifício.

Portanto as atividades executadas na torre foram divididas em atividades para cada pavimento. Deste modo, além das precedências entre atividades diferentes, também foram criadas no *software* as precedências entre as repetições de uma mesma atividade ao longo dos pavimentos. Para caracterizar essas ligações (dependências) que existem entre as atividades da obra, são utilizados os conceitos de seqüência e trajetória.

Ligações de trajetória estabelecem precedências entre atividades de mesmo tipo, que se repetem de pavimento em pavimento. Ligações de seqüência são utilizadas para dependências entre atividades de natureza diferentes, que são desenvolvidas dentro de um mesmo pavimento. Por exemplo, para caracterizar as precedências entre estruturas, alvenaria e reboco, em um determinado pavimento da edificação, utilizam-se ligações de seqüência. Para indicar que o serviço em um determinado pavimento, depende da

conclusão do mesmo serviço no pavimento anterior, utilizam-se ligações de trajetória (ASSUMPÇÃO, 1996).

No fluxograma da figura 3.2, são mostrados exemplos das ligações de seqüência e de trajetória que foram adotadas na torre do edifício, caracterizando um plano de ataque para esta obra.

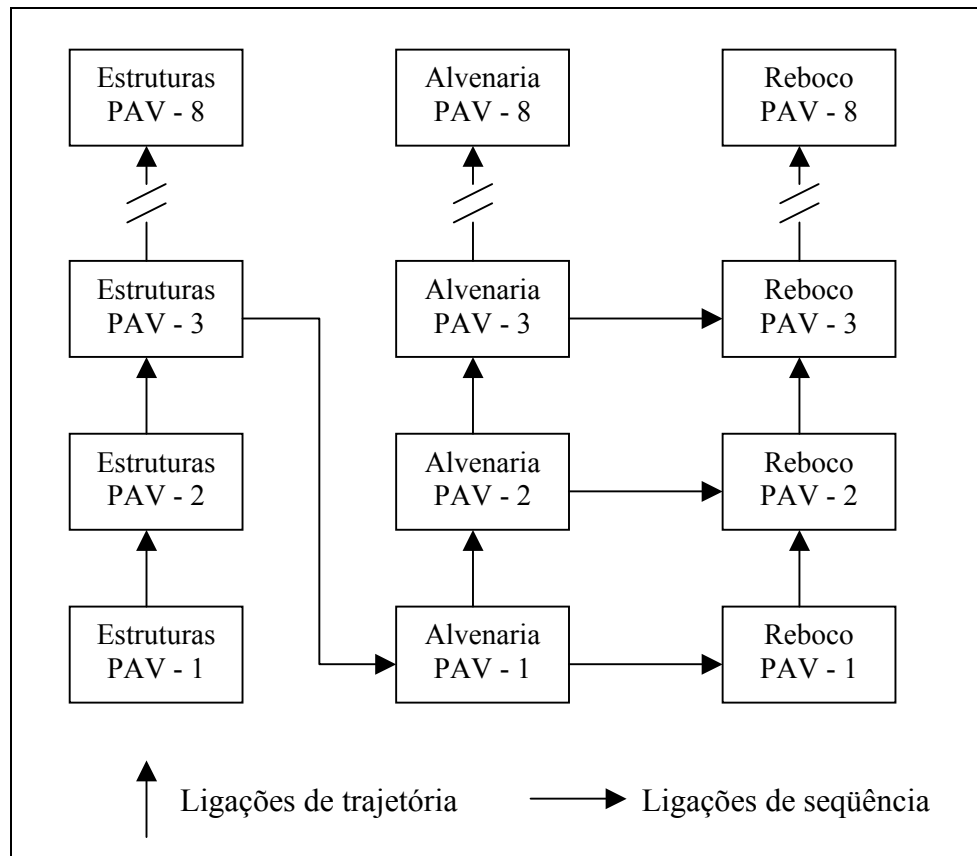


FIGURA 3.2: Fluxograma de serviços com ligações de seqüência e de trajetória (adaptado de ASSUMPÇÃO, 1996).

Deste modo utilizaram-se conceitos da técnica de Linha de Balanço para simular a continuidade das equipes de trabalho na execução das atividades repetitivas. As precedências entre as tarefas que se repetem a cada pavimento foram feitas de modo que a seqüência (trajetória) de execução fosse a mesma para todas as tarefas, de baixo para cima na torre.

Juntamente com a determinação das precedências, foram geradas as esperas ou defasagens entre as atividades. Geralmente essas defasagens são definidas através de um número mínimo de pavimentos entre serviços. Por exemplo: o engenheiro considerava

necessários no mínimo três pavimentos de estrutura para que se liberasse o início das alvenarias. Portanto a atividade “estrutura do 3º pavimento” é precedente de “alvenaria no térreo”.

Além disso, nos casos onde o serviço precedente apresentava um ritmo de execução mais lento que o serviço sucessor, buscou-se programar o início do serviço sucessor de modo que não ocorressem esperas entre as equipes ao longo da torre. Por exemplo: o serviço que inclui os rasgos na alvenaria e passagem da tubulação elétrica tem um ritmo de execução maior que a própria execução da alvenaria. Portanto, no último pavimento onde a alvenaria é executada, faz-se a ligação de seqüência para o serviço de tubulações elétricas. Na técnica de Linha de Balanço, este é o chamado ponto de balanceamento. Em seguida fazem-se as ligações de trajetória do serviço de tubulação elétrica. A figura 3.3 ilustra este exemplo.

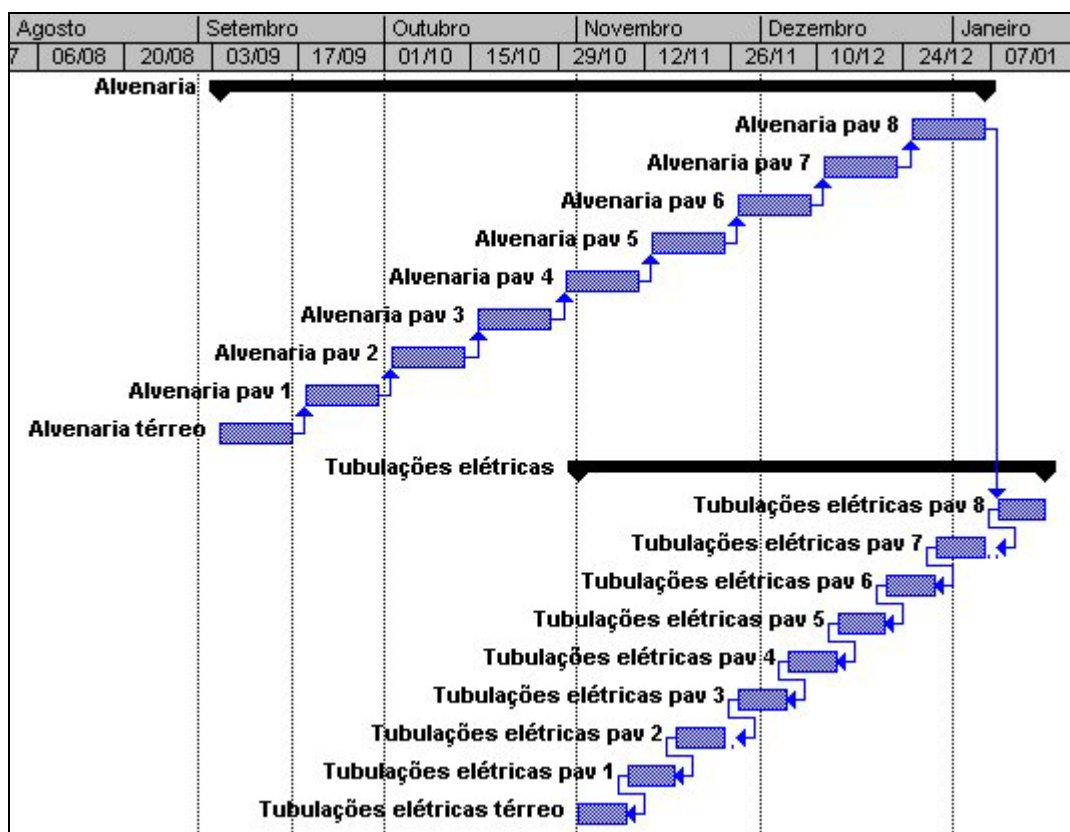


FIGURA 3.3: Exemplo de ligações de seqüência e trajetória no *software*

Nota-se, na figura 3.3, que as ligações de trajetória da atividade “tubulações elétricas” são ligações do tipo início-término, representadas pelas setas azuis. Portanto, estas setas

não indicam o sentido de execução, elas indicam que, por exemplo, que o serviço “tubulações elétricas no pavimento 7” deve se encerrar na data do início do serviço no pavimento 8. Deste modo, a data de início desta atividade é determinada contando as durações a cada pavimento a partir da sua última repetição. No caso apresentado na figura 3.3, a atividade “tubulações elétricas” tem trajetória ascendente na torre e deve ser iniciada no primeiro dia do mês de novembro.

Neste momento, após a inserção de toda a lista de atividades com suas respectivas durações e precedências, foi importante realizar uma revisão cuidadosa de todas as informações fornecidas ao *software*, devido à grande quantidade de dados e possibilidade de erro, garantindo a confiabilidade dos resultados das simulações a serem realizadas na seqüência.

3.2. PLANEJAMENTO TÁTICO

As decisões de caráter tático têm abrangência sobre todo ciclo de produção do empreendimento e visam equacionar os meios e procedimentos que serão utilizados para executar a obra (ASSUMPÇÃO, 1996). Neste trabalho somente as decisões relacionadas diretamente com a produção foram abordadas, ou seja, aquelas tomadas no sentido de equacionar os meios e procedimentos para executar a obra.

Estas decisões envolveram definições sobre:

- Datas de início e conclusão das principais fases da obra;
- Plano de ataque à obra, com definição das seqüências e sentidos de execução (trajetória) ao longo dos pavimentos;
- Estratégia de utilização das equipes de produção (número e tamanho de equipes);
- Estratégia para compra de equipamentos especiais (elevadores, ar condicionado e outros) e principais suprimentos.

Esta etapa pode ser entendida também como sendo o planejamento de longo prazo, já que possui como horizonte de planejamento a duração de toda a construção e tem como principal produto o plano mestre.

Com os dados já inseridos no computador, foram simuladas diferentes seqüências ou trajetórias de execução (de baixo para cima ou de cima para baixo na torre) para cada atividade, observando-se as conseqüências que cada alternativa causava na mudança das datas de início e término das fases principais da obra e na entrega do empreendimento.

Também é possível estabelecer as datas para as fases e buscar alternativas de ordem de execução, ritmo e número de equipes para que as durações de cada fase não ultrapassem o previsto. Alterações nos ritmos de execução implicam em mudança no número de operários da equipes, já que as durações estimadas inicialmente para as atividades levavam em conta equipes iguais às utilizadas na obra anterior. Entretanto, era interesse do engenheiro não alterar o número de operários que vinham sendo utilizados pela empresas em suas obras.

A cada simulação, é possível obter do *software* uma grande quantidade de informações, o que permite uma análise detalhada de cada alternativa. Além do cronograma dos serviços, seria possível gerar histogramas de utilização de mão-de-obra ou um cronograma de desembolso para o custeio da produção, permitindo análises para ajustes no fluxo de caixa da obra. Entretanto, como já foi citado, não houve neste trabalho a preocupação em se balancear o fluxo de caixa utilizando as simulações. Em outras situações, as simulações poderiam ser utilizadas para se buscar um desembolso de recursos financeiros melhor distribuído ao longo da obra, ou ainda simular diferentes composições das equipes de trabalho para se reduzir o número de operários em obra.

Foram realizadas simulações até obter-se uma programação que atendesse às metas estabelecidas no planejamento estratégico ditado pela alta gerência da empresa. Esta macro-programação, produto final da etapa de planejamento tático, denomina-se plano mestre de produção.

Após a definição desta programação de longo prazo, tornou-se possível o trabalho de se aumentar o detalhamento das atividades que estariam em execução dentro de um

horizonte menor de programação, possibilitando a realização de uma programação de médio e curto prazo (planejamento operacional) dentro do mesmo *software*.

3.3. PLANEJAMENTO OPERACIONAL

A programação de médio prazo foi baseada no planejamento *lookahead* proposto por BALLARD (1997), tendo como principal função o ajuste do plano mestre de produção, além de fazer o vínculo deste com o plano de curto prazo. Como abrange um período delimitado, este planejamento torna-se móvel, ou seja, identifica constantemente os recursos necessários à execução das tarefas visando a disponibilização dos mesmos antes da execução.

Tornavam-se visíveis quais as operações que deveriam ser executadas nas semanas seguintes à semana da programação semanal. Estas operações, geralmente ligadas à compra de suprimentos, garantiriam a continuidade das atividades em andamento, de acordo com a programação mestre da obra. A programação de médio prazo trazia para discussão da equipe de programação (planejador, engenheiro e mestre) todas as ações necessárias para o início de uma nova operação ou de uma nova atividade, sendo este considerado um dos objetivos mais importantes deste nível de planejamento (MENDES Jr., 1999).

O horizonte da programação de médio prazo, dentre os autores citados, varia desde cinco até oito semanas. Neste trabalho foi utilizado o horizonte de cinco semanas.

Com o andamento da obra, a programação no *software* ia sendo atualizada com as reais durações de execução de cada atividade. Além disso, conforme as decisões arquitetônicas iam ocorrendo, novas atividades eram incluídas na programação. A cada inclusão de um novo serviço era necessário incluí-lo corretamente na rede de precedências no *software*. Em alguns casos, esta inclusão alterava significativamente precedências já criadas anteriormente, o que tornava este processo bastante trabalhoso.

Já a programação de curto prazo, semanal, indicava as operações que seriam executadas na semana que se iniciava. Aqui ocorre a designação específica dos pacotes de trabalho

às equipes de produção (BALLARD e HOWELL, 1997). Ao mesmo tempo essa programação deveria atender à programação de médio prazo e, dentro dos conceitos da produção protegida, garantir a continuidade dos fluxos de trabalho.

A responsabilidade pela elaboração deste nível de planejamento era dividida entre a gerência da obra, o mestre e os chefes das equipes de produção, sendo esta uma característica fundamental para o engajamento das equipes de produção em busca do cumprimento das metas estabelecidas (BALLARD e HOWELL, 1997).

Na programação semanal, eram liberados para execução somente os serviços onde todas as precedências já estivessem cumpridas e com o material disponível no estoque. Deste modo, trabalhou-se com o conceito de produção protegida, atentando-se aos critérios indicados pela metodologia para a realização do planejamento de comprometimento: definição, confiabilidade, seqüência, tamanho e aprendizado.

3.4. TRANSFERÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Realizada a programação de curto prazo no *software*, era necessário transferir para as equipes de trabalho a informação sobre quais os serviços que deveriam ser executados na semana seguinte.

A programação semanal foi informada aos operários através de cartões de produção. O cartão foi gerado individualmente para cada tarefa ou para um grupo de tarefas, quando as durações destas eram muito pequenas e seriam executadas em seqüência. O uso de cartões de produção é indicado para uma programação contínua das tarefas.

O cartão de produção utilizado neste trabalho pode ser visualizado na figura 3.4. O cartão continha informações quanto à equipe a qual se destinava o cartão, a tarefa a ser executada, o local de execução e as datas de início e término que se esperava que o serviço fosse realizado.

CARTÃO DE PRODUÇÃO	
EQUIPE:	<input type="text"/>
TAREFA:	<input type="text"/>
LOCAL:	<input type="text"/>
DATA DE INÍCIO:	<input type="text"/>
DATA DE TÉRMINO:	<input type="text"/>

Figura 3.4: Exemplo do cartão de produção utilizado

O *kanban* foi utilizado como uma ferramenta no controle da produção. Esta ferramenta é constituída por um conjunto de cartões que possuem informações específicas e que estão organizadas em um quadro. À medida que a quantidade desses cartões contidos no quadro diminuem ou aumentam, torna-se imediatamente clara a necessidade de reduzir ou aumentar a produção.

Trata-se de um dispositivo de controle visual, mencionado por KOSKELA (1992) como uma das abordagens para a implementação da transparência. Os dispositivos visuais são intencionalmente projetados para compartilhar informações. Uma das abordagens para a implementação da transparência é a identificação de instruções e utilização de controles visuais no gerenciamento da produção. O controle visual contribui para a simplificação do processo de tomada de decisão e amplia a participação dos trabalhadores no gerenciamento das equipes de produção.

Deste modo, após a definição da programação da semana seguinte em uma reunião entre o planejador, o engenheiro e o mestre de obras, os cartões com as datas de execução eram fixados em um quadro de programação, e uma cópia de cada cartão era entregue ao chefe da equipe que executaria o serviço. Na figura 3.5 apresenta-se um esquema do quadro utilizado.

SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
Equipe A Local 1	Equipe A Local 2	Equipe A Local 3	Equipe A Local 4	Equipe A Local 5
Equipe B Local 2	Equipe B Local 3	Equipe B Local 4	Equipe B Local 5	Equipe B Local 6
Equipe C Local 3	Equipe C Local 4	Equipe C Local 5	Equipe C Local 6	Equipe C Local 7
Equipe D Local 4	Equipe D Local 5	Equipe D Local 6	Equipe D Local 7	Equipe D Local 8

Figura 3.5: Esquema do quadro de programação.

O quadro de programação disponibilizava informações referentes ao planejamento de médio e curto prazo. Os cartões eram fixados ao longo de cinco colunas que representavam a semana atual e as quatro próximas semanas. Os cartões destinados a uma mesma equipe eram dispostos em linha, facilitando a visualização da movimentação desta equipe ao longo das semanas.

Apenas os cartões da semana 1 (semana atual), destacados em amarelo na figura 3.3, eram preenchidos completamente, com as datas de início e término dos serviços. Nas demais colunas os cartões indicavam somente a equipe, a tarefa e o local, e sua disposição ao longo das semanas seguia o previsto na programação de médio prazo. A determinação das datas exatas para cada serviço era feita na reunião com o mestre, onde eram programados os serviços somente para a próxima semana.

O quadro de programação foi utilizado para facilitar a visualização da programação e assim melhorar o fluxo de informações. Através da disponibilização de informações pode-se ampliar a compreensão do processo de produção como um todo por parte dos operários (MENDES Jr., 1999). Ficava visível, a cada equipe, que caso ela não cumprisse a sua programação, ela estaria prejudicando a próxima equipe que estaria trabalhando naquele local na semana seguinte.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O AMBIENTE DE ESTUDO

As considerações a seguir buscam caracterizar a empresa do estudo de caso mostrando seu histórico de criação, filosofia e estratégia de mercado, porte, localização e estrutura organizacional.

4.1.1. Caracterização da empresa

A intenção, no início da pesquisa, era trabalhar com uma pequena empresa que disponibilizasse seus dados para levantamento com possibilidade de se acompanhar uma obra desde seu início e ao longo do maior número de etapas possível. Essa oportunidade surgiu através de uma empresa construtora localizada no município de Florianópolis.

A empresa é nova, no início dessa pesquisa, em dezembro de 1998, apresentava dois anos de atuação no mercado, e originou-se de uma construtora que atuava há muitos anos na cidade na construção de edifícios residenciais. Na prática, trata-se da mesma empresa que, renovando sua imagem, vem buscando um reposicionamento no mercado, com uma forte campanha de *marketing* e com uma nova estratégia de diferenciação de seus produtos.

A empresa atua no mercado da construção civil, no sub-setor de edificações. Este é um dos 6 sub-setores, que compõem o setor da construção civil, apresentado na Figura 4.1.

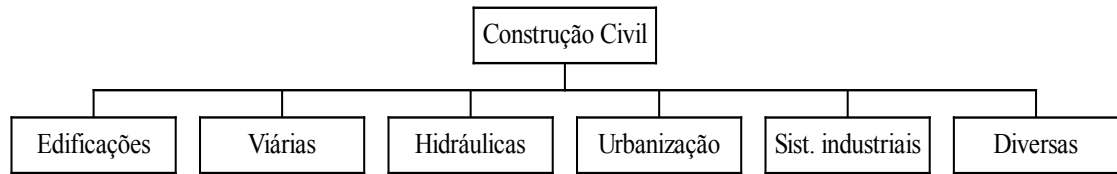


FIGURA 4.1: Classificação da indústria da construção civil (BAIOTTO, 1999).

A filosofia de atuação da empresa é a total dedicação ao cliente, buscando sempre atender suas necessidades e superar suas expectativas. Essa filosofia é traduzida através de uma forte estratégia de mercado: a *personalização do produto*. A empresa adotou essa estratégia após realizar uma pesquisa sobre necessidades e tendências do mercado imobiliário local. As possibilidades de personalização oferecidas ao cliente iam desde a escolha das peças de revestimento cerâmico e posições de pontos elétricos até mesmo a disposição das divisórias internas do apartamento, para os casos de apartamentos executados com a tecnologia do gesso acartonado.

Essa estratégia da empresa foi aprovada por seus clientes, visto o sucesso de vendas de seu empreendimento, demonstrando que suas ações realmente vão ao encontro de sua filosofia, de foco no cliente e total dedicação em melhor atendê-lo.

Durante o presente estudo, a empresa subempreitava boa parte dos serviços relacionados à produção no canteiro e trabalhava com um quadro próprio de funcionários bastante reduzido, na sua maioria desempenhando funções administrativas. No início da pesquisa, em dezembro de 1998, a empresa contava com onze funcionários em seu escritório e com treze funcionários em obra. Por esta razão, de acordo com a classificação do SEBRAE, a empresa pode ser denominada como uma microempresa. Dos treze que atuavam em obra, estavam incluídos o engenheiro, o mestre de obras e onze operários de construção.

Nos anos de 1998 e 1999 a empresa entregou 4.700 m² de área construída. Em 2000, somente com o edifício onde o presente estudo foi realizado, foram entregues 4.500 m². Com a entrega de outro empreendimento no ano de 2000 prevista para dezembro, a empresa deve fechar o ano com 8.000 m² de área construída entregue, o que demonstra que a empresa está em expansão.

A estrutura organizacional da empresa apresentava-se segundo a Figura 4.2.

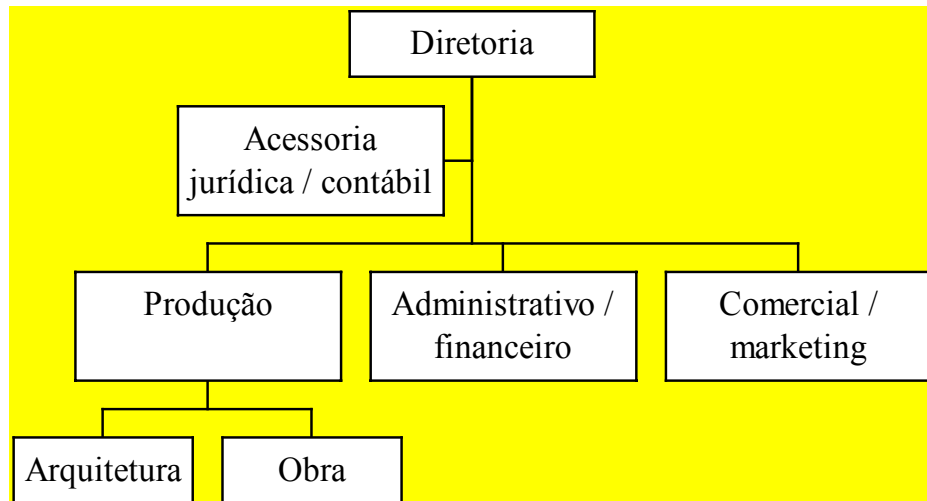


FIGURA 4.2: Estrutura organizacional da empresa em dezembro de 1998.

O setor de produção, em dezembro de 1998, contava apenas com seu gerente, uma arquiteta e o mestre de obras. O gerente de produção era o único engenheiro civil da empresa, com sua rotina de trabalho concentrada no canteiro de obras e envolvendo-se diretamente com a compra de suprimentos. O mestre de obras coordenava as equipes, realizando informalmente uma programação semanal, mas sem uma visão global do processo. Já a arquiteta não se envolvia com a execução da obra, sendo responsável pela personalização dos apartamentos e concepção de futuros empreendimentos.

Parte dos serviços eram executados utilizando-se mão de obra própria da empresa, e o seu pagamento era calculado quinzenalmente sobre a sua produção. No início desta pesquisa, a obra contava com onze operários, chegando a vinte e dois no final da obra. Por outro lado, existem também os serviços terceirizados, executados por mão de obra externa. Dentre estes pode-se citar a pintura, esquadrias de madeira e de alumínio, impermeabilização, forro de gesso e gesso acartonado. Contando com a mão de obra externa, chegou-se a registrar picos de até 60 operários em obra na sua fase final.

Na busca de aumentar sua competitividade e melhorar sua eficiência produtiva, a empresa tem participado desde 1997 em projetos desenvolvidos pelo GGC – Grupo de Gestão da Construção – do Núcleo de Pesquisa em Construção da UFSC, em parceria

com o SEBRAE/SC, com o objetivo de identificar falhas e implementar melhores práticas em canteiros de obra.

Em 1997 a empresa participou do projeto “Alternativas para a redução do desperdício em canteiros de obras”, que objetivava descobrir os índices de desperdício de materiais e mão de obra, identificando as fontes do desperdício. Em 1999 a empresa participou do projeto “Implementação de procedimentos para melhorias em canteiros de obras”, trabalho este voltado para a melhoria das condições dos canteiros de obras, principalmente em relação à organização, limpeza, comunicação e segurança, incluindo palestras ministradas aos operários.

Apesar de todas essas iniciativas, o processo de planejamento de suas obras era realizado de modo informal. Eram estabelecidas datas limite para as principais fases da obra entre o gerente de produção e o mestre de obras, com base na experiência de edificações anteriores. Posteriormente, a alocação das equipes era realizada pelo mestre. Na definição do ritmo a ser seguido pelas equipes, não existia modo de se prever o impacto que eventuais alterações causariam no prazo final da construção. Atrasos nas etapas iniciais eram compensados elevando-se o número de operários nos últimos meses da obra.

A partir da obra do presente estudo, a empresa passou a adotar uma nova estratégia, centrada na personalização dos apartamentos. Ao mesmo tempo, reduziu-se o prazo de execução, passando a ser considerado muito curto pelo engenheiro e pelo mestre, tendo em vista os prazos de execução de empreendimentos anteriores. Na última obra da empresa, um edifício de quatro pavimentos totalizando 2.384m² foi executado em 18 meses. No empreendimento estudado, um edifício de oito pavimentos e 4.537 m², que normalmente seria executado em 24 meses, teve o prazo fixado nos mesmos 18 meses da obra anterior.

Devido à forte campanha de propaganda que envolveu este empreendimento, o cumprimento do prazo era considerado vital pela direção da empresa. Executar a obra dentro do período previsto passou a ser visto como um desafio para o setor de produção da empresa.

Conseqüentemente, a percepção de que era necessário realizar um planejamento e programação da obra de modo formal e sistematizado foi acentuada. Era preciso facilitar a tomada de decisão por parte do engenheiro, prevendo-se eventuais gargalos e visualizando as conseqüências que determinadas decisões ocasionariam no prazo total do empreendimento. Ao mesmo tempo, havia a necessidade de que os procedimentos para o planejamento fossem possíveis de serem realizados pelo engenheiro e pelo mestre, já que não existiria um novo funcionário designado somente para esta função.

4.1.2. Caracterização da obra

Em setembro de 1998 iniciaram-se os trabalhos de execução do edifício objeto do estudo de caso do presente trabalho. Desde o início a obra tinha a data de entrega marcada para o dia 31 de março de 2000 e a empresa assumiu o compromisso de não permitir atrasos na entrega do edifício de maneira nenhuma. Este era considerado um prazo curto pela empresa tendo em vista os tempos de execução de empreendimentos anteriores.

Trata-se de um edifício residencial constituído dos seguintes pavimentos: pavimento térreo (G1), possuindo garagens, salão de festas e recepção; um pavimento de garagens (G2); um pavimento tipo 1; sete pavimentos tipo; além de barrilete, casa de máquinas e reservatório. O pavimento tipo 1 e os demais pavimentos tipo possuem cinco apartamentos de dois dormitórios (uma suíte) cada, totalizando 40 apartamentos. O prédio está localizado em um local de fácil acesso, em um bairro residencial do município de Florianópolis. Na figura 4.3 tem-se uma imagem geral da obra durante sua execução.



FIGURA 4.3: Imagem da obra durante sua execução.

A área real de toda a obra é de 4.537,71 m². O pavimento tipo apresenta a metragem de 353,69 m². Os apartamentos possuem área privativa variando entre 60 e 63 m². No Anexo A pode ser visualizado um croqui da planta baixa do pavimento tipo.

Nessa obra, a empresa passou a utilizar um sistema de personalização dos apartamentos, onde o cliente tem toda a liberdade de propor mudanças no *lay-out* interno e escolher os materiais de acabamento, além de planejar a decoração. A empresa apresenta esse sistema como um novo conceito de prestação de serviços, tendo o objetivo de oferecer moradias mais adequadas às necessidades e ao gosto dos clientes.

Devido à enorme quantidade de alternativas disponibilizadas aos clientes, praticamente todos os 40 apartamentos do edifício são diferentes. Na sua grande maioria, as personalizações estavam concentradas na escolha dos revestimentos cerâmicos tanto de piso como de parede, nas cores da pintura de cada ambiente e no acréscimo e modificação da posição de pontos elétricos. Somente na área interna dos apartamentos, foi considerada a possibilidade de uso de mais de uma centena de modelos de peças cerâmicas diferentes em todo o edifício.

Outras possibilidades de personalização eram quanto às louças e metais, piso em lâmina de madeira ou *carpet*, granito da bancada do banheiro e forro de gesso. Em cerca de 20% dos apartamentos, ocorreram modificações mais drásticas, como mudança do *lay-out*, colocação de banheira ou execução das divisórias internas em gesso acartonado.

A partir do momento da compra do imóvel, era desencadeado o processo de personalização, onde o cliente tinha o prazo de um mês para definir quais alterações ele pretendia que fossem realizadas em seu apartamento. Durante este período o comprador contava com o apoio de uma arquiteta da empresa, que através de reuniões orientava o cliente quanto às possibilidades, custos e viabilidade das alterações. Transcorrido o período de aproximadamente 45 dias, o projeto personalizado era entregue ao setor de produção e era desencadeado o processo de compra dos materiais escolhidos pelo cliente (por exemplo azulejos ou bancadas de granito). A princípio, a partir deste momento, o comprador não poderia efetuar novas modificações no projeto do apartamento.

O setor de vendas da empresa foi orientado a comercializar primeiramente os apartamentos dos pavimentos inferiores, para que as frentes de trabalho fossem liberadas o mais rapidamente possível. Em seguida buscou-se vender os apartamentos dos pavimentos intermediários e por último os dos pavimentos superiores. Obviamente exceções não faltaram, mas através de uma política de diferenciação de preços, as vendas seguiram esse seqüenciamento de modo satisfatório.

A forte campanha de *marketing* enfatizando a personalização e sendo este um produto inovador no mercado imobiliário de Florianópolis, fez com que as vendas dos apartamentos fossem um sucesso, apesar das dificuldades encontradas por outras empresas durante o mesmo período. 30% dos apartamentos já estavam comercializados antes do lançamento do empreendimento. Do lançamento até a entrega da obra foram vendidas 60% das unidades. Os 10% restantes, ou seja, quatro apartamentos, foram comercializados em menos de 30 dias após a entrega da obra.

4.2. O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.2.1. Investigação preliminar

4.2.1.1. O levantamento dos dados iniciais

A essência do planejamento é a coleta de dados para a tomada de decisão. Entretanto, o profissional responsável pelo planejamento das obras na empresa geralmente encontra dificuldades na coleta dos dados necessários (LAUFER e TUCKER, 1988).

Vários documentos já foram citados como necessários para a obtenção de informações para se realizar o planejamento. Entretanto, no caso de uma pequena empresa, nem todas as informações estão formalmente documentadas, como por exemplo a produtividade das equipes de trabalho. Além disso, também é comum iniciarem-se os serviços no canteiro de obras sem que todos os projetos estejam prontos.

Também não existe um profissional responsável exclusivamente pelo planejamento, existindo somente um engenheiro responsável por todas as obras da empresa. Construtoras de pequeno porte, em geral, executam um empreendimento de cada vez, no máximo realizando ao mesmo tempo os serviços de acabamentos em uma obra enquanto iniciam-se as fundações e estruturas da obra seguinte. Justamente na fase de acabamentos, que é a fase que envolve o maior número de operários, serviços e fornecedores diferenciados, exigindo portanto maior atenção por parte do engenheiro, é quando este mesmo profissional deveria preocupar-se com o planejamento da próxima obra.

Deste modo, o planejamento em uma pequena empresa, quando este é realizado, deve ser feito no menor prazo possível, com as poucas informações disponíveis, contrariando as recomendações feitas por praticamente todos os autores já citados. Neste estudo de caso, foram utilizados somente o projeto arquitetônico e os quantitativos indicados no orçamento da obra, além de registros informais de durações dos serviços.

O levantamento das informações iniciais para se realizar a programação, e as simulações que vieram a seguir, realizaram-se através de uma série de encontros semanais com o engenheiro da empresa durante os meses de novembro e dezembro de 1998. Nesta época a obra do estudo de caso já estava na fase da fundação, sendo executados os blocos e baldrames. Os trabalhos no canteiro haviam se iniciado no mês de setembro de 1998..

A definição, neste primeiro momento, das atividades a serem programadas, teve como fontes básicas de informação o projeto arquitetônico e o orçamento da obra, onde também foi possível identificar as tecnologias e equipamentos que seriam empregados.

Na tabela 4.1 tem-se um resumo dos dados de quantitativos de serviços que foram disponibilizados para o planejador através do orçamento da obra. A estrutura dos itens orçamentários listados é a mesma que foi encontrada no orçamento, que havia sido realizado através do *software Sienge*.

Na época em que o orçamento foi realizado, muitas definições arquitetônicas ainda não haviam sido determinadas, como por exemplo as relativas ao acabamento externo. Não existia definição sobre quais as áreas das fachadas onde haveria pintura, revestimento texturizado ou revestimento cerâmico. A medida que tais decisões fossem ocorrendo e as informações fossem transmitidas ao setor de produção, o planejamento deveria ser revisto.

Tabela 4.1: Dados de quantitativos de serviços

Descrição	quant. orçada	un.	Descrição	quant. orçada	un.
INFRAESTRUTURA			INSTAL. HIDRO-SANITÁRIAS		
Estacas	1180	ml	Tubulação água fria	2100	ml
Blocos e Baldrames	57	m3	Tubulação esgoto	2900	ml
SUPRAESTRUTURA			Louças e metais banheiros	83	un
Formas	3953	m2	Louças e metais cozinhas	41	un
Armadura	43695	kg	INSTAL. PREVENTIVAS		
Concreto	690	m3	Sistema preventivo de incêndio	1	un
ALVENARIA			Porta corta fogo	21	un
Assentamento	5155,3	m2	Sist. Pára-raios	1	un
MURO			INSTALAÇÕES DE GÁS		
Formas	140	m2	Tubulação	275	m
Armadura	1615	kg	Alvenaria central de gás	26	m2
Concreto	42	m3	Chapisco e reboco central de gás	61	m2
COBERTURAS			INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Estrutura metálica	581	m2	Fiação	45200	m
Telhas	581	m2	Tomadas e interruptores	1685	un
Calhas	186	ml	Conjunto moto bomba	2	un
ESQUADRIAS			INSTAL. TELEFÔNICAS		
Contramarcos alumínio	1214,9	ml	Instal. telefônicas e interfonia	1	un
Corrimão madeira	159,5	ml	PINTURAS		
Porta pronta interna	199	un	Massa corrida	1	un
Porta pronta externa	42	un	Pintura interna	1	un
REVESTIMENTOS			Pintura externa	1	un
Chapisco e reboco externo	3075	m2	FORRO FALSO		
Chapisco e reboco interno	10670	m2	Forro falso em madeira (sacadas)	177,12	m2
IMPERMEABILIZAÇÕES			Forro falso em gesso (Bwc e coz)	487,07	m2
Imperm. Banheiros	83	un	VIDROS		
Imperm. Calhas	186	ml	Vidros	614,8	m2
Imperm. Sacadas	48	un	ELEVADOR		
Imperm. Caixa d'água	1	un	Elevador	2	un
Imperm. Fossa filtro	1	un	FOSSA FILTRO		
Imperm. Cisterna	1	un	Escavação	1	un
PAVIMENTAÇÕES			Concreto	25	m3
Contrapiso armado (G 1)	551,45	m2	Reboco	35	m2
Contrapiso	2914,7	m2	PAISAGISMO		
Calçada externa	309,27	m2	Floreiras de concreto	30	ml
Assentamento de briquetes	1430	m2	Gramado	300	m2
Azulejos	2247,4	m2	Play Ground	1	un
Piso cerâmico	2914,7	m2	LIMPEZA FINAL		
Peitoril	138	m	Limpeza final	4537,7	m2
Rodapé de madeira	1500	ml			

Esta indefinição pode ser observada no item “pintura”, em destaque na tabela 4.1, onde não existia ainda registro da quantidade de áreas a serem pintadas. O valor do custo para pintura foi baseado em uma verba, estimada pelo sentimento do orçamentista.

4.2.1.2. Elaboração da lista de atividades

Na elaboração da lista de atividade a serem programadas, evitou-se um detalhamento excessivo, já que no primeiro momento seria realizado somente o planejamento tático. Nesse nível de planejamento, pretendia-se programar atividades cujas durações de execução fossem medidas em meses. No caso de atividades que apresentavam prazos de execução reduzidos, estas foram agrupadas em um único item.

Uma lista de atividades simplificada também permitiria que o planejamento fosse realizado em um menor número de encontros, uma vez que a empresa possui somente um engenheiro e este acumula várias funções. Some-se a isso o fato de que a obra já estava em andamento, com as fundações sendo executadas, e havia a necessidade de se obter rapidamente uma previsão precisa das datas das principais fases da obra, a fim de se programar as grandes compras de suprimentos e equipamentos.

Além disso, a imprecisão de muitos dados era um fator que impediria um maior detalhamento, mesmo que fosse essa a intenção.

Durante os encontros com o engenheiro da empresa, a lista de atividades foi sendo definida diretamente no *software*, discutindo-se a cada inclusão de um serviço se o mesmo faria parte ou não de um serviço testemunho. A listagem resultante deste levantamento preliminar possui 57 atividades. Como parte destas atividade eram repetidas ao longo dos pavimentos, a lista final possui 266 itens, e está apresentada no Anexo B, juntamente com as durações e precedências entre as atividades.

4.2.1.3. Cálculo das durações e determinação das precedências

A estimativa da duração das atividades foi realizada tomando por base as produtividades observadas em um empreendimento anterior da empresa, tendo em vista que as equipes a serem empregadas seriam as mesmas. Este empreendimento constituía-se de um conjunto de quatro edifícios de quatro pavimentos, localizado no terreno vizinho ao da obra do estudo de caso. O sistema construtivo empregado em ambas as obras seria o mesmo e o padrão de acabamento era semelhante.

Pensou-se em estabelecer uma relação entre a área do pavimento da obra anterior com a área do pavimento da obra a ser planejada. Em seguida esta relação seria aplicada aos tempos de execução das atividades repetitivas do edifício anterior, registrados em um diário mantido pelo mestre de obras. Deste modo seriam obtidas as durações por pavimento com que se esperava que as tarefas repetitivas fossem realizadas na nova obra.

A metragem dos pavimentos das duas obras eram bastante próximas. Enquanto a obra estudada apresentava um pavimento tipo de 353,69 m² com cinco apartamentos entre 60 e 63 m², o edifício executado anteriormente possuía 318,54 m² com quatro apartamentos de 73,22 m². Como a área do pavimento tipo a ser executado era cerca de 10% maior que a área executada anteriormente, supôs-se que os prazos de execução para os serviços em um pavimento também seriam 10% maiores que os observados na outra obra. Por exemplo: a alvenaria interna dos apartamentos do edifício anterior havia sido executada em aproximadamente 45 dias de trabalho, cerca de 11 dias por pavimento. Estimou-se que a nova duração seria de 12 dias por pavimento, ou seja, quase 100 dias de trabalho para todos os 8 pavimentos.

O cálculo da duração de atividades não repetitivas foi feita de modo semelhante. Mais tarde estas estimativas revelaram-se bastante próximas dos prazos reais de execução.

A determinação das precedências entre as atividades foi feita em conjunto pelo planejador e pelo engenheiro da obra. Ao mesmo tempo em que era gerada a lista das atividades no software gerenciador de projetos, as precedências entre as atividades foram sendo definidas pelo engenheiro com base na experiência da obra anterior já citada, uma vez que o processo construtivo era praticamente o mesmo. Em alguns momentos houve a necessidade também de se consultar o mestre de obras da empresa. A exceção quanto ao processo construtivo entre as duas obras ficava por conta da adoção, em alguns apartamentos, das divisórias internas em gesso acartonado.

As ligações de seqüência entre as atividades diferentes, que seriam executadas a cada pavimento, estão apresentadas na figura 4.4.

Como no planejamento tático também seriam definidos os sentido de execução dos serviços ao longo dos pavimentos, além de serem criadas as ligações de seqüência entre as atividades diferentes, já foram sendo criadas as ligações de trajetória para as repetições das atividades ao longo da torre.

A criação desses dois tipos de precedências para todas as atividades constituiu-se a etapa mais trabalhosa desta fase inicial do planejamento. Além disso, o fato de se repetir as atividades da torre para os oito pavimentos tipo faz com que a lista a ser inserida no *software* se torne bastante extensa, tornando o trabalho de criar as precedências cansativo e com grande possibilidade de erros.

Para facilitar a visualização no *software* gerenciador de projetos, a lista de atividades foi organizada de modo a se separar as atividade repetitivas das não repetitivas, ficando dividida em três partes:

- Torre: atividades que se repetiam ao longo dos pavimentos. Por exemplo: alvenaria, reboco, contrapiso, revestimento cerâmico;
- Cobertura: atividades que seriam executadas no “coroamento” da torre. Por exemplo: estrutura do telhado, entelhamento, impermeabilizações;
- Periferia: atividades externas à torre. Por exemplo: muros, fossa filtro, rampas para as garagens, calçamento.

A base para o posterior desenvolvimento do planejamento tático é considerar as atividades da torre como repetitivas ao longo dos múltiplos pavimentos do edifício. Portanto as atividades executadas na torre foram divididas em atividades para cada pavimento, uma vez que as durações também foram calculadas por pavimento.

As ligações de trajetória foram feitas de modo que o sentido de execução fosse o mesmo para todas a tarefas, descendo a torre, exceto obviamente pela execução das estruturas. Essas precedências foram feitas desta maneira pois o engenheiro já manifestava sua intenção de executar os serviços da obra neste sentido.

Não foram fornecidos para a ferramenta computacional os dados referentes ao custo de cada atividade. Tais informações seriam de extrema importância se fosse necessário, neste momento, prever e balancear o fluxo de caixa da obra. Neste estudo, não foram levantadas tais informações devido a três razões:

- Pelo fato da empresa ter como objetivo o cumprimento da data de entrega da obra, sendo esse o principal motivo que levou o engenheiro a realizar o planejamento, ainda que fosse em detrimento a um fluxo de caixa balanceado, uma vez que a empresa apresentava boas condições financeiras devido ao sucesso das vendas;
- Pela experiência do engenheiro no momento de definir as precedências e datas de conclusão das principais fases da obra, considerando que o empreendimento anterior, onde o sistema construtivo era semelhante e foram utilizadas as mesmas equipes, apresentou um fluxo de caixa satisfatório ao longo da obra;
- Pela dificuldade em se obter as informações quanto aos custos de cada tarefa que seria incluída no planejamento. No orçamento utilizado como fonte de dados, os custos da obra eram listados de forma muito geral, dificultando a apropriação dos valores para cada atividade separadamente. Seria necessário especificar os custos dos materiais e da mão de obra para cada atividade incluída na listagem, o que tomaria muito tempo.

Na figura 4.5 pode-se observar a janela de entrada de dados do *software*. Nesta janela são informados os nomes das tarefas, as durações e suas precedências. As datas de início e término de cada atividade são calculadas automaticamente pelo *software*, a menos que seja interesse do planejador fixar certas datas. Como exemplo pode-se citar a execução da cisterna e da fossa filtro, que pelas precedências poderia ser executada logo no início da obra, mas por decisão do engenheiro adiou-se essa atividade para uma data considerada mais conveniente. Na figura tem-se os dados relativos aos serviços de reboco, divididos por pavimentos.

	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
396	Impermeabilização da cisterna e fossa filtro	3 dias	Sex 18/02/00	Ter 22/02/00	372
397	<input type="checkbox"/> REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS	127,5 dias	Sex 16/07/99	Ter 25/01/00	
398	Revestimento externo	60 dias	Sex 16/07/99	Qui 07/10/99	202;4611+5 dias
399	<input type="checkbox"/> Revestimento interno	117,5 dias	Sex 30/07/99	Ter 25/01/00	
400	Reboco casa de máquinas/barrilete	6 dias	Sex 30/07/99	Sex 06/08/99	267
401	Reboco pavimento 8	12 dias	Seg 30/08/99	Qua 15/09/99	334;271;400
402	Reboco pavimento 7	12 dias	Qua 15/09/99	Sex 01/10/99	401
403	Reboco pavimento 6	12 dias	Sex 01/10/99	Ter 19/10/99	402
404	Reboco pavimento 5	12 dias	Ter 19/10/99	Qui 04/11/99	403
405	Reboco pavimento 4	12 dias	Qui 04/11/99	Seg 22/11/99	404
406	Reboco pavimento 3	12 dias	Seg 22/11/99	Qua 08/12/99	405
407	Reboco pavimento 2	12 dias	Qua 08/12/99	Sex 07/01/00	406
408	Reboco pavimento 1	12 dias	Sex 07/01/00	Ter 25/01/00	407
409	Reboco garagem 2	17 dias	Ter 23/11/99	Qui 16/12/99	410IT
410	Reboco garagem 1	18 dias	Qui 16/12/99	Ter 25/01/00	408TT
411	<input type="checkbox"/> PAVIMENTAÇÃO E REVESTIMENTO CERÂMICO	146,5 dias	Seg 09/08/99	Ter 14/03/00	
412	Contrapiso na casa de máquinas/barrilete	6 dias	Seg 09/08/99	Seg 16/08/99	400

Figura 4.5: Entrada de dados no *software*

Nota-se que, no momento de se criar a lista de tarefas repetitivas, houve a preocupação de iniciar a listagem partindo-se do pavimento mais alto (reboco casa de máquinas/barrilete) para o mais baixo (reboco garagem 1) na torre. Deste modo facilita-se a visualização das linhas de balanço.

Pode-se observar também, através das precedências, que o sentido de execução aqui adotado para serviço de revestimento interno, é de cima para baixo na torre. A atividade precedente do reboco em um pavimento é sempre o reboco em um pavimento acima. Por exemplo, como pode ser visto na figura 4.5, a atividade 404 (reboco no pavimento 5) tem como precedente a atividade 403 (reboco no pavimento 6). A exceção fica por conta do reboco nas garagem, cuja precedência foi feita seguindo o intuito do engenheiro de finalizar os serviços de revestimento argamassado nas garagens juntamente com os dos pavimentos tipo.

O cronograma de barras realizado pelo *software* a partir dos dados apresentados na figura anterior, pode ser observado na figura 4.6. Nota-se a linha de balanço, indicando que a atividade reboco está no sentido de cima para baixo na torre. A barra de cor preta, com o título de “revestimento interno”, representa o serviço testemunho que inclui todos as atividades de reboco desde a casa de máquinas/barrilete até a garagem 1.

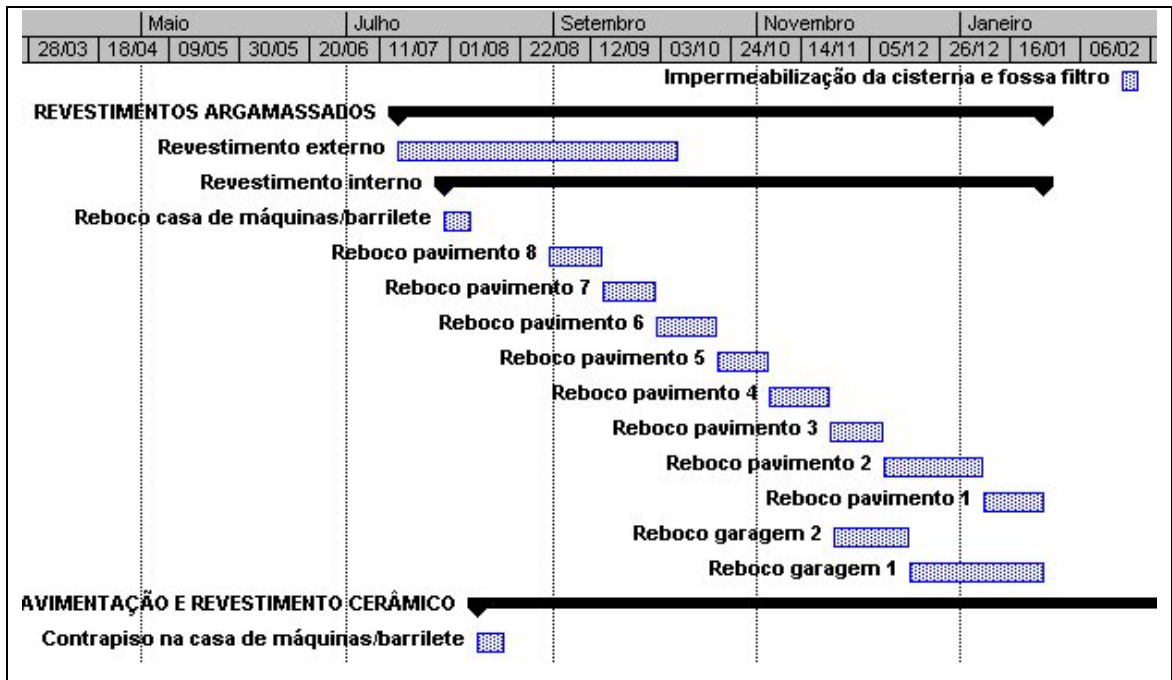


Figura 4.6: Cronograma da atividade reboco, com trajetória descendente na torre.

Após a inserção de toda a lista de atividades com suas respectivas durações e precedências, foi importante realizar uma revisão cuidadosa de todas as informações fornecidas ao *software*, devido à grande quantidade de dados e possibilidade de erro, principalmente quanto às precedências.

Já foi possível, neste momento, verificar se o prazo total da obra indicado pela ferramenta está dentro do limite da data de entrega do empreendimento, considerando se todas as atividades tivessem o sentido de execução do mesmo modo como foram inicialmente informadas ao *software*, ou seja, de cima para baixo na torre. A seguir iniciaram-se as simulações de diferentes planos de ataque à obra, auxiliando as decisões do planejamento tático da obra.

4.2.2. Desenvolvimento do planejamento tático

Para realizar o planejamento tático, foram simuladas diferentes trajetórias de execução (sentido ascendente ou descendente na torre) para as atividades repetitivas e alterações na configuração das equipes. A cada simulação, observou-se as conseqüências que cada

modificação causava nas datas das fases principais da obra e, principalmente, na data de término da obra.

Foi possível descobrir através da primeira simulação da programação, que a estratégia de execução que o engenheiro pretendia seguir não permitiria a conclusão da obra dentro do prazo determinado. Sua idéia inicial era executar toda a parte estrutural (com seu término marcado pela concretagem da caixa d'água) e só então iniciar os outros serviços (fases de alvenaria e revestimentos) com o sentido de cima para baixo na torre. O *software* indicou que, caso esta estratégia fosse adotada sem um aumento no número de equipes, o prazo de execução ultrapassava a data desejada para o término da obra, como pode ser observado na figura 4.7.

Pode-se notar, na parte inferior da figura 4.7, a data de entrega marcada para o dia 31 de março. Entretanto, os serviços de pintura e colocação das portas ultrapassavam este limite. As barras vermelhas representam o caminho crítico do projeto, indicado pelo *software*. Assim sendo, a atividade “portas” seria a última a ser executada, tendo seu término em 29 de maio, dois meses após o desejado.

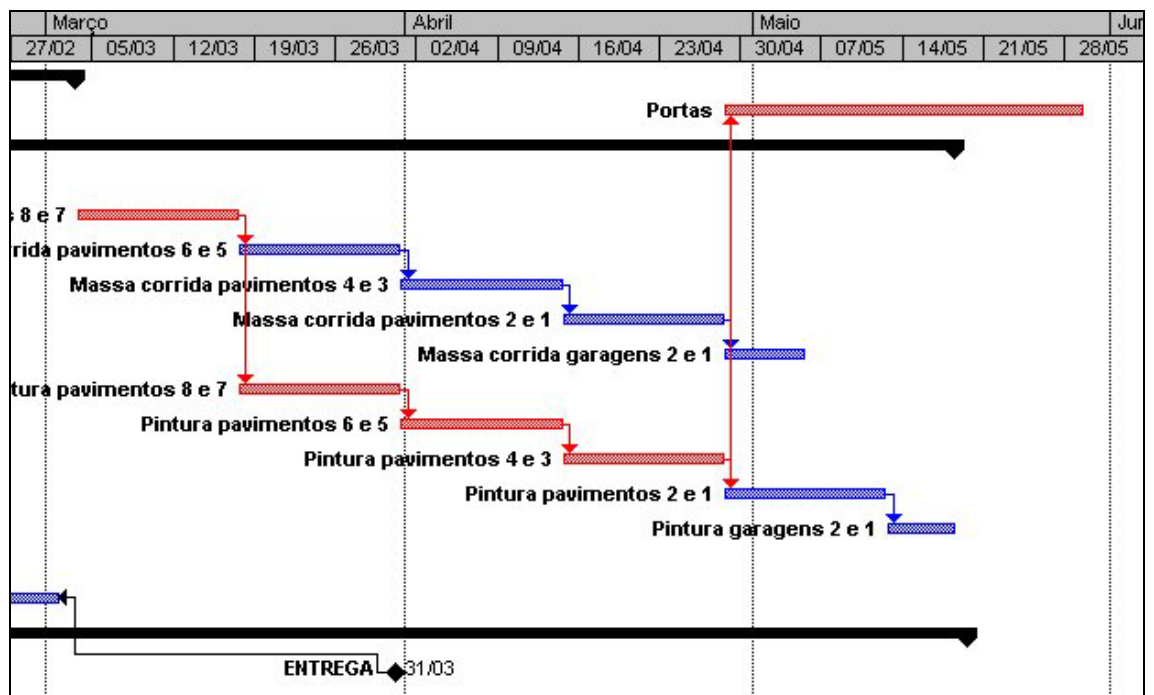


Figura 4.7: Serviços sendo executados após a entrega, na primeira simulação.

Nas simulações seguintes alterou-se a ordem de ataque das atividades no canteiro para atingir a data limite para o término da obra. Para tanto era necessário modificar as precedências entre as atividades (ligações de trajetória) para que, por exemplo, o reboco fosse executado de baixo para cima em vez de cima para baixo na torre. O processo exigia muita atenção pois ao final das modificações era necessário conferir todas as precedências do projeto inteiro, principalmente dos chamados “pontos de balanceamento”.

Na figura 4.8, pode-se ver novamente o exemplo do reboco, agora com as precedências fazendo com que o sentido de execução seja de baixo para cima nos pavimentos. Deste modo, a atividade 94 (reboco no pavimento 5) tem como precedente a atividade 95 (reboco no pavimento 4). As durações não são iguais às da figura 4.5 pois já previa-se aqui a execução de calfino, reduzindo a quantidade de serviço para o reboco.

	Nome	Duração	Início	Término	Predecessoras
86	<input type="checkbox"/> REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS	132 dias	Qua 15/09/99	Ter 21/03/00	
87	Revestimento externo	50 dias	Sex 05/11/99	Sex 14/01/00	278;381+5 dias
88	<input type="checkbox"/> Revestimento interno	132 dias	Qua 15/09/99	Ter 21/03/00	
89	<input type="checkbox"/> Reboco	68 dias	Sex 08/10/99	Sex 14/01/00	
90	Reboco casa de máquinas/barrilete	6 dias	Sex 07/01/00	Sex 14/01/00	91
91	Reboco pav 8	5 dias	Sex 31/12/99	Qui 06/01/00	212;152;92;276
92	Reboco pav 7	5 dias	Ter 21/12/99	Seg 27/12/99	216;155;93;281
93	Reboco pav 6	5 dias	Qui 09/12/99	Qua 15/12/99	220;158;94;286
94	Reboco pav 5	5 dias	Seg 29/11/99	Sex 03/12/99	224;161;95;291
95	Reboco pav 4	5 dias	Qua 17/11/99	Ter 23/11/99	228;164;96;296
96	Reboco pav 3	5 dias	Qui 04/11/99	Qua 10/11/99	232;167;97;301
97	Reboco pav 2	5 dias	Qui 21/10/99	Qua 27/10/99	236;170;98;306
98	Reboco pav 1	5 dias	Sex 08/10/99	Sex 15/10/99	240;173;311
99	Reboco G1	18 dias	Qua 22/12/99	Sex 14/01/00	90TT

Figura 4.8: Alterações na trajetória de execução para as simulações.

Nota-se também que foram incluídas outras precedências além das ligações de trajetória. A atividade 94 (reboco no pavimento 5), por exemplo, tem como precedentes, além da atividade 95 (reboco no pavimento 4), as atividades 161 (tubulações hidro-sanitárias no pavimento 5), 224 (eletrodutos no pavimento 5) e 291 (encunhamento no pavimento 5).

Isto ocorreu pois notou-se, ao serem feitas as inversões de trajetória nas simulações, que manter as ligações de seqüência somente nos pontos de balanceamento, poderia levar a resultados equivocados. Em alguns casos, atividades apareciam sendo executadas em datas anteriores à execução de suas precedentes. Esta medida aumentou o número de ligações entre as atividades que eram informadas ao *software*, tornando as simulações mais trabalhosas a partir de então.

Na figura 4.9 pode-se observar a inversão da Linha de Balanço que foi apresentada anteriormente na figura 4.6. Agora a atividade reboco tem sua execução no sentido ascendente ao longo dos pavimentos.

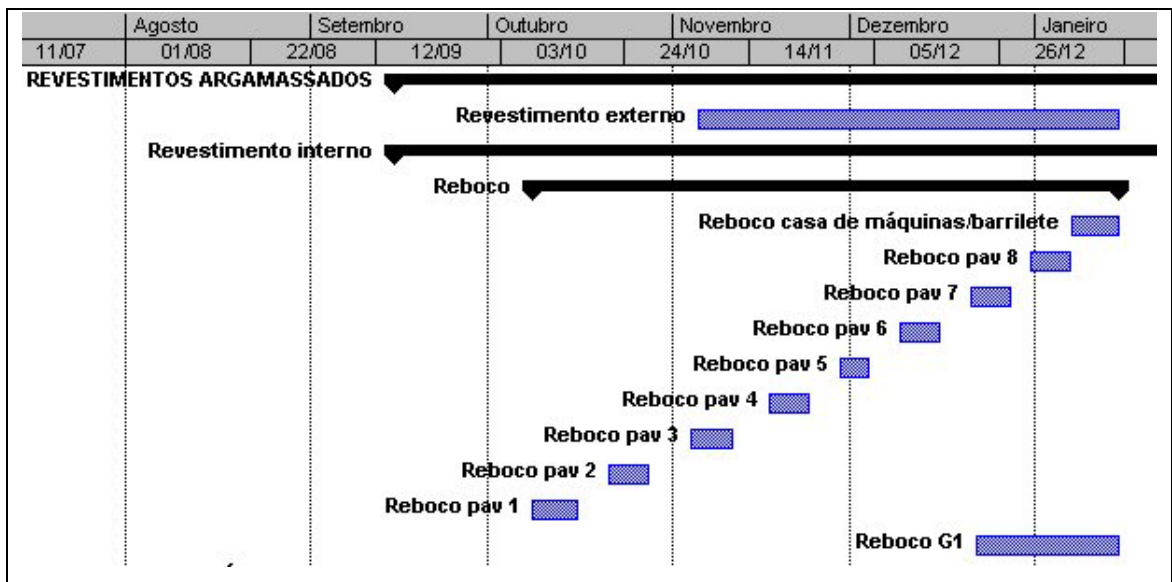


Figura 4.9: Cronograma da atividade reboco, com trajetória ascendente na torre.

Ao todo foram realizadas cinco simulações, cada uma com ordens de ataque diferentes e eventuais mudanças nas equipes utilizadas. Na tabela 4.2 apresenta-se um resumo das alterações feitas a cada simulação. A cada tentativa, eram observadas as mudanças que a simulação anterior havia causado no caminho crítico da obra, orientando as novas alterações por parte do engenheiro.

Tabela 4.2 – Alterações no planejamento a cada simulação

	Alterações nas atividades da torre a cada simulação	Prazo
1	Todos serviços descem a torre após o término da fase de estrutura → desejo inicial do engenheiro	Não
2	Alvenaria e tubulações elétricas / hidráulicas sobem a torre acompanhando a estrutura, restante dos serviços (revestimentos e acabamentos) descem a torre → tentativa de se reduzir a duração da obra	Não
3	Utilização de duas equipes de alvenaria, uma para a alvenaria externa e outra para a interna, sentidos de execução utilizados na segunda simulação mantidos → tentativa de se reduzir a duração da fase de alvenarias	Não
4	Serviços de revestimentos argamassados (reboco) sobem a torre acompanhando as alvenarias → intuito de antecipar o início da fase de revestimentos	Não
5	Cerâmicas (piso e parede) e acabamentos hidro-sanitários sobem a torre; acabamentos elétricos e pintura mantidos no sentido de cima para baixo → intuito de antecipar as cerâmicas e acabamento hidro-sanitários, uma vez que após a simulação anterior, estes serviços passaram a fazer parte do caminho crítico	OK

Na segunda simulação, imaginou-se a execução da alvenaria subindo a torre, acompanhada pela execução dos rasgos e passagem de tubulações hidro-sanitárias e elétricas. Todos os demais serviços de revestimentos e acabamentos deveriam descer a torre. Entretanto, considerando a mesma equipe da simulação anterior, a execução da alvenaria não acompanhava o ritmo das concretagens. Deste modo, vários serviços só poderiam ser iniciados quando a alvenaria finalmente chegasse ao oitavo pavimento, o que fez com que o prazo da obra ficasse ainda maior que o obtido na primeira simulação.

Com o objetivo de se reduzir a duração da fase de alvenaria, a partir da terceira simulação passou a ser considerado que a execução das alvenarias seria realizada por duas equipes: uma seria responsável pela execução da alvenaria interna e a outra pela alvenaria externa. A equipe de alvenaria externa terminaria seus serviços na torre mais rapidamente, já que sua quantidade de serviço a cada pavimento seria menor. Neste momento a atividade de alvenaria interna passaria a contar com duas equipes. Ainda assim a data de conclusão da obra ultrapassava o desejado.

Nas duas simulações seguintes, serviços que antes desciam a torre passaram a subir a torre. Apesar de estar se contrariando o desejo inicial do engenheiro, não havia alternativa a não ser que se aumentasse o número de operários na obra, o que não era sua intenção.

Na quinta simulação foi obtido um resultado julgado satisfatório pelo engenheiro, já que havia sido encontrada uma maneira de se entregar a obra dentro do prazo. Esta passou a ser adotada como a macro-programação da obra, também denominada de plano mestre de produção.

No Anexo C podem ser comparadas a programação da execução da alvenaria que estava prevista na primeira simulação com o resultado após todas as simulações. É possível notar a diminuição no prazo de execução desta atividade.

Outro exemplo está ilustrado no Anexo D, onde pode ser observada a programação do revestimento cerâmico. Além da inversão da trajetória de execução, nota-se que após a quinta simulação foi possível antecipar o início desta atividade em mais de dois meses em relação ao que estava previsto na primeira simulação.

Pode ser observado na figura 4.10 que, após a quinta simulação, nenhuma atividade ultrapassava a data de entrega. Nota-se também a alteração do caminho crítico. Enquanto na figura 4.7 a atividade “portas” era a última a ser executada, aqui o caminho crítico passar a ser a atividade “acabamentos elétricos”.

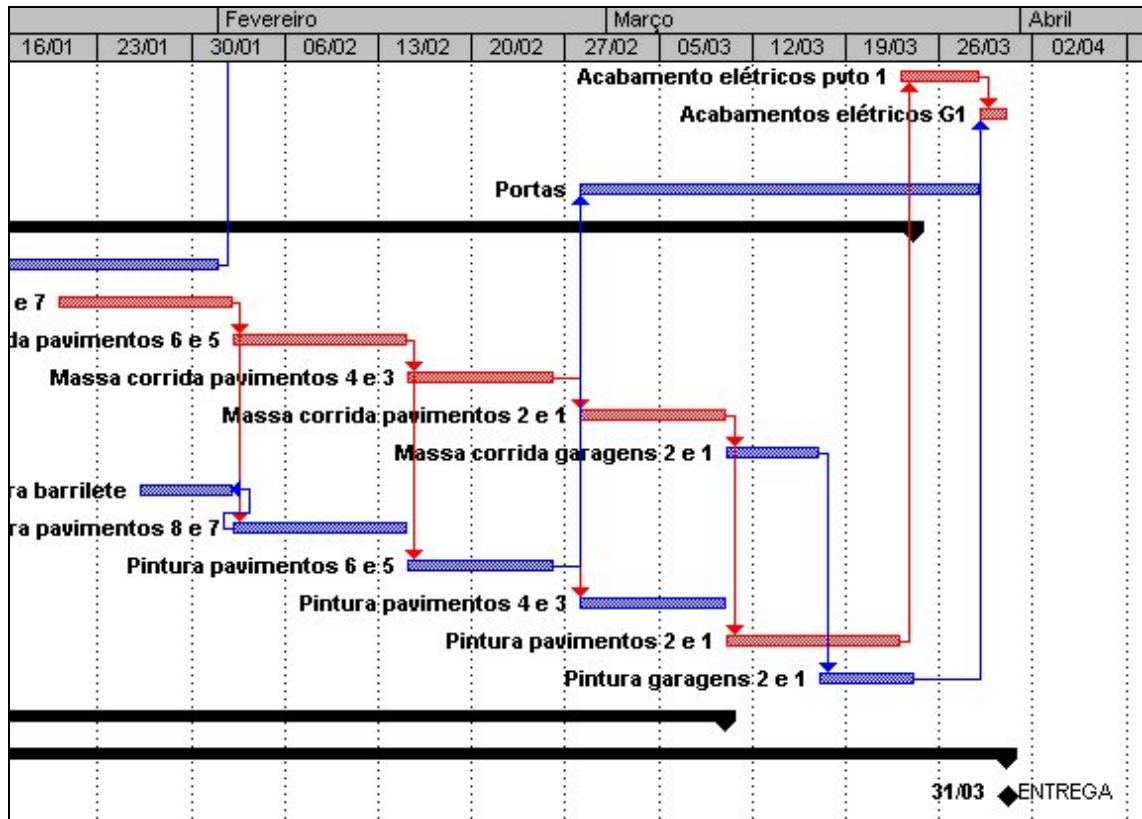


Figura 4.10: Resultado da quinta simulação.

Uma cópia simplificada desta macro programação, na forma de Gráfico de Barras, foi entregue ao mestre da obra para orientá-lo na programação operacional. Neste cronograma não estavam representadas as repetições ao longo dos pavimentos. Outra cópia foi entregue ao técnico responsável pela compra de materiais, para informar o mesmo quanto os ritmos de aquisição de suprimentos necessários para a concretização do planejamento.

Após a definição desta programação de longo prazo, passou-se a acompanhar o andamento da obra, atualizando constantemente o *software* com as datas e durações reais de execução. Quando necessário, aumentou-se o detalhamento das atividades que estariam em execução dentro de um horizonte menor de programação, tornando possível realizar a programação de médio e curto prazo (planejamento operacional) dentro do mesmo *software*.

4.2.3. Elaboração da programação de médio e curto prazo

Durante os meses iniciais da obra, somente duas equipes estavam trabalhando na obra, a de estruturas e a de alvenaria externa. A maior parte dos operários da empresa, inclusive o engenheiro, dedicava-se à conclusão de outro empreendimento da empresa. Portanto, não sentiu-se a necessidade de se realizar neste momento uma programação de curto prazo. Considerou-se que as datas para a execução destes serviços indicadas no planejamento tático eram suficientes para se manter o controle da obra e disparar o processo de aquisição de materiais no momento adequado. Neste período foi feito o acompanhamento das datas reais de execução e respectivas atualizações do planejamento no *software*.

Entretanto, neste período ocorreram dois fatos imprevistos que fugiram ao controle do engenheiro e terminaram por causar um atraso considerável no andamento dos dois serviços que estavam sendo executados:

- Após a concretagem da primeira laje, verificou-se que a qualidade das formas de madeira estava muito abaixo da especificada. Ao ser realizada a desforma, todo o material das formas se perdeu. As negociações com o fornecedor para o reembolso e aquisição de novas chapas de madeira para as formas se estenderam por cerca de 30 dias, período em que a obra ficou praticamente parada.
- Foi definido que na execução do revestimento interno não seria realizado o reboco convencional, e sim utilizado o revestimento com calfino. Esta técnica exige uma boa qualidade dos tijolos utilizados na execução da alvenaria. Como o revestimento com calfino resulta em uma camada com espessura de cerca de três milímetros, o controle dimensional dos tijolos e a qualidade na execução devem ser suficientemente precisos. A busca por um fornecedor que possuísse o material adequado e as negociações que se sucederam fizeram com que a equipe de alvenaria ficasse com o cronograma atrasado em cerca de 30 dias.

Após estes acontecimentos foi necessário realizar uma revisão do planejamento tático, após atualizar o *software* com os atrasos que haviam ocorrido. Os dois meses em que a

execução da obra foi prejudicada fizeram com que a data de término da obra ultrapassasse o prazo para a entrega do empreendimento em cerca de 45 dias.

Mais uma vez, alterou-se as trajetórias e configuração de equipes buscando solucionar o problema e foi necessária a atualização no software. Percebeu-se que ainda era possível entregar a obra no prazo, entretanto todas as atividades deveriam ter o sentido de execução subindo a torre e não poderia ocorrer nenhum outro atraso sequer, além da necessidade de se utilizar uma segunda equipe para o reboco. Nesta altura o engenheiro havia abandonado totalmente sua intenção de executar os serviços de acabamentos de cima para baixo na torre, preocupando-se somente em entregar a obra na data prevista.

Com o término da execução da estrutura da torre e o início dos serviços de revestimento interno, foi dado início à realização da programação de médio prazo. Inicialmente foram incluídos nesta programação os serviços de alvenaria, rasgos e tubulação elétrica e hidro-sanitária, reboco, calfino, contrapiso e piso cerâmico.

Muitas vezes, a medida que os serviços do plano mestre passavam a fazer parte do horizonte da programação de médio prazo, estes eram divididos em serviços menores. O serviço “reboco”, por exemplo, foi dividido nas seguintes atividades:

- a) “reboco interno”, que correspondia aos apartamentos propriamente ditos, nos locais onde não seria executado o calfino;
- b) “reboco de sacada”, executado em momento diferente pois dependia da execução prévia do reboco da fachada;
- c) “reboco da circulação”, executado por uma equipe diferente da que executava o reboco dos apartamentos;
- d) “reboco da escada”, que seria executado posteriormente, próximo ao final da obra.

Além de manter a constante atualização da programação com os dados reais de execução, conforme as decisões arquitetônicas iam ocorrendo, novas atividades eram incluídas no *software*. Este foi o caso do revestimento cerâmico na fachada, rodapés, forro de madeira nas sacadas e detalhes de gesso junto ao forro da circulação. A cada inclusão de um novo serviço era necessário incluí-lo corretamente na rede de

precedências. Em alguns casos, esta inclusão alterava significativamente precedências já criadas anteriormente, o que tornava este processo bastante trabalhoso.

Finalmente, a designação dos pacotes de trabalho era feita semanalmente, através da programação de curto prazo. Toda sexta-feira era realizada uma reunião entre o planejador, o engenheiro e o mestre de obras, para determinar a programação da semana seguinte. Do *software*, já atualizado com os dados da semana que terminava, eram identificados os serviços que estavam com todas as precedências cumpridas. Esses serviços eram distribuídos ao longo da semana seguinte de acordo com suas durações esperadas. Essa programação era apresentada ao mestre, que tinha a palavra final do planejamento operacional, eventualmente realocando equipes para executar pendências devido às personalizações ou adiantando serviços que considerava prioritários.

Muitas vezes os próprios chefes das equipes de produção foram consultados antes das reuniões, no intuito de identificar previamente estas pendências ou serviços que deviam ser adiantados.

Para se gerar os pacotes de trabalho semanais, algumas tarefas que no *software* estavam programadas para um pavimento inteiro, passavam a ser programadas para cada apartamento, já que muitas vezes sua duração para um pavimento ultrapassava o período de uma semana.

Na figura 4.11 pode ser observada como esta divisão por apartamentos ficou representada no *software*, tomando como exemplo a programação da execução do calfino. O ritmo de execução deste serviço era de três apartamentos por semana. Um pavimento inteiro, com cinco apartamentos, era executado em oito ou nove dias de trabalho.

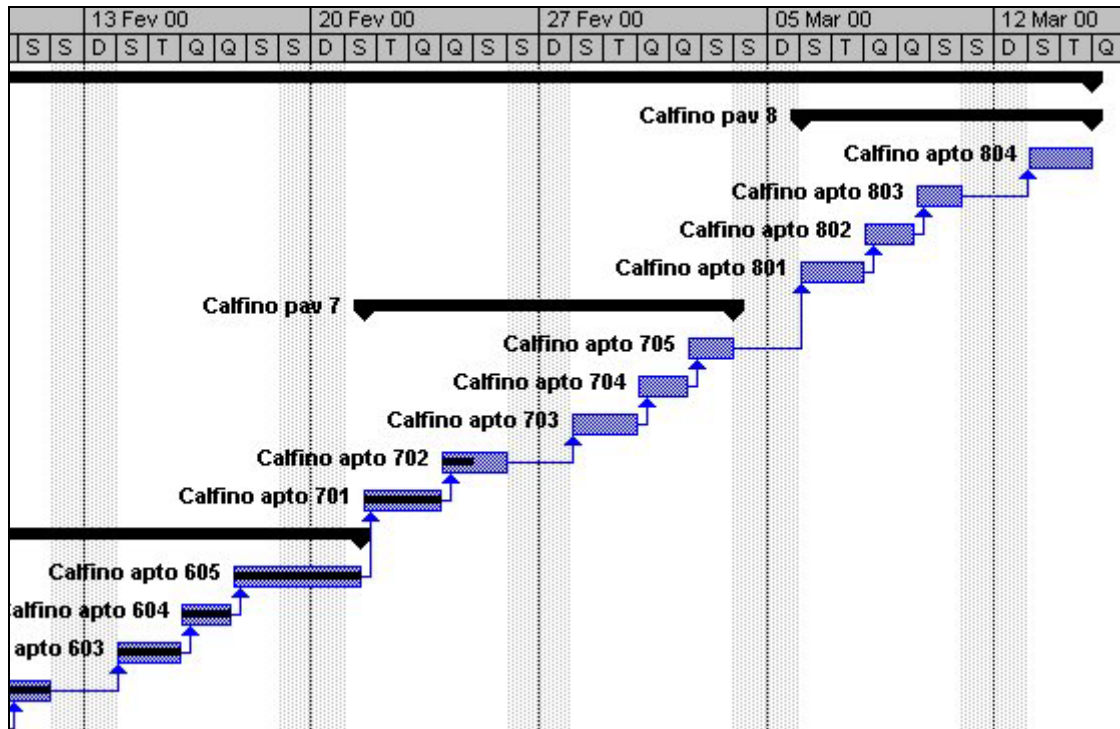


Figura 4.11: Programação de curto prazo da execução do calfino.

A listagem completa da programação realizada com o auxílio do *software*, após este detalhamento das atividades e atualização com os dados da execução ao longo da obra, está apresentada no Anexo E.

Outra razão para a divisão dos serviços por apartamentos foram as alterações nos projetos, principalmente na fase de revestimentos, causadas pelas personalizações. Eram consultados os projetos personalizados de cada apartamento para se saber se cada apartamento estaria incluído ou não no seqüenciamento de determinada tarefa. Por exemplo: em alguns apartamentos o cliente optou pela exclusão da bancada de granito na cozinha. Era necessário portanto excluir este apartamento do seqüenciamento da programação da tarefa “bancada de granito”.

Existiam também os apartamentos ainda não comercializados ou recentemente comercializados mas ainda sem concluir seu processo de personalização. A execução dos serviços nesses apartamentos só seria incluída na programação quando o projeto personalizado fosse entregue para a produção e os materiais estivessem no canteiro.

Deste modo, já na programação de médio prazo eram identificados os apartamentos onde cada serviço poderia realmente ser realizado. Os materiais necessários, diferentes para cada apartamento devido à liberdade de escolha dos clientes, eram checados quando a execução de determinado apartamento estava dentro do horizonte do planejamento de médio prazo. Caso houvesse algum material pendente, a execução de outros apartamentos era antecipada, modificando-se as precedências dentro do *software*, incluindo o apartamento em questão somente quando o material fosse entregue pelo fornecedor. Este fato ocorreu com bastante frequência, por exemplo, no caso da execução do revestimento cerâmico de piso e de parede.

Portanto, em certos momentos os apartamento incluídos na programação da semana não respeitavam mais a seqüência de execução subindo a torre. Isso devido ao fato dos apartamentos que haviam ficado pendentes, seja por falta de material, seja porque ainda não havia sido vendidos, serem liberados para execução. Neste caso as equipes deveriam retornar a pavimentos anteriores para executar os serviços nesses apartamentos.

4.2.4. Transferência da programação aos operários

Nas reuniões de planejamento a cada sexta-feira, onde era definida a programação da semana seguinte, a programação realizada com o apoio do *software* já era apresentada ao mestre sob a forma dos cartões de produção. Por exemplo, quando se discutia a programação da equipe de piso cerâmico, eram espalhados na mesa os cartões dessa atividade, distribuídos pelos dias da semana conforme a programação no *software*.

Neste momento o mestre fazia as alterações que julgava necessárias, muitas vezes realocando equipes para executar pequenas pendências e retrabalhos que não apareciam na programação de médio prazo, ou seja, não estavam previstas dentro do *software*. Deste modo, os campos do cartão referentes às datas de início e término de cada atividade eram preenchidos à mão durante a reunião.

Definida a programação da semana, na segunda-feira o mestre ou o técnico entregava uma via do cartão ao chefe da equipe que executaria o serviço enquanto outra via ia para

o quadro de programação. Como os cartões geralmente especificavam o serviço de um apartamento, era normal uma equipe receber vários cartões na mesma semana. No caso do calfino, a execução deste serviço em um apartamento tinha a duração de um dia e meio. Portanto na segunda-feira o chefe desta equipe recebia sempre três cartões indicando quais os apartamentos a serem executados naquela semana, com a data esperada de início e término do serviço em cada apartamento.

Um exemplo do cartão de produção que cada chefe de equipe recebia pode ser visualizado na figura 4.12.

CARTÃO DE PRODUÇÃO	
EQUIPE:	MICHAEL
TAREFA:	CALFINO
LOCAL:	APTO 505
DATA DE INÍCIO:	07/02/2000 SEGUNDA
DATA DE TÉRMINO:	08/02/2000 TERÇA

Figura 4.12: Cartão de produção entregue ao chefe da equipe.

Uma cópia do cartão era fixada no quadro de programação implementado na obra, que pode ser visualizado na figura 4.13. Buscou-se localizar o quadro em um local de grande circulação da obra, onde todos os operários pudessem visualizá-lo.



FIGURA 4.13: Imagem do quadro de programação.

Neste quadro, além dos cartões da semana em andamento, eram fixados os cartões dos apartamentos que seriam executados nas próximas semanas, mas ainda sem definição exata da data (em qual dia da semana) em que o serviço seria executado. Essa definição ocorreria somente na reunião da sexta-feira. Além disso, a posição dos apartamentos ao longo das próximas semanas era constantemente alterada, acompanhando as modificações no planejamento de médio prazo realizado com auxílio do *software*, que ocorriam sempre que se atualizava a programação com os dados reais da execução e com as informações de disponibilidade de materiais e definições das personalizações.

Ao longo da semana, conforme os serviços programados eram executados, os cartões eram recolhidos e as datas reais de execução eram anotadas. Este controle da execução foi realizado por um trabalho de pesquisa paralelo, e suas informações sobre o realmente executado eram utilizadas para atualizar a programação. Eventualmente o mestre realocava equipes ao longo da semana, e os serviços programados não eram totalmente executados. Estes eram incluídos novamente na pauta da reunião seguinte. Estas realocações ocorriam geralmente devido à chegada no canteiro de algum material que estava com a entrega atrasada, liberando a execução de um apartamento pendente que estava prejudicando o seqüenciamento das atividades seguintes.

4.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.3.1. Efeitos da estratégia da empresa no planejamento operacional

A personalização dos apartamentos foi um fator que influenciou, e muito, o planejamento da obra. Em primeiro lugar, foi esta a razão que motivou o engenheiro a realizar uma programação dos serviços. Além de estar executando uma obra com praticamente o dobro da área do último empreendimento da empresa no mesmo prazo para entrega, os apartamentos seriam diferentes entre si e haveria uma grande quantidade de materiais de acabamento distintos.

Um dos efeitos foi a necessidade que a empresa teve de aumentar o seu quadro de funcionários. Em março de 1999 foi contratada uma segunda arquiteta, responsável pelas personalizações dos apartamentos, podendo a outra arquiteta dedicar-se à concepção dos empreendimentos futuros. Em setembro de 1999 foi contratado um técnico em edificações que passou a ser o responsável pela compra de materiais, ficando o engenheiro cada vez mais envolvido com serviços ligados à diretoria, como o planejamento estratégico da empresa e negociações para as próximas obras, sem, contudo, deixar de acompanhar a execução no canteiro de obras.

Outra consequência das personalizações foi o alto número de alterações feitas nos apartamentos após o mesmo já ter sido executado. Isto ocorreu nos casos onde o cliente mudava de idéia mesmo após o processo de personalização estar concluído e o projeto do apartamento ter sido entregue para a produção. A rigidez dessa regra não foi mantida pois temia-se que a venda não fosse concretizada.

Por esta razão, em cerca de 35% dos apartamentos, houve a necessidade de se realizar alterações em serviços já executados por exigência do proprietário. Esse retrabalho, além do gasto de tempo, dificultava o seqüenciamento dos serviços ao longo dos apartamentos como havia sido planejado, uma vez que as equipes interrompiam seu trabalho para retornar a um apartamento e realizar as modificações. Outro agravante é que uma modificação, por mais simples que fosse, envolvia sempre o trabalho de duas ou mais equipes. Por exemplo: uma alteração que ocorreu com frequência era a

mudança de posição de um determinado ponto elétrico, até mesmo após a pintura do apartamento. Neste caso a alteração envolvia as equipes de instalações elétricas, reboco e pintura, fazendo com que as mesmas interrompessem seu seqüenciamento para retornar a este determinado apartamento.

A programação de curto prazo ajudou a manter o controle destas alterações no fluxo de trabalho, e com a ajuda do *software* era possível acompanhar o impacto que uma modificação causava no prazo final de execução de cada atividade.

Os apartamento não vendidos ou ainda os que haviam sido vendidos recentemente e cujo processo de personalização não estava concluído, tornavam-se um transtorno para o setor de produção. Como não existia definição quanto aos revestimentos ou até mesmo do *lay-out*, esses apartamentos não eram executados e as equipes passavam para o apartamento seguinte. Existiam, portanto, falhas no seqüenciamento dos serviços ao longos dos apartamentos. Tal fato contribuiu para dificultar a realização da programação dos serviços. Quando a personalização fosse concluída e o projeto fosse entregue para a produção, as equipes de trabalho teriam que retornar àquele apartamento, prejudicando, mais uma vez, o seqüenciamento dos serviços.

Outra consequência foi a mudança do paradigma quanto à entrega do edifício. Os funcionários da produção tiveram que aceitar o fato de que, mesmo após a entrega da obra, ainda haveriam serviços a serem executados. Isto ocorreu nos apartamentos vendidos em data próxima ao término do prazo de conclusão do edifício e cujo processo de personalização ainda estava em andamento. Além disso, os apartamentos que ainda não tivessem sido comercializados permaneceriam sem serem executados, sendo concluídos somente após sua compra e personalização, ainda que isso ocorresse meses após a entrega da obra.

4.3.2. Simulações e definição do planejamento tático

Durante as simulações para definição do planejamento tático, evidenciou-se a necessidade de, neste momento, trabalhar com uma lista simplificada de atividades. Isto ocorreu pois o planejamento teve a necessidade de ser realizado sem um excessivo gasto

de tempo. O uso de uma *WBS – Work Breakdown Structure* – e a divisão das atividades repetitivas das não repetitivas foi fundamental neste processo. Ainda assim, como as atividades da torre repetiam-se no mínimo oito vezes, a grande quantidade de precedências fez com que a realização das alterações a cada simulação fosse bastante trabalhosa e com possibilidade de erros, necessitando de atenção por parte do planejador.

Mostrou-se que é possível simular e avaliar alternativas para o planejamento tático utilizando-se um *software* gerenciador de projetos, para uma pequena empresa. Neste processo, o investimento de tempo por parte do engenheiro não afetou suas tarefas rotineiras, demonstrando que a metodologia utilizada, realizando o planejamento de forma rápida, é adequada.

Todo o processo, desde o levantamento dos dados iniciais até a definição final do planejamento tático, incluindo a familiarização com o *software*, foi desenvolvido durante os sete encontros com o engenheiro com cerca de duas horas de duração cada. Portanto, sem maiores investimentos por parte da empresa, foi possível realizar a macro programação da obra, o que não vinha ocorrendo nos seus empreendimentos anteriores.

Os resultados das simulações demonstram a importância que sua realização pode ter no processo de tomada de decisão pelo planejador. Sem a visibilidade do processo que foi proporcionada, o engenheiro certamente seguiria sua idéia inicial de executar todas atividades no sentido de cima para baixo na torre, após o término da fase de estruturas. Portanto, com a realização do planejamento tático, evitou-se um atraso de dois meses para a conclusão do empreendimento.

Ao longo da obra, conforme a duração das etapas indicassem que o prazo da obra ultrapassaria o previsto, seriam necessárias decisões emergenciais, como por exemplo optar entre o aumento de operários na obra e conseqüente aumento nos custos, ou permitir que a data de término da obra fosse ultrapassada, como freqüentemente é observado.

O cronograma de barras resultante desta etapa foi utilizado de fato pelo mestre de obras até a conclusão da execução, sempre preocupado em atender às datas previstas para o

início e término das fases da obra. Evidenciou-se, portanto, a absorção do cronograma por parte do mestre.

Mostrou-se que é possível, através de simulações, estabelecer um plano tático confiável para atingir metas estratégicas, como a redução do prazo de execução do empreendimento. Demonstrou-se que mesmo uma pequena empresa tem condições de estabelecer um plano tático para seus empreendimentos, fazendo o vínculo entre o planejamento estratégico e a execução da obra.

Neste estudo, o objetivo das simulações era obter uma programação que possibilitasse a execução da obra em um determinado prazo. Entretanto, existe a possibilidade de se utilizar a mesma metodologia mas com outros objetivos, como balancear o fluxo de caixa ao longo da obra ou obter uma melhor composição de operários dentro das equipes.

Mesmo partindo-se de um sistema de informações precário, com a disponibilização de poucos dados e informações imprecisas, foi possível realizar um planejamento que, posteriormente, revelou-se fundamental para atingir as metas estabelecidas no nível estratégico.

Ficou demonstrado que uma empresa de pequeno porte, mesmo possuindo poucos profissionais em seu quadro, pode realizar o planejamento de suas obras. Basta o engenheiro estar convencido que, se organizando melhor e utilizando técnicas que permitam uma maior visibilidade dos processos, poderá sim realizar um planejamento de forma rápida e eficiente.

4.3.3. Acompanhamento e planejamento operacional

Com o acompanhamento da obra e detalhamento das atividades que entravam dentro do horizonte de cinco semanas, o tamanho da lista de atividades no *software* e a quantidade de ligações de seqüência e de trajetória aumentou consideravelmente. Contudo, coletar os dados reais de execução, manter o *software* atualizado e programar as próximas tarefas consumia cerca de três horas semanais.

Devido às personalizações e, portanto, às eventuais quebras de seqüenciamento no trabalho das equipes, pequenos atrasos foram se acumulando. Alguns materiais escolhidos pelos clientes, como por exemplo os modelos cerâmicos para o piso, demoravam mais que o previsto para serem entregues na obra. Conseqüentemente, os serviços que tinham como precedência a execução do piso cerâmico também não eram executados neste apartamento.

Esses atrasos foram compensados pois existiam os apartamentos não vendidos, onde a maioria dos serviços não eram executados. Além disso, nos apartamentos onde o cliente optou pelas divisórias em gesso acartonado, muitas equipes tinham a quantidade de serviço reduzida.

No início da fase de revestimentos da obra, quando o planejamento operacional passou a ser realizado, a programação semanal feita com o auxílio do aplicativo era quase que totalmente cumprida, exceto nos casos onde as equipes eram realocadas pelos mestres durante a semana para executar apartamentos pendentes.

Por exemplo: em um determinado apartamento o cliente fez a opção de utilizar três tipos de azulejos diferentes, respectivamente para a cozinha e cada um dos dois banheiros. Quando a equipe que executava o serviço “azulejos” chegou a este apartamento, somente dois dos modelos de azulejos já haviam sido entregues na obra. Seriam executados portanto somente o revestimento da cozinha e de um dos banheiros. Tal fato já era previsto na programação e o prazo de execução deste apartamento era menor que o prazo normal. Quando o material fosse entregue, a equipe responsável pela execução do azulejo retornaria ao apartamento para finalizar o banheiro pendente, ainda que este serviço não estivesse previsto nos cartões daquela semana.

Estas realocações eram previstas na reunião: caso o material em atraso não fosse entregue durante a semana, seria cumprida a programação; se o material chegasse, a prioridade seria executar o apartamento atrasado.

Entretanto, nos últimos dois meses da obra, a programação de curto prazo foi dificultada pois as equipes terminavam o seqüenciamento dos apartamentos na torre e passavam a

executar as diversas pendências, que não estavam incluídas no *software*. Além disso, houve um aumento no número de atividades e equipes trabalhando na obra, com a entrada dos serviços terceirizados de revestimentos, como pintura, esquadrias de madeira, gesso, divisórias em gesso acartonado, instalação do elevador, entre outros. Chegou-se a registrar picos de até 60 operários trabalhando na obra.

Equipes de mão de obra externa como pintura, colocação de portas e colocação de piso laminado de madeira eram difíceis de programar pois tinham horários próprios de trabalho, em alguns casos trabalhando somente no período matutino ou no período vespertino. Além disso, essas equipes não executavam serviços nesta obra em todos os dias da semana, uma vez que também prestavam serviços para outras construtoras. Por estas razões não foram gerados cartões de produção para estes serviços.

Apesar destes problemas, os serviços na torre foram concluídos dentro do prazo estipulado, evidenciando-se a importância que o planejamento teve na busca desta meta.. A impressão, para quem observasse a movimentação no canteiro nas suas últimas semanas, é que a obra não seria concluída até a data da entrega. Entretanto, como já foi dito, os apartamentos não vendidos e os que haviam sido vendidos recentemente seriam executados após a entrega da obra, fato já previsto como consequência da estratégia da empresa e absorvido pelo plano de programação da obra.

Já os serviços não repetitivos apresentaram os maiores atrasos e grande parte deles acumularam-se no final da obra. Na cobertura, a execução da estrutura do telhado revelou ter uma estimativa para sua duração muito otimista. Estavam previstos 35 dias de trabalho para a execução deste serviço, entretanto a estrutura do telhado foi finalizada somente após 78 dias de trabalho. Além disso, problemas com a mão de obra que executava este serviço contribuíram para atrasá-lo ainda mais, chegando a afetar a execução de serviços da torre nos últimos pavimentos. Dificilmente a programação semanal deste serviço era cumprida. Como a conclusão destes serviços estava prevista para ocorrer meses antes da entrega do edifício, os atrasos não chegaram a ter maiores consequências no prazo final.

Já na periferia, que inclui os serviços externos à torre realizados no térreo da obra, houve uma excessiva demora nas definições arquitetônicas. Praticamente todos os

serviços foram feitos nos últimos dois meses da obra, com grande acúmulo nas últimas semanas. Equipes que trabalhavam na torre eram realocadas para executar os serviços na periferia, não sendo gerados cartões de produção para estas atividades. Como haveria uma cerimônia de entrega do edifício, todas as atividades no térreo deveriam estar concluídas. Na última semana antes da entrega, todos os operários da empresa passaram a trabalhar na periferia, somente algumas equipes externas concluíam seus serviços na torre. Com grande esforço os trabalhos foram concluídos antes da data limite.

Durante o processo de planejamento operacional, demonstrou-se que o estabelecimento de um plano tático do empreendimento permite ajustes posteriores a fim de se alcançar os resultados desejados. A programação de curto prazo evitou que muitos apartamentos fossem concluídos somente após a entrega do edifício, evitando atrasos que poderiam chegar a até um mês.

O dimensionamento dos pacotes de trabalho levou em conta a capacidade das equipes em realizar os mesmos dentro do período programado, sendo consultados os chefes das equipes antes da reunião semanal com o mestre. Este é um dos critérios indicados na bibliografia para se realizar um planejamento de comprometimento. Deste modo, aumentou-se a confiança nos planos e diminuiu-se as incertezas nos fluxos de trabalho.

O engenheiro passou a realmente comandar a obra, tendo maior visibilidade das ações necessárias para se atingir as metas estabelecidas, quebrando o vício de tomar decisões com base na intuição.

4.3.4. Os cartões de produção e o quadro de programação

De maneira geral os cartões foram bem aceitos pelos operários. O mestre de obras aprovou e incentivou sua implementação desde o primeiro momento. Após o início do uso dos cartões, ampliou-se a participação dos trabalhadores no gerenciamento das equipes de produção, uma vez que os chefes das equipes eram consultados semanalmente e passaram a compreender melhor o fluxo de trabalho da obra.

O aumento da visibilidade do processo que foi proporcionada possibilitou, a cada equipe, perceber que caso ela não cumprisse o programado para determinada semana, poderia prejudicar o fluxo dos trabalhos e afetar as equipes que executariam os próximos serviços em determinado local.

O quadro de programação facilitou a visualização da programação e assim melhorou o fluxo de informações. O uso destas ferramentas tornou possível ampliar a compreensão do processo de produção por parte dos operários.

5. CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

O estudo mostrou que é possível implementar um processo de planejamento em uma pequena empresa construtora. Apesar do porte da empresa, sua estrutura organizacional reduzida, a precariedade de seu sistema de informações e o acúmulo de funções por parte do engenheiro, este processo pode ser realizado com sucesso.

Rebate-se a afirmação que o planejamento, para ser bem feito, é um processo tedioso e demorado. Apesar do pouco tempo despendido na fase inicial, através das simulações de alternativas para o planejamento tático da obra, podem ser obtidas soluções para vencer os desafios impostos pelas metas estratégicas da empresa. Da mesma forma, a atualização do planejamento ao longo da obra e a realização semanal da programação de curto prazo, podem ser executadas com um gasto reduzido de tempo, sendo perfeitamente possível de serem incluídas nas tarefas rotineiras do gerente da obra.

A assimilação de conceitos da Nova Filosofia de Produção tem fundamental importância na realização do planejamento. Os ganhos passam por uma estabilização do fluxo de trabalho, redução da variabilidade e da incerteza, maior visibilidade do processo de trabalho em toda a obra, além de uma maior transparência de todo o processo de planejamento. A programação de curto prazo na obra é o grande elemento viabilizador da visão de fluxos, intensificando a coordenação da obra.

As ferramentas utilizadas para a transferência da informação proporcionam o aumento da transparência, facilitam a visualização da programação e melhoram o fluxo de informações em toda a obra.

Mesmo uma pequena empresa pode estabelecer um plano tático de seus empreendimentos, aumentando a certeza de se atingir as metas estratégicas da empresa. A gerência da obra passa realmente a ter o comando da execução, antevendo resultados e não mais tomando decisões com base na intuição.

Mostrou-se também a viabilidade de se utilizar os conceitos da Linha de Balanço associados à lógica do Método do Caminho Crítico utilizada em *softwares* comerciais. Entretanto, a simulação da técnica da Linha de Balanço no seqüenciamento das atividades no momento de fornecer os dados à ferramenta é um processo que exige atenção a cada simulação. Ainda assim, considerando os efeitos práticos alcançados, as simulações com o apoio de um *software* gerenciador de projetos constituem-se uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão para uma pequena empresa.

No final dos trabalhos do estudo de caso, a empresa fez uma avaliação positiva de processo de planejamento utilizado. Quebrou-se a resistência que a empresa apresentava em realizar o planejamento, sob a alegação de falta de tempo. Mesmo com o encerramento desta pesquisa, a empresa realizou o planejamento tático de seu próximo empreendimento, e vem sendo realizado o planejamento semanal inclusive com a utilização de um quadro de programação. Para tanto não existe mais o auxílio do pesquisador tão pouco foi contratado um novo funcionário para realizar o planejamento. A empresa se convenceu que pode sim realizar um planejamento de forma rápida e eficiente, mantendo a mesma estrutura organizacional.

Assim, espera o autor ter contribuído com este trabalho para a discussão das soluções para implementar processos de planejamento em empresas construtoras, mostrando que é possível mudar sem grandes esforços o quadro encontrado na maioria dos casos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No transcorrer desta pesquisa, observou-se a existência de outros aspectos e enfoques que podem ser abordados em futuros estudos:

- Automatizar o sistema de pedidos de compras de materiais e geração dos cartões de produção para a execução, a partir das programações de médio e curto prazo;
- Implementar o processo de planejamento em empresas que realizam empreendimentos de curta duração, como reformas e obras de ampliação;
- Avançar no estudo de procedimentos que contribuam para a eficácia dos planejamentos de médio e curto prazo;
- Desenvolver um estudo correlacionando os custos totais dos empreendimentos com os custos que poderiam ter sido evitados com a realização de um planejamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOURIZK, Simaan M.; HAJJAR, Dany. **A Framework for Applying Simulation in Construction**. Canadian Journal of Civil Engineering, v. 25, n. 3, p. 604-617, jun 1998.
- ABOURIZK, Simaan M.; HALPIN, Daniel W. **Probabilistic Simulation Studies for Repetitive Construction Processes**. Journal of Construction Engineering Management, v. 116, n. 4, p. 575-594, dec 1990.
- ADELI, Hojjat; KARIM, Assim. **Scheduling/Cost Optimization and Neural Dynamics Model for Construction**. Journal of Construction Engineering Management, v. 123, n. 4, p. 450-458, dec 1997.
- AL SARRAJ, Zohair M. **Formal Development of Line of Balance Technique**. Journal of Construction Engineering Management, v. 116, n. 4, p. 689-704, dec 1990.
- ASSUMPÇÃO, José Francisco P.; FUGAZZA, Antônio Emílio C. **Planejamento da Produção de Edifícios: Proposta de WBS e Seqüências de Execução como Facilitadores do Processo**. In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1999, Recife. Anais. Recife: Universidade de Pernambuco, 1999. V.1, p. 232-236.
- ASSUMPÇÃO, José Francisco P.; FUGAZZA, Antônio Emílio C. **Uso de Redes de Precedência para Planejamento da Produção de Edifícios**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 359-368.
- ASSUMPÇÃO, José Francisco P. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios**. São Paulo, 1996. 206 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- BAIOTTO, Alexandre C. **Implantação de Melhorias de Qualidade: Um Estudo de Caso em uma Microempresa de Construção Civil**. Florianópolis, 1999. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.
- BALLARD, Glenn. **Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control**. In: 5th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1997, Gold Coast, Australia. Proceedings. Gold Coast: IGLC, 1997.

- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. **Shielding Production: An Essential Step in Production Control**. Berkeley, 1997. Technical Report 97-1.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. **Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow**. In: 2nd Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1994, Santiago, Chile. Proceedings. Santiago: IGLC, 1994a.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. **Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation**. In: 2nd Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1994, Santiago, Chile. Proceedings. Santiago: IGLC, 1994b.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. **Implementing Lean Construction: Improving Downstream Performance**. In: 2nd Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1994, Santiago, Chile. Proceedings. Santiago: IGLC, 1994c.
- BERNARDES, Maurício M. S. **Método de Análise do Processo de Planejamento da Produção de Empresas Construtoras Através do Estudo de seu Fluxo de Informação: Proposta Baseada em Estudo de Caso**. Porto Alegre, 1996. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BERNARDES, Maurício M. S.; ALVES, Thaís C. L.; FORMOSO, Carlos T. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento da Produção para Empresas de Construção**. In: Seminário de Planejamento e Controle da Produção na Construção, 1999, Curitiba. Anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999.
- CARR, Robert I.; MEYER, Walter L. **Planning Construction of Repetitive Building Units**. Journal of the Construction Division, v. 100, n. 3, p. 403-412, sep 1974.
- CARVALHO, Márcio S. **Método de Intervenção no Processo de Programação de Recursos de Empresas Construtoras de Pequeno Porte Através do seu Sistema de Informação: Proposta Baseada em Estudo de Caso**. Porto Alegre, 1998. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CARVALHO, Márcio S.; BERNARDES, Maurício M. S.; FORMOSO Carlos T. **Programação de recursos: uma intervenção em seu sistema de informação**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 461-468.
- COELHO, Renato de Quadros. **Programação de Obras Repetitivas com o Software de Gerenciamento de Projetos Time Line 6.5 for Windows Baseada na Técnica da Linha de Balanço - Estudo de Caso**. Florianópolis, 1998. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- COLE, L. J. R. **Construction Scheduling: Principles, Practices, and Six Case Studies**. Journal of Construction Engineering Management, v. 117, n. 4, p. 579-588, dec 1991.

- EAST, E. William; KIM, Simon. **Standardizing Scheduling Data Exchange**. Journal of Construction Engineering Management, v. 119, n. 2, p. 215-225, jun 1993.
- ENSSLIN, Leonardo; ALBERTON, Anete. **Uma Metodologia para Gerenciamento de Obras de Construção Civil**. In: XIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1994, João Pessoa. Anais. pp. 87-92. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 1994.
- FERRAZ NETO, J.R. **Lean Construction – Um Desafio para Alcançar a Competitividade**. In: IV Seminário Internacional sobre “Lean Construction”, 1999, São Paulo. Anais.
- HEINECK, Luiz Fernando M. **Estratégias de Produção da Construção de Edifícios**. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis. Anais. v. 6, pp. 93-100. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- HEINECK, Luiz Fernando M. **Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias**. In: III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 1991, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.
- HEINECK, Luiz Fernando M.; MAZIERO, Lúcia Teresinha P. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço à Programação de Obras Repetitivas. Decisões Fundamentais para sua Aplicação**. In: X Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1990, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1990.
- HERBSMAN, Zohar; ELLIS, Ralph. **Research of Factors Influencing Construction Productivity**. Construction Management and Economics, v. 8, n. 8, p. 49-61, 1990.
- KALU, Timothy C. U. **New Approach to Construction Management**. Journal of Construction Engineering Management, v. 116, n. 3, p. 494-513, sep 1990.
- KARSHENAS, Saeed; HABER, David. **Economic Optimization of Construction Project Scheduling**. Construction Management and Economics, v. 8, n. 8, p. 135-146, 1990.
- KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford, 1992. Technical Report 72.
- LAUFER, Alexander; TUCKER, R. L. **Competence and timing dilemma in construction planning**. Construction Management and Economics, n. 6, p. 339-355, 1988.
- LAUFER, Alexander; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process**. Construction Management and Economics, v. 5, n. 3, p. 243-266, may 1987.
- LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997.

- LOSSO, Iseu Reichmann; ARAÚJO, Hércules Nunes. **Aplicação do Método da Linha de Balanço: Estudo de Caso**. In: VI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. V.1, p. 149-154.
- MAZIERO, Lúcia Teresinha P. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço à Programação de Obras Repetitivas. Decisões Fundamentais para sua Aplicação**. Florianópolis, 1990. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MENDES Jr., Ricardo. **Programação da Produção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. Florianópolis, 1999. 252p. Tese (Doutorado em engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MENDES Jr., Ricardo. **Modelo em Planilha Eletrônica para a Programação de Edifícios – Novos Desenvolvimentos**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 671-678.
- MENDES Jr., Ricardo. **Um Modelo Integrado Para O Planejamento De Edifícios Com Linha De Balanço**. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1996, Piracicaba. Anais CD-ROM. Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 1996.
- MENDES Jr., Ricardo. **Um Modelo Computacional para o Planejamento da Construção de Edifícios com Linha de Balanço**. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. V.1, p. 161-166.
- MENDES Jr., Ricardo; HEINECK, Luiz Fernando M. **Preplanning Method for Multi-Story Building Construction Using Line of Balance**. In: 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1998, Guarujá. Proceedings. Guarujá: IGLC, 1998.
- MENDES Jr., Ricardo; LÓPEZ VACA, Oscar C. **GERAPLAN – Um Sistema Especialista para Planejamento de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 679-686.
- MOSELHI, Osama; EL-RAYES, Khaled. **Least Cost Scheduling for Repetitive Projects**. Canadian Journal of Civil Engineering, v. 20, n. 5, p. 834-843, oct 1993.
- O'BRIEN, James J. **VPM Scheduling for High-rise Buildings**. Journal of the Construction Division, v. 101, n. 4, p. 895-905, dec 1975.

- OLIVEIRA, Ricardo R.; DALL'OGGIO, Simone; MARTINI, Carlos E. **Estudo de Fatores que Afetam a Produtividade em Obras Repetitivas**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 697-705.
- OLIVEIRA, Keller A. Z. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção: proposta baseada em estudo de caso**. Porto Alegre, 1999. 150p. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Escola de engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PALACIOS, V. H. R. **Gerenciamento do setor de suprimentos em empresas de construção de pequeno porte: uma proposta para seu desenvolvimento**. Porto Alegre, 1994. 127p. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Escola de engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. 462p. Tese de doutorado. Escola Politécnica, USP.
- QUALHARINI, Eduardo L. **Gestão Estratégica na Avaliação de Projetos de Construção Civil**. In: VI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. V.1, p. 211-216.
- REDA, Rehab M. **RPM: Repetitive Project Modeling**. Journal of Construction Engineering Management, v. 116, n. 2, p. 316-330, jun 1990.
- RUSSELL, Alan D.; WONG, William C. M. **New Generation of Planning Structures**. Journal of Construction Engineering Management, v. 119, n. 2, p. 196-214, jun 1993.
- SAWHNEY, Anil; ABOURIZK, Simaan M. **HSM Simulation-Based Planning Method for Construction Projects**. Journal of Construction Engineering Management, v. 121, n. 3, p. 297-303, sep 1995.
- SAWHNEY, Anil; ABOURIZK, Simaan M.; HALPIN, Daniel W. **Construction Project Simulation Using CYCLONE**. Canadian Journal of Civil Engineering, v. 25, n. 1, p. 16-25, feb 1998.
- SCARDOELLI, Lisiane S.; SILVA, Maria F. S.; FORMOSO, Carlos T.; HEINECK, Luiz Fernando M. **Melhorias de Qualidade e Produtividade: Iniciativas das Empresas de Construção Civil**. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul, 1994.
- SCHMITT, Carin Maria. **Integração dos Documentos Técnicos com o Uso de Sistema de Informações Computadorizado para Alcançar Qualidade nos Projetos de Obras de Edificação**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. V.2, p. 117-124.

- SERPELL, Alfredo. **Administración de Operaciones de Construcción**. Chile: Universidad Católica de Chile, 1993.
- SOUZA, Roberto de. **Qualidade, modernização e desenvolvimento: diretrizes para atualização tecnológica da indústria da construção civil**. Curso: Do desperdício de materiais à garantia da qualidade na construção civil. SINDUSCON – PR. 1991.
- STRADAL, Oldrich; CACHA, Josef. **Time Space Scheduling Method**. Journal of the Construction Division, v. 108, n. 8, p. 445-457, sep 1982.
- SUHAIL, Saad A.; NEALE, Richard H. **CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and Line of Balance**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 120, n. 3, p. 667-684, sep 1994.
- TABET, Walid Y.; BELIVEAU, Yvan J. **HVLS: Horizontal and Vertical Logic Scheduling for Multistory Projects**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 120, n. 4, p. 875-892, dec 1994.
- THOMAS, H. Randolph; MALONEY, W. F.; HORNER, R. M.; SMITH, G. R.; HANDA, V. K.; SANDERS, S. R. **Modeling Construction Labor Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 116, n. 4, p. 705-726, dec 1990.