

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
EDIPO MONTSECH AMORIM ALVES

**MÉTODO PARA PLANO DE AÇÃO DE OBRAS
ATRASADAS**

SÃO PAULO
2015

EDIPO MONTSECH AMORIM ALVES

**MÉTODO PARA PLANO DE AÇÃO DE OBRAS
ATRASADAS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de pós-
graduação *lato sensu* em Tecnologia e
Gestão na Produção de Edifícios

Orientador: Prof. Dr. Ubiraci Espinelli
Lemes de Souza

SÃO PAULO
2015

EDIPO MONTSECH AMORIM ALVES

**MÉTODO PARA PLANO DE AÇÃO DE OBRAS
ATRASADAS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de pós-
graduação *lato sensu* em Tecnologia e
Gestão na Produção de Edifícios

Área de Concentração: Construção
Civil

Orientador: Prof. Dr. Ubiraci Espinelli
Lemes de Souza

SÃO PAULO
2015

Catálogo-na-publicação

Alves, Edipo

Método para Plano de Ação de Obras Atrasadas / E. Alves -- São Paulo, 2015.

86 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Construção Civil I Universidade de São Paulo. Escola Politécnica

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”
(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, pela orientação deste trabalho, pelas aulas na pós-graduação Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios da Poli-USP e por toda a sabedoria transmitida, sempre de forma clara e objetiva.

À Profa. Dra. Mércia Maria Semensato Bottura de Barros pelo apoio e por todo o conhecimento que me propiciou ao longo do curso.

A todos os professores, funcionários e colegas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Aos meus amigos, por me apoiarem em todos os momentos.

À minha família acima de tudo.

RESUMO

O atraso de cronograma é um problema recorrente nas obras da indústria da Construção Civil brasileira, que resulta em grandes prejuízos financeiros para as empresas, além da perda de credibilidade perante o mercado. Os principais motivos para o atraso de obras são a falta de gestão, planejamento e controle precários, mão de obra desqualificada, projetos deficientes e falhas de suprimentos. Quando o atraso ocorre, construtoras têm adotado estratégias de recuperação de prazo mal planejadas, voltadas exclusivamente para o acréscimo de operários no canteiro de obras, impactando em alguns casos em atrasos e estouro de custos ainda maiores. Devido à relevância deste tema, à falta de estudos específicos e à própria experiência profissional do autor, foi desenvolvido o presente trabalho, que apresenta um método para a elaboração de planos de ação para obras de edificações atrasadas, onde há o enfoque em planejamento, produtividade e tecnologias construtivas. O trabalho apresenta, ainda, uma organização da bibliografia acerca do tema e estudos de caso onde foram implantadas estratégias de recuperação de prazo.

Palavras Chave: **atraso de obras; planejamento; recuperação de prazo.**

ABSTRACT

The schedule delay is a recurring problem in the works of the Brazilian Construction Industry, resulting in huge financial losses for companies and the loss of credibility in the market. The main reasons for the works delay are the lack of management, planning and poor control, unskilled labor, substandard design and supply failures. When the delay occurs, builders have adopted poorly planned term recovery strategies, which are fully dedicated to adding workers at the construction site, impacting in some cases delays and overflow costs even greater. Due to the importance of this matter, the lack of specific studies and the author's own professional experience, it was developed this paper which presents a method for the preparation of action plans for delayed building works, where there is a focus on planning, productivity and building technologies. The work also shows an organization of the literature on the subject and case studies where term recovery strategies were implemented.

Key Words: **construction delays; planning; recovery schedule.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de atividades para desenvolvimento do trabalho	20
Figura 2 – Matriz de probabilidade e impacto.....	25
Figura 3 - Custo marginal de aceleração	31
Figura 4 - Custo tempo-custo total	32
Figura 5 - Rede exemplo para aplicação da aceleração racional.....	33
Figura 6 - Produtividade em um processo.....	37
Figura 7 - Divisões da mão-de-obra	39
Figura 8 - Visualização gráfica das diferentes RUP	41
Figura 9 - Revestimento decorativo monocamada	43
Figura 10 - Pré-laje de concreto	44
Figura 11 - Kit porta pronta	44
Figura 12 - Placas pré-fabricadas de concreto para cortina de contenção	45
Figura 13 - Contrapiso autonivelante	45
Figura 14 - Implantação do Empreendimento A.....	46
Figura 15 - Fachada de uma torre do Empreendimento A	47
Figura 16 – Cronograma físico macro	49
Figura 17 - Curva de desenvolvimento físico/financeiro.....	49
Figura 18 - Divisão do pavimento tipo para plano de ataque	54
Figura 19 - Projeto de canteiro	57
Figura 20 - Projeto com pequena parede fora da projeção da laje.....	61
Figura 21 - Foto da parede com ressalto na fachada.....	61
Figura 22 - Muro pré-fabricado em concreto semi-pronto	63
Figura 23 - Muro pré-fabricado em concreto pronto	63
Figura 24 - Concretagem dos mourões de concreto no solo.....	64
Figura 25 - Face interna do muro	64
Figura 26 - Face externa do muro	65
Figura 27 - Implantação do Empreendimento A.....	65
Figura 28 - Fachada do Empreendimento B.....	67
Figura 29 - Implantação do Empreendimento B.....	67
Figura 30 – Cronograma fachada em etapa única Torre A	69

Figura 31 – Linha de balanço fachada em etapa única Torre A.....	70
Figura 32 - Cronograma fachada em duas etapas Torre A.....	71
Figura 33 – Linha de balanço fachada em duas etapas Torre A.....	72
Figura 34 - Matriz de tomada de decisão	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Durações e custos para cenário normal e acelerado	34
Tabela 2 - Resumo das acelerações da rede exemplo	36
Tabela 3 - Cálculo das RUP diária, cumulativa e potencial	40
Tabela 4 - Quantidade de serviços da alvenaria estrutural do pavimento tipo	53
Tabela 5 - Quantidade de serviços das lajes de concreto do pavimento tipo.....	53
Tabela 6 - Ciclo detalhado do pavimento tipo	56
Tabela 7 - Quantidade de materiais 1º dia	57
Tabela 8 - Quantidade de materiais 2º dia	58
Tabela 9 - Quantidade de materiais 3º dia	58
Tabela 10 - Produtividade da grua	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAP	Estrutura analítica de projeto
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto interno bruto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida

LISTA DE SÍMBOLOS

CM	Custo marginal
H	Homem
h	Hora
Q_s	Quantidade de serviço
RUP	Razão unitária de produção

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivos	18
1.3 Metodologia.....	19
1.4 Estruturação do Trabalho	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 Obras com atraso	22
2.1.1 Relevância	22
2.1.2 Reflexos.....	23
2.2 Focos de atuação para reduzir o atraso.....	24
2.2.1 Planejamento de obras	24
2.2.1.1 Projeto (<i>Project</i>)	24
2.2.1.2 Gerenciamento de Projetos (<i>Project</i>)	24
2.2.1.3 Matriz de probabilidade e impacto	25
2.2.1.4 Planejamento.....	26
2.2.1.5 Microplanejamento	28
2.2.1.6 Caminho crítico	29
2.2.1.7 Aceleração de obras	29
2.2.1.8 Importância dos custos	30
2.2.1.9 Custo marginal de aceleração	30
2.2.1.10 Curvas tempo-custo total.....	32
2.2.1.11 Aceleração racional	32
2.2.2 Produtividade.....	36
2.2.2.1 Conceito	36
2.2.2.2 A importância do estudo da produtividade	37
2.2.2.3 Indicadores de produtividade.....	38
2.2.2.4 Variação da produtividade.....	41

2.2.3	Tecnologias construtivas racionalizadas	42
3	ESTUDOS DE CASO.....	46
3.1	Estudo de Caso 1: Produtividade da Alvenaria Estrutural.....	46
3.1.1	Caracterização do estudo de caso	46
3.1.2	Planejamento inicial.....	48
3.1.3	Cronograma	49
3.1.4	Atraso.....	49
3.1.5	Análise crítica do atraso	50
3.1.6	Plano de ação.....	52
3.1.6.1	Definição dos objetivos do estudo	52
3.1.6.2	Quantificação dos serviços	53
3.1.6.3	Plano de ataque	54
3.1.6.4	Detalhamento do ciclo.....	54
3.1.6.5	Logística de abastecimento de materiais.....	56
3.1.7	Resultados obtidos	59
3.1.8	Análise crítica	60
3.2	Estudo de Caso 2: Muro Pré-fabricado de Concreto	62
3.2.1	Caracterização do estudo de caso	62
3.2.2	Plano de ação.....	62
3.2.3	Resultados obtidos	65
3.2.4	Análise crítica	66
3.3	Estudo de Caso 3: Plano de Ataque para Execução de Fachada	66
3.3.1	Caracterização do estudo de caso	66
3.3.2	Atraso.....	68
3.3.3	Plano de ação.....	69
3.3.4	Análise crítica	72
4	MÉTODO PARA PLANO DE AÇÃO	74
4.1	Roteiro	74
4.1.1	Análise crítica do atraso	74
4.1.2	Estudo do caminho crítico	75

4.1.3	Levantamento de alternativas para redução do prazo	75
4.1.3.1	Estudo de produtividade	75
4.1.3.2	Tecnologias construtivas racionalizadas	76
4.1.3.3	Plano de ataque	76
4.1.4	Estudo de aceleração racional	76
4.1.5	Simulação do novo cronograma.....	77
4.1.6	Estudo de logística do canteiro	78
4.1.7	Matriz para tomada de decisão	79
4.1.8	Formalização do Plano de Ação	80
4.2	Monitoramento	80
5	ANÁLISE CRÍTICA.....	82
5.1	Alcance dos objetivos.....	82
5.2	Método proposto	82
5.3	Futuros trabalhos	83
6	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A construção civil no Brasil sofreu grande ascensão na última década, atingindo um crescimento superior a 50,0% segundo dados divulgados pelo Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais (AMORIM, 2014). Este número justifica seu importante papel econômico e social no Brasil, sendo que em 2012 o setor respondeu por 5,7% do PIB nacional e em 2011 possuía cerca de 7,8 milhões de ocupados, representando 8,4% de toda a população ocupada do país (DIEESE, 2013).

Este expressivo crescimento da construção civil nos últimos anos impactou também no aumento do consumo de materiais de construção e demanda por mão de obra. Segundo ainda os dados do Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais, o consumo de cimento no Brasil, de 1994 para 2013, teve um crescimento de 180,33%, e a taxa de desemprego do setor passou de 8,9% em 2003 para 2,5% em 2014.

Amorim (2014) aponta como justificativas para este avanço o aumento do emprego formal, maior oferta de crédito, crescimento da renda familiar, menores taxas de juros, maior concorrência entre as instituições financeiras e programas de incentivo, como o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). O reflexo foi o financiamento de 2.924 bilhões de unidades com recursos da caderneta de poupança entre 2004 e 2013.

Entretanto, devido a este aquecimento da indústria da construção civil, houve também reflexos negativos, como a falta de materiais, componentes e equipamentos, ausência de mão de obra qualificada, falhas na gestão das construtoras e incorporadoras, baixa qualidade das obras, acréscimo dos acidentes do trabalho, orçamentos excedidos e atrasos de cronogramas.

No segmento imobiliário, devido ao aumento da competição, redução das margens de lucro e a crescente exigência dos consumidores finais, as construtoras e incorporadoras precisam mitigar os problemas citados anteriormente para que haja sua perpetuação no mercado. E o atraso de obras tem sido, nos últimos anos, um dos piores problemas a serem corrigidos.

O atraso de obras é um tema recorrente no dia-a-dia da construção civil, principalmente no sub-setor de edificações. Estes atrasos, em muitos casos, ocorrem por falta de planejamento, perda de produtividade, tecnologias construtivas fortemente dependentes da mão-de-obra e deficiência na gestão da produção. Na tentativa de recuperar o prazo perdido, construtores têm abdicado das técnicas de planejamento e gestão e das boas práticas construtivas, apelando para a intuição e experiência de alguns poucos engenheiros, além do acréscimo exagerado de trabalhadores na obra, que acaba impactando em perda de produtividade ao invés do oposto (REIS, 2010).

Além disto, há o impacto na imagem da incorporadora, principalmente devido ao avanço das redes sociais, clientes insatisfeitos com o atraso de seus futuros imóveis têm disseminado pelas mesmas sua indignação e denegrido a reputação das empresas. De acordo com estudo realizado pelo escritório Tapai Advogados, as ações movidas contra as incorporadoras e construtoras na cidade de São Paulo subiram mais de 1.000% desde 2008, e a principal causa é o atraso na entrega de obras (SILVA, 2013).

Portanto, por se tratar de um assunto extremamente atual, que envolve gestão e tecnologia, e que carece de estudos específicos, houve a motivação do autor para elaboração do presente trabalho.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é propor um método para a elaboração de plano de ação para recuperação de prazo em obras de edificações com atraso de cronograma, onde haverá enfoque em planejamento, produtividade, e tecnologias construtivas.

Há também objetivos parciais, conforme descrito abaixo:

- organizar a bibliografia referente ao tema do trabalho;
- apresentar estudos de caso onde houve a implementação de planos de ação para recuperação de prazo.

1.3 Metodologia

Para a elaboração do presente trabalho e o alcance de seu objetivo, passou-se pelas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica: foi realizada pesquisa em livros, trabalhos acadêmicos, revistas técnicas, artigos e publicações em geral na internet, acerca dos principais conceitos de planejamento, produtividade, aceleração de obras, logística de canteiro e tecnologias construtivas;
- Estudo de caso: foram estudados três casos de planos de ação para recuperação de prazo em obras de edificações residenciais, com estratégias diferentes em cada um.

A Figura 1 apresenta o encadeamento das atividades que tomaram parte da elaboração deste trabalho.

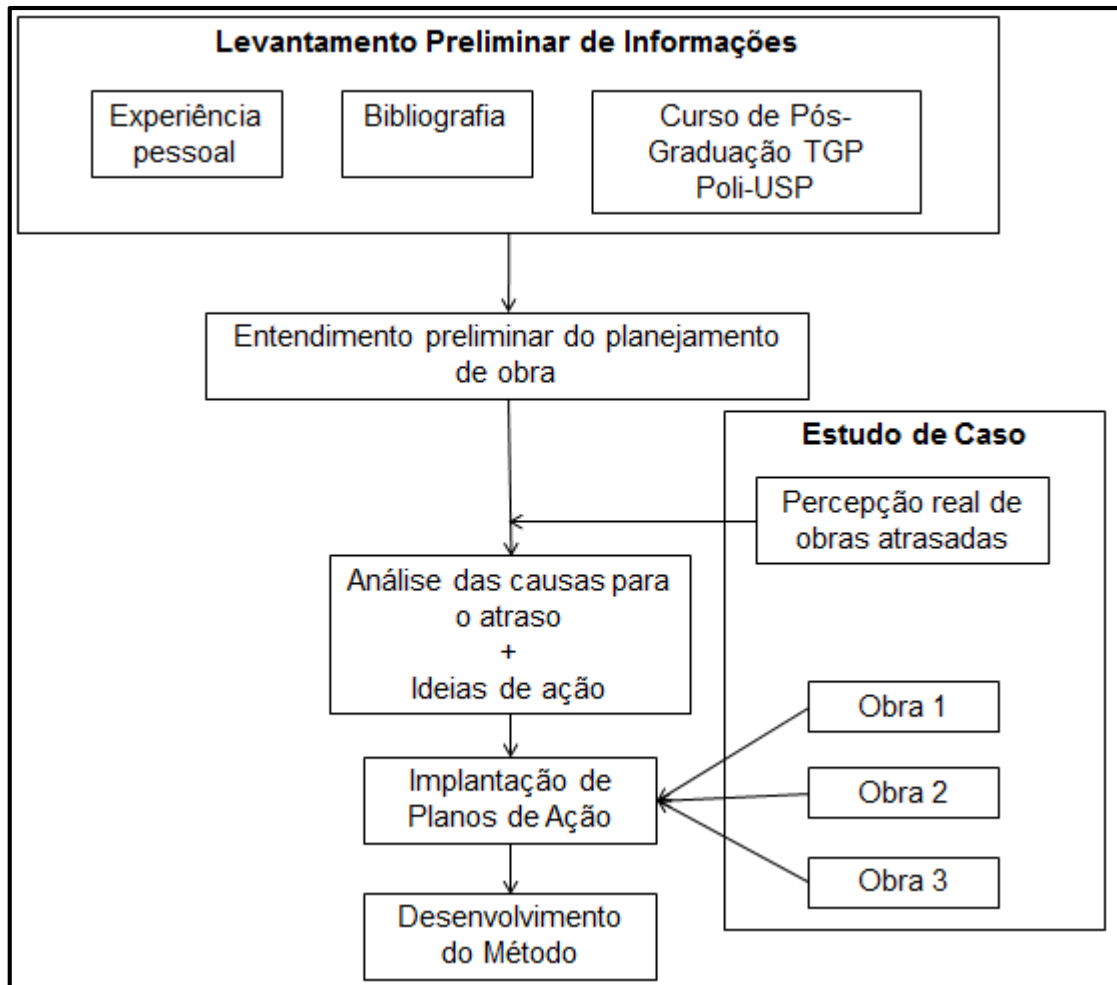


Figura 1 - Fluxograma de atividades para desenvolvimento do trabalho

1.4 Estruturação do Trabalho

O trabalho está estruturado em sete capítulos, sendo este primeiro capítulo reservado à introdução, com a justificativa, objetivos e metodologia adotada para elaboração do trabalho.

No segundo capítulo há a revisão bibliográfica, que propicia o devido embasamento para o tema.

O capítulo 3 refere-se aos estudos de caso, onde são apresentadas às obras que tiveram problemas de atraso e onde ocorreram intervenções para recuperação de prazo.

O capítulo 4 é destinado ao método proposto pelo presente autor para a elaboração de plano de ação para recuperação de prazo em obras atrasadas.

Os capítulos 5 e 6 apresentam a análise crítica e as conclusões do trabalho, respectivamente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento e entendimento do método proposto neste trabalho, onde há a abordagem do tema atraso de obras e os focos de atuação para redução de prazo, sendo este último subdividido em três vertentes: planejamento, produtividade e tecnologias construtivas racionalizadas.

2.1 Obras com atraso

2.1.1 Relevância

O atraso de entrega de obras, principalmente no segmento residencial, tem se tornado cada vez mais frequente no Brasil, gerando diversos transtornos tanto para incorporadores e construtores quanto para os clientes.

Dados de uma grande incorporadora e construtora da cidade de São Paulo apontam que aproximadamente 80% de seus empreendimentos, no período de 2004 a 2013, foram entregues com atraso em relação ao cronograma inicial.

Este elevado número de empreendimentos atrasados não é exclusividade de uma ou duas empresas e sim do mercado como um todo. Porém, é fato que este nível de atrasos foi atingido nos últimos anos devido ao altíssimo aquecimento do mercado imobiliário (SILVA, 2013).

Em entrevista mostrada na revista Construção Mercado (REIS, 2010), representantes de construtoras elegeram como um dos principais causadores de atraso de obras a desqualificação da mão de obra, que vai desde os operários até os engenheiros de obra (devido ao aquecimento do mercado, tem havido a entrada de profissionais menos experientes para assumir a gestão das obras). Outros fatores também são apontados como contribuindo para a ocorrência dos atrasos; é o caso da maior complexidade logística das obras e dos projetos menos detalhados, em virtude do prazo enxuto que os projetistas possuem atualmente.

Quando o descumprimento de prazo é iminente, algumas construtoras têm adotado estratégias emergenciais no canteiro de obras como, por exemplo, abertura de frentes de trabalho adicionais, contratação de mais de um empreiteiro para execução do mesmo serviço e aumento das jornadas de trabalho. Estas estratégias imediatistas podem causar o efeito inverso, ou seja, impactar em atrasos ainda maiores, aumento de custos e acidentes do trabalho.

2.1.2 Reflexos

Segundo Reis (2010) os reflexos do descumprimento de prazo de obras para as construtoras e incorporadoras ocorrem principalmente nos seguintes itens:

- Custos: os custos fixos aumentam com a extensão do cronograma, e a empresa passa mais tempo arcando com os juros do banco, além de postergar o recebimento de juros dos mutuários. A margem de lucro do empreendimento é reduzida;
- Fluxo de caixa: o atraso adia o repasse bancário, impactando no lucro da empresa e no fluxo de caixa, onde pode haver falta de capital de giro para outros negócios;
- Indisponibilidade de equipes: funcionários ficam alocados na obra por mais tempo do que o previsto, ocasionando problemas de equipe para novas obras;
- Credibilidade da empresa: a imagem da empresa no mercado imobiliário passa a ser denegrida em função de não honrar os prazos, impactando em riscos para as vendas futuras, principalmente com o avanço das redes sociais na internet, onde ocorre a rápida divulgação dos problemas da empresa;
- Indenizações: além da perda de clientes e rescisões com devolução integral dos valores pagos, podem ocorrer também pagamentos de indenizações por danos morais e materiais.

2.2 Focos de atuação para reduzir o atraso

2.2.1 Planejamento de obras

2.2.1.1 Projeto (*Project*)

O termo projeto é mais usado no dia-a-dia da construção civil para referenciar o conjunto de plantas, cortes e elevações das diversas disciplinas envolvidas, como instalações elétricas e hidráulicas, estrutura, fundação, arquitetura etc., ou seja, equivalente ao termo em inglês *design*. Entretanto, neste trabalho, será adotado o sentido gerencial do termo projeto.

“Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2008). Portanto, o projeto deve possuir um objetivo específico e único, com uma duração finita, onde se definam datas de início e término. O término somente ocorre quando o objetivo é atingido ou quando o objetivo é abortado, por motivos de impossibilidade de alcançá-lo ou quando o mesmo se torna desnecessário.

Cabe ressaltar que o conceito de projeto apresentado acima não pode ser aplicado para produções em massa, ou seja, para linhas de montagem ou fabricação em série.

2.2.1.2 Gerenciamento de Projetos (*Project*)

O conceito de gerenciamento de projetos que será adotado neste trabalho será o mesmo presente no PMBOK®. “O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos.”

Este guia ressalta que existem 5 grupos de processos para o gerenciamento de projetos, que são:

- Iniciação;

- Planejamento;
- Execução;
- Monitoramento e controle;
- Encerramento.

Além disto, o gerenciamento de projetos inclui a gestão de fatores relevantes como o escopo, a qualidade, prazo, orçamento, recursos e, principalmente, o risco. Estes fatores são relacionados de tal forma que no caso da alteração de algum deles, outro provavelmente será impactado. Portanto, a equipe de gerenciamento do projeto deve ser capaz de avaliar o cenário e equilibrar as demandas com o intuito de atingir o objetivo do projeto da melhor forma possível.

2.2.1.3 Matriz de probabilidade e impacto

Os riscos de um projeto podem ser priorizados conforme sua classificação utilizando uma matriz de probabilidade e impacto. Adotando combinações de probabilidade e impacto, esta matriz classifica os riscos com prioridade baixa, média ou alta, conforme Figura 2.

Probability and Impact Matrix										
Probability	Threats					Opportunities				
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09	0.05
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05

Impact (relative scale) on an objective (e.g., cost, time, scope or quality)

Each risk is rated on its probability of occurring and impact on an objective if it does occur. The organization's thresholds for low, moderate or high risks are shown in the matrix and determine whether the risk is scored as high, moderate or low for that objective.

Figura 2 – Matriz de probabilidade e impacto

Fonte: PMI (2008)

Com a adoção deste tipo de matriz, é possível classificar um risco para cada objetivo determinado (por exemplo, prazo, custo, tempo e qualidade) e criar um sistema de

ponderação para classificação do projeto. Além disto, é possível também avaliar as ameaças e oportunidades nesta mesma matriz, com base nos diferentes níveis de impacto pertinente a cada uma delas (PMI, 2008).

Utilizando estes conceitos, o autor do presente trabalho elaborou uma adaptação desta matriz para auxílio na tomada de decisões no método que será apresentado no Capítulo 4.

2.2.1.4 Planejamento

“Planejamento é algo que fazemos antes de agir, isto é, a tomada antecipada de decisões [...]. O planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que desejamos envolve um conjunto de decisões interdependentes, isto é, um sistema de decisões” (ACKOFF, 1978).

Segundo Mattos (2010), ao se elaborar um planejamento, o gestor adquire alto nível de conhecimento do projeto, implicando num processo de gestão mais eficiente. O referido autor cita os principais benefícios do planejamento de obras, como sendo:

- Conhecimento pleno da obra;
- Detecção de situações desfavoráveis;
- Agilidade nas decisões;
- Relação com o orçamento;
- Otimização da alocação de recursos;
- Referência para acompanhamento;
- Padronização;
- Referência para metas;
- Documentação e rastreabilidade;
- Criação de dados históricos;
- Profissionalismo.

De forma sucinta, o planejamento de obras segue um roteiro lógico de atividades, sendo que, ao longo de sua elaboração, utilizam-se dados dos passos anteriores

para a eles ser agregado algo, de maneira progressiva. Indicam-se, a seguir, as principais etapas de um planejamento de obras e sua descrição resumida:

- Identificação das atividades: montagem da estrutura analítica do projeto (EAP), inserindo todos os serviços que comporão o cronograma, por meio de análise detalhada dos projetos do empreendimento (fundação, estrutura, instalações etc.);
- Definição das durações: a duração de cada atividade dependerá das quantidades de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados;
- Definição da precedência: determinação da sequência lógica das atividades e suas dependências;
- Montagem do diagrama de rede: representação gráfica do fluxo das atividades e suas precedências;
- Identificação do caminho crítico: cálculo do tempo total do projeto com base no fluxo das atividades que produzem o caminho mais longo, ou seja, as atividades críticas;
- Geração do cronograma e cálculo das folgas: elaboração do cronograma do projeto em formato de gráfico de Gantt e identificação dos tempos de folga das atividades não críticas (MATTOS, 2010).

Os documentos gerados pelo planejamento que são usualmente utilizados nas obras são os cronogramas do tipo gráfico de Gantt, as linhas de balanço ou diagrama tempo-caminho, a curva S, a estrutura analítica do projeto (EAP), histograma de recursos, cronograma de contratações etc. Além disto, outros documentos também são elaborados com foco no planejamento de curto prazo, ou seja, na programação dos serviços e controle da produção, como, por exemplo, as metas semanais de produção e os relatórios de percentual de programação concluída, onde os empreiteiros são avaliados pelo cumprimento ou não das metas, e são gerados gráficos dos motivos de não atendimento da programação.

Mattos (2010) ressalta que existem três níveis no planejamento, quais sejam:

- i. Nível estratégico: alcance de longo prazo e nível de decisão na diretoria;
- ii. Nível tático: alcance de médio prazo e nível de decisão na gerência;
- iii. Nível operacional: alcance de curto prazo e nível de decisão na equipe executora.

2.2.1.5 Microplanejamento

O microplanejamento é um planejamento desenvolvido de forma microscópica e de curto prazo, estando inserido no nível operacional.

Segundo Oliveira (2006), o microplanejamento é uma ferramenta de gestão da produção composta por um conjunto de atividades de programação, controle e reprogramação. Além de permitir um maior controle da produção, o microplanejamento também propicia intervenções no projeto, no macroplanejamento, na sequência de execução e na logística do canteiro.

O controle no microplanejamento tem uma postura pró-ativa, onde por meio de uma gestão em tempo real, aplicam-se ações corretivas para correção das causas dos problemas. Formoso (2001) ressalta que o ciclo de retroalimentação deve ser rápido para que as informações cheguem adequadamente aos gestores responsáveis pelas decisões.

Oliveira (2006) detalha a atividade de programação no microplanejamento conforme a seguir:

- Quebra das macroatividades em atividades menores;
- Definição do sequenciamento destas atividades;
- Estabelecimento dos recursos demandados por elas;
- Disposição das atividades ao longo do tempo.

A referida autora ressalta ainda que, além da programação e do controle, outros pontos são importantes no processo do microplanejamento, como o envolvimento dos participantes (gerência da obra, subcontratados, equipe de campo etc.), a

antecedência certa para o seu desenvolvimento, interação do microplanejamento com outras definições (projeto, materiais, equipamentos etc.) e a sua implantação, onde deve haver a conscientização de todos os envolvidos.

2.2.1.6 Caminho crítico

O caminho crítico de um planejamento é a sequência de atividades que determinam o prazo total do projeto, ou seja, estas atividades, também chamadas de atividades críticas, não possuem folgas; portanto, o não cumprimento das mesmas na data planejada representará atraso no projeto (Mattos, 2010).

Sendo assim, o estudo do caminho crítico é de suma importância para a recuperação de prazo em um cronograma, pois são suas atividades que determinam a data final do projeto. Porém, vale ressaltar que, ao se reduzir prazo de uma atividade crítica, é possível que uma atividade que esteja em paralelo torne-se crítica.

Além disto, o gestor do projeto deve atentar-se também às atividades que não fazem parte do caminho crítico, pois, caso sua folga seja consumida, as mesmas poderão tornar-se atividades críticas e impactar diretamente no prazo do projeto.

2.2.1.7 Aceleração de obras

Ao se elaborar um planejamento, o planejador deve fazê-lo com base na duração natural das atividades, ou seja, considerando as condições mais apropriadas de execução, visando sempre à boa técnica e à quantidade ideal de equipes. Entretanto, existem casos em que há a necessidade de acelerar as atividades por conta de imposições contratuais, atrasos de cronograma ou por estratégia empresarial. Porém, a aceleração de um projeto deve ser estudada a fundo, pois tem impactos significativos no custo do projeto (MATTOS, 2010).

2.2.1.8 Importância dos custos

Segundo Mattos (2010), tempo e custo são grandezas intimamente ligadas em um projeto, pois qualquer alteração que ocorra em prazo refletirá em uma variação de custo. Portanto, ao se acelerar uma obra, ocorre um acréscimo nos custos diretos devido à mobilização de mais equipes, equipamentos, materiais, horas extras etc. Entretanto, com a redução de prazo atingida pela aceleração, ocorre também uma redução nos custos indiretos (equipe técnica, contas de consumo, manutenção de canteiro etc.).

O atraso de um projeto também impacta de outras maneiras no custo, pois ocorre maior incidência de custos indiretos, a morosidade causa ineficiência no uso dos recursos, pode haver multas contratuais devido ao atraso etc.

Portanto, os custos diretos, ou seja, aqueles associados diretamente à execução das atividades (material, mão-de-obra e equipamento), tendem a aumentar à medida que ocorre uma redução de prazo.

Já com os custos indiretos ocorre o oposto, na medida em que os mesmos tendem a diminuir com o encurtamento do prazo. Porém, os custos indiretos envolvem custos fixos que não variam com alterações no tempo (implantação de canteiro, tapume etc.), e custos variáveis que se alteram em função de modificações no prazo (equipe administrativa, equipe técnica, manutenção de canteiro etc.).

Existem ainda os custos casuais, que podem ocorrer ou não dependendo do projeto; por exemplo, uma multa por atraso ou um prêmio por antecipação.

2.2.1.9 Custo marginal de aceleração

Mattos (2010) define o custo marginal de aceleração como sendo o custo para acelerar uma atividade em 1 unidade de tempo, conforme ilustrado na Figura 3.

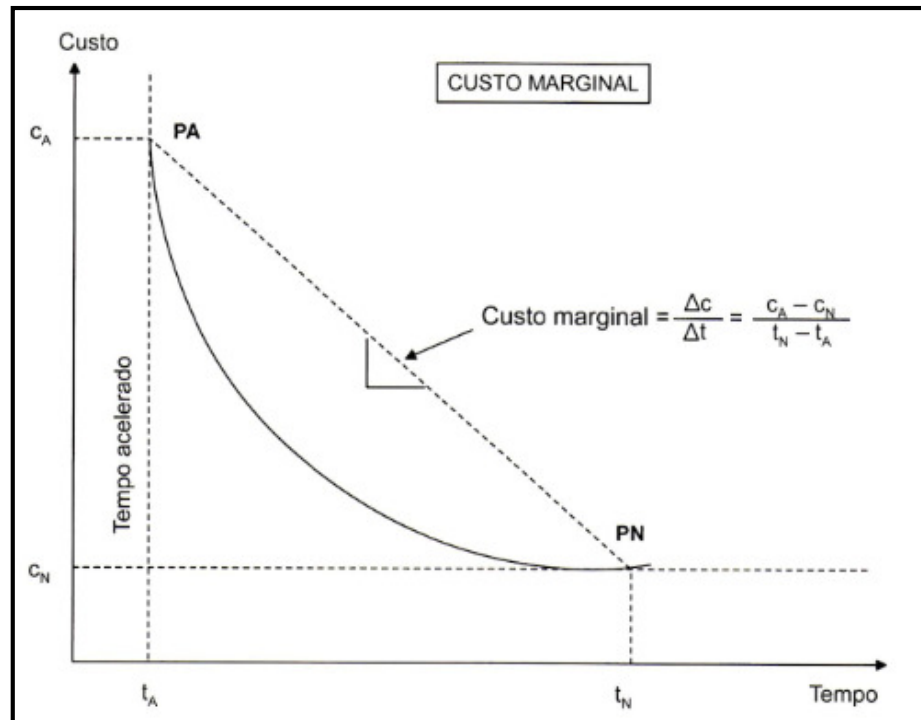


Figura 3 - Custo marginal de aceleração

Fonte: Mattos (2010).

Onde:

C_A : custo acelerado

C_N : custo normal

PN = ponto normal

PA = ponto acelerado

t_A : tempo acelerado

t_N : tempo normal

Sendo assim, é importante o conhecimento do custo marginal de cada atividade do caminho crítico do projeto, pois quanto menor o custo marginal, menos custo deverá ser despendido para acelerar a atividade. Caberá ao planejador avaliar quais atividades críticas são viáveis para uma aceleração em função de seu custo marginal.

2.2.1.10 Curvas tempo-custo total

A curva tempo-custo total apresenta as curvas dos custos diretos, indiretos e a resultante de ambos, onde existe um ponto com o menor custo no tempo. A Figura 4 ilustra esta curva.

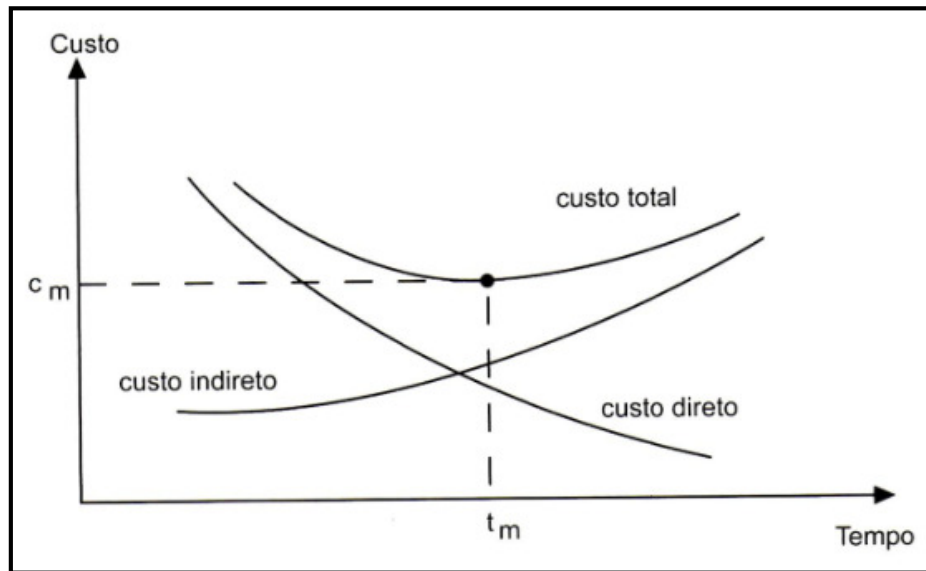


Figura 4 - Custo tempo-custo total

Fonte: Mattos (2010).

Vale ressaltar que, caso haja prêmio por antecipação ou multa por atraso do projeto, os mesmos deverão ser considerados na curva do tempo-custo total, pois irão alterar o ponto de custo mínimo.

2.2.1.11 Aceleração racional

Já é sabido que para reduzir o prazo total de um projeto não é necessário acelerar todas as atividades e sim as atividades que compõem o caminho crítico; porém é necessário avaliar quais atividades críticas devem ser aceleradas e, além disso, deve-se verificar se o caminho crítico foi alterado após redução de prazo de algumas atividades.

O método analítico chamado aceleração racional tem o intuito de avaliar a diminuição da duração total do projeto com o menor aumento de custo possível (MATTOS, 2010).

Para aplicar o método da aceleração racional deve-se seguir o roteiro abaixo:

1. Identificar o caminho crítico;
2. Verificar a atividade crítica com o menor custo marginal de aceleração;
3. Acelerar esta atividade;
4. Analisar se houve alteração no caminho crítico;
5. Repetir o processo.

Mattos (2010) propõe o exemplo caracterizado na Figura 5 para explicar o método da aceleração racional:

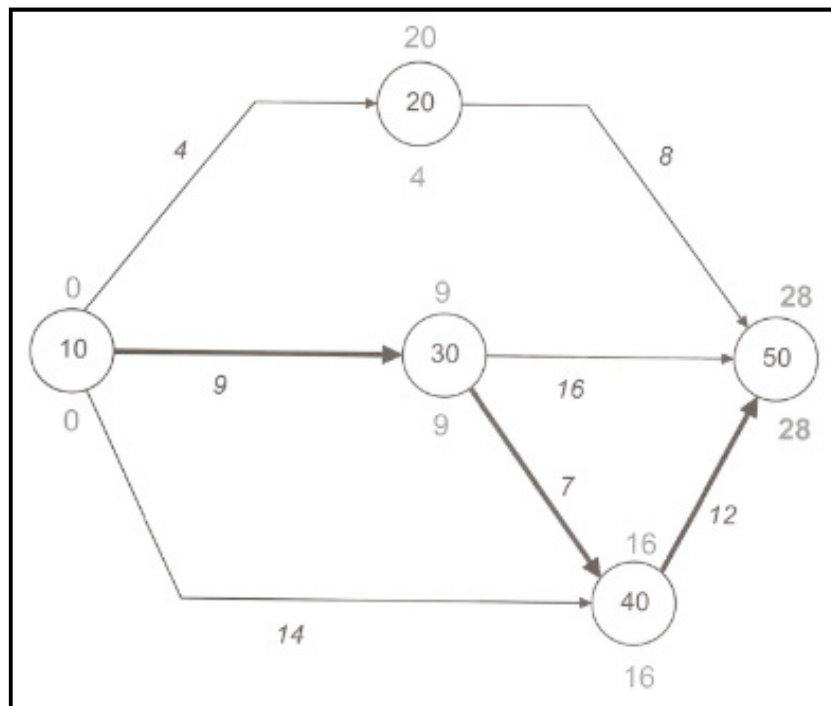


Figura 5 - Rede exemplo para aplicação da aceleração racional

Fonte: Mattos (2010).

A rede mostrada foi montada considerando as durações normais das atividades, resultando em um prazo total de 28 dias. A Tabela 1 apresenta as durações e custos de cada atividade para o cenário normal e acelerado.

Tabela 1 - Durações e custos para cenário normal e acelerado

Atividade	Duração (dias)		Custo (R\$)		Custo marginal (R\$/dia)
	Normal	Acelerado	Normal	Acelerado	
10-20	4	1	300	360	20
10-30	9	8	200	250	50
10-40	14	9	500	700	40
20-50	8	4	400	600	50
30-40	7	5	300	370	35
30-50	16	11	500	800	60
40-50	12	10	300	420	60
Total			2.500	3.500	

Fonte: Mattos (2010).

Adotar a estratégia de acelerar todas as atividades deste exemplo não seria muito sensato, pois se conseguiria reduzir o prazo total para 23 dias, porém com um aumento de custo para R\$ 3.500, ou seja, um adicional de R\$ 1.000 por 5 dias de adiantamento.

A aceleração racional visa limitar a quantidade de atividades aceleradas, concentrando-se nas atividades do caminho crítico. Portanto, neste exemplo, são as atividades 10-30, 30-40 e 40-50.

Inicia-se a aplicação do método selecionando a atividade crítica de menor custo marginal de aceleração, ou seja, a atividade 30-40. Será analisada a redução da rede para cada 1 unidade de tempo;

1) Redução de 28 para 27 dias

Caminho crítico: 10-30-40-50

Atividade selecionada: 30-40 (CM = R\$ 35 / dia)

Aceleração considerada: de 7 para 6 dias

Aumento do custo = 1 dia x CM = R\$ 35

Custo total = 2.500 + 35 = R\$ 2.535

2) Redução de 27 para 26 dias

Caminho crítico: 10-30-40-50

Atividade selecionada: 30-40 (CM = R\$ 35 / dia)

Aceleração considerada: de 6 para 5 dias

Aumento do custo = 1 dia x CM = R\$ 35

Custo total = 2.535 + 35 = R\$ 2.570

Após a 2ª etapa verificou-se que a rede passou a ter dois caminhos críticos, ou seja, 10-30-40-50 e 10-40-50.

3) Redução de 26 para 25 dias

Caminhos críticos: 10-30-40-50 e 10-40-50

Atividade selecionada: 40-50 (CM = R\$ 60 / dia)

Aceleração considerada: de 12 para 11 dias

Aumento do custo = 1 dia x CM = R\$ 60

Custo total = 2.570 + 60 = R\$ 2.630

Verifica-se que a rede passa a ter agora três caminhos críticos: 10-30-50, 10-30-40-50 e 10-40-50.

4) Redução de 25 para 24 dias

Caminhos críticos: 10-30-50, 10-30-40-50 e 10-40-50

Atividades selecionadas: 10-30 e 10-40 (CM = R\$ 50 / dia e CM = R\$ 40 / dia, respectivamente)

Aceleração considerada: atividade 10-30 de 9 para 8 dias e atividade 10-40 de 14 para 13 dias

Aumento do custo = 1 dia x CM = R\$ 90

Custo total = 2.630 + 90 = R\$ 2.720

Os três caminhos permaneceram após a redução para 24 dias.

5) Redução de 24 para 23 dias

Caminhos críticos: 10-30-50, 10-30-40-50 e 10-40-50

Atividades selecionadas: 30-50 e 40-50 (ambas com CM = R\$ 60 / dia)

Aceleração considerada: atividade 30-50 de 16 para 15 dias e atividade 40-50 de 11 para 10 dias

Aumento do custo = 1 dia x CM = R\$ 120

Custo total = 2.720 + 120 = R\$ 2.840

Após a 5ª etapa, a rede atingiu seu estágio de compressão máxima, ou seja, qualquer aceleração adicional gerará custo adicional sem redução de prazo.

A Tabela 2 apresenta o resumo das acelerações da rede:

Tabela 2 - Resumo das acelerações da rede exemplo

Etapas	Duração	Aumento de custo	Custo do projeto
Inicial	28	-	2.500
1	27	35	2.535
2	26	35	2.570
3	25	60	2.630
4	24	90	2.720
5	23	120	2.840
Total		340	

Fonte: Mattos (2010).

Conclui-se que após a realização da aceleração racional, o custo total do projeto (R\$ 2.840) foi inferior ao custo de acelerar todas as atividades (R\$ 3.500), que geraria a mesma redução de prazo.

2.2.2 Produtividade

2.2.2.1 Conceito

A produtividade, de uma forma mais genérica, é a comparação do esforço empregado com o resultado obtido. Souza (2006) define produtividade, no que se refere à produção, como sendo a eficiência ou eficácia no processo de transformação de entradas em saídas, conforme ilustrado na Figura 6.

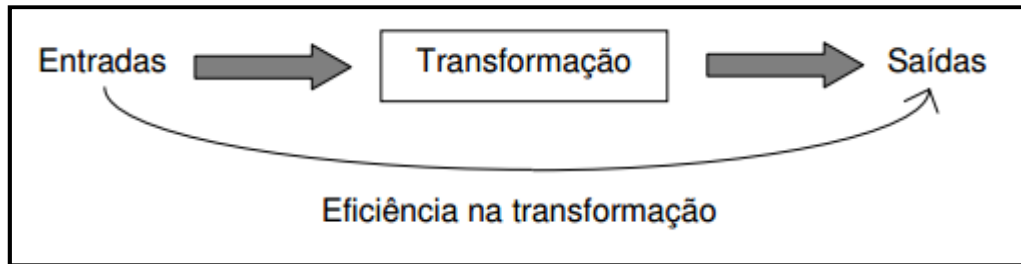


Figura 6 - Produtividade em um processo

Fonte: Souza (2006).

Na Construção Civil as entradas são de natureza física, financeira e social. Os recursos físicos são os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos, que demandam os recursos financeiros para adquiri-los; além disto, a venda do produto final, que pode ser um edifício, gera também recursos financeiros. Já no quesito social, existem os esforços da sociedade para a geração dos recursos financeiros para a viabilização do empreendimento, e, depois de concluído, o empreendimento traz benefícios à sociedade.

Neste trabalho será abordada somente a produtividade da utilização dos recursos físicos, principalmente com relação à mão-de-obra empregada na produção de edifícios.

A produtividade da mão-de-obra na Construção Civil é conceituada por Souza (2006) como sendo a eficiência, ou se possível a eficácia, na transformação dos esforços dos trabalhadores em produtos de construção, sendo eles a obra como um todo, ou as suas partes (fundações, estrutura, alvenaria, revestimentos etc.).

2.2.2.2 A importância do estudo da produtividade

Souza (2006) ressalta que o estudo da produtividade é de suma importância para se conhecer a eficiência produtiva da obra ou de determinado serviço, para se entenderem os motivos para se justificar esta grandeza e para permitir a utilização destas informações para fazer previsões para futuros serviços e/ou obras.

Ao se estudar e medir a produtividade, o gestor obtém informações que o subsidiam na tomada de decisões para a melhoria da produção, mitigação de fatores que influenciam negativamente a produtividade e na gestão mais ampla da mão-de-obra.

Além disto, com a criação de banco de dados de indicadores de produtividade e a explicação destes números, se faz com que os futuros planejamentos sejam mais assertivos.

2.2.2.3 Indicadores de produtividade

Para fazer comparações e discutir a produtividade, é necessária a padronização da linguagem sobre o assunto. Portanto, será utilizado neste trabalho o indicador adotado por Souza (2006), denominado razão unitária de produção (RUP), onde é relacionado o esforço humano, quantificado em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço a ser executada, conforme Equação 1:

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

RUP = razão unitária de produção

H = homem inserido na atividade

h = horas de trabalho disponíveis

Qs = quantidade de serviço a ser realizada

Deve-se então padronizar os seguintes aspectos para o cálculo da RUP:

- a. Mão-de-obra a ser considerada: deve ser contemplada somente a mão-de-obra que está diretamente na produção ou no apoio à produção, como, por exemplo, os oficiais, meio-oficiais e ajudantes, serventes e aprendizes. Existem 3 tipos de indicadores para diferentes abrangências da mão-de-obra:
 - RUP_{of}: avalia somente a produtividade dos oficiais;
 - RUP_{dir}: inclui a produtividade dos ajudantes diretos ao grupo de oficiais;
 - RUP_{glob}: refere-se á avaliação da produtividade global, incluindo os ajudantes de apoio.

A Figura 7 ilustra a divisão da mão-de-obra direta e de apoio.

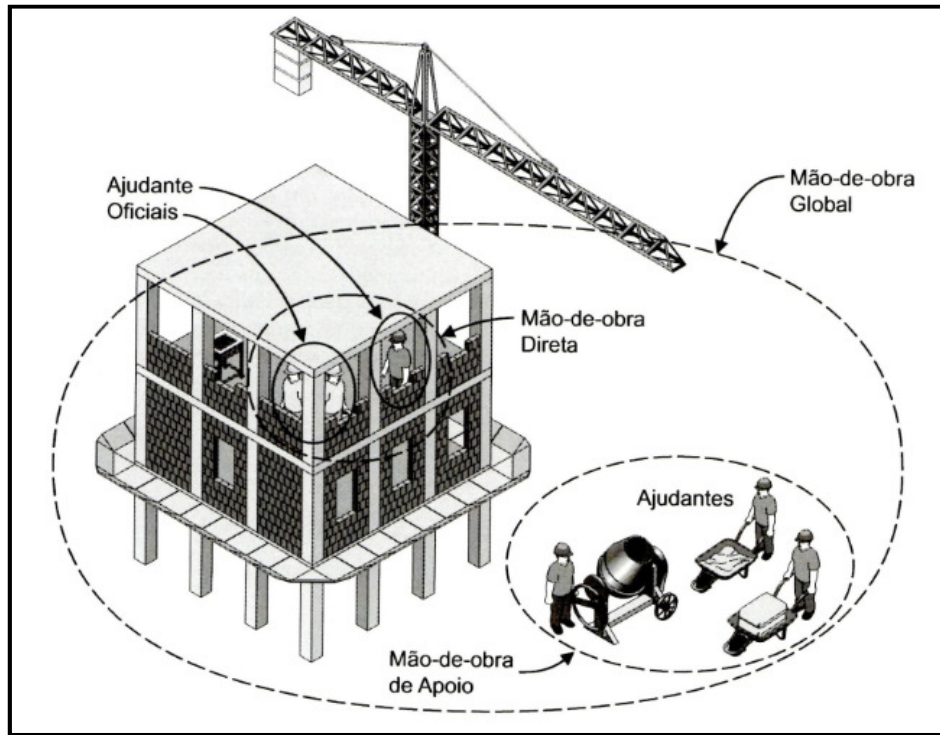


Figura 7 - Divisões da mão-de-obra

Fonte: Souza (2006).

- b. Horas de trabalho: devem ser consideradas as horas disponíveis para o trabalho, ou seja, o tempo total que o trabalhador estava na obra. Portanto, entram na conta as horas de paralisação por problemas de falta de material, falta de frente de serviço, horas improdutivas, chuva; não entram as horas prêmio recebidas pelos trabalhadores;
- c. Quantidade de serviço: o serviço deve ser considerado com a sua quantidade líquida; sendo assim, majorações adotadas para medição e pagamento não são computadas;
- d. Período de referência da RUP: a RUP pode ser calculada para diferentes períodos:
 - RUP diária (RUP_d): é calculada diariamente;
 - RUP cumulativa (RUP_{cum}): acumulam-se as quantidades executadas e os Hh utilizados até a data de avaliação;

- RUP cíclica (RUP_{cic}): calcula-se o indicador para um ciclo bem definido de alguma atividade; por exemplo, alvenaria do pavimento tipo de um edifício;
- RUP periódica (RUP_{per}): a RUP é calculada para um período determinado, por exemplo, uma semana ou uma quinzena.

Existe ainda o indicador denominado RUP potencial (RUP_{pot}), que é um valor de boa produtividade com alcance factível em função dos valores de RUP diária verificados. Calcula-se a RUP_{pot} como sendo o valor da mediana das RUP_d inferiores ao valor da RUP_{cum} ao final do período apurado.

A Tabela 3 apresenta um exemplo do cálculo das RUP diária, cumulativa e potencial, sendo a Figura 8 a representação gráfica de tais valores.

Tabela 3 - Cálculo das RUP diária, cumulativa e potencial

Dia	Quantidade de serviço diária (m ²)	Hh diário	RUP_d (Hh/m ²)	Quantidade de serviço cumulativa (m ²)	Hh cumulativo	RUP_{cum} (Hh/m ²)	RUP_{pot} (Hh/m ²)
1	100	80	0,80	100	80	0,80	0,67
2	80	80	1,00	180	160	0,89	
3	120	80	0,67	300	240	0,80	
4	60	64	1,07	360	304	0,84	
5	70	72	1,03	430	376	0,87	
6	150	88	0,59	580	464	0,80	
7	120	88	0,73	700	552	0,79	
8	100	64	0,64	800	616	0,77	
9	70	72	1,03	870	688	0,79	
10	80	80	1,00	950	768	0,81	

Fonte: Souza (2006).

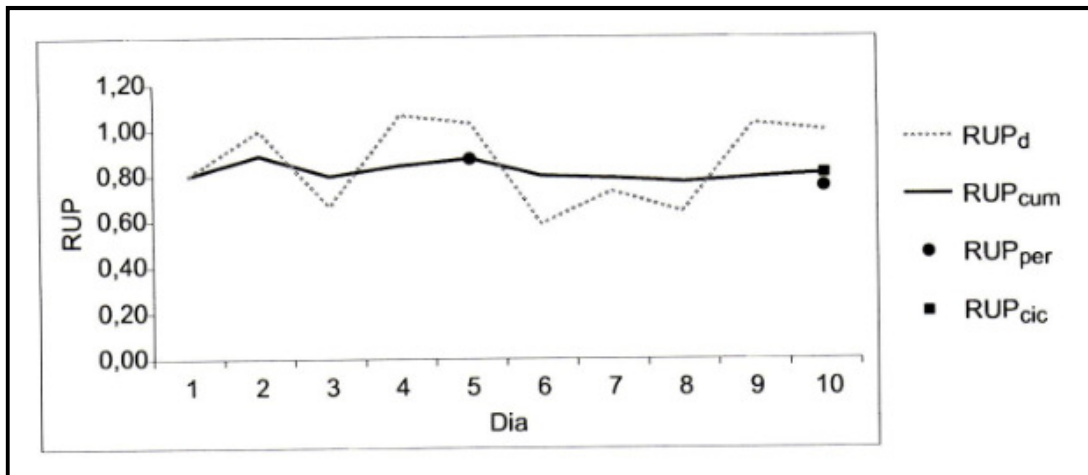


Figura 8 - Visualização gráfica das diferentes RUP

Fonte: Souza (2006).

2.2.2.4 Variação da produtividade

Os indicadores de produtividade da mão-de-obra na Construção Civil não são uniformes; ocorrem variações para mesmos serviços com faixas de amplitude significativas. Cabe ao gestor ter o conhecimento destas faixas de variação e suas justificativas, para que se possam tomar decisões confiáveis.

Segundo Souza (2006), existe basicamente três grupos de fatores que influenciam a produtividade, conforme abaixo:

- **Conteúdo:** são fatores referentes às características do produto a ser executado e aos recursos transformados (exemplo: fachada com muitos recortes ou com panos “cegos”);
- **Contexto:** estão ligados ao processo construtivo, aos recursos de transformações e às condições de contorno (exemplo: aplicação manual ou uso de equipamentos);
- **Anormalidades:** são eventos atípicos que geram divergências quanto às características do conteúdo e do contexto (exemplo: chuva, greve, quebra de equipamento).

Portanto, como a produtividade da mão-de-obra sofre variações significativas, inclusive numa mesma obra, é de suma importância o estudo dos fatores que a

influenciam, tanto para o controle das atividades em andamento, como para o prognóstico de serviços e obras a serem executados.

2.2.3 Tecnologias construtivas racionalizadas

Antes de descrever o que são as tecnologias construtivas racionalizadas, serão apresentados conceitos dos termos tecnologia construtiva e racionalização construtiva, os quais serão adotados no presente trabalho.

Sabbatini (1989) estabelece em sua tese que “tecnologia construtiva é um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos, pertinentes a um modo específico de se construir um edifício (ou uma sua parte) e empregado na criação, produção e difusão deste modo de construir”.

Será adotada também, para o presente trabalho, a conceituação de racionalização construtiva proposta por Sabbatini (1989), conforme a seguir:

“Racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.”

A partir destes conceitos estabelecidos por Sabbatini (1989), Barros (1996) propõe o seguinte conceito para as tecnologias construtivas racionalizadas, que também será o adotado neste trabalho:

“um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos, empregados na criação, produção e difusão de um modo específico de se construir um edifício ou uma sua parte, orientado pela otimização do emprego dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros envolvidos em todas as fases da construção”.

O objetivo da utilização de tecnologias construtivas racionalizadas é trazer à construção civil um incremento de produtividade, otimização de recursos e melhora

na qualidade, o que gera consequências em custo e prazo para as obras. Isto ocorre pois atualmente ainda existe forte dependência de tecnologias construtivas tradicionais, ou seja, tecnologias desenvolvidas de forma empírica, fortemente dependentes da mão de obra e que possuem baixos níveis de produtividade e qualidade.

Para que haja uma correta implantação das tecnologias construtivas racionalizadas nos canteiros de obra, é de suma importância a utilização de uma metodologia específica, que proporcionará maiores possibilidades de retorno em custo, prazo e qualidade. Barros (1996) propõe em sua tese uma metodologia para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas.

As Figuras 9 a 13 apresentam exemplos de tecnologias construtivas racionalizadas que já trouxeram benefícios em custo, prazo e qualidade para os canteiros de obra.



Figura 9 - Revestimento decorativo monocamada

Fonte: Quartzolit



Figura 10 - Pré-laje de concreto
Fonte: M3SP



Figura 11 - Kit porta pronta
Fonte: Jorsil



Figura 12 - Placas pré-fabricadas de concreto para cortina de contenção
Fonte: M3SP



Figura 13 - Contrapiso autonivelante
Fonte: Técnica, 2012

3 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo são apresentados os estudos de caso feitos o longo do trabalho. Por motivos de confidencialidade, não são divulgados os nomes das Construtoras e empreendimentos apresentados.

3.1 Estudo de Caso 1: Produtividade da Alvenaria Estrutural

3.1.1 Caracterização do estudo de caso

O empreendimento A, da Construtora XYZ, está localizado na cidade de São Paulo. Possui 5.454,70 m² de terreno e 15.290,92 m² de área construída. É um empreendimento de padrão econômico, com 180 unidades autônomas de 49 m², 55 m² e 66m², distribuídas em 2 torres de 11 pavimentos tipo cada, sendo que cada pavimento tipo possui 8 apartamentos e, no térreo da Torre 2, existem mais 4 unidades habitacionais. A Figura 14 e a Figura 15 apresentam, respectivamente, as perspectivas da implantação e da fachada do empreendimento.



Figura 14 - Implantação do Empreendimento A



Figura 15 - Fachada de uma torre do Empreendimento A

Os métodos construtivos para os principais subsistemas da obra são apresentados abaixo:

- Fundações profundas: estacas moldadas *in loco* do tipo hélice contínua;
- Super-estrutura: 2º subsolo ao térreo em estrutura reticulada de concreto armado moldada *in loco*; a partir do 1º pavimento, estrutura de alvenaria estrutural em blocos de concreto com lajes maciças de concreto moldadas *in loco* com acabamento do tipo zero e, portanto, sem a execução de contrapiso;
- Contenções: cortinas de placas pré-fabricadas de concreto armado entre perfis metálicos;
- Vedações verticais internas: alvenaria de vedação em blocos de concreto e paredes de gesso acartonado para *box* de banheiro e parede hidráulica da área de serviço;
- Impermeabilizações: nos pavimentos tipo somente há impermeabilização no *box* do banheiro e “bocas” de ralo fora do *box*, área de serviço e terraço;
- Revestimento interno: gesso liso, forro falso de gesso e revestimento cerâmico;

- Revestimento de fachada: emboço e textura acrílica rolada;
- Sistemas prediais de água fria e quente: distribuição de ramais e sub-ramais em sistema PEX, com utilização de kit's pré montados para instalação em paredes de gesso acartonado;
- Sistema de aquecimento solar: instalação somente da infra-estrutura, ou seja, tubulações secas.

3.1.2 Planejamento inicial

O planejamento inicial, ou *baseline*, foi elaborado alguns meses antes do início da obra, por meio de estudos dos projetos de todos os subsistemas (fundações, estrutura, instalações prediais etc.), onde foram identificadas todas as atividades que comporiam este planejamento. A partir daí, foram definidas as durações de cada atividade com base em indicadores de produtividade e dados históricos da empresa e do mercado. Após esta etapa, estabeleceram-se as precedências de cada atividade.

A estrutura analítica do projeto (EAP) foi elaborada conforme o orçamento executivo da obra, sendo a partir dela criado o diagrama de rede, obtendo-se então o caminho crítico da obra, onde foi constatado que o mesmo seria composto pelos serviços internos das torres.

O passo final deste roteiro de elaboração do planejamento inicial foi a geração dos documentos indicados a seguir:

- Cronograma em gráfico de Gantt;
- Cronograma em linhas de balanço;
- Curva de desenvolvimento físico financeiro;
- Planilha da estrutura analítica do projeto;
- Histograma de mão-de-obra;
- Cronograma de contratações.

3.1.3 Cronograma

A obra foi planejada para uma duração de 19 meses, com início em julho/2012 e término em janeiro/2014, conforme cronograma macro apresentado na Figura 16 e curva de desenvolvimento físico/ecomômico apresentada na Figura 17.

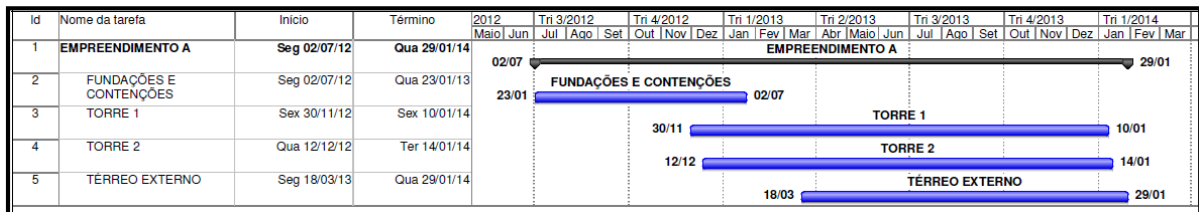


Figura 16 – Cronograma físico macro

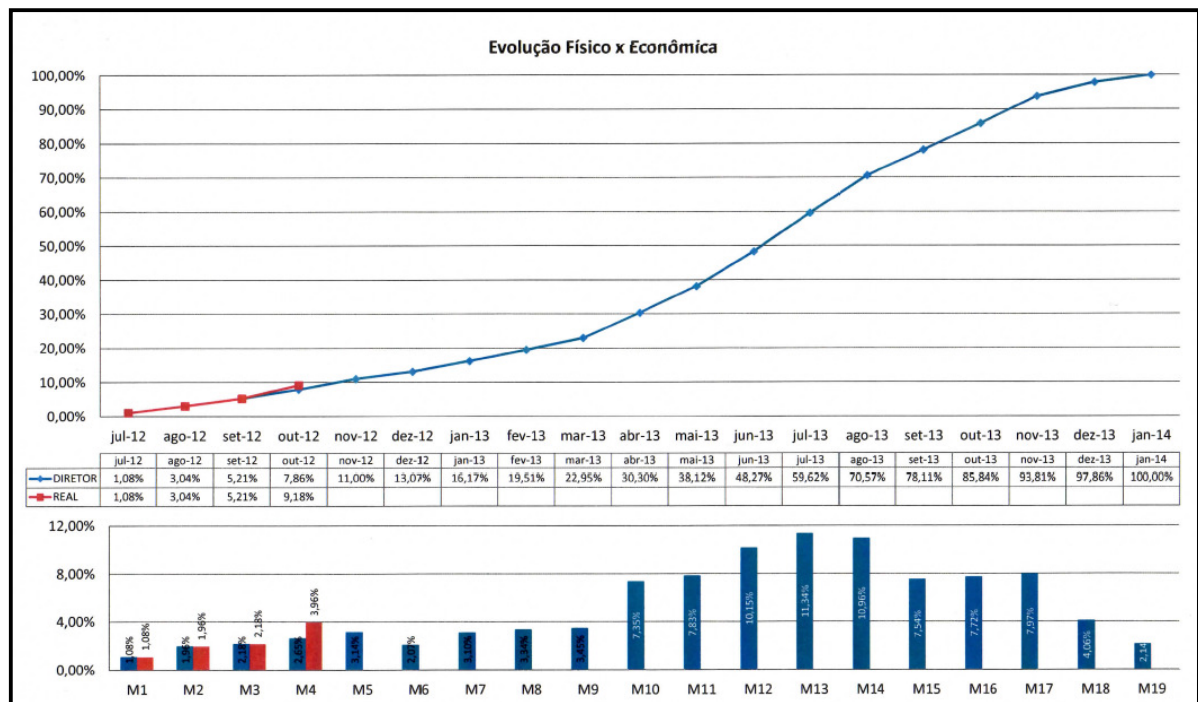


Figura 17 - Curva de desenvolvimento físico/financeiro

3.1.4 Atraso

O atraso verificado da obra do empreendimento A ocorreu por conta de atraso no cronograma de ambas as Torres.

Para a Torre 1, o desvio de cronograma se iniciou na fase de fundação, pois, logo após o término da execução das estacas hélice contínua, houve demora no início das atividades de escavação, arrasamento de estacas e execução dos blocos de

coroamento. Este atraso dos blocos de coroamento implicou conseqüentemente no atraso de 75 dias corridos na atividade de estrutura, sua sucessora.

Pelo cronograma da obra, as execuções das três primeiras lajes da Torre 1, pertencentes ao caminho crítico, foram planejadas para serem finalizadas nas datas abaixo:

- 1º subsolo: 20/12/12
- Térreo: 11/01/13
- 1º pavimento: 29/01/13

Entretanto, as finalizações das execuções destas lajes ocorreram nos dias 02/03/13, 24/04/13, 15/05/13, respectivamente.

Como as atividades de blocos de coroamento e estrutura fazem parte do caminho crítico da obra, ao término da concretagem da laje do 1º pavimento da Torre 1, a mesma apresentava um atraso de 106 dias corridos.

Para a Torre 2, houve também atraso no início da execução dos blocos de coroamento, que, pelo cronograma, deveria ter iniciado logo após sua antecessora, a execução das estacas hélice contínua.

A 1ª laje de concreto da Torre 2, que é o 1º pavimento, estava planejada no *baseline* para ser finalizada no dia 09/01/13; porém, também teve sua execução mais longa e foi concretada somente no dia 18/05/13. Conseqüentemente, gerou atraso no cronograma da Torre 2 de 129 dias corridos.

3.1.5 Análise crítica do atraso

O principal causador do atraso do cronograma da obra do empreendimento A foi a demora no início da execução dos blocos de coroamento das estacas, em aproximadamente 75 dias corridos. Este atraso no início desta atividade do caminho crítico postergou todas as datas das atividades sucessoras.

As causas para este hiato no início dos blocos de coroamento foram o atraso na contratação do empreiteiro responsável pelo serviço e falha na estratégia da equipe de obra para a escavação, que é a atividade antecessora dos blocos de coroamento.

Outros fatores que aumentaram ainda mais os desvios de cronograma foram a baixa produtividade na execução dos blocos de coroamento e da estrutura de concreto armado até a laje de transição para a alvenaria estrutural.

No caso dos blocos de coroamento, a escavação realizada dificultou o acesso e trabalho dos operários; além disto, esta atividade foi realizada em período chuvoso, o que ocasionou instabilidade do solo, piorando ainda mais a produtividade. Além disto, a equipe de operários disponibilizada pelo empreiteiro não possuía experiência nesta fase de obra.

O projeto da Torre 2 foi concebido para a laje de transição, 1º pavimento, possuir uma estrutura mista, ou seja, um trecho em alvenaria estrutural e outro em estrutura reticulada de concreto com vigas e pilares, além da laje maciça de concreto. Esta torre nasce na cota do pavimento térreo; portanto, a alvenaria estrutural se inicia apoiada nos blocos de coroamento e vigas baldrame. Isto contribuiu ainda mais para a baixa produtividade nestas atividades, pois a mescla de dois sistemas estruturais diferentes, no mesmo pavimento, e a elevação de alvenaria na fundação, exigem cuidados especiais e demandam mais tempo do que foi previsto em cronograma.

Já para a estrutura reticulada de concreto armado do 1º subsolo, térreo e 1º pavimento, da Torre 1, houve uma subestimação do prazo de execução, pois as lajes possuíam muitos recortes e foram necessárias reformas nas formas de cada pavimento; além disto, o 1º pavimento, por ser a transição entre a estrutura reticulada de concreto e a alvenaria estrutural, apresenta vigas de grandes seções, demandando carga de trabalho não prevista.

3.1.6 Plano de ação

Para recuperação do atraso de cronograma apontado no item 3.1.5, a Engenharia da obra elaborou um estudo de produtividade para diminuição de prazo no ciclo da alvenaria estrutural, que é a principal atividade do caminho crítico do cronograma.

A atividade de alvenaria estrutural com lajes maciças de concreto *moldado in loco*, foi planejada no *baseline* para os seguintes ciclos de duração abaixo:

- 2º pavimento: 16 dias úteis
- 3º pavimento: 14 dias úteis
- 4º pavimento: 12 dias úteis
- 5º pavimento: 10 dias úteis
- 6º pavimento: 10 dias úteis
- 7º pavimento: 8 dias úteis
- 8º pavimento: 8 dias úteis
- 9º pavimento: 8 dias úteis
- 10º pavimento: 8 dias úteis
- 11º pavimento: 8 dias úteis

Os próximos itens irão detalhar os passos adotados neste estudo.

3.1.6.1 Definição dos objetivos do estudo

- Reduzir o ciclo da alvenaria estrutural para 5 dias úteis por pavimento;
- Definir os indicadores de produtividade necessários para o cumprimento das metas do novo ciclo;
- Verificar as condições necessárias para se atingir a produtividade desejada, visando a gestão dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos;
- Entender e mitigar os fatores que acarretam na perda de produtividade;

- Detalhar o ciclo da alvenaria estrutural com metas diárias para o alcance do prazo almejado.

3.1.6.2 Quantificação dos serviços

Para calcular o a produtividade almejada, fez-se necessária primordialmente a quantificação dos serviços a serem executados para atividade de alvenaria estrutural. Logicamente, alguns serviços de menor representatividade, e/ou que caminham em paralelo aos serviços principais, não foram detalhados no estudo de produtividade.

As quantidades de serviço foram separadas em duas tabelas, sendo uma para a alvenaria estrutural e outra para as lajes maciças de concreto moldado *in loco*, conforme mostrado nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Quantidade de serviços da alvenaria estrutural do pavimento tipo

Serviço	Unidade	Quantidade
Marcação da 1ª fiada	m	288
Elevação da alvenaria	m ²	655
Grauteamento	m ³	20
Armação	Kg	840

Tabela 5 - Quantidade de serviços das lajes de concreto do pavimento tipo

Serviço	Unidade	Quantidade
Fôrma/Escoramento	m ²	476
Armação	Kg	3.445
Lançamento de concreto	m ³	57

Vale ressaltar que a escada do pavimento está inclusa nas quantidades da Tabela 5 e também foi executada em concreto armado moldado *in loco*.

3.1.6.3 Plano de ataque

Foi necessária a definição de um Plano de Ataque o mais racional possível para a otimização de prazo e recursos. Em primeiro lugar foi decidido trabalhar com as mesmas equipes para as duas torres do empreendimento, de maneira a haver uma alternância entre equipes de alvenaria estrutural (pedreiros e ajudantes) e das lajes de concreto (carpinteiros e armadores).

O pavimento também foi dividido em dois trechos, conforme croqui da Figura 18, para racionalizar a execução dos serviços com alternância de serviços. Por exemplo, conforme a equipe de pedreiros finalizar a elevação da alvenaria até 5ª fiada no Trecho A e iniciar a elevação do Trecho B, a equipe de ajudantes já poderá iniciar o grauteamento do Trecho A.

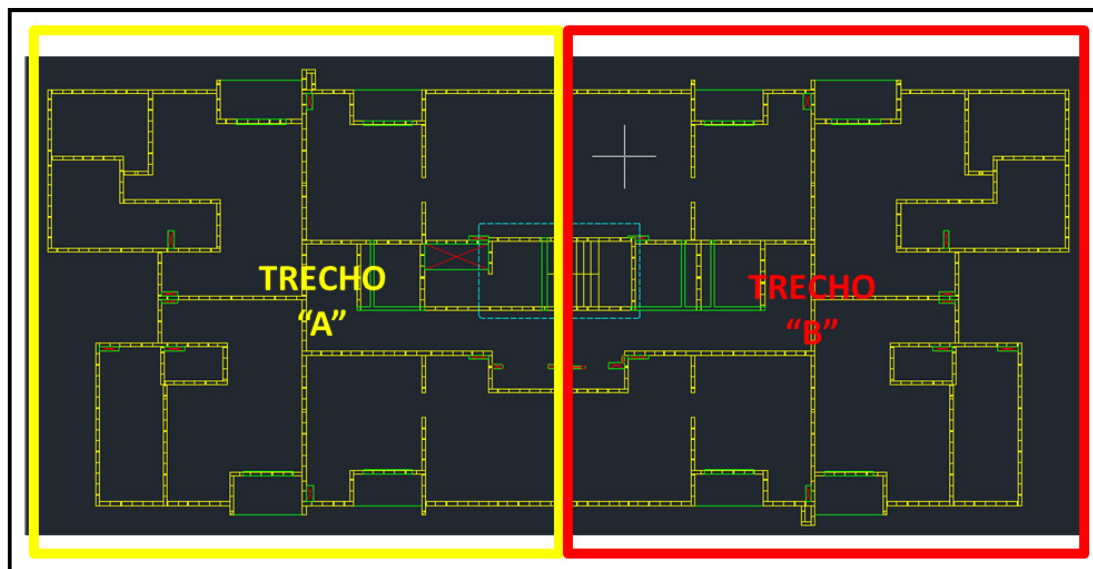


Figura 18 - Divisão do pavimento tipo para plano de ataque

3.1.6.4 Detalhamento do ciclo

A partir da quantificação dos serviços a serem executados e da definição da estratégia de ataque das equipes, procedeu-se ao detalhamento do ciclo diário e do cálculo dos indicadores de produtividade necessários com base na quantidade possível de oficiais e ajudantes a serem disponibilizados nas frentes de trabalho.

Inicialmente utilizaram-se os indicadores de produtividade do banco de dados da Construtora XYZ; porém, a alvenaria estrutural não é um processo construtivo muito utilizado por esta Construtora. Foi verificado então que, com estes indicadores, a quantidade de operários das equipes não seria suficiente para atender a meta de obter um ciclo de 5 dias úteis por pavimento.

Foi necessário então o cálculo dos indicadores de produtividade ótimos e respectiva quantidade de operários para o atingimento da meta de 5 dias, conforme Tabela 6. A quantidade de mão de obra calculada foi baseada na máxima ocupação possível do espaço físico de trabalho sem impactar em interferências na produção.

Tabela 6 - Ciclo detalhado do pavimento tipo

Dia	Horário		Trecho	Serviço	Unidade	Quantidade de Serviço (Qs)	Oficiais	Horas Disponíveis	Hh	RUP _{meta} (Hh/Qs)
	Início	Término								
1º	8:30	12:00	A + B	Marcação 1ª fiada	m	288	9	3,5	32	0,11
	13:00	17:00	A	Elevação alvenaria até 5ª fiada	m²	115	9	4	36	0,31
	16:00	17:00	A	Grauteamento (70% trecho A)	m³	2,5	9	1	9	3,60
2º	7:00	12:00	B	Elevação alvenaria até 5ª fiada	m²	115	9	5	45	0,39
	13:00	17:00	A + B	Grauteamento (30% trecho A + 100% trecho B)	m³	4,5	9	4	36	8,00
	13:00	17:00	A	Elevação alvenaria até respaldo (70% do trecho A)	m²	149	9	4	36	0,24
3º	7:00	12:00	A + B	Elevação alvenaria até respaldo (30% trecho A + 50% trecho B)	m²	170	9	5	45	0,26
	7:00	12:00	A	Montagem escoramento + forma (70% do trecho A)	m²	166	5	5	25	0,15
	13:00	16:00	B	Elevação alvenaria até respaldo (50% trecho B)	m²	106	9	3	27	0,25
	13:00	17:00	A + B	Grauteamento fiada de respaldo	m³	13	9	4	36	2,77
	13:00	17:00	A + B	Montagem escoramento + forma (30% trecho A + 30% trecho B)	m²	143	5	4	20	0,14
4º	7:00	12:00	B	Montagem escoramento + forma (70% trecho B)	m²	167	5	5	25	0,15
	7:00	12:00	A	Armação das lajes (70% trecho A)	kg	1206	4	5	20	0,02
	13:00	17:00	A + B	Armação das lajes (30% trecho A + 30% trecho B)	kg	1033	4	4	16	0,02
5º	7:00	12:00	B	Armação das lajes (70% trecho B)	kg	1206	4	5	20	0,02
	13:00	17:00	A + B	Concretagem	m³	57	-	-	-	-

3.1.6.5 Logística de abastecimento de materiais

Após o detalhamento do ciclo do pavimento tipo, partiu-se para o estudo de abastecimento de materiais. Para isto, foi necessária a elaboração de projeto de canteiro, conforme Figura 19, para alocação das áreas de estoque de materiais e posicionamento do equipamento de transporte vertical, que, neste caso, é uma grua

de torre fixa com lança de 30,00 m para atendimento às duas torres, conforme raio de alcance da lança.

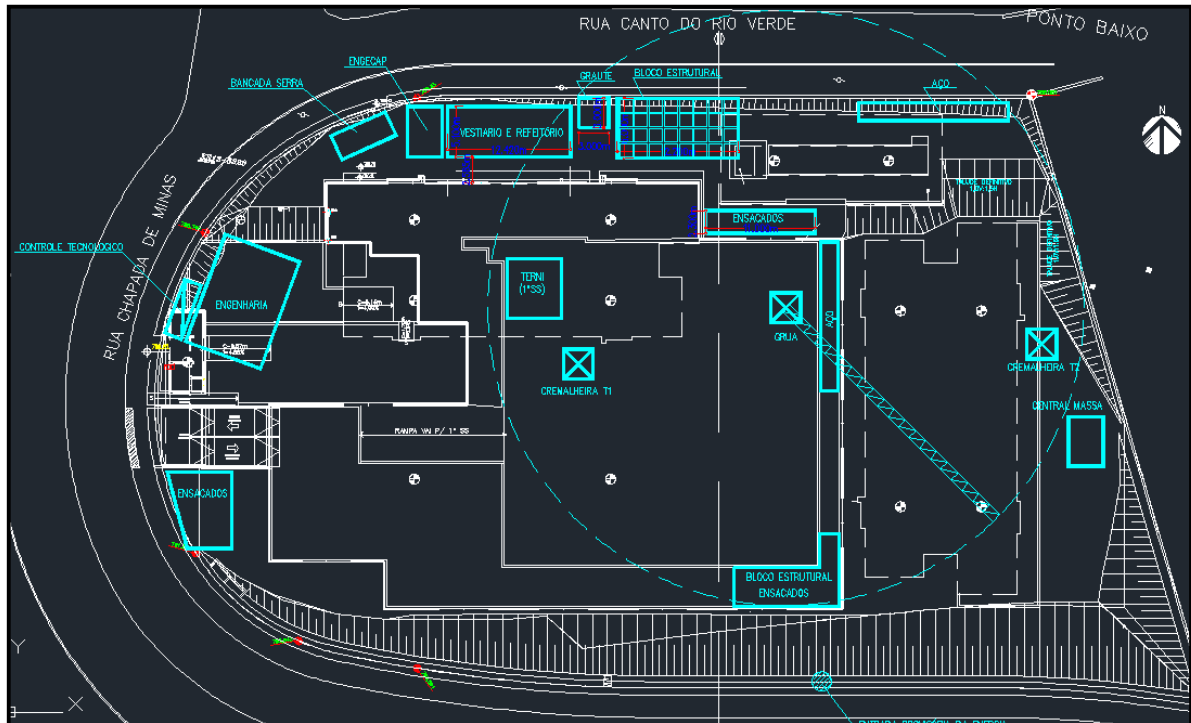


Figura 19 - Projeto de canteiro

A partir do detalhamento diário do ciclo do pavimento, foi calculada a quantidade de material necessária para cada dia do ciclo, conforme Tabelas 7 a 9.

Tabela 7 - Quantidade de materiais 1º dia

Material	Unidade	Quantidade
Bloco 39	pálete	13
Bloco 19	pálete	1
Bloco 34	pálete	4
Bloco 54	pálete	1
Bloco 4	pálete	1
Bloco 9	pálete	1
Bloco canaleta 39	pálete	4
Bloco canaleta 34	pálete	1
Graute	m³	2,5
Argamassa de assentamento	pálete	4

Tabela 8 - Quantidade de materiais 2º dia

Material	Unidade	Quantidade
Bloco 39	pálete	18
Bloco 19	pálete	2
Bloco 34	pálete	5
Bloco 54	pálete	2
Bloco 4	pálete	1
Bloco 9	pálete	1
Bloco canaleta 39	pálete	5
Bloco canaleta 34	pálete	2
Graute	m³	4,5
Argamassa de assentamento	pálete	6

Tabela 9 - Quantidade de materiais 3º dia

Material	Unidade	Quantidade
Bloco 39	pálete	19
Bloco 19	pálete	1
Bloco 34	pálete	6
Bloco 54	pálete	2
Bloco 4	pálete	1
Bloco 9	pálete	1
Bloco canaleta 39	pálete	5
Bloco canaleta 34	pálete	1
Graute	m³	13
Argamassa de assentamento	pálete	6

Com base nas tabelas mostradas calcula-se a quantidade de ciclos de viagens da grua para o transporte do material em estoque para o pavimento. No caso do graute, será utilizada a caçamba da grua de 0,7 m³ para o transporte do mesmo até o local de execução. Portanto, indica-se a seguir a quantidade de viagens de grua para cada dia do ciclo da alvenaria estrutural. Não foram calculadas as quantidades de material do 4º e 5º dia, pois nestes dias estarão sendo executados os serviços referentes às lajes maciças de concreto, que não são tão significativos para demanda da grua.

- 1º dia: 34 viagens de grua;
- 2º dia: 49 viagens de grua;
- 3º dia: 61 viagens de grua.

A partir da quantificação de viagens de grua por dia do ciclo, elaborou-se um cálculo da produtividade da grua para verificar o atendimento ou não das demandas diárias de transporte de material para o pavimento em execução. A Tabela 10 apresenta o ciclo de movimentos da grua com seus respectivos tempos para atendimento ao pior caso, que é a laje do 11º pavimento (último tipo).

Tabela 10 - Produtividade da grua

Atividade	Tempo (min)	Produtividade
Amarração da carga	2,0	10 viagens / hora
Subida	1,5	
Descarga no pavimento	1,0	
Retorno ao estoque	1,5	

Portanto, com base no cálculo de tempo de viagem da grua, pode-se constatar que é possível o atendimento à demanda por transporte de materiais em cada dia do ciclo da alvenaria estrutural.

3.1.7 Resultados obtidos

Após o término da estrutura dos pavimentos tipo das duas torres do empreendimento A, foram verificados resultados satisfatórios quanto à redução de prazo previsto no *Baseline* da obra, devido à eficácia do estudo de produtividade implantado.

A meta de 5 dias por ciclo foi alcançada somente uma vez; porém, mostrou-se um prazo desfavorável, pois com este ciclo a concretagem das lajes ocorria no final do 5º dia, ocasionando um tempo de endurecimento do concreto insuficiente para início das atividades de alvenaria estrutural na manhã do dia subsequente. Portanto, pode-se analisar que o melhor prazo para o ciclo seria de 6 dias, com a concretagem das lajes ocorrendo na manhã do 6º dia.

Mesmo assim, por conta da curva de aprendizado das equipes, chuvas, falta de materiais, paralisação de grua, falhas de abastecimento da usina de concreto etc., na média foi conseguido alcançar um ciclo de 8 dias por pavimento, ou seja, menor

do que a média do *Baseline* que foi planejado em 10 dias por pavimento. Conseguiu-se uma redução de aproximadamente 20 dias úteis no cronograma da atividade de estrutura dos pavimentos tipo de ambas as torres do Empreendimento A.

3.1.8 Análise crítica

Feita uma análise deste estudo de caso 1, verificaram-se fatores importantes que impactaram positivamente no atingimento das produtividades almejadas e respectiva redução de prazo, conforme indicado a seguir:

- Grauteamento da última fiada após o lançamento das formas de laje;
- Utilização de verga pré-moldada;
- Subida da forma pelo lado externo;
- Substituição do graute ensacado pelo usinado;
- Adequado abastecimento e distribuição dos materiais na laje, evitando ao máximo interferir na produção;
- Motivação das equipes.

Houve também fatores que influenciaram negativamente a produtividade das equipes, quais sejam:

- Preenchimento de argamassa no septo transversal do bloco;
- Assentamento do bloco nos pontos de graute armado, pois o mesmo deve ser posicionado erguendo-o a certa altura para encaixá-lo no vergalhão de aço;
- Ocorrência de chuvas;
- Pequena parede com ressalto para fora da projeção da laje (Figuras 20 e 21) impactou em montagem de andaime em balanço para elevação da alvenaria, ou seja, uma situação com impactos em produtividade e segurança.

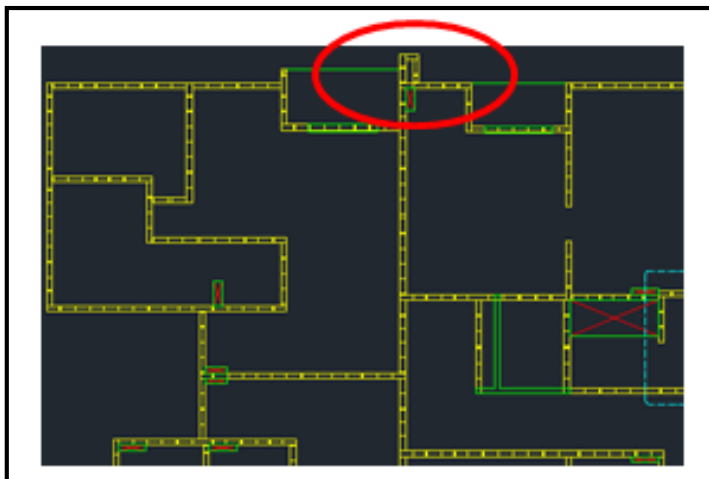


Figura 20 - Projeto com pequena parede fora da projeção da laje



Figura 21 - Foto da parede com ressalto na fachada

O estudo de produtividade se mostrou eficaz e estimulou sua aplicação para outros serviços. Além disto, a conscientização e envolvimento da equipe foram fundamentais para o cumprimento das metas.

3.2 Estudo de Caso 2: Muro Pré-fabricado de Concreto

3.2.1 Caracterização do estudo de caso

O estudo de caso 2 também se refere ao Empreendimento A da Construtora XYZ apresentado no item 3.1. Devido à obra ter problemas de prazo, constatou-se, na fase final do cronograma, ou seja, após término da execução da fachada, que as atividades do muro externo se tornaram parte do caminho crítico para a entrega do Empreendimento.

Isto ocorreu por conta de alguns problemas e dificuldades encontrados na execução do muro, como, por exemplo, a fundação do muro a ser executada em uma das laterais do terreno com declividade acentuada.

3.2.2 Plano de ação

Por conta desta atividade muro demasiadamente longa de ser executada na fase final do Empreendimento, que já estava com atraso de cronograma, a Engenharia da obra teve como Plano de Ação a substituição do método construtivo dos muros externos por uma alternativa em tecnologia construtiva racionalizada.

O projeto executivo do muro especificava sua execução da seguinte forma:

- Fundação em estacas do tipo Strauss;
- Baldrame em concreto armado;
- Alvenaria de blocos de concreto com pilaretes e cintas de amarração;
- Revestimento argamassado;
- Textura acrílica rolada;
- Rufos metálicos.

Esta solução construtiva, como já foi dito anteriormente, impacta em prazo longo de execução e que depende de diversos empreiteiros diferentes. Portanto, foi adotada a

substituição deste método construtivo pela utilização de muro pré-fabricado em concreto, conforme mostrado na Figura 22 e Figura 23.



Figura 22 - Muro pré-fabricado em concreto semi-pronto



Figura 23 - Muro pré-fabricado em concreto pronto

A sequência executiva do muro pré-fabricado de concreto é muito mais rápida, dispensa a execução de fundação e revestimento, facilita o trabalho em superfícies com declividades acentuadas, a equipe de produção é pequena (2 a 3 operários) e é realizado somente por um empreiteiro, com exceção da pintura.

O seu processo de execução é detalhado da seguinte forma:

- 1) Locação topográfica do muro;
- 2) Escavação e fixação dos mourões de concreto;
- 3) Encaixe das placas sobrepostas entre os mourões;
- 4) Posicionamento da capa com pingadeira;

5) Textura acrílica rolada.

As Figuras 24 a 26 apresentam a sequência de montagem do muro no Empreendimento A.



Figura 24 - Concretagem dos mourões de concreto no solo



Figura 25 - Face interna do muro



Figura 26 - Face externa do muro

3.2.3 Resultados obtidos

Pelo método construtivo previsto no projeto executivo inicial, a construção dos muros externos estava planejada para uma duração total de 59 dias úteis, sendo que o muro possui aproximadamente 300,00 m de comprimento e 3,0 m de altura, circundando todo o perímetro do terreno conforme mostrado na Figura 27.



Figura 27 - Implantação do Empreendimento A

Com a substituição para o muro pré-fabricado, a duração real de sua execução foi de 30 dias úteis, impactando em aproximadamente 1 mês de redução do

cronograma da obra, pois, como explanado anteriormente, os muros externos estavam compondo o caminho crítico.

A redução do prazo de cronograma não foi a mesma da redução de prazo dos muros, pois a partir do antecipação de seu término, outras atividades passaram a fazer parte do caminho crítico. Mesmo assim, o Plano de Ação de implantação desta tecnologia construtiva racionalizada apresentou um resultado satisfatório, pois além de reduzir o prazo de obra, impactou em redução de custos, devido ao preço desta solução construtiva ser inferior ao do método construtivo tradicional de muros.

3.2.4 Análise crítica

A solução construtiva em muro pré-fabricado de concreto é extremamente produtiva, limpa, racional e menos custosa; porém, vale ressaltar que a mesma somente foi implantada no Empreendimento A por se tratar de um produto de padrão econômico, pois este tipo de muro não possui o nível de acabamento considerado aceitável para um empreendimento de médio a alto padrão.

3.3 Estudo de Caso 3: Plano de Ataque para Execução de Fachada

3.3.1 Caracterização do estudo de caso

O estudo de caso 3 apresenta o Empreendimento B da Construtora ABC, um condomínio residencial composto por 3 torres de alto padrão, localizado na cidade de São Paulo. As Figuras 28 e 29 ilustram as perspectivas da fachada e implantação, respectivamente.



Figura 28 - Fachada do Empreendimento B



Figura 29 - Implantação do Empreendimento B

A área construída total do empreendimento é de 66.880,45 m², implantado em um terreno com 17.968,24 m². Uma das torres possui 24 pavimentos tipo, enquanto as outras duas possuem 23 pavimentos tipo. Os apartamentos variam de 76 m² a 141 m².

Os métodos construtivos para os principais subsistemas da obra são apresentados a seguir:

- Fundações profundas: estacas moldadas *in loco* do tipo hélice contínua;
- Super-estrutura: concreto armado moldado *in loco*;
- Contenções: cortinas de placas pré-fabricadas de concreto armado entre perfis metálicos;
- Vedações verticais internas: alvenaria de vedação em blocos de concreto e paredes de gesso acartonado para box de banheiro e parede hidráulica da área de serviço;
- Revestimento interno: gesso liso nas áreas secas, emboço nas áreas úmidas, forro falso de gesso e revestimento cerâmico;
- Revestimento de fachada: emboço e textura acrílica rolada;
- Sistemas prediais de água fria e quente: distribuição de ramais e sub-ramais em sistema PEX com utilização de kit's pré montados para instalação em paredes de gesso acartonado.

3.3.2 Atraso

A obra deste empreendimento sofreu um atraso de cronograma na fase de fundações em decorrência dos seguintes problemas:

- Atraso nas contratações dos empreiteiros;
- Chuvas;
- Instabilidade do solo e consequente processo de troca de solo não previsto;
- Interferências com fundações remanescentes não removidas na demolição dos imóveis antigos do terreno;

- Atraso na mobilização da perfuratriz para execução das estacas hélice contínua;
- Rescisão contratual do empreiteiro executor dos blocos de coroamento;
- Reforço na fundação devido à excentricidade de estacas;
- Falhas no abastecimento da usina de concreto.

Estes problemas enfrentados pela equipe da obra impactaram em um atraso de 31 dias corridos do cronograma inicial (*baseline*) após o término da execução dos blocos de coroamento, etapa anterior à estrutura de concreto armado.

3.3.3 Plano de ação

Por conta deste atraso do cronograma *baseline* na fase de fundação da obra, foi elaborado um novo cronograma refletindo um plano de ação onde as atividades de fachada passaram a ter um plano de ataque para recuperação de prazo, por se tratarem de atividades do caminho crítico.

No planejamento inicial, os serviços de revestimento de fachada foram planejados para ocorrer em uma etapa única, com exceção da prumada da fachada onde ficará ancorado o elevador cremalheira, que iniciaria apenas após o término das atividades de estrutura até o nível do barrilete, alvenaria de vedação e fixação dos contramarcos do último pavimento tipo. A duração total da execução do revestimento de fachada da Torre A, no planejamento inicial, era de 94 dias trabalhados, conforme cronograma apresentado na Figura 30. Vale ressaltar que será apresentada apenas a Torre A, pois a mesma possui um pavimento tipo a mais que as outras duas torres, sendo, portanto, a torre do caminho crítico da obra.

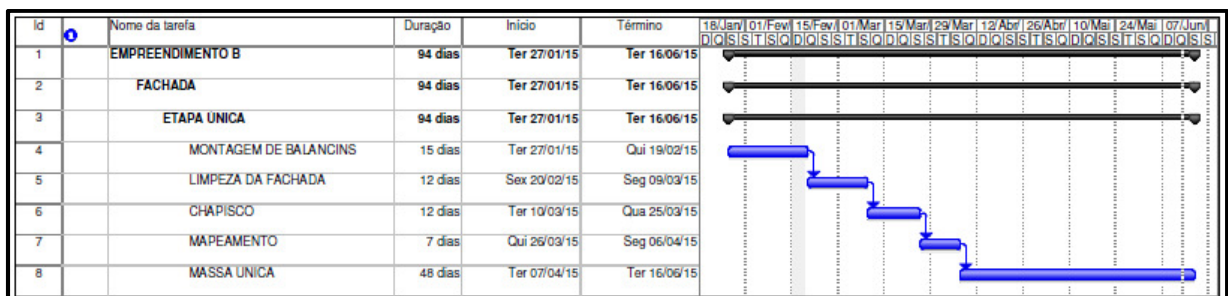


Figura 30 – Cronograma fachada em etapa única Torre A

Portanto, em virtude da execução da em apenas uma única etapa, existia uma folga de aproximadamente 5 meses entre a fase de acabamentos e os serviços internos predecessores, ilustrado na linha de balanço da Figura 31.

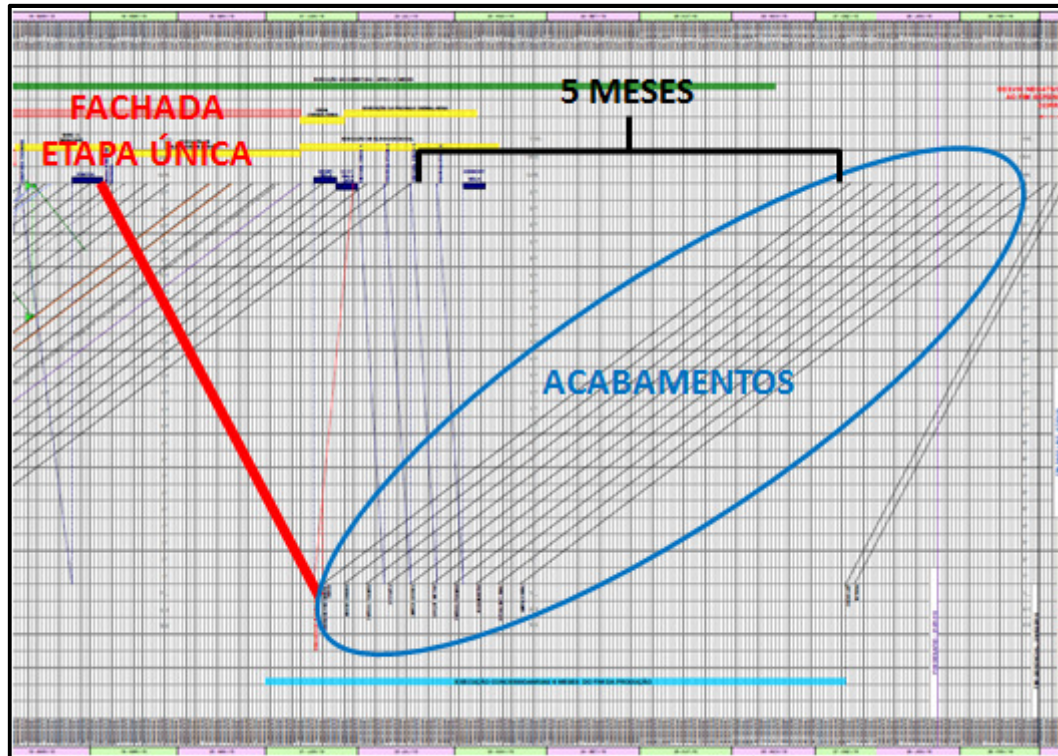


Figura 31 – Linha de balanço fachada em etapa única Torre A

O plano de ataque elaborado pela equipe de obra e área de planejamento da empresa consiste na divisão da execução do revestimento de fachada em duas etapas, ou seja, o seu início foi planejado para ocorrer antes do término total de suas atividades predecessoras (estrutura, alvenaria de vedação e fixação de contramarcos). Para isto, a 1ª etapa da fachada deverá ser executada de um pavimento intermediário até o térreo e depois, a 2ª etapa, do último pavimento até o pavimento intermediário onde estava localizada a ancoragem dos balancins da 1ª etapa. O benefício desta segmentação é ganhar tempo na execução do revestimento de fachada, com seu início antes do término de suas predecessoras que são atividades críticas. Porém, para que ocorra o correto paralelismo das atividades, é necessário calcular qual o pavimento intermediário ótimo para o início da fachada, de modo a que o término da 1ª etapa coincida com o término total da estrutura (até nível do barrilete), alvenaria de vedação e fixação de contramarcos

dos pavimentos tipo. Para a Torre A deste estudo de caso, o pavimento intermediário calculado para o início da 1ª etapa de fachada foi o 12º pavimento.

Conforme cronograma da Torre A, apresentado na Figura 32, com o plano de ataque da fachada implantado pode-se obter uma recuperação no prazo do cronograma inicial de 135 dias corridos. Este prazo antecipado se deve não somente ao término mais cedo das atividades de fachada, mas, principalmente, à antecipação dos serviços internos que ocorrem após a fachada, como, por exemplo: instalação de caixilhos de alumínio, instalação de portas de madeira, pintura, instalação de louças e metais etc., apresentado na linha de balanço da Figura 33.

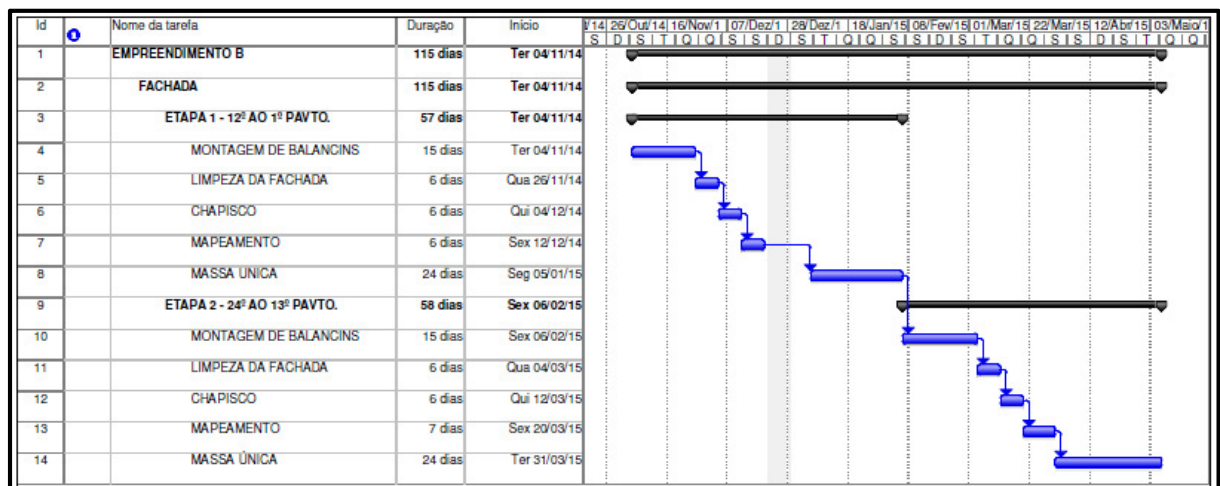


Figura 32 - Cronograma fachada em duas etapas Torre A

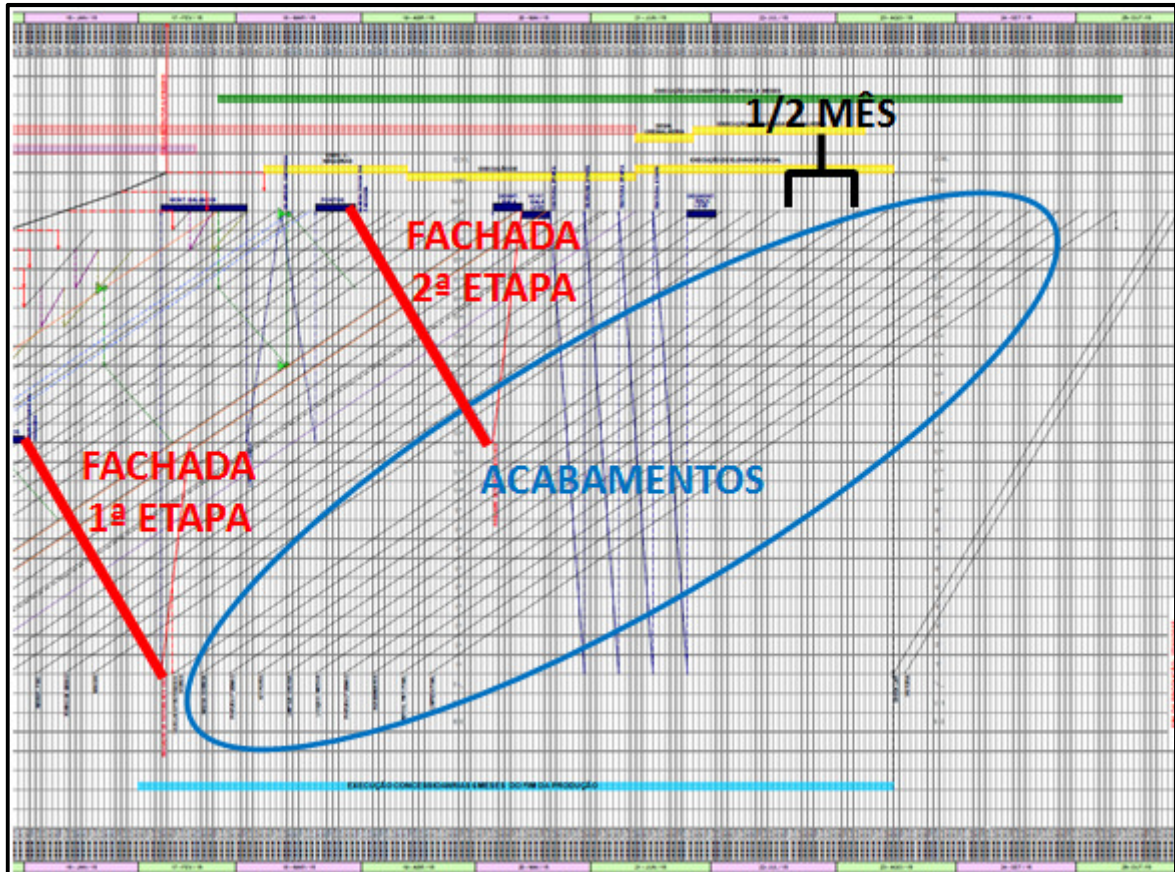


Figura 33 – Linha de balanço fachada em duas etapas Torre A

3.3.4 Análise crítica

Não serão apresentados os resultados deste plano de ação, pois a entrega do presente trabalho ocorreu antes do início das atividades de fachada deste estudo de caso. Portanto, não haverá evidências de que o planejamento em duas etapas da fachada realmente irá propiciar o ganho de prazo esperado.

Entretanto, nos últimos anos é possível observar na cidade de São Paulo muitas obras de edifícios residenciais altos em que as atividades de fachada foram divididas em duas etapas; além disto, após entrevista realizada com alguns Engenheiros que atuaram em obras com problemas de prazo, verificou-se que muitos adotaram esta solução de plano de ataque.

Cabe ressaltar que esta solução de planejamento adotada para recuperar prazo é arrojada e possui pontos de atenção que podem impactar principalmente em qualidade e segurança do trabalho, conforme indicado a seguir:

- Pavimento intermediário onde são ancorados os balancins terá suas atividades postergadas,
- Devido à execução em paralelo das atividades de estrutura e alvenaria com a 1ª etapa de fachada, há o risco de queda de materiais sobre os operários nos balancins, mesmo havendo a bandeja secundária;
- Acréscimo do número de trabalhadores no canteiro de obras;
- Maior dificuldade na gestão dos materiais e limpeza no canteiro;
- Risco de desaprumo no revestimento da fachada devido à execução em duas etapas;
- Acréscimo na demanda pelo controle da qualidade em consequência da execução simultânea de serviços críticos.

Em síntese, a solução de divisão das atividades de fachada para edifícios altos em mais de uma etapa é muito boa teoricamente; porém, para que seja implantada, deve ser elaborado planejamento detalhado, plano logístico da obra e principalmente o controle da qualidade.

4 MÉTODO PARA PLANO DE AÇÃO

Os estudos de caso deste trabalho apresentaram diferentes tipos de planos de ações para obras com atraso de cronograma; porém, em nenhum dos casos houve o uso de premissas pré-estabelecidas ou ainda algum tipo de procedimento nas respectivas construtoras para a elaboração do plano de ação. Em virtude desta falta de diretrizes e orientações para um plano de recuperação de prazo em obras de edificações, o autor do presente trabalho elaborou uma proposta de método básico para este tipo de planejamento, com base na bibliografia, nos estudos de caso, entrevistas com profissionais da área e sua própria experiência das obras em que atuou e na área de planejamento de uma grande construtora (empresa onde está atualmente).

4.1 Roteiro

O método proposto para elaboração de plano de ação de obras atrasadas é dividido em etapas, conforme roteiro apresentado a seguir:

1. Análise crítica do atraso;
2. Estudo do caminho crítico;
3. Levantamento de alternativas para redução de prazo;
4. Estudo de aceleração racional;
5. Simulação do novo cronograma;
6. Estudo de logística do canteiro;
7. Matriz para tomada de decisão;
8. Formalização do plano de ação.

Serão detalhadas a seguir estas etapas do método.

4.1.1 Análise crítica do atraso

A primeira etapa do método é uma análise minuciosa da obra para entendimento das causas raiz do atraso, com intuito de mitigá-las, se possível, antes de implantar

o plano de ação. É necessário também ter um panorama detalhado do estágio atual da obra, com as atividades já executadas e as que deverão ainda ser feitas.

Um plano de ação implantado sem a devida mitigação das causas que culminaram no atraso do cronograma terá chances maiores de insucesso.

4.1.2 Estudo do caminho crítico

O estudo do caminho crítico da obra tem o intuito de entender os serviços que podem ter prazo reduzido para antecipar a data final de entrega do projeto. Além disto, é preciso também analisar os serviços que não fazem parte do caminho crítico, mas que, ao reduzir o prazo das atividades críticas, passem a integrar ao caminho crítico.

4.1.3 Levantamento de alternativas para redução do prazo

Nesta etapa o planejador deve tentar esgotar as alternativas possíveis para redução de prazo. No presente trabalho, foram enfocadas três tipologias para aceleração de obra, conforme discutido a seguir.

4.1.3.1 Estudo de produtividade

Um estudo de produtividade de serviços de obra tem o objetivo de, em primeiro lugar, entender e quantificar a produtividade atual do serviço. Após este passo, procede-se ao cálculo da RUP potencial, conforme já explanado no item 2.2.2.3. Este índice de produtividade é arrojado, porém alcançável, e deve ser a meta para as equipes de produção.

Faz-se necessário também uma análise dos fatores que interferem negativamente na produtividade e de melhorias no processo ou produto que poderiam reduzir os indicadores de produtividade, como, por exemplo, o uso de peças pré-moldadas de concreto ao invés de moldadas *in loco*.

Para que este estudo de produtividade seja eficaz, deve haver impreterivelmente a aplicação do ciclo PDCA, pois ações deverão ser tomadas constantemente durante a execução dos serviços para redução dos indicadores de produtividade; caso não haja o devido controle, as metas dificilmente serão alcançadas.

4.1.3.2 Tecnologias construtivas racionalizadas

As tecnologias construtivas racionalizadas podem ser aplicadas em diversas atividades da obra; porém, nem todas impactam em redução de prazo. Portanto, deve-se entender se o método construtivo estudado já está com duração mínima, não tendo alterações no caso de troca de tecnologia.

Vale ressaltar que a utilização de algumas tecnologias construtivas racionalizadas impactam na alteração do produto, podendo ser, portanto, um entrave na sua aprovação.

4.1.3.3 Plano de ataque

O plano de ataque no planejamento tem o intuito de criar situações de ganho de prazo a partir de simultaneidade, antecipação ou inversão de serviços, visando eliminar folgas existentes. Um exemplo de plano de ataque muito utilizado, e que traz retornos significativos, é a execução da primeira laje da estrutura antes de executar o piso em contato com o solo, pois o piso deixa de fazer parte do caminho crítico e sua duração se torna um ganho de prazo no cronograma do projeto.

4.1.4 Estudo de aceleração racional

Neste estudo deve ser aplicado método analítico da aceleração racional com o objetivo de verificar a redução de prazo do cronograma com o menor aumento de custo possível.

As atividades levantadas com possibilidade de redução de prazo possuem custos de aceleração que devem ser quantificados, além da máxima diminuição de tempo que a mesma pode alcançar.

Procede-se, então, ao cálculo do acréscimo de custo por dia de redução de prazo no cronograma devido à aceleração das atividades críticas, até atingir o ponto de compressão máxima, ou seja, qualquer aceleração adicional de atividade impactará em aumento de custo sem correspondente redução de tempo. Isto ocorre quando as atividades críticas se encontram em seu limite de aceleração, restando apenas as atividades não críticas para serem aceleradas.

Com os custos de aceleração do cronograma quantificados, deve-se calcular o impacto dos mesmos no orçamento da obra. Nesta conta deve ser considerada também a redução de custos indiretos que deve ocorrer devido à antecipação da entrega do projeto e, ainda, uma possível redução ou eliminação do pagamento de encargos contratuais provenientes do atraso da obra.

É possível, após este estudo, chegar a uma conclusão de que o acréscimo de custos para acelerar o projeto é maior do que a entrega do mesmo fora da data contratual, sendo, portanto, uma decisão estratégica a ser tomada pela construtora, pois há também custos não mensuráveis de imagem perante o mercado por conta de atraso de entrega.

Não faz parte do escopo deste trabalho abordar detalhadamente o estudo de viabilidade econômica do Plano de Ação para recuperação de prazo, sendo o enfoque a viabilidade técnica.

4.1.5 Simulação do novo cronograma

A simulação do novo cronograma da obra objetiva analisar o rearranjo das atividades críticas com as atividades não críticas, pois, conforme já dito anteriormente, atividades não críticas poderão fazer parte do caminho crítico após o plano de ação.

É importante também gerar novo histograma e analisar os impactos da aceleração das atividades no consumo de materiais, no uso de equipamentos de transporte, tamanho das áreas de vivência, riscos de segurança do trabalho etc.

4.1.6 Estudo de logística do canteiro

Conforme citado no item anterior, a aceleração das atividades de obra tem impacto significativo na quantidade de operários no canteiro de obras e, conseqüentemente, nos outros recursos para produção, como materiais e equipamentos.

Portanto, de nada adianta o Plano de Ação para recuperação de prazo se não houver um estudo de logística do canteiro aprofundado, analisando todas as atividades que serão executadas simultaneamente no canteiro, sua demanda por material, a forma como este material será transportado até o local de produção, o tipo de equipamento utilizado para o transporte, as áreas em que serão armazenados os materiais, os pontos de abastecimento de água e energia, áreas com necessidade de equipamentos de proteção coletiva e restrição de acesso e os acessos de veículos e pessoas no canteiro.

Recomenda-se, portanto, a elaboração de um Plano Logístico contendo um projeto de canteiro para cada fase da obra onde haja mudanças significativas de cenário. Estes projetos deverão conter no mínimo as áreas de armazenamento de materiais e a quantidade prevista para cada uma delas, as centrais de produção (fôrma, armação, argamassa etc.), as áreas de vivência com o dimensionamento de acordo com a NR-18, os acessos de veículos e pedestres, a localização dos equipamentos de transporte (elevador cremalheira, grua, pórtico rolante, empilhadeira etc.), os caminhos de circulação de pessoas e equipamentos como empilhadeiras e mini pás-carregadeiras, instalações provisórias de água e energia e os equipamentos de proteção coletiva.

Além dos projetos de canteiro, é de suma importância integrar o Plano Logístico com o histograma de operários e equipamentos, a divisão da obra em trechos conforme plano de ataque, planejamento de uso dos equipamentos com o cálculo e especificação da demanda.

Durante a elaboração do Plano Logístico poderá ser constatado que o planejamento atual do canteiro de obras não atenderá às demandas em decorrência do plano de

ação para recuperação de prazo; portanto, poderão ser necessárias medidas como acréscimo de guias e elevadores cremalheira, programação de materiais *just in time* por falta de áreas de armazenamento e aumento das áreas de vivência devido ao maior número de operários na obra.

Vale ressaltar que se deve dedicar uma atenção especial a este estudo logístico, pois se não houver uma análise criteriosa do cenário no qual o canteiro de obras estará durante a operação para recuperar prazo, podem haver sérios problemas que impactarão em perda de produtividade e, conseqüentemente, inviabilizar-se o Plano de Ação.

O Plano Logístico foi recomendado neste trabalho como complementação do Plano de Ação para recuperação de prazo; entretanto, o ideal é que o mesmo seja elaborado sempre, independentemente da necessidade da aceleração da obra.

4.1.7 Matriz para tomada de decisão

Durante o estudo para a recuperação de prazo da obra, deverá ser levantada mais de uma alternativa para o Plano de Ação; portanto, será necessária uma análise crítica para avaliar qual a melhor alternativa ou o melhor conjunto de alternativas, pois poderão ser implantadas mais de uma.

Para esta avaliação, o autor do presente trabalho recomenda o uso de uma matriz para tomada de decisões, conforme exemplo da Figura 34. Esta matriz deve conter os critérios com base nos quais serão avaliadas as alternativas para recuperação de prazo. Para cada critério será estipulado um peso, conforme o grau de importância que se julgar apropriado. As alternativas levantadas deverão receber notas para cada critério, conforme intervalo numérico que for estipulado (exemplo: notas de 1 a 5), gerando uma nota final (somatório das notas parciais multiplicadas pelos respectivos pesos), que indicará a melhor escolha com base neste método.

Critérios	Peso	Alternativas			
		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Redução de Prazo	30%				
Custo	25%				
Qualidade	25%				
Segurança	20%				
Total	100%				

Figura 34 - Matriz de tomada de decisão

4.1.8 Formalização do Plano de Ação

Após a escolha da alternativa ou conjunto de alternativas para o Plano de Ação para recuperação de prazo, será necessária a formalização do mesmo por meio da elaboração de um documento onde constará o detalhamento do Plano de Ação, o cronograma revisado, o Plano Logístico e a especificação das tecnologias empregadas, quando aplicável.

O Plano de Ação precisará ser apresentado à equipe da obra, principalmente aos responsáveis pelo controle da produção, como Engenheiros de Produção, Mestres de Obra, Encarregados, Assistentes etc., pois o envolvimento destes profissionais é fundamental para o sucesso do Plano de Ação. Entretanto, faz-se necessária também a motivação dos operários por meio da apresentação resumida do Plano de Ação, onde deverá ser transmitida a importância que os mesmos terão para o alcance dos objetivos.

Portanto, a comunicação é fundamental para que haja sinergia no canteiro de obras e as metas sejam cumpridas.

4.2 Monitoramento

Após a implantação do plano de ação na obra, é necessário haver um monitoramento diário das metas estabelecidas no plano, para que em caso de desvios, haja uma rápida intervenção e o direcionamento do planejamento não seja afetado.

É importante a realização de um evento semanal com a participação de todos os envolvidos na gestão do plano de ação (engenheiros, mestres de obra, encarregados de produção etc.), onde deverá ser apurado o desempenho das metas e elaborados possíveis replanejamentos.

Vale ressaltar que o plano de ação é um planejamento, sendo, portanto, necessário revisá-lo constantemente, pois devido à complexidade das obras, dificilmente tudo aquilo que foi planejado irá ocorrer na prática.

5 ANÁLISE CRÍTICA

5.1 Alcance dos objetivos

O objetivo principal do trabalho foi atingido, qual seja, a proposição de um método para elaboração de plano de ação para recuperação de prazo em obras atrasadas. O autor entende que este método representa um "caminho genérico", que deverá ser adaptado a cada obra, já que cada caso apresenta peculiaridades ou problemas novos não enfrentados ainda.

Com relação à organização da bibliografia a respeito do assunto, houve muita dificuldade em virtude da falta de material especializado. Mas imagina-se ter reunido os textos básicos a respeito dos fundamentos conceituais utilizados no trabalho. O desenvolvimento do método em si fez uso de experiência empírica e de conhecimentos adquiridos ao longo das disciplinas do Programa de Especialização em Tecnologia e Gestão da Produção.

Os estudos de caso foram apresentados de forma sucinta e objetiva; algumas informações mais aprofundadas foram omitidas devido ora à obrigação de confidencialidade da empresa, ora por falta de registros nas obras. Entretanto, o objetivo de apresentar planos de ações em obras atrasadas foi atendido.

Vale ressaltar que os planos de ação implantados nas obras dos estudos de caso não foram elaborados com base em procedimentos e/ou métodos similares ao proposto neste trabalho, portanto, possuem algumas lacunas em seu conteúdo.

5.2 Método proposto

O método proposto é suportado por três pilares específicos para a recuperação de prazo: planejamento, produtividade e tecnologias construtivas. Todos estão intimamente ligados e precisam ser utilizados com uma visão sistêmica, ou seja, ao elaborar um plano de ação para recuperação de prazo em uma atividade específica da obra, devem ser analisados os impactos que o ocorrerão na obra como um todo.

Vale ressaltar que este método não é completo, pois alguns assuntos não foram abordados detalhadamente, como o estudo de custos diretos e indiretos, a gestão de suprimentos, segurança do trabalho e a gestão da mão de obra.

5.3 Futuros trabalhos

Como já foi dito anteriormente, o presente tema carece de aprofundamentos específicos; portanto, faz-se necessários estudos mais minuciosos sobre planejamento de obras atrasadas, planos de ataque complexos, logística de canteiro de obras e, principalmente, um trabalho referente às ações preventivas para se evitar o atraso de cronograma. Estudos relativos aos reflexos econômico-financeiros serão também bem-vindos, tais como a avaliação da relação custo-benefício da aceleração e mesmo a avaliação de ganhos (ou perdas) quanto a custos para novas tecnologias passíveis de implementação técnica visando a redução do prazo da obra.

6 CONCLUSÕES

Apenas o plano de ação é insuficiente para a recuperação de prazo em obras atrasadas; é necessária também uma gestão eficaz, pois só há sucesso em um planejamento quando além da programação existe o controle. Além disto, o controle da programação apontará os realinhamentos necessários durante a obra, ou seja, as revisões do planejamento inicial do plano de ação.

Mesmo não sendo o foco do trabalho, o autor recomenda o estudo das lições aprendidas nas obras atrasadas, para que sejam tomadas ações preventivas em futuras obras; por exemplo, o caso de atraso devido a falhas no abastecimento de materiais impactando em perda de produtividade, leva à percepção da importância em se investir na elaboração de projetos de logística de canteiro, onde haverá a especificação dos equipamentos de transporte, áreas de estocagem, caminhos para circulação entre outros.

Em síntese, não pode haver um conformismo com o atraso das obras e se acreditar sempre que planos de ações poderão reverter atrasos ou que engenheiros experientes em “apagar incêndios” podem ser a solução para quaisquer problemas. As construtoras precisam investir na prevenção do “incêndio”, já que apagá-lo, ainda que rapidamente, levará apenas à redução de danos e não necessariamente à melhor eficiência possível.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, Russel L. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

AMORIM, Kelly. **Construção civil cresceu 74,25% nos últimos 20 anos, revela estudo do SindusCon-MG**. 2014. Revista Construção Mercado, Editora PINI.. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/negocios/construcao-civil-cresceu-7425-nos-ultimos-20-anos-revela-estudo-323993-1.aspx>>. Acesso em: 17 set. 2014.

BARROS, Mercia M.S.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo, 1996. 422p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CABRITA, André Filipe Nunes. **Atrasos na Construção: Causas, Efeitos e Medidas de Mitigação**. 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

DIEESE (São Paulo). **Estudo setorial da construção: 2012**. 2013. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/estudosetorial/2012/estPesq65setorialConstrucaoCivil2012.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.S.; ALVES, T.C.L. **Proposta de intervenção no sistema de planejamento da produção de empresas de construção civil**. Volume 6 – Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégia e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte – Relatório de pesquisa – Porto Alegre, RS, UFRGS/PPGEC/**NORIE**, 46 p., 2001.

FORTES, Roberto Borges. **Planejamento de Obras**. São Paulo: Nobel, 1988.

SILVA, Juliana Américo Lourenço da. **Ações contra construtoras cresceram mais de 1000%.** 2013. Disponível em: <<http://www.infomoney.com.br/imoveis/noticia/2673209/acoes-contra-construtoras-cresceram-mais-1000-veja-mais-reclamadas>>. Acesso em: 21 set. 2014.

MARQUES JUNIOR, Luiz José. **Uma Contribuição para a Melhoria do Planejamento de Empreendimentos de Construção em Organizações Públicas.** 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras.** 1ª Edição São Paulo: Pini, 2010.

OLVEIRA, Rosemary de. **A utilização do microplanejamento como ferramenta de gestão da produção.** 2006. 158 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the Project Management Body of Knowledge.** 4th edition. Project Management Institute, 2008.

REIS, Pâmela. **Os custos do atraso.** 2010. Revista Construção Mercado, Editora PINI.. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/110/artigo282411-1.aspx>>. Acesso em: 31 ago. 2014.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia,** 1989. 336 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como Aumentar a Eficiência da Mão-de-obra.** São Paulo: Editora Pini, 2006. 100 p.