

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ÉVILA KAROLINE BEZERRA DA SILVA

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DE OBRAS
Estudo de caso de uma construtora de São Luís - MA

São Luís

2017

ÉVILA KAROLINE BEZERRA DA SILVA

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DE OBRAS
Estudo de caso de uma construtora de São Luís - MA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

São Luís

2017

Silva, Évila Karoline Bezerra da.

Estudo da eficiência de ferramentas de planejamento de obras: estudo de caso de uma construtora de São Luís - MA / Évila Karoline Bezerra da Silva. – São Luís, 2017.

92 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

Título. 1. Planejamento. 2. Controle. 3. Obra 4. Gestão. 5. Projeto. I.

CDU 69.05(812.1)

ÉVILA KAROLINE BEZERRA DA SILVA

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DE OBRAS

Estudo de caso de uma construtora de São Luís - MA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 27 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Airton Egidio Petinelli (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Prof. Me. Célio Gitahy Yaz Sardinha
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

À minha mãe e às minhas tias, pelo incentivo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo seu amor e sacrifício, pelo milagre da vida, pela oportunidade de estudar, pela capacidade de aprender.

A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais, sem nominar terão meu eterno agradecimento.

Agradeço à minha mãe, às minhas tias e aos meus amigos pelo incentivo e apoio.

À equipe da obra estudada, pela oportunidade de realizar este estudo.

“[...] pois o tempo e o espaço devem conjugar-se para orientar o movimento e os itinerários das tropas, cujas marchas regularás com precisão. ”

Sun Tzu

RESUMO

O planejamento de obras consiste na adoção de ferramentas que permitem traçar metas para melhor alcance de resultados da empresa. Este estudo de caso trata da eficiência de ferramentas de planejamento e controle empregadas em um determinado empreendimento de uma empresa de construção civil de São Luís/MA, analisando os índices de desempenho e variações de custo e prazo dos serviços de alvenaria, reboco e cerâmica. A pesquisa é baseada na análise de documentos internos da empresa e no estudo de literaturas que dizem respeito ao planejamento e controle de obras. Conceitua-se planejamento e detalha-se uma metodologia para a composição e acompanhamento do planejamento na obra. É proposto um planejamento para execução do empreendimento, descrevendo em seguida as ferramentas aplicadas e analisando os resultados obtidos ao final do projeto através da avaliação dos indicadores de desempenho dos principais serviços executados na obra.

Palavras-chave: planejamento, controle, obra, cronograma, gestão, projeto.

ABSTRACT

Planning of works consists in the adoption of tools that allow to plot targets for better range of results of the company. This case study deals with the efficiency of planning and control tools of a particular project of a construction company of São Luis/Ma, analyzing performance indexes and variations of costs and deadlines of masonry, plaster and ceramics services. The search is based on analysis of internal documents of the company and in the study of literatures concerning the planning and control of works. Planning is conceptualized and detailed a methodology for planning and monitoring the composition in the work. It's proposed a planning for the execution of the enterprises, describing next the tools applied and analyzing the achieved results at the end of the project through the evaluation of the performance indicators of the main services performed in the work.

Keywords: planning, check, construction, scheduling, management, project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo PDCA _____	18
Figura 2 - Exemplo genérico de diagrama de rede _____	24
Figura 3 - Convenção adotada para representação da rede _____	25
Figura 4 - Exemplo de diagrama de rede pelo método dos blocos _____	26
Figura 5 - Tempo disponível e cálculo de folga da atividade C _____	27
Figura 6 - Caminho crítico e folgas da atividade C sinalizados no cronograma _____	27
Figura 7 - Modelo de gráfico de Gantt _____	29
Figura 8 - Exemplo de atualização do cronograma _____	32
Figura 9 - Modelo de Linha de Balanço _____	34
Figura 10 - Localização da obra _____	37
Figura 11 – Proposta para a Estrutura Analítica do Projeto (formato 1) _____	39
Figura 12 - Proposta para a Estrutura Analítica do Projeto (formato 2) _____	40
Figura 13 - Modelo da Planilha de Levantamento de Serviços Executados _____	40
Figura 14 - Itens 1 a 5 da Planilha de Levantamento de Serviços Executados _____	41
Figura 15 - Itens 6 a 8 da Planilha de Levantamento de Serviços Executados _____	42
Figura 16 - Cronograma de Gantt gerado pelo Project _____	48
Figura 17 - Linha de balanço gerada pelo Project _____	49
Figura 18 - Diagrama de rede gerado pelo Project _____	50
Figura 19 - Detalhe do diagrama de rede _____	50
Figura 20 -Linha de Balanço aplicada na obra _____	56
Figura 21 - Detalhe da Linha de Balanço _____	56
Figura 22 - Gráfico de Gantt aplicado na obra _____	57
Figura 23 - Detalhe do Gráfico de Gantt _____	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro Duração-Recursos proposto _____	44
Tabela 2 - Formação da equipe base da obra _____	45
Tabela 3 - Duração das atividades referente a 01 unidade (3 casas) _____	46
Tabela 4 – Sequenciação das atividades _____	47
Tabela 5 - Folga total e folga livre das atividades _____	49
Tabela 6 - Programação mensal de equipes e dias trabalhados _____	51
Tabela 7 - Custo mensal de mão de obra _____	52
Tabela 8 - Estrutura Analítica do Projeto aplicada na obra _____	55
Tabela 9 - Datas de início e término dos serviços analisados _____	58
Tabela 10 - Serviços Classe A da Curva ABC _____	58
Tabela 11 - Base de cálculo para formação de preços dos serviços _____	59
Tabela 12 - Salário por função nos períodos de execução da obra _____	60
Tabela 13 - Quantidade de equipes do serviço de alvenaria de vedação _____	61
Tabela 14 - Análise de prazo do serviço de alvenaria de vedação _____	62
Tabela 15 - Análise de custo do serviço de alvenaria de vedação _____	64
Tabela 16 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de alvenaria de vedação _____	66
Tabela 17 - Quantidade de equipes do serviço de reboco _____	68
Tabela 18 - Análise de prazo do serviço de reboco _____	68
Tabela 19 - Análise de custo do serviço de reboco _____	70
Tabela 20 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de reboco _____	72
Tabela 21 - Quantidade de equipes do serviço de cerâmica _____	74
Tabela 22 - Análise de prazo do serviço de cerâmica _____	75
Tabela 23 - Análise de custo do serviço de cerâmica _____	77
Tabela 24 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de cerâmica _____	79
Tabela 25 - Complemento salarial total por período _____	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -Modelo genérico de Curva S _____	30
Gráfico 2 - Exemplo de acompanhamento de serviços pela Linha de Balanço _____	35
Gráfico 3 - Curva S gerada pelo Project _____	51
Gráfico 4 - Variação de prazo do serviço de alvenaria de vedação _____	62
Gráfico 5 - Índice de desempenho de prazo do serviço de alvenaria de vedação _____	63
Gráfico 6 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de alvenaria de vedação _____	63
Gráfico 7 - Variação de custo do serviço de alvenaria de vedação _____	65
Gráfico 8 - Índice de desempenho de custo do serviço de alvenaria de vedação _____	65
Gráfico 9 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de alvenaria de vedação _____	66
Gráfico 10 -Variação de prazo do serviço de reboco _____	69
Gráfico 11 - Índice de desempenho de prazo do serviço de reboco _____	69
Gráfico 12 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de reboco _____	70
Gráfico 13 - Variação de custo do serviço de reboco _____	71
Gráfico 14 - Índice de desempenho de custo do serviço de reboco _____	71
Gráfico 15 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de reboco _____	72
Gráfico 16 - Variação de prazo do serviço de cerâmica _____	75
Gráfico 17 - Índice de desempenho de prazo do serviço de cerâmica _____	76
Gráfico 18 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de cerâmica _____	76
Gráfico 19 - Variação de custo do serviço de cerâmica _____	78
Gráfico 20 -Índice de desempenho de custo do serviço de cerâmica _____	78
Gráfico 21 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de cerâmica _____	79

LISTA DE SIGLAS

CEF	Caixa Econômica Federal
COM	<i>Critical Path Method</i>
CR	Custo Real
D	Duração da atividade
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EVA	Análise do Valor Agregado
FL	Folga Livre
FT	Folga Total
ID	Identificação da atividade
IDC	Índice de Desempenho de Custo
IDP	Índice de Desempenho de Prazo
II	Início-Início
PDI	Primeira Data de Início
PDM	<i>Precedence Diagramming Method</i>
PDT	Primeira Data de Término
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PLS	Planilha de Levantamento de Serviços Executados
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PPC	Percentual da Programação Concluído
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composições e Preços para Orçamento
TD	Tempo Disponível
TI	Término-Início
TT	Término-Término
UDI	Última Data de Início
UDT	Última Data de Término
VA	Valor Agregado
VC	Variação de Custo
VP	Valor Previsto
VPr	Variação de Prazo

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	centímetro
h	hora
kg	quilograma
m	metro
qtd	quantidade
und	unidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.1.1	<i>Objetivos Específicos</i>	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PLANEJAMENTO	17
2.2	IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES	19
2.3	DEFINIÇÃO DAS DURAÇÕES	20
2.4	DEFINIÇÃO DA PRECEDÊNCIA	22
2.5	MONTAGEM DO DIAGRAMA DE REDE	23
2.6	IDENTIFICAÇÃO DO CAMINHO CRÍTICO	24
2.7	CÁLCULO DE FOLGAS	26
2.8	GERAÇÃO E CONTROLE DO CRONOGRAMA	28
2.9	LINHA DE BALANÇO	33
2.10	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO PROJETO	35
3	ESTUDO DE CASO	37
3.1	APRESENTAÇÃO DA OBRA	37
3.2	PLANEJAMENTO PROPOSTO	38
3.2.1	<i>Identificação das atividades, definição das durações e precedências</i>	38
3.2.2	<i>Geração do cronograma, linha de balanço, cálculo de folgas, identificação do caminho crítico e montagem do diagrama de rede</i>	47
3.3	FERRAMENTAS APLICADAS	52
3.4	ANÁLISE DE DADOS	58
3.4.1	<i>Análise do serviço de execução de alvenaria de vedação</i>	61
3.4.2	<i>Análise do serviço de execução de reboco</i>	67
3.4.3	<i>Análise do serviço de assentamento de cerâmica</i>	73
3.4.4	<i>Análise geral da obra</i>	81
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	
	ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de obras consiste na adoção de ferramentas que permitem traçar metas para melhor alcance de resultados da empresa, através, por exemplo, do orçamento, da programação de materiais e mão de obra, da gestão de compras, pessoas e comunicação.

Na construção civil, principalmente nas pequenas e médias empresas, percebe-se uma deficiência no que diz respeito a planejamento. Algumas empresas realizam o planejamento, mas não controlam, outras não empregam um planejamento adequado e muitas ainda não aplicam qualquer tipo de plano ou acompanhamento. No entanto, é notório a crescente preocupação das empresas de construção civil com gestão e controle de processos. Isso se deve, basicamente, ao cenário atual em que elas estão inseridas: maior exigência dos clientes, constante evolução de tecnologia, crescente competitividade, globalização dos mercados e reduzida disponibilidade de recursos financeiros.

Dessa forma, o investimento no processo de planejamento e controle torna-se uma solução para a garantia do acompanhamento dos principais indicadores da empresa, como lucro, custo e prazo. Auxiliando na tomada de decisões em tempo hábil e proporcionando aumento da produtividade, diminuição do desperdício e retrabalho e aumento da qualidade do serviço, além de gerar maior confiabilidade no cliente.

Diante desse contexto, propõe-se o seguinte problema de pesquisa: Quais os métodos de planejamento e controle uma dada empresa de construção civil de São Luís/MA empregou em uma de suas obras e qual a eficiência das ferramentas aplicadas?

Assim, o desenvolvimento deste trabalho objetiva evidenciar a eficiência do uso de ferramentas de planejamento e controle através da análise dos índices de desempenho e variações de custo e prazo dos principais serviços executados na obra objeto desse estudo.

Para tanto, será estudado o valor agregado dos serviços de assentamento de alvenaria de vedação, assentamento de cerâmica, e execução de reboco. Além do custo real com mão de obra, valor previsto no cronograma aplicado e custo com complemento salarial devido à falta de produtividade das equipes.

A elaboração deste estudo foi estimulada pela avaliação da importância do emprego de ferramentas de planejamento e controle no gerenciamento de obras de construção civil. Em face disto, o tema mostra-se significativo para a sociedade na medida em que aborda aspectos que interferem no progresso da sociedade e da economia global: o desenvolvimento do setor de construção civil.

Aos acadêmicos de engenharia civil da Universidade Estadual do Maranhão e outras universidades, o estudo de caso possibilita a percepção da realidade das empresas confrontada às teorias estudadas em sala de aula. O trabalho permite ainda aos gestores de obras avaliar os resultados que um planejamento pode gerar à empresa; as perdas que a falta de controle na obra pode causar; as dificuldades na implantação do planejamento.

Considerando-se a taxonomia proposta por Vergara (2009), esta pesquisa é classificada quanto ao tipo em descritiva e quanto aos meios de investigação em documental, bibliográfica e estudo de caso. Descritiva por objetivar expor as particularidades e resultados da implantação de ferramentas de planejamento e controle em uma determinada empresa de construção civil. Documental e bibliográfica por ser baseada tanto em documentos internos da empresa, quanto em literaturas que digam respeito ao planejamento e controle de obras. E por ser um estudo de caso, delimita o campo estudado, detalhando o tema.

O local da pesquisa é uma obra de construção civil de um conjunto habitacional de uma construtora de São Luís/MA. A amostra da pesquisa será por tipicidade, não probabilística, pois é “constituída pela seleção de elementos que o pesquisador considere representativos da população-alvo” (VERGARA, 2009). As informações serão avaliadas nos aspectos qualitativos e quantitativos. Confrontando os resultados obtidos com as teorias das literaturas pesquisadas com o propósito de se avaliar e compreender o estudo.

A primeira parte do trabalho aborda o referencial teórico estudado para o desenvolvimento desta pesquisa. Conceituando planejamento e detalhando as principais fases para a composição e acompanhamento do planejamento na obra.

A segunda parte da pesquisa trata do estudo de caso específico, primeiramente apresentando a obra onde foi realizado o estudo, em seguida propondo um planejamento para a execução da obra, descreve-se então as ferramentas de fato aplicadas para o planejamento do empreendimento e por último, faz-se uma análise dos resultados obtidos ao final da obra, analisando-se custo e prazo dos serviços de alvenaria, reboco e cerâmica.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os resultados obtidos com a aplicação de métodos de planejamento e controle em uma construtora de São Luís/MA.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar a variação de custo e prazo dos principais serviços da obra
- Analisar os índices de custo e prazo dos principais serviços da obra
- Analisar o custo com complemento salarial devido à baixa produtividade

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANEJAMENTO

Segundo Gasnier (2010), o planejamento implica em um trabalho aplicado a fim de aumentar a probabilidade de ocorrência dos objetivos determinados. Deve seguir uma metodologia específica e manter registros garantindo a eficácia da comunicação.

O planejamento da produção consiste na antecipação dos fatores responsáveis pelo processo produtivo. Na construção civil, o processo de transformação é a aplicação dos insumos necessários como mão de obra, equipamentos e materiais para a obtenção do produto final (obras de construção civil). Para que as metas sejam alcançadas no prazo determinado, faz-se necessário o planejamento e controle dessa produção.

O planejamento permite ao engenheiro uma visão sistêmica da obra, fornecendo recursos para tomada de decisão. Com o planejamento é possível determinar a quantidade necessária de pessoas, materiais e equipamentos em cada etapa da obra e qual o prazo a cumprir, garantindo a logística adequada e dando recursos para negociação com fornecedores. Empregando os índices, as produtividades e o dimensionamento de equipes previsto, o gestor garante o custo de acordo com o orçamento da obra.

O acompanhamento desses dados possibilita a previsão de situações desfavoráveis que podem ser corrigidas ou evitadas em tempo hábil, evitando retrabalho e gastos não previstos no orçamento. Dessa forma, caso haja necessidade de alteração nas equipes, mobilização de equipamentos, aumento ou diminuição do ritmo da obra, por exemplo, o engenheiro possui informações confiáveis para gerenciar.

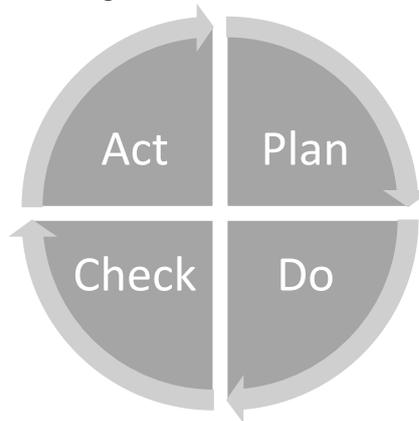
A divulgação do planejamento da obra permite que todos os envolvidos - engenheiro, mestre, técnico, encarregados, fiscal - trabalhem com o mesmo objetivo e prazo. Além disso, mantém o controle da obra documentado, permite a rastreabilidade dos processos, o auxílio a outras obras semelhantes e gera também a confiança do cliente.

Para Santos et al. (2008), planejar a obra requer que sejam definidas as relações entre as atividades, as quantidades de serviços a serem executados, os recursos necessários para execução, e a produtividade esperada das equipes. É preciso determinar o que será executado e qual será o método de execução, estabelecendo uma hierarquia de processos, as condições e restrições para o alcance dos objetivos requeridos.

O ato de planejar é proveniente de uma técnica de melhoria contínua e, portanto, é constantemente atualizado no decorrer projeto. Tratando a obra como um projeto, já que

apresenta datas de início e término definidas e um produto único, a gestão da obra é bem caracterizada pelo ciclo PDCA (Figura 1) que engloba o planejamento. E para garantir a eficácia do planejamento na obra é fundamental que esteja interligado a outras ações do ciclo.

Figura 1 - Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Mattos, 2010.

O planejamento faz parte da primeira fase do ciclo. É nesta etapa que se analisa os projetos e o local da construção, afim de definir o método construtivo, a sequência dos serviços, a logística e gerar o cronograma físico e financeiro, bem como a programação de materiais, equipamentos e pessoal.

A segunda fase do ciclo é a execução, o cumprimento do cronograma, para isso, toda a equipe deve estar ciente do planejamento. Em seguida tem-se a etapa de aferição, é nesta fase que se verifica o cumprimento do que foi planejado, tanto em relação a prazo, quanto a custo e qualidade. Com a análise das informações obtidas nesta etapa, inicia-se a quarta fase do ciclo: a implementação de ações corretivas. A partir dos indicadores de desempenho e das produtividades de campo são identificadas as oportunidades de melhoria do processo e definidas as mudanças de estratégias, fazendo as devidas atualizações no planejamento, retomando a primeira etapa do ciclo.

Alguns autores como Tubino (2009) classificam o planejamento em longo, médio e curto prazo, considerando o nível organizacional. O planejamento de longo prazo engloba as estratégias definidas pela empresa, o de médio prazo foca nos objetivos de nível tático, e o planejamento de curto prazo define as metas para o nível operacional.

Outros como Corrêa e Corrêa (2013) acrescentam ainda o planejamento de curtíssimo prazo e diferenciam os tipos de planejamento de acordo com a perspectiva de tempo que englobam e como são divididas as ações. O planejamento de longo prazo é dividido em

meses e abrange ações previstas por um período superior a um ano. O planejamento de médio prazo é subdividido em ações com duração de uma semana e é previsto para um ano. O de curto prazo também é dividido em semanas, mas é aplicado para durações inferiores a um ano. O planejamento de curtíssimo prazo tem duração de uma semana e é dividido em dias.

O item 6 do Guia PMBOK (2013) que trata do gerenciamento do tempo do projeto subdivide-se nas seguintes ações: planejar o gerenciamento do cronograma, definir as atividades, sequenciar as atividades, estimar os recursos das atividades, estimar as durações das atividades, desenvolver o cronograma e controlar o cronograma.

Durante o processo de planejar o gerenciamento do cronograma são estabelecidas as políticas, os procedimentos e a documentação necessária para o desenvolvimento, execução e controle do cronograma. Em seguida, identificam-se e inter-relacionam as ações necessárias para produzir as entregas do projeto, elaborando estimativas dos tipos e quantidades de insumos que serão necessários para realizar cada atividade, a fim de se estimar os períodos de trabalho necessários para executar as atividades. A partir desses dados, e com as restrições previstas para o projeto cria-se o cronograma.

Mattos (2010) define o roteiro do planejamento nas seguintes etapas: identificação das atividades, definição das durações, definição da precedência, montagem do diagrama de rede, identificação do caminho crítico, geração do cronograma e cálculos de folgas. E o presente estudo de caso é baseado no guia PMBOK e na metodologia de Mattos.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES

Primeiramente deve-se identificar todas as atividades que serão executadas durante a obra, decompondo detalhadamente o escopo do projeto, para isso é importante elaborar uma Estrutura Analítica do Projeto - EAP a fim de criar uma matriz de trabalho coerente e de fácil entendimento.

A vantagem de identificar e documentar as ações necessárias para realização do projeto é o apoio que esse processo concede para a estimativa, programação, execução, monitoramento e controle dos trabalhos do projeto.

O escopo do projeto define o objeto do planejamento, ou seja, as atividades que não forem abordadas no escopo não serão executadas. Tendo isso em vista, esta etapa requer muita precisão, pois uma atividade equivocadamente não prevista gera atrasos e aumento nos custos.

Para se chegar a um escopo bem definido é necessário o estudo minucioso dos projetos, o conhecimento das técnicas construtivas e a interação entre todas as áreas envolvidas

na obra. Cada atividade macro deve ser decomposta em pacotes de trabalho menores a fim de se definir a duração da atividade, os recursos necessários e os responsáveis pelo serviço.

Com essa decomposição pode-se organizar a EAP, uma árvore hierárquica que desmembra cada fase do projeto, facilitando a realização das atividades. A quantidade de níveis que a EAP será desenvolvida é uma questão gerencial, bem como a forma como será feita a decomposição, no entanto, independente da metodologia adotada, a EAP deve abranger todas as tarefas necessárias para a conclusão da obra.

Para Mattos (2010), o grau de detalhamento de uma EAP deve estar em atividades entre 1 e 10 dias. Dessa forma, não apresentará atividades com tempo de duração muito curto gerando dificuldade para atualização do cronograma, assim como não haverá atividades muito genéricas que englobam vários serviços, um longo prazo e possui responsáveis distintos.

Os serviços que são realizados por terceirizados também devem fazer parte da EAP, pois é necessário o controle desses serviços para a conclusão da obra. Deve-se atentar ainda que quando fragmentada uma atividade, as suas subtarefas devem representar sua totalidade, tanto em serviço, quanto em duração e custo.

2.3 DEFINIÇÃO DAS DURAÇÕES

Após definidas todas as atividades, é necessário atribuir durações a elas de acordo com os recursos disponíveis, a produtividade da equipe prevista no orçamento e a quantidade do serviço a ser executado. Essas durações são essenciais para determinar o prazo total da obra e sinalizar os marcos intermediários no cronograma.

Duração é a quantidade de tempo necessária para realizar um serviço. A unidade de medida utilizada geralmente é dia, no entanto, dependendo da obra pode-se empregar o mês (para obras muito longas) ou hora (em caso de obras muito curtas). Para as atividades com durações estimadas em dias deve-se atentar para o emprego de dias úteis. Por exemplo, uma atividade com duração de 2 dias necessita de 16 horas/homem para ser executada, considerando a jornada de trabalho com 8 horas. E uma atividade que necessita de 7 dias para sua execução, no cronograma irá durar 9 dias, pois a duração não prevê dias de folga como sábado e domingo.

Para se estimar a duração de um serviço deve-se analisa-lo separadamente dos demais de forma imparcial, independente do prazo total da obra e considerar a logística que a obra dispõe, se há dificuldade com materiais, equipamentos ou mão de obra. Sabe-se, por exemplo, que uma equipe mais experiente necessita de menos tempo para realizar um serviço

e ainda que quanto maior a periodicidade do serviço, a produtividade da equipe tende a aumentar.

Para se estimar a duração de uma atividade deve-se considerar os índices e produtividades estabelecidos na composição de custos unitários empregada no orçamento. Esses dados podem ser determinados a partir de fontes bibliográficas atualizados como, por exemplo, a Tabela de Composições e Preços para Orçamento (TCPO) da editora Pini, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal (CEF) ou Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), mas o ideal é que se tenha dados históricos da própria empresa, pois é fundamental que esses dados retratem a realidade da região.

Índice é a quantidade de insumo necessária para se executar uma unidade de serviço. Por exemplo, são necessários 25 tijolos cerâmicos de 19x19 cm e aproximadamente 0,62 h de um pedreiro para se construir uma parede de alvenaria de 1 m². Nesse caso o índice do tijolo cerâmico é 25 und/m² e do pedreiro é 0,62 h/m².

A produtividade é o inverso do índice, ou seja, é a quantidade de serviço produzida a partir do consumo de uma unidade do insumo. No caso do exemplo anterior, a produtividade do pedreiro é 1/0,62 ou 1,6 m²/h. Conclui-se que em um dia de trabalho com uma jornada de 8 horas, um pedreiro produz aproximadamente 13 m² de alvenaria.

À vista disso, é possível estimar a duração de cada atividade da obra, considerando também o projeto a ser executado e a mão de obra disponível. A título de exemplo, para construir um muro com 125 m² de alvenaria são necessários aproximadamente 10 dias para uma equipe de 1 pedreiro ou 5 dias caso se disponha de 2 pedreiros.

A escolha da duração é uma questão gerencial, pode-se determinar a duração em função da equipe, caso haja restrição de mão de obra, equipamentos ou materiais. Ou determina-se a equipe em função da duração, caso o prazo seja pré-determinado e não haja flexibilidade.

Mattos (2010) apresenta uma equação básica para cálculo da duração de uma atividade:

$$DURAÇÃO = \frac{QTD\ DE\ SERVIÇO}{PRODUTIVIDADE \times QTD\ DE\ RECURSOS \times JORNADA}$$

A partir dessa fórmula percebe-se que a quantidade de recursos é inversamente proporcional a duração da atividade, quanto mais recursos estiver disponível para a atividade, em menos tempo esse serviço será executado. Deve-se observar, no entanto, as limitações para aplicação de recursos, como custo previsto por etapa, espaço físico, logística e segurança.

Quando há limitação dos recursos disponíveis para a execução do projeto, tem-se um cronograma com restrição de recursos. Já o cronograma com restrição de tempo ocorre quando o prazo para finalização do projeto é pré-determinado e os recursos devem ser adaptados para o cumprimento do prazo.

A confiabilidade do cronograma depende da precisão dos dados de índices e produtividade resultante do orçamento. As durações devem representar o contexto real da obra, no entanto, como se trata de previsão, durante a execução da obra deve-se monitorar as atividades a fim de identificar divergências entre a duração prevista e a realizada para que se atualize o cronograma com informações mais precisas.

2.4 DEFINIÇÃO DA PRECEDÊNCIA

Nessa fase define-se a interdependência das atividades de acordo com o método construtivo adotado na obra. Ou seja, é definido a ordem que serão executados os serviços, atribuindo-se para cada atividade uma atividade predecessora.

Atividades predecessoras são aquelas que antecedem imediatamente uma atividade, assim como atividades sucessoras são aquelas que ocorrem imediatamente após a conclusão desta atividade e dependem dela para ser executada.

Para exemplificar, tem-se a atividade "armação de laje" que é predecessora imediata da atividade "concretagem de laje", logo esta é sucessora daquela. É chamada de imediata pois o início da sucessora ocorre em seguida do término da sua predecessora, pelo exemplo, não há como concretar uma peça em concreto armado sem antes ter armado as ferragens.

Uma atividade pode não possuir predecessora, caso ela seja uma tarefa inicial, como por exemplo "limpeza do terreno", ou não possuir uma atividade sucessora, caso seja uma tarefa final, como "entrega da obra". Mas não há um serviço sem predecessor e sem sucessor, a tarefa deve estar ligada a alguma outra no cronograma.

Existem diferentes tipos de dependências entre atividades. A dependência mandatória, que pode ser física, contratual ou externa, ocorre quando um serviço deve vir obrigatoriamente após o outro, o exemplo da concretagem citado anteriormente, é uma dependência física. Exemplo de dependência contratual seria a liberação da área para o início da obra somente após a desapropriação. Já dependências externas são aquelas que envolvem órgãos fora do projeto, como a dependência do alvará de construção para início da obra.

A dependência arbitrada é estabelecida por conveniência, é uma decisão gerencial. Convém, por exemplo, colocar os metais sanitários após as esquadrias externas para evitar roubos, mas não se trata de uma dependência física.

Para algumas atividades é necessário ainda admitir um período de defasagem entre serviços, como por exemplo, o tempo de cura do concreto entre a concretagem e a desforma. Assim sendo, a tarefa seguinte não pode iniciar imediatamente após a anterior. Nesse caso tem-se uma defasagem em uma ligação Término-Início (TI), pois o início da desforma está relacionada ao término da concretagem.

Há também a defasagem relacionada a ligações Início-Início (II), por exemplo, quando não há necessidade do término da alvenaria para se iniciar o chapisco. É necessário apenas que o serviço de alvenaria esteja alguns dias à frente.

A ligação Término-Término (TT) implica que um serviço finaliza apenas com o término de outro, como o fim da necessidade de aluguel de betoneira depende do término da produção de concreto na obra.

A duração e a interdependência entre as atividades são cruciais para a próxima etapa do planejamento da obra, o diagrama de rede. Pois, é a partir dessas informações que se obtém o prazo total do projeto, as datas de início e término de cada serviço, a identificação das atividades críticas e as folgas das atividades não críticas.

2.5 MONTAGEM DO DIAGRAMA DE REDE

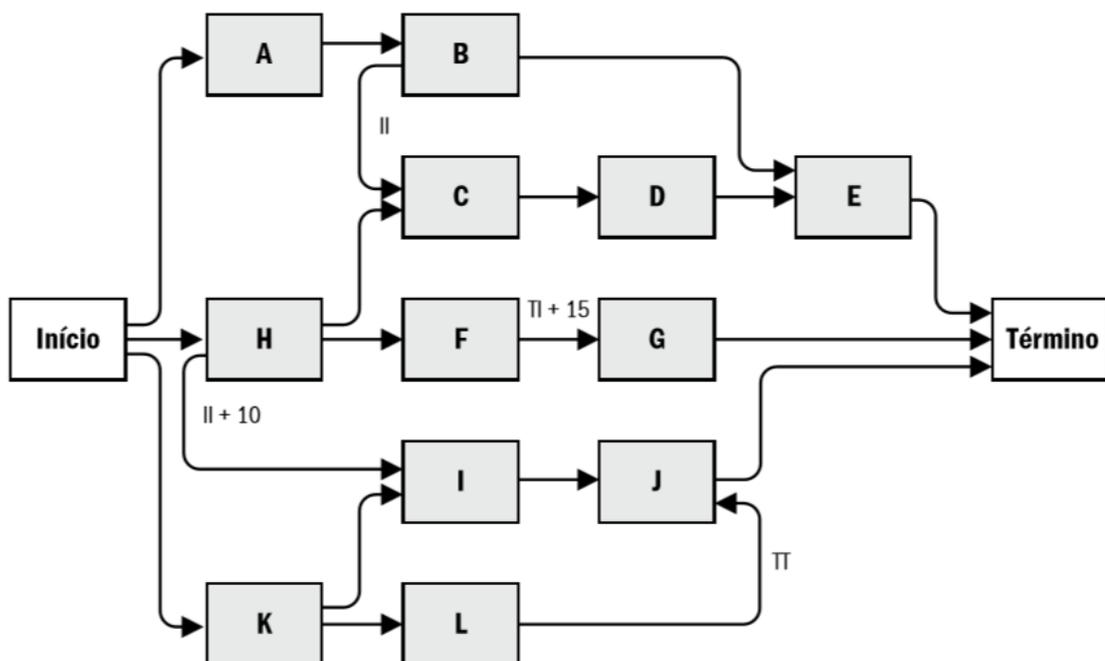
De acordo com o guia PMBOK (2013), o método do caminho crítico ou *critical path method* (CPM) é “um método usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo do cronograma”. E a técnica de revisão e avaliação de programa ou *program evaluation and review technique* (PERT) é “uma técnica de estimativa que aplica uma média ponderada de estimativas otimista, pessimista e mais provável quando existe incerteza em relação às estimativas da atividade distinta”.

O diagrama de rede integrado PERT/CPM é a representação gráfica da ordem de execução das atividades e suas durações. Com o diagrama é possível ter uma melhor visualização da interação entre atividades, bem como do caminho crítico. Um dos métodos mais utilizados é o método dos blocos ou *Precedence Diagramming Method* (PDM). Nele, cada bloco representa uma atividade e as setas representam a interligação entre elas.

Para cada predecessora de uma atividade, chega uma seta no bloco, assim como, para cada sucessora, parte uma seta. O diagrama inicia com uma atividade de duração nula que não possui predecessora chamada “Início”, da qual partem todas as atividades iniciais. O término do diagrama é representado por uma atividade também de duração nula denominada “Fim” que não possui sucessoras e na qual convergem todas as atividades finais do processo.

Atividades independentes são desenhadas em paralelo, sinalizando que podem ser executadas ao mesmo tempo, enquanto que atividades em série representam a dependência entre elas. O tipo de dependência (Término-Início, Início-Início, ou Término-Término) e defasagem são ilustrados pelas setas. Um exemplo de diagrama de rede com as respectivas dependências pode ser visualizado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Exemplo genérico de diagrama de rede



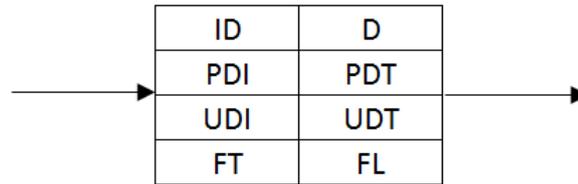
Fonte: Guia PMBOK, 2013, p. 160.

2.6 IDENTIFICAÇÃO DO CAMINHO CRÍTICO

Após definida a sequência e dependência das atividades sinaliza-se a duração, as datas de início e término e a folga de cada atividade. Vale ressaltar que essas datas representam a quantidade dias calculada para execução das atividades, não o prazo desejado do projeto.

Para representação da rede adotou-se a convenção apresentada em Mattos (2010), como pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 - Convenção adotada para representação da rede



Fonte: Mattos, 2010, p. 168.

Da figura anterior tem-se que ID é a identificação da atividade, D sua duração, PDI e PDT a primeira data de início e término respectivamente, UDI e UDT são as últimas datas de início e término, FT é a folga total e FL a folga livre. Sendo que:

$$PDT = PDI + D$$

$$UDI = UDT - D$$

$$FT = UDI - PDI = UDT - PDT$$

A primeira data de início (PDI) de todas as atividades iniciais é igual a 0 (zero). A partir disso, calcula-se a primeira data de término (PDT) dessas atividades de acordo com as respectivas durações. Essa data é transferida para a PDI da atividade sucessora a fim de se calcular sua PDT. Caso uma atividade possua mais de uma predecessora, adota-se a PDT da predecessora de maior valor. Vale ressaltar que se uma atividade tem sua data de início como N, ela começa a ser executada no dia N+1, isto porque a atividade anterior finalizou no dia N.

Calculadas as PDIs e PDTs de todas as atividades, adota-se a PDT da última atividade da rede como a sua UDT, e em seguida calcula-se sua UDI. Dessa forma, adota-se a UDI encontrada, como a UDT da sua atividade predecessora, determinando em seguida sua UDI. Caso uma atividade possua mais de uma sucessora, adota-se a UDI de menor valor. Na sequência calcula-se as UDT e UDI das demais atividades.

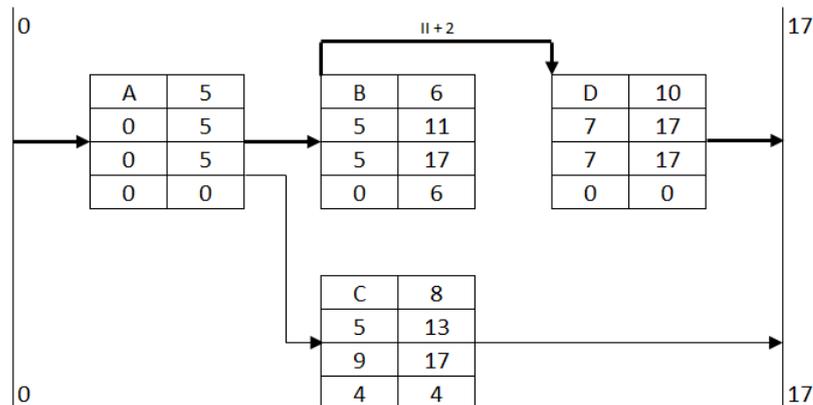
Com essas informações, pode-se calcular a folga total (FT) de cada atividade e a folga livre (FL) é calculada em seguida subtraindo-se da PDT da atividade a PDI de menor valor das atividades sucessoras, de acordo com a fórmula:

$$UDI = \text{mín} (PDI_{\text{sucessora}} - PDT)$$

A folga total determina a quantidade de dias que a atividade pode atrasar sem interferir o prazo total do projeto. E a folga livre determina a quantidade de dias que uma atividade pode atrasar sem interferir na primeira data de início de sua sucessora. O caminho crítico é representado pela sequência de atividades de menor valor de folga total.

As ligações com defasagens são sinalizadas nas setas entre atividades, sendo importante considerar as defasagens para o cálculo das datas. Na figura 4 a seguir tem-se um exemplo deste método. O caminho crítico é sinalizado com as setas em negrito.

Figura 4 - Exemplo de diagrama de rede pelo método dos blocos



Fonte: Mattos, 2010, p. 178.

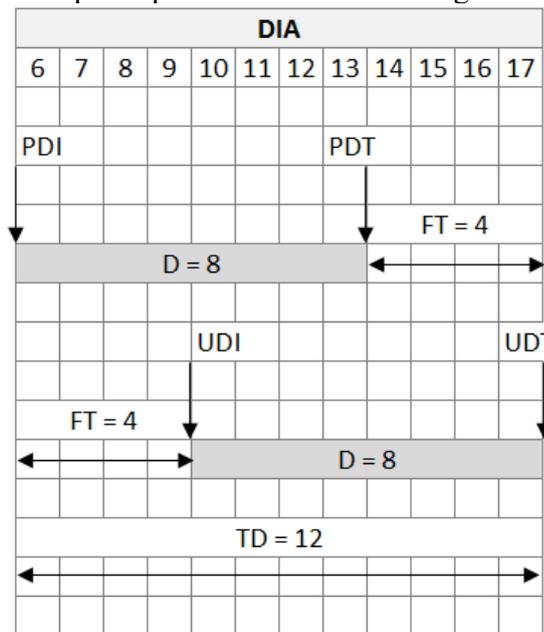
Analisando o diagrama de rede verifica-se a sequência de atividades com menor folga total e que gera o maior caminho entre o início e o fim do projeto. Essas atividades são denominadas como “críticas” e a sequência “caminho crítico”. É o caminho crítico que determinará o prazo total do projeto, logo, se alguma atividade crítica atrasar, a data final do projeto também atrasa. Assim como a antecipação de uma atividade não crítica, não reduz o prazo total do projeto.

2.7 CÁLCULO DE FOLGAS

Ao contrário das atividades críticas, as atividades não críticas possuem um prazo disponível no cronograma maior que o seu tempo de duração, sendo flexíveis quanto às datas de início e término. Chama-se de folga a diferença entre o tempo total que uma atividade tem para ser executada e o tempo de sua duração.

Quando adotado o método dos blocos (PDM), as folgas são calculadas durante a determinação do caminho crítico. Tomando como exemplo a figura 4, a atividade C tem sua primeira data de início no dia 5, como sua duração é de 8 dias, sua primeira data de término é dia 13. Da mesma forma, sua última data de início é dia 9 e a última data de término dia 17. Isso gera um tempo disponível (TD) de 12 dias com folga total de 4 dias, como pode ser visto na figura 5 a seguir:

Figura 5 - Tempo disponível e cálculo de folga da atividade C



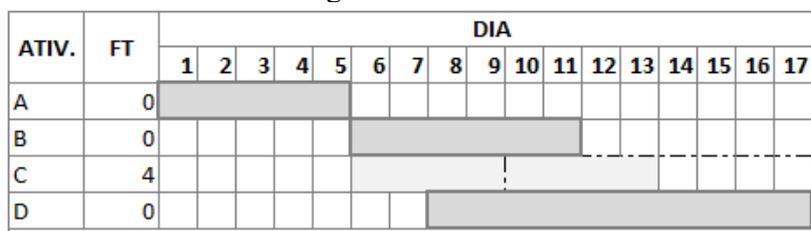
Fonte: Adaptado de Mattos, 2010.

Analisando-se a folga total disponível, verifica-se que se a atividade for realizada antes da última data de início, a folga fica disponível para as atividades não críticas subsequentes. Porém, se a atividade for iniciada na sua última data de início, a folga será aplicada antes da sua execução, tornando esse serviço uma atividade crítica.

O emprego das folgas influencia diretamente na alocação de recursos e no investimento inicial da obra. A aplicação do programa de início mais cedo, por exemplo, requer maior custo inicial e demanda maior quantidade de recursos no início do projeto, já no programa de início mais tarde a concentração de recursos é no final do projeto, assim como a necessidade de maior investimento.

Outra decisão que o gestor pode tomar nesse caso é o aumento da duração da atividade, por exemplo, reduzindo a equipe. Caso a atividade C precise de 3 pedreiros para a execução em 8 dias, pode-se contratar apenas 2 pedreiros e executa-la em 12 dias. No cronograma da Figura 6 é possível visualizar a disposição da folga total e do caminho crítico.

Figura 6 - Caminho crítico e folgas da atividade C sinalizados no cronograma



Fonte: Adaptado de Mattos, 2010.

Para garantir a melhor disposição de insumos e distribuição do investimento é necessário realizar o nivelamento de recursos buscando atenuar grandes oscilações no histograma, assegurando a otimização da logística e do controle operacional. O nivelamento de recursos é realizado com o deslocamento das atividades não críticas dentro do prazo da sua folga prevista.

2.8 GERAÇÃO E CONTROLE DO CRONOGRAMA

O cronograma tem origem com a consolidação de todos os dados analisados anteriormente, considerando os cálculos efetuados segundo o PERT/CPM. É uma ferramenta que permite a fácil visualização do comportamento da obra no decorrer do tempo, possibilitando ao gestor da obra programar contratação de pessoal, compras de materiais e aluguel de equipamentos; bem como a instrução das equipes para execução dos serviços no prazo esperado; e monitoramento dos atrasos e progressos nas atividades.

Desenvolver o cronograma é o processo de análise de sequências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o modelo do cronograma do projeto. O principal benefício deste processo é que [...] gera um modelo de cronograma com datas planejadas para a conclusão das atividades do projeto.
(PMBOK, 2013, p. 172).

Um dos modelos de cronograma mais utilizados é o gráfico de Gantt, que consiste em um gráfico de barras horizontais com eixo horizontal representado por datas e o eixo vertical pelos serviços a serem executados. No cronograma integrado Gantt-PERT/CPM, além das barras que sinalizam a duração das tarefas, pode-se verificar ainda as interdependências entre elas, suas folgas, o caminho crítico e as atividades já executadas, tornando-se a base para concepção do cronograma físico-financeiro e para alocação de recursos.

No cronograma também são sinalizados os chamados “marcos”. Que são eventos de duração zero que determinam uma data para controle e podem ser contratuais ou de planejamento. Os marcos contratuais, como uma ordem de serviço, a entrega de um módulo ou o pagamento de uma medição, por exemplo, tem suas datas impostas pelo cliente, e o cronograma deve se adaptar a elas a fim de garantir que o prazo seja cumprido.

Já os marcos de planejamento, como início, término ou liberação de um serviço, tem suas datas calculadas de acordo com a duração do serviço. Vale ressaltar ainda que todas as durações calculadas desconsideram datas, no entanto, ao se alimentar o cronograma, é

necessário prever os dias não trabalhados, como finais de semana e feriados. Logo, é necessário atentar para os marcos contratuais, pois a quantidade de dias corridos é sempre maior que a quantidade de dias úteis, se a obra não funciona aos finais de semana, então a quantidade de dias reais, será maior que a quantidade calculada na rede PERT/CPM.

Na Figura 7 tem-se um modelo de gráfico de Gantt gerado no MS Project, em que pode ser visualizado as atividades, suas durações, predecessoras, datas de início e término, além dos marcos da obra.

Figura 7 - Modelo de gráfico de Gantt

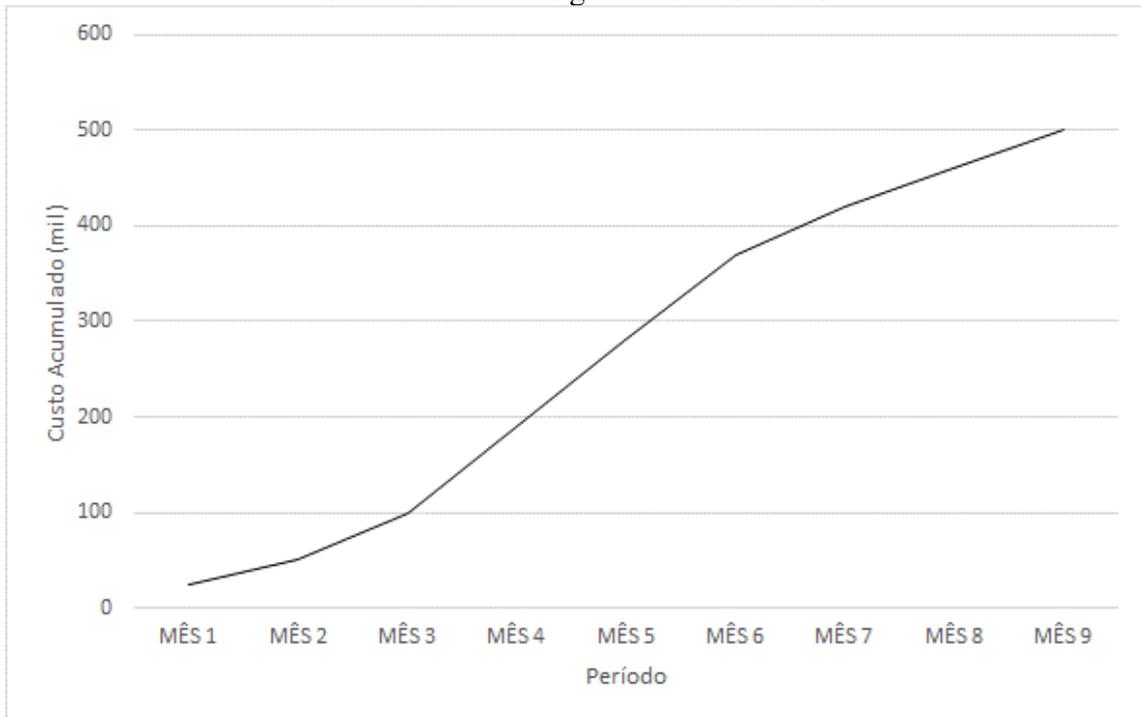


Fonte: Elaborado pela autora.

A evolução de um projeto de construção civil geralmente apresenta um comportamento lento no início, acelerando no meio do projeto e decrescendo novamente para o final, sendo representada assim pela curva de Gauss que é obtida a partir do cronograma. A partir do acumulado da curva de Gauss é possível obter a curva S de evolução do projeto, esse gráfico permite o acompanhamento do avanço das atividades e pode ser apresentado em função do trabalho (homem-hora) ou custo (dinheiro).

A curva S é de fácil interpretação, é aplicável tanto a projetos simples quanto a extensos e independe do tamanho do projeto. Apresenta todo o desenvolvimento do projeto, permitindo a visualização do trabalho ou custo acumulado em qualquer fase, sendo empregada inclusive para acompanhamento do previsto x realizado. O gráfico 1 apresenta um exemplo genérico de curva S de custos, ou avanço econômico.

Gráfico 1 -Modelo genérico de Curva S



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a geração do cronograma, com o início da execução, é necessário que haja um acompanhamento das atividades, verificando se estão sendo executadas de acordo com o previsto no cronograma, tomando medidas corretivas caso haja algum incidente no decorrer da obra e atualizando o cronograma se necessário.

O acompanhamento físico da obra no campo e a atualização do realizado no cronograma é fundamental pois podem acontecer imprevistos como greves, acidentes e atrasos de material, ou fatores já estimados, como chuvas e cheias que alteram as datas de início e término das atividades. Outros fatores que podem alterar o cronograma são alterações nos projetos de execução, na sequência executiva de atividades ou no método construtivo de algum serviço.

O planejamento inicial é chamado de linha de base e representa o consenso da equipe executora da obra, sendo o referencial válido e de uso comum para comparação com o realizado, prestando como base para identificação de atrasos e adiantamentos. A expectativa é que a obra seja executada o mais próximo possível da linha de base, e é acompanhando em campo os serviços, que o gestor pode se antever aos fatos e tomar medidas preventivas para que as atividades não se afastem muito do previsto.

O cronograma finalizado e aprovado é a linha de base que será usada no processo Controlar o cronograma. À medida que as atividades do projeto são desenvolvidas, a maior parte do esforço na área de conhecimento de gerenciamento do tempo do projeto ocorrerá no processo Controlar o cronograma, visando assegurar o término pontual do trabalho do projeto. (PMBOK, 2015, p. 142)

Caso, durante a execução da obra, perceba-se que a linha de base não corresponde à realidade, apresentando desvios muito graves, como escopo incompleto ou incorreto, e equívocos de durações e lógica, a linha de base pode ser redefinida. Mas é importante manter arquivada a linha de base inicial para posterior avaliação dos erros.

Para acompanhamento do cronograma, primeiramente faz-se a apropriação dos serviços em campo, ou seja, a aferição do avanço das atividades. É a evolução da obra até a data de status que será comparado com o previsto na linha de base.

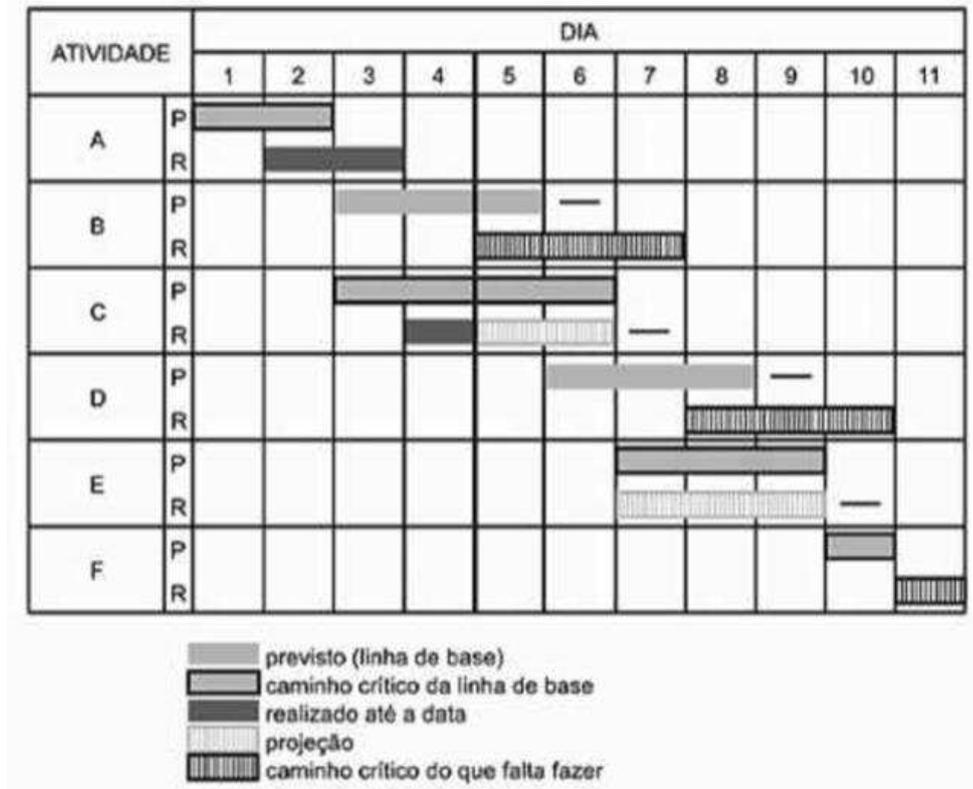
Essa apropriação pode ser realizada a partir de unidades físicas (m³, kg, m), percentual de execução, marcos ponderados ou por data de entrega, dependendo do tipo de serviço e da facilidade de acompanhamento. De acordo com a necessidade de atualização do planejamento, apropria-se dados como: data real de início e término da atividade; percentual concluído da atividade; tempo necessário para a conclusão da atividade; e total de homem-horas consumidas.

Gráficos de acompanhamento da obra devem ser divulgados a todos os envolvidos com o projeto para que tenham conhecimento da evolução da obra e do que é necessário para perseguir os objetivos inicialmente estipulados.

Com a apropriação das atividades, faz-se a atualização do planejamento. Nesta etapa o cronograma é recalculado de acordo com o saldo a executar, podendo inclusive alterar o caminho crítico. Uma forma de atualização do cronograma é com base na quantidade de tempo que ainda será necessário para a conclusão da atividade, ou seja, a “duração remanescente”, assim, dependendo da produtividade real da equipe, a atividade em execução pode apresentar uma duração remanescente maior ou menor que a prevista na linha de base, sendo necessário verificar qual a data de conclusão mais provável.

Na Figura 8 tem-se um exemplo mostrando a atualização do cronograma com base na duração remanescente. Nele pode-se visualizar a linha de base com as datas de início e término previstas de cada atividade, as datas reais de início, o percentual de execução das atividades e a projeção de cada uma.

Figura 8 - Exemplo de atualização do cronograma



Fonte: Mattos, 2010, p. 302.

Com essas informações atualizadas no cronograma, faz-se a interpretação do desempenho, avaliando-se a tendência de adiantamento ou atraso da obra e se os desvios são pontuais ou sinalizam algo permanente. É importante avaliar a alteração do caminho crítico, pois, se houve atraso em uma atividade não crítica, consumindo toda sua folga, esta passa a compor o caminho crítico, havendo a necessidade de mudar o ponto de atenção da equipe para não atrasar o término da obra.

Dependendo da obra, o cronograma pode ter duração de anos, gerando a necessidade de realizar programações de longo, médio e curto prazos para acompanhamento do projeto. A programação inclui atividades que serão realizadas em um determinado período e deve ser apresentada em reuniões de acompanhamento, pois é a programação que define o que será executado, quem é o responsável e quais os recursos necessários.

O nível de detalhamento da programação é baseado no nível hierárquico das pessoas a quem será apresentada e na dimensão da tomada de decisão que auxiliará. As programações de longo, médio e curto prazo correspondem respectivamente aos níveis estratégico, tático e operacional da organização. Para a diretoria da empresa por exemplo, interessa analisar a programação de longo prazo, geralmente apresentada em meses e com itens mais genéricos, sinalizando as datas-marco mais importantes.

A programação de médio prazo contém mais detalhes, é apresentada geralmente em semanas, e auxilia os gerentes da empresa na aquisição de equipamentos e materiais bem como na contratação e treinamento de pessoal. A programação de curto prazo é detalhada em dias e auxilia o engenheiro de execução, o mestre e os encarregados da obra na execução das atividades.

A partir da programação de curso prazo avalia-se o percentual da programação concluído (PPC) que é a razão entre a quantidade de atividades concluídas e a quantidade de atividades planejadas para um determinado período. Esse percentual indica a eficiência do planejamento, caso o PPC apresente valores muito abaixo ou muito acima de 100%, é provável que as produtividades estimadas ou a duração das tarefas sejam equivocadas.

É imprescindível que a análise desse índice seja discutida com os envolvidos na execução das atividades, como mestres, técnicos e encarregados, observando as causas dos desvios. Essas causas podem estar relacionadas a alguma alteração ou erro de projetos; à falta de material; à dificuldade com mão de obra, como baixa produtividade ou absenteísmo; à falta de manutenção de equipamentos; a condições adversas no ambiente de trabalho, como condições meteorológicas ou falta de frente de serviço; ou a erros na programação.

Com esse acompanhamento e análise das causas mais recorrentes, o gerente da obra pode tomar decisões para reduzi-las ou eliminá-las.

2.9 LINHA DE BALANÇO

Também conhecida por “diagrama espaço-tempo”, a linha de balanço é uma técnica de planejamento criada para projetos com atividades repetitivas. Esse tipo de projeto é muito comum na construção civil, tem-se como exemplo, conjuntos habitacionais, estradas, redes de água/esgoto e edifícios altos, pois nesses casos, certos serviços possuem ocorrência periódica.

Diferente do cronograma, a linha de balanço é um gráfico com barras inclinadas que sinalizam os serviços a serem executados, o eixo horizontal representa as datas do cronograma e o eixo vertical as unidades em que esses serviços serão executados. A espessura da barra equivale à duração da atividade no local indicado, e a inclinação da barra aponta o ritmo da execução, quanto maior o ângulo de inclinação, mais rápido o serviço é executado. Na Figura 9 tem-se um exemplo de linha de balanço.

Figura 9 - Modelo de Linha de Balanço

TRECHO	DIA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T7							Equipe 1			
T6					Equipe 2					
T5					Equipe 1					
T4			Equipe 2							
T3		Equipe 1								
T2	Equipe 2									
T1	Equipe 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	DIA									

Fonte: Mattos, 2010, p. 397.

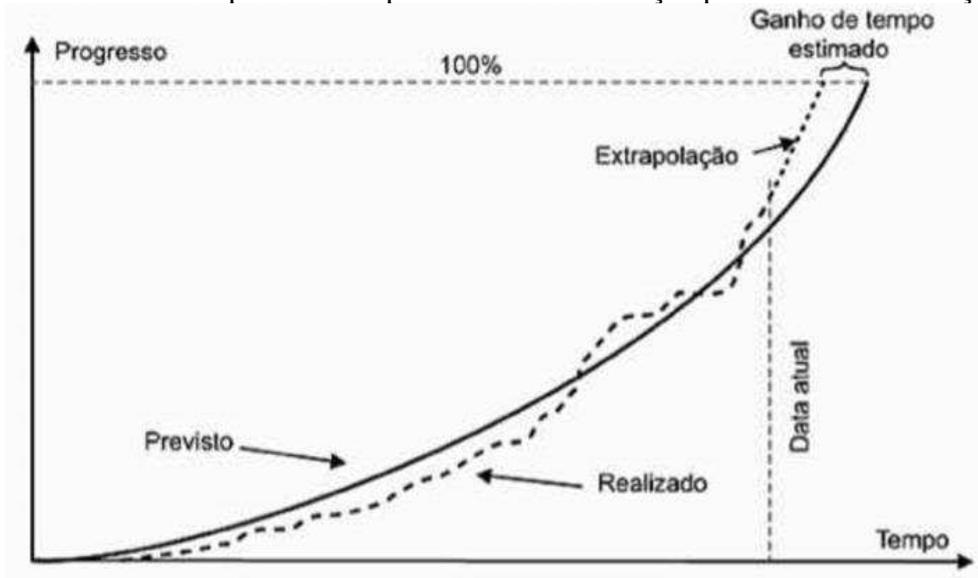
Com essas informações define-se a produtividade desejada, admitindo-se a quantidade de mão de obra necessária para realizar o serviço no prazo estabelecido. Esse tipo de gráfico facilita a visualização dos serviços de diferentes produtividades, permitindo a fácil programação de pessoas, equipamentos e materiais, pois sinaliza quando um serviço libera a frente de trabalho para outro.

Como as atividades tem ritmos diferentes, é importante garantir o balanceamento entre elas, visto que acelerar uma atividade não significa necessariamente diminuir o prazo do projeto e as vezes pode ser inviável uma grande quantidade de recursos para uma atividade. Logo, para traçar o ritmo de cada serviço é necessário analisar o ritmo das atividades predecessoras.

Caso a produtividade do serviço seja maior que o da sua atividade sucessora, este poderá iniciar imediatamente ao término da primeira unidade ser concluída, já se a produtividade for menor, é necessário analisar quantos dias é necessário entre o início das duas atividades para que não haja o cruzamento das barras no gráfico, pois isso sinaliza que a sucessora ficará sem frente de serviço para ser executada. Deve-se nesse caso estabelecer uma data em que a última unidade inicie logo em seguida da última unidade da sua predecessora.

Pela linha de balanço também é possível acompanhar os serviços realizados, analisando se estão conforme o previsto (quando a linha do realizado coincide com o previsto), adiantados (linha do realizado acima da linha do previsto) ou atrasados (linha do realizado abaixo da linha do previsto). Como representado no gráfico 2.

Gráfico 2 - Exemplo de acompanhamento de serviços pela Linha de Balanço



Fonte: Mattos, 2010, p. 399.

2.10 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO PROJETO

A análise do valor agregado ou *earned value analysis* - EVA é uma técnica de avaliação de desempenho de empreendimentos que integra os dados de tempo e custo do projeto permitindo as análises de variância e tendências. O método permite a comparação entre os custos previsto e realizado para avaliar o desempenho do trabalho.

De acordo com Mattos (2010), “Pela relação entre o valor agregado e o valor planejado do trabalho em um dado período, pode-se obter um controle mais preciso que o obtido com base em registros de gastos em prazos isolados”. Com essa avaliação é possível identificar, por exemplo, se um serviço está custando mais que o previsto, ou se o projeto está adiantado.

O valor previsto (VP) é o custo orçado relacionado ao trabalho planejado para determinado período, obtido no orçamento da obra. O valor agregado (VA) é o custo orçado relacionado ao trabalho realizado nesse determinado período. O custo real (CR) é quanto realmente custou o trabalho realizado. Com base nesses valores, é possível analisar as variações entre esses custos e os prazos relacionados a eles.

A variação de custo (VC) é a diferença entre o valor agregado e o custo real, representando o desempenho de custo do projeto, pois compara quanto custou determinado serviço e quanto deveria ter custado.

Para VC com valores positivos, observa-se uma economia nos custos do projeto, ou seja, foi gasto valor menor que o previsto para realizar determinado trabalho, nesse caso, deve-se identificar a fonte de ganho e manter o ritmo do trabalho. Quando o valor de VC é igual a

zero, significa que o projeto está dentro do orçamento previsto. E caso VC apresente valores negativos, nota-se certo prejuízo referente à atividade, tendo em vista que foi gasto mais que o previsto para realização do trabalho, assim, deve-se identificar a fonte de perda, tomar medidas de prevenção para futuras perdas e corrigir o ritmo inadequado.

A variação de prazo ou variação de progresso (VPr) é a diferença entre o valor agregado e o valor previsto, comparando a quantidade de trabalho produzido com a quantidade planejada em determinado período.

Quando VPr apresenta valores positivos, conclui-se que o projeto está adiantado e deve-se identificar a fonte de ganho e manter o ritmo de trabalho. Para VPr igual a zero, tem-se que o projeto está dentro do prazo estipulado. Já quando VPr for menor que zero, o projeto está atrasado e é necessário identificar a fonte de perda, tomar medidas de prevenção para futuras perdas e corrigir o ritmo inadequado.

O índice de desempenho de custo (IDC) é a razão entre o valor agregado e o custo real do projeto, representando o percentual do valor agregado no custo real. Quando o IDC é maior que 1, o custo real do trabalho realizado foi menor que o previsto em orçamento. Se o IDC é igual a 1, o trabalho realizado está dentro do orçamento, mas se o IDC apresentar valores menores que 1, conclui-se que o trabalho realizado foi mais caro que o previsto.

O índice de desempenho de prazo (IDP) é a razão entre o valor agregado e o valor previsto do projeto, representando o percentual do valor agregado no valor previsto. Quando IDP é maior que 1, percebe-se que foi realizado mais trabalho que o previsto. Para IDP igual a 1, conclui-se que o projeto está dentro do prazo estipulado, e quando IDP for menor que 1, percebe-se um atraso no projeto.

A seguir o resumo das fórmulas tratadas:

$$VC = VA - CR$$

$$VPr = VA - VP$$

$$IDC = \frac{VA}{CR}$$

$$IDP = \frac{VA}{VP}$$

3 ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA

A obra objeto deste estudo de caso é o conjunto habitacional II com área total do lote de 100.454,96 m² e está situada no município de São José de Ribamar/MA, como mostra a Figura 10. O condomínio é composto por 413 lotes de 160,00 m² de área total, 48,59 m² de área construída e 01 vaga de estacionamento; área de lazer com piscina adulto e infantil, campo de futebol, quadra poliesportiva, salão de festas e *playground*; guarita; e estacionamento para visitantes com 03 vagas. O projeto inclui ainda rede coletora de esgoto, rede de distribuição de água, rede de drenagem e pavimentação. No entanto, o estudo de caso foi limitado à construção das unidades residenciais.

Os imóveis são de padrão médio com acabamento simples, com varanda, sala de estar/jantar, 02 dormitórios, banheiro social, cozinha e área de serviço. A fundação executada nas 413 unidades habitacionais foi em radier; a alvenaria de vedação em tijolo cerâmico (0,14x0,19x0,19 m); a cobertura em estrutura de madeira e telha cerâmica; e acabamento com piso cerâmico, revestimento de gesso em áreas secas, revestimento cerâmico em áreas molhadas e forro de PVC; as esquadrias utilizadas foram de alumínio para áreas externas e madeira para as portas internas. Das 413 casas construídas, 13 foram adaptadas para pessoas com deficiência física.

Figura 10 - Localização da obra



Fonte: Google Earth, 2017.

A equipe de execução foi composta por 01 engenheiro executivo, 01 mestre de obras, 02 auxiliares técnicos e 05 encarregados. O quadro de operários possuía em média 200 funcionários, dentre eles, pedreiros, serventes, carpinteiros, eletricitas, bombeiros hidráulicos, gesseiros, montadores e outras funções que variaram de acordo com os serviços executados em cada período.

A equipe administrativa era integrada por 01 almoxarife, 01 auxiliar de almoxarifado, 02 auxiliares administrativos, 01 técnico de segurança, 01 estagiário, 03 jovens aprendizes, 01 ferramenteiro e 03 vigias.

3.2 PLANEJAMENTO PROPOSTO

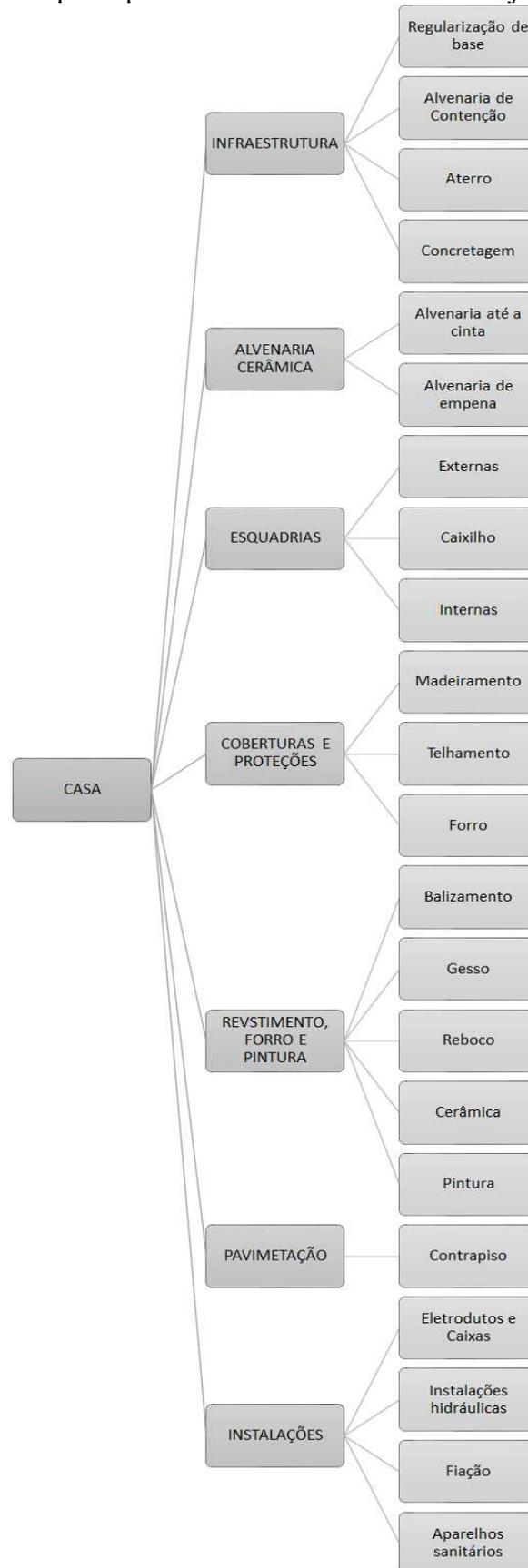
3.2.1 *Identificação das atividades, definição das durações e precedências*

A identificação das atividades foi realizada a partir da análise dos projetos, dos serviços executados na obra anterior e da Planilha de Levantamento de Serviços Executados (PLS) utilizada pela CEF como forma de medição.

Foram desmembradas as atividades com duração superior a 10 dias, e os serviços com durações inferiores a 01 dia foram agrupados em tarefas maiores, exceto “execução de fiação”, “assentamento de esquadrias externas”, “aplicação de forro” e “assentamento de louças e aparelhos sanitários”, com duração de 0,5 dia cada um, tendo em vista a necessidade do acompanhamento dessas atividades e a alta produtividade, mesmo considerando a menor equipe possível.

A EAP proposta é apresentada nas figuras 11 e 12. A estrutura em gráfico agrupa as atividades conforme os subitens da PLS (Figuras 13, 14 e 15), no entanto, para facilitar o acompanhamento do cronograma, optou-se por estruturar as atividades por ordem de execução.

Figura 11 – Proposta para a Estrutura Analítica do Projeto (formato 1)



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 - Proposta para a Estrutura Analítica do Projeto (formato 2)

Nome da tarefa
CONJUNTO HABITACIONAL II
UND 01
Reguralização de base para radier
Alvenaria de Contenção
Aterro, Instalações e Reaterro do plator
Concretagem de Radier
Alvenaria até a cinta
Alvenaria de empena
Estrutura de madeira
Cobertura com telha
Balizamento/ Mestramento
Instalações Elétricas (tubos e caixas)
Instalações hidráulicas (tubos e testes)
Caixilho
Gesso
Reboco e emboço
Contrapiso
Piso e revestimento cerâmico
Esquadrias externas
Fiação
Esquadrias internas
Forno de PVC
Aparelhos e louças
Pintura

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13 - Modelo da Planilha de Levantamento de Serviços Executados

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE SERVIÇOS EXECUTADOS - EMPREENDIMENTOS (HABITAÇÃO)												
EMPREENDIMENTO: CONJUNTO HABITACIONAL - MÓDULO 01												
LOCALIZAÇÃO: SÃO JOSÉ DE RIBAMAR												
PROPONENTE:												
TABELA DE PAGAMENTOS												
Item e Subitem	Discriminação do Evento	Incidência (%)	Quantidade de Pavto.	Unid.	Q13					Q16 - 1/2		
					casa 1 a 3	casa 4 a 6	casa 7 a 9	casa 10 a 12	casa 13 a 15	casa 16 a 18	casa 19 a 21	casa 22 a 24
1	SERVIÇOS PRELIMINARES, GERAIS E ADMINISTRAÇÃO OBRA											
1.1	Raspagem e Limpeza manual do terreno	3,06	85	mês								
1.2	Locação da Obra	2,31	85	unid.								
2	INFRAESTRUTURA											
2.1	Escavação Manual de Valas < 1 Mts para Radier. (Contenção)	0,04	85	unid.								
2.2	Regularização de Base Para Radier	0,72	85	unid.								
2.3	Alvenaria de Contenção em Tijolos Estrutural de 1/2 vez - Esp. 9cm	0,70	85	unid.								
2.4	GROUT para Alvenaria Estrutural de Concreto	0,01	85	unid.								
2.5	Forma Comum Para Radier	0,09	85	unid.								
2.6	Lona Plástica para Fundo Radier	0,07	85	unid.								
2.7	Armadura com Tela Soldada TQ75	0,48	85	unid.								
2.8	Concreto Estrutural Fck = 25MPa em Fundação Tipo Radier - Esp. 7cm	1,88	85	unid.								
3	SUPRAESTRUTURA											

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2016.

Figura 14 - Itens 1 a 5 da Planilha de Levantamento de Serviços Executados

1 SERVIÇOS PRELIMINARES, GERAIS E ADMINISTRAÇÃO OBRA		
1.1		Raspagem e Limpeza manual do terreno
1.2		Locação da Obra
2 INFRAESTRUTURA		
2.1		Escavação Manual de Valas < 1 Mts para Radier. (Contenção)
2.2	T.Terra	Regularização de Base Para Radier
2.3	Radier	Alvenaria de Contenção em Tijolos Estrutural de 1/2 vez - Esp. 9cm
2.4		GROUT para Alvenaria Estrutural de Concreto
2.5		Forma Comum Para Radier
2.6		Lona Plástica para Fundo Radier
2.7		Armadura com Tela Soldada TQ75
2.8		Concreto Estrutural Fck = 25MPa em Fundação Tipo Radier - Esp. 7cm
3 SUPRAESTRUTURA		
3.1	Pilaretes	Forma Madeira Compens. Resin.Esp. 12mm
3.2		Treliça Metálica TG8m Gerdau
3.3		Concreto Estrutural Fck = 25MPa - (Preparo)
3.4		Concreto Estrutural Fck = 25MPa - (Lançamento)
3.5	Cinta Superior	Canaleta tijolo ceramico 14cm
3.6		Armadura CA50 Ø 8.0mm.
3.5		Armadura CA50 Ø 10.0mm.
3.6		Concreto Estrutural Fck = 25MPa - (Preparo)
3.7		Concreto Estrutural Fck = 25MPa - (Lançamento)
3.8	Madeira	Estrutura de Madeira p/ Caixa D'água - Esp. 13 cm
4 ALVENARIA CERÂMICA, VERGAS E CONTRAVERGAS		
4.1	Alv.	Alvenaria Com Tijolo Cerâmico
4.2		Alvenaria de Empena Com Tijolo Cerâmico
4.3	verg e contr.	Forma Madeira Compens. Resin. Esp. 12mm
4.4		Concreto Estrutural Fck = 25 MPa - (Preparo)
4.5		Concreto Estrutural Fck = 25 MPa - (Lançamento)
4 ESQUADRIAS METÁLICAS E MADEIRAS		
4.1	Metálicas	Janela em Alumínio e Vidro 1.20 x 1.10m Completa - (Quartos)
4.2		Janela em Alumínio e Vidro 0.60 x 1.50m Completa - (Sala)
4.3		Basculante em Alumínio e Vidro 0.50 x 1.00m Completo - (Cozinha)
4.4		Basculante em Alumínio e Vidro 0.50 x 0.50m Completo - (WC)
4.5		Porta em Alumínio e Vidro 0,80 x 2,10m completa - (Sala e Cozinha)
4.4	Madeira	Porta em Compensado 0.80 x 2.10m Completa Inc. Ferragens - (Quartos)
4.4		Porta em Compensado 0.70 x 2.10m Completa Inc. Ferragens - (Quartos)
4.5		Porta em Compensado 0.60 x 2.10m Completa Inc. Ferragens - (WC)
5 COBERTURAS E PROTEÇÕES		
5.1	Telhados	Estrutura Telhado de Madeira
5.2		Cobertura c/ Telha Cerâmica Tipo Capa / Canal
5.3		Emboçamento Lateral (Oitões)
5.4		Emboçamento de Beiral
5.5		Forro em Placa de PVC
5.6		Tabeira Larg 15cm
5.7		Rufo
5.8		Pingadeira ou chapim de concreto

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2016.

Figura 15 - Itens 6 a 8 da Planilha de Levantamento de Serviços Executados

6 REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO, FORRO E PINTURA		
6.1	Revestimentos de Parede	Chapisco Comum
6.2		Gesso em Paredes Internas
6.3		Reboco em Paredes Externas
6.4		Reboco em Paredes Internas - (WC e Cozinha)
6.5		Emboço de Paredes
6.6		Revestimento Cerâmico 30 x 30cm rejuntada P/ WC e Cozinha - (h = 1.80m).
6.7		Revestimento Cerâmico 30 x 30cm rejuntada P/ Tanque De Lavar - (h = 1.50m).
6.8		Impermeabilização c/ pint. hidrofugante c/ solução de silicone - (h=0,60 cm)
6.9		Moldura feita com reboco, com argamassa 1:6, cimento e areia, esp. 20mm
6.10	Pinturas	Pintura PVA 2 Demãos Sobre Paredes Internas
6.11		Pintura Textura Acrílica Sobre Paredes Internas
6.12		Pintura Textura Acrílica Sobre Paredes Externas
6.13		Pintura Verniz Em Esquadrias De Madeira
6.14		Pintura Textura Acrílica Sobre a Moldura Externas
7 PAVIMENTAÇÃO, SOLEIRAS E PEITORIS		
7.1	Revesti. E Piso	Contrapiso Em Argamassa 1:4 Esp = 4cm aplicado sobre Radier
7.2		Piso Cerâmico 30 x 30cm Rejuntado c/ Cimento Branco
7.3		Piso Intertravado - Entrada da Casa - 0,80 x 0,50cm
7.4	Soleira, Rodapé e Filete	Rodapé de Cerâmica - 15 cm
7.5		Peitoril em Granito
7.6		Filete de Mármore Branco Larg. 3cm
8 INSTALAÇÕES (Elétrica, telefone, água e esgoto) E APARELHOS		
8.1	Instalações Elétricas	Tomadas e Interruptores
8.2		Caixa de PVC
8.3		Caixa de Medição
8.4		Quadro Geral
8.5		Cabo Flexível 1,5 / 2,5 / 4 / 6 mm ²
8.6		Disjuntor
8.7		Eletroduto
8.8		Luminárias
8.9	Telefone	Tomada para Telefone 4P
8.10		Caixa de PVC 4 x 2"
8.11		Eletroduto PVC Rígido ø 25mm
8.12		Cabo Telefônico tipo CCE - APL 0,50mm - 2 Pares
8.13	Interfone	Tomada para Interfone 4P
8.14		Caixa de PVC 4 x 2"
8.15		Cabo Telefônico tipo CCE - APL 0,50mm - 2 Pares
8.16		Eletroduto PVC Rígido ø 25mm
8.17	TV	Tomada de Antena Coletiva - TV
8.18		Caixa de PVC 4 x 2" para tomada de antena coletiva
8.19		Eletroduto PVC Rígido ø 20mm
8.20	Instalações Hidráulicas	Tubos
8.21		Adaptador Caixa D'água
8.22		Conexões
8.23		Caixa d'água e Bóia
8.24		Registros
8.25	Esgotos e Águas Pluviais	Tubos
8.26		Caixa Sinfonada
8.27		Conexão e Vedação
8.28	Caixas de Gordura/Inspeção/Sabão	
8.29	Aparelhos e Louças	Bancada/Pia/Tanque
8.30		Vaso Sanitário c/ Caixa de Descarga Acoplada - Completo
8.31		Barra de Apoio p/ WC PNE / Banco Articulado p/área do chuveiro 0.70 x 0.45 cm
8.32		Chuveiro PVC e Kit Porta papel Higiênico, saboneteira e porta toalha em plástico

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2016.

As durações das atividades foram obtidas a partir da observação e apontamento dos serviços já executados pelos operários no conjunto habitacional I. Como não há a disponibilização do orçamento detalhado da obra para o engenheiro executivo, os índices e produtividades dos serviços foram calculados no canteiro, de acordo com o acompanhamento das equipes ao longo da execução da obra.

Para facilitar a atualização e acompanhamento do cronograma, considerou-se a unidade básica de 3 casas, tomando como base a PLS. Dessa forma, o cronograma apresentou o total de 138 unidades, sendo 137 representando 3 casas e 1 representando 2 casas, em um total de 413 casas.

A data de início da obra foi imposta pela diretoria da empresa, tendo como parâmetro o término de execução do conjunto habitacional I. A duração do cronograma proposto para a etapa de construção das casas foi de 11 meses, não prevendo a construção das áreas de uso comum do condomínio e as obras de infraestrutura.

A partir dos índices de cada serviço, foram calculadas as durações totais de cada atividade e a quantidade de equipes necessária para executar dentro do prazo estipulado. Essas definições de equipes e prazo total de cada atividade podem ser vistas no quadro de durações e recursos na tabela 1. A tabela 2 apresenta a definição das equipes básicas e a tabela 3, as durações de cada unidade (com 3 casas).

Tabela 1 - Quadro Duração-Recursos proposto

ATIVIDADE	UND	QTD	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTD DE EQUIPES
INFRAESTRUTURA							
Regulização de base para radier	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
Alvenaria de Contenção	CASA	413	8,00 h/casa	8	413,00	138	3
Aterro, Instalações e Reaterro do plator	CASA	413	5,33 h/casa	8	275,33	92	3
Concretagem de Radier	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
ALVENARIA CERÂMICA							
Alvenaria até a cinta	CASA	413	32,00 h/casa	8	1652,00	138	12
Alvenaria de empena	CASA	413	16,00 h/casa	8	826,00	69	12
ESQUADRIAS METÁLICAS E MADEIRAS							
Esquadrias externas	CASA	413	8,00 h/casa	8	413,00	92	4
Caixilho	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
Esquadrias internas	CASA	413	4,00 h/casa	8	206,50	103	2
COBERTURAS E PROTEÇÕES							
Estrutura de madeira	CASA	413	12,00 h/casa	8	619,50	155	4
Cobertura com telha	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
Forro de PVC	CASA	413	4,00 h/casa	8	206,50	69	3
REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO, FORRO E PINTURA							
Balizamento/ Mestramento	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
Gesso	CASA	413	16,00 h/casa	8	826,00	138	6
Reboco e emboço	CASA	413	24,00 h/casa	8	1239,00	156	8
Piso e revestimento cerâmico	CASA	413	16,00 h/casa	8	826,00	165	5
Pintura	CASA	413	24,00 h/casa	8	1239,00	83	15
PAVIMENTAÇÃO							
Contrapiso	CASA	413	2,67 h/casa	8	137,67	138	1
INSTALAÇÕES E APARELHOS							
Instalações Elétricas (tubos e caixas)	CASA	413	4,00 h/casa	8	206,50	206	1
Instalações hidráulicas (tubos e testes)	CASA	413	4,00 h/casa	8	206,50	206	1
Fiação	CASA	413	3,20 h/casa	8	165,20	82	2
Aparelhos e louças	CASA	413	3,20 h/casa	8	165,20	82	2

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 - Formação da equipe base da obra

SERVIÇO	Pedreiro	1/2 Pedreiro	Servente	Eletricista	1/2 Eletricista	Bombeiro	1/2 Bombeiro	Carpinteiro	1/2 Carpinteiro	Gesseiro	Montador PVC	Pintor
REGULARIZAÇÃO DE VALA			2									
ALVENARIA DE CONTENÇÃO	2		1									
ATERRO E COMPACTAÇÃO			3									
TUBULAÇÕES ELÉTRICAS - RADIER				1	1							
TUBULAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS - RADIER			1			1						
CONCRETAGEM			3									
ALVENARIA DE VEDAÇÃO	2		1									
MADEIRAMENTO			1					1	1			
TELHAMENTO			1						1			
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA - ISOMÉTRICO			1			1						
INSTALAÇÃO ELÉTRICA - CAIXAS/ELETRODUTOS				1	1							
CHAPISCO			1									
BALIZAMENTO PARA REBOCO	2		1									
EMBOÇO E REBOCO	2		1									
CAMALEÃO		1										
REVESTIMENTO DE GESSO										2		
PISO E REVESTIMENTO CERÂMICO	2		1									
BALIZAMENTO PARA CONTRAPISO	2		1									
CONTRAPISO	2		1									
ESQUADRIAS METÁLICAS	2		1									
CAIXILHO			1					2				
ESQUADRIAS DE MADEIRA			1					2				
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - FIAÇÃO				1	1							
FORRO											2	
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - PIA E LAVATÓRIO	2		1									
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - TANQUE			1			1						
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - VASO			1			1						
PINTURA												1

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3 - Duração das atividades referente a 01 unidade (3 casas)

Nome da tarefa	Duração
UND 01	29 dias
Regularização de base para radier	1 dia
Alvenaria de Contenção	1 dia
Aterro, Instalações e Reaterro	1 dia
Concretagem de Radier	1 dia
Alvenaria até a cinta	4 dias
Alvenaria de empena	2 dias
Estrutura de madeira	1,5 dias
Cobertura com telha	1 dia
Balizamento/ Mestramento	1 dia
Instalações Elétricas (tubos e caixas)	1,5 dias
Instalações hidráulicas (tubos e testes)	1,5 dias
Caixilho	1 dia
Gesso	2 dias
Reboco e emboço	3 dias
Contrapiso	1 dia
Piso e revestimento cerâmico	2 dias
Esquadrias externas	1 dia
Fiação	0,5 dia
Esquadrias internas	0,5 dia
Forro de PVC	0,5 dia
Aparelhos e louças	0,5 dia
Pintura	3 dias

Fonte: Elaborado pela autora.

A definição das dependências foi feita a partir do método construtivo adotado e com base em algumas decisões gerenciais. Podem ser observadas algumas dependências mandatórias, como a concretagem do radier que só pode ser executada após a alvenaria de contenção, o aterro e as instalações. Outras dependências foram arbitradas, por exemplo, a decisão de realizar a fiação após o assentamento das esquadrias externas para evitar roubos.

A tabela 4 apresenta cada atividade com suas respectivas predecessoras.

Tabela 4 – Sequenciação das atividades

	Nome da tarefa	Predecessoras
0	▲ CONJUNTO HABITACIONAL II	
1	▲ UND 01	
2	Regulização de base para radier	
3	Alvenaria de Contenção	2
4	Aterro, Instalações e Reaterro do plator	3
5	Concretagem de Radier	4
6	Alvenaria até a cinta	5
7	Alvenaria de empena	6
8	Estrutura de madeira	7TI+7 diasd
9	Cobertura com telha	8
10	Balizamento/ Mestramento	7
11	Instalações Elétricas (tubos e caixas)	10
12	Instalações hidráulicas (tubos e testes)	10
13	Caixilho	9;10
14	Gesso	13
15	Reboco e emboço	11;12;13
16	Contrapiso	14
17	Piso e revestimento cerâmico	16
18	Esquadrias externas	17
19	Fiação	18
20	Esquadrias internas	18
21	Forro de PVC	19
22	Aparelhos e louças	18
23	Pintura	20;21;22

Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.2 Geração do cronograma, linha de balanço, cálculo de folgas, identificação do caminho crítico e montagem do diagrama de rede

A ferramenta utilizada para realização do cronograma foi o Microsoft Project 2016, obtendo-se de forma prática o diagrama de rede, a identificação do caminho crítico e o cálculo de folgas.

Para a geração do cronograma e da linha de balanço, é necessário primeiramente configurar o calendário do programa de acordo com o calendário da obra, sinalizando os dias de folgas e feriados e a jornada de trabalho de 8 horas diárias e 44 horas semanais. A data inicial do projeto foi 14/09/2015.

Em seguida foram acrescentadas as equipes disponíveis para a execução da obra e seu respectivo custo por hora, montando-se em seguida a EAP com a duração de cada atividade. A duração inserida foi relativa a execução de 1 unidade, referente a 3 casas. A cada atividade

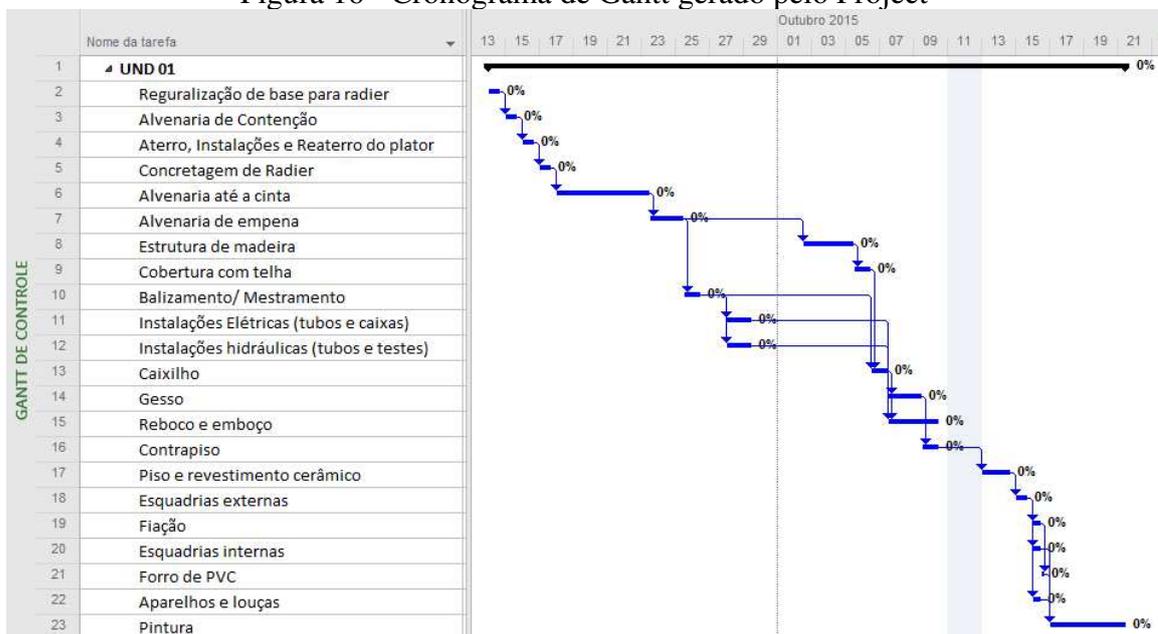
foi atribuída uma predecessora e a quantidade de equipes necessárias para execução no prazo estipulado.

A partir desses dados, o programa fornece a data de início e término de cada atividade em cada unidade; a data de término do projeto completo (17/08/2016); a margem de atraso permitida (folga livre) e a margem de atraso total (folga total) de cada atividade; e as atividades que pertencem ao caminho crítico (sinalizadas em vermelho).

Então é possível visualizar o gráfico de Gantt (figura 16) que pode ser atualizado conforme as atividades sejam executadas; os tempos de folgas para cada atividade (tabela 5); a linha de balanço (figura 17) que permite acompanhar o serviço na data e na unidade em que está sendo executado; e o diagrama de rede (figuras 18 e 19) com as ligações entre as tarefas e o destaque do caminho crítico.

Além disso, pode-se obter a curva S (gráfico 3) de trabalho com os valores acumulados do projeto a cada trimestre; as equipes necessárias a cada mês (tabela 6); e o custo com mão de obra mensal (tabela 7).

Figura 16 - Cronograma de Gantt gerado pelo Project



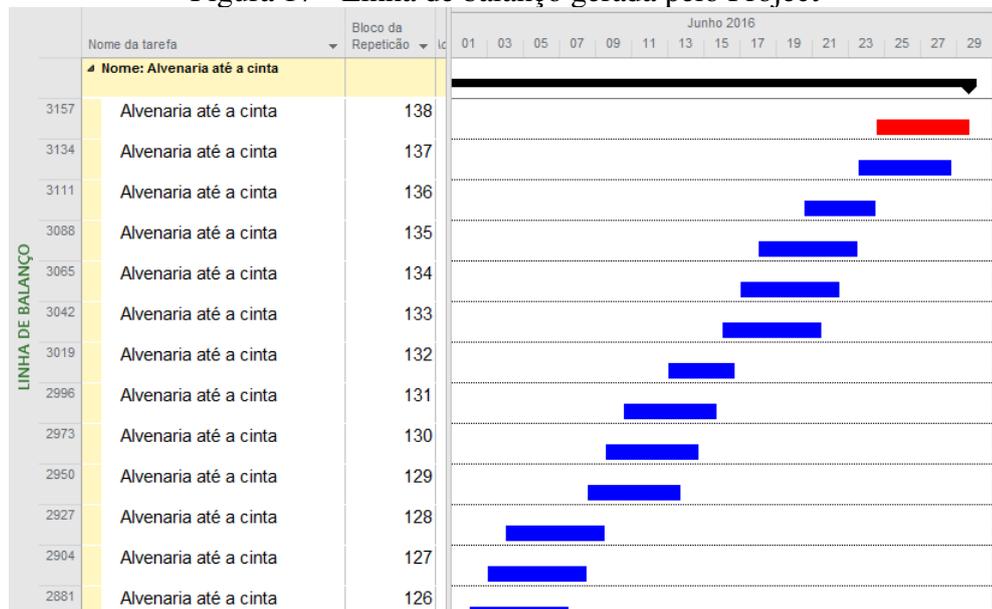
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5 - Folga total e folga livre das atividades

Nome da tarefa	Margem de atraso permitida	Margem de atraso total
UND 01	222 dias	222 dias
Regularização de base para radier	0 dias	222 dias
Alvenaria de Contenção	0 dias	222 dias
Aterro, Instalações e Reaterro	0 dias	222 dias
Concretagem de Radier	0 dias	222 dias
Alvenaria até a cinta	0 dias	222 dias
Alvenaria de empena	0 dias	222 dias
Estrutura de madeira	0 dias	222 dias
Cobertura com telha	0 dias	222 dias
Balizamento/ Mestramento	0 dias	229 dias
Instalações Elétricas (tubos e caixas)	6,5 dias	235,5 dias
Instalações hidráulicas (tubos e testes)	6,5 dias	235,5 dias
Caixilho	0 dias	222 dias
Gesso	0 dias	222 dias
Reboco e emboço	229 dias	229 dias
Contrapiso	0 dias	222 dias
Piso e revestimento cerâmico	0 dias	222 dias
Esquadrias externas	0 dias	222 dias
Fiação	0 dias	222 dias
Esquadrias internas	0,5 dias	222,5 dias
Forro de PVC	0 dias	222 dias
Aparelhos e louças	0,5 dias	222,5 dias
Pintura	222 dias	222 dias

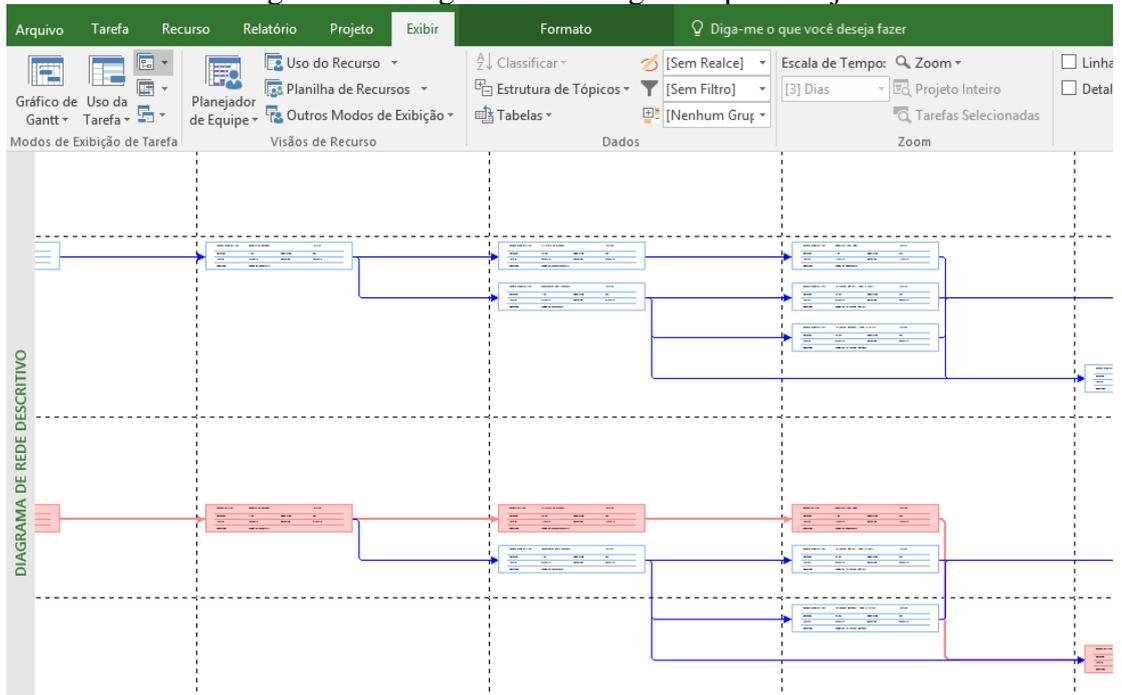
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 - Linha de balanço gerada pelo Project



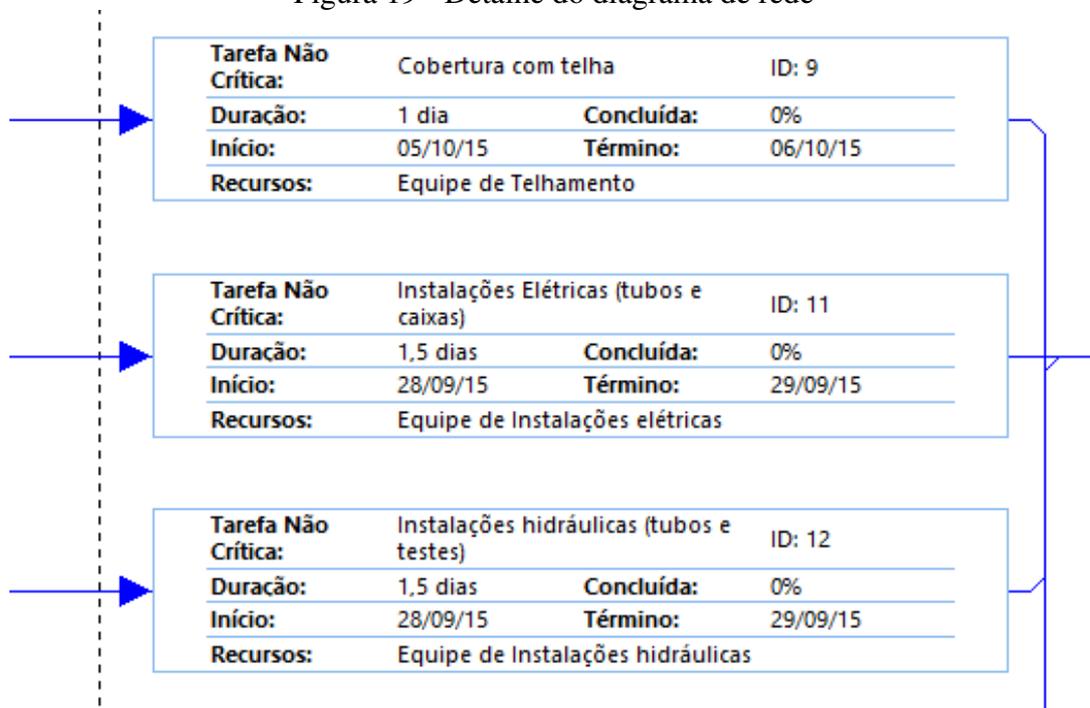
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18 - Diagrama de rede gerado pelo Project



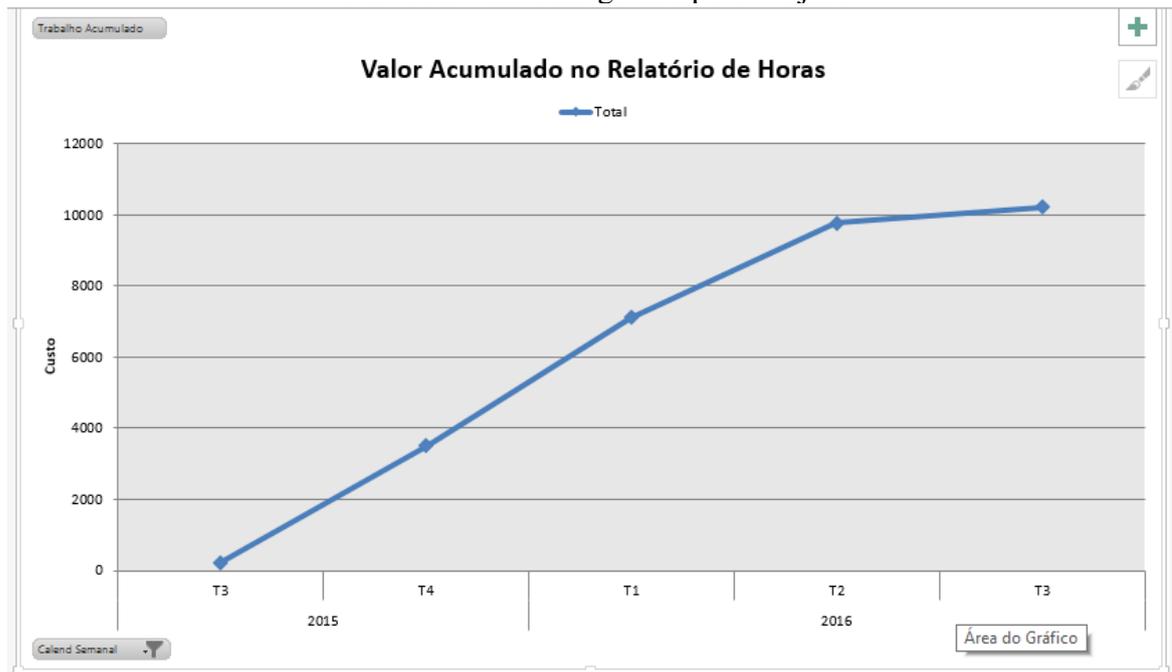
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19 - Detalhe do diagrama de rede



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 3 - Curva S gerada pelo Project



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 6 - Programação mensal de equipes e dias trabalhados

Nome do recurso	Trabalho	Detalhes	Tri 4/2015					Tri 1/2016	
			Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	
Equipe de Concretagem	138 dias	Trab.	11d	23,5d	22d	18,5d	22,5d	20d	
		Unid. pico	1	1	1	1	1	1	
Equipe de Alvenaria	2.484 dias	Trab.	102d	282d	264d	222d	270d	240d	
		Unid. pico	12	12	12	12	12	12	
Equipe de Esquadrias externas	414 dias	Trab.		27d	37,5d	36d	40,5d	37,5d	
		Unid. pico		3	3	3	3	3	
Equipe de Caixilho	138 dias	Trab.		13d	15d	12d	15d	13,5d	
		Unid. pico		1	1	1	1	1	
Equipe de Esquadrias internas	138 dias	Trab.		9d	12d	12d	14d	12d	
		Unid. pico		2	2	2	2	2	
Equipe de Madeiramento	621 dias	Trab.		66d	66d	55,5d	67,5d	60d	
		Unid. pico		3	3	3	3	3	
Equipe de Telhamento	138 dias	Trab.		14d	14,5d	12,5d	15d	13d	
		Unid. pico		1	1	1	1	1	
Equipe de Forro	207 dias	Trab.		12d	19,5d	16,5d	21d	19,5d	
		Unid. pico		3	3	3	3	3	
Equipe de Balizamento	138 dias	Trab.	4d	15,5d	14d	12,5d	14,5d	14d	
		Unid. pico	1	1	1	1	1	1	
Equipe de Gesso	828 dias	Trab.		73,5d	87d	75d	90d	79,5d	
		Unid. pico		6	6	6	6	6	
Equipe de Reboco	1.242 dias	Trab.		106,5d	132d	111d	135d	120d	
		Unid. pico		6	6	6	6	6	
Equipe de Cerâmica	828 dias	Trab.		60d	78d	70,5d	82,5d	73,5d	
		Unid. pico		6	6	6	6	6	
Equipe de Pintura	1.242 dias	Trab.		64,5d	111d	102d	129d	115,5d	
		Unid. pico		6	6	9	9	9	
Equipe de Contrapiso	138 dias	Trab.		11d	15d	12d	15d	13,5d	
		Unid. pico		1	1	1	1	1	

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 7 - Custo mensal de mão de obra

Nome do recurso	Trabalho	Detalhes	Tri 4/2015				Tri 1/2016
			Out	Nov	Dez	Jan	Fev
▷ Equipe de Regularização	138 dias	Unid. pico	1	1	1	1	1
		Custo	R\$ 1.458,28	R\$ 1.374,56	R\$ 1.155,88	R\$ 1.405,80	R\$ 1.249,60
▷ Equipe de Contenção	414 dias	Unid. pico	3	3	3	3	3
		Custo	R\$ 8.450,00	R\$ 7.920,00	R\$ 6.660,00	R\$ 8.100,00	R\$ 7.200,00
▷ Equipe de Aterro	276 dias	Unid. pico	2	2	2	2	2
		Custo	R\$ 4.406,72	R\$ 4.125,44	R\$ 3.469,12	R\$ 4.219,20	R\$ 3.750,40
▷ Equipe de Concretagem	138 dias	Unid. pico	1	1	1	1	1
		Custo	R\$ 2.203,36	R\$ 2.062,72	R\$ 1.734,56	R\$ 2.109,60	R\$ 1.675,20
▷ Equipe de Alvenaria	2.484 dias	Unid. pico	12	12	12	12	12
		Custo	R\$ 33.840,00	R\$ 31.680,00	R\$ 26.640,00	R\$ 32.400,00	R\$ 28.800,00
▷ Equipe de Esquadrias externas	414 dias	Unid. pico	3	3	3	3	3
		Custo	R\$ 3.240,00	R\$ 4.500,00	R\$ 4.320,00	R\$ 4.860,00	R\$ 4.500,00
▷ Equipe de Caixaão	138 dias	Unid. pico	1	1	1	1	1
		Custo	R\$ 1.560,00	R\$ 1.800,00	R\$ 1.440,00	R\$ 1.800,00	R\$ 1.620,00
▷ Equipe de Esquadrias internas	138 dias	Unid. pico	2	2	2	2	2
		Custo	R\$ 1.080,00	R\$ 1.440,00	R\$ 1.440,00	R\$ 1.680,00	R\$ 1.440,00
▷ Equipe de Madeiramento	621 dias	Unid. pico	3	3	3	3	3
		Custo	R\$ 7.170,24	R\$ 7.170,24	R\$ 6.029,52	R\$ 7.333,20	R\$ 6.518,40
▷ Equipe de Telhamento	138 dias	Unid. pico	1	1	1	1	1
		Custo	R\$ 899,36	R\$ 931,48	R\$ 803,00	R\$ 963,60	R\$ 835,12
▷ Equipe de Forro	207 dias	Unid. pico	3	3	3	3	3
		Custo	R\$ 1.064,64	R\$ 1.730,04	R\$ 1.463,88	R\$ 1.863,12	R\$ 1.730,04
▷ Equipe de Balizamento	138 dias	Unid. pico	1	1	1	1	1
		Custo	R\$ 1.860,00	R\$ 1.680,00	R\$ 1.500,00	R\$ 1.740,00	R\$ 1.680,00
▷ Equipe de Gesso	828 dias	Unid. pico	6	6	6	6	6
		Custo	R\$ 6.520,92	R\$ 7.718,64	R\$ 6.654,00	R\$ 7.984,80	R\$ 7.053,24
▷ Equipe de Reboco	1.242 dias	Unid. pico	6	6	6	6	6
		Custo	R\$ 12.780,00	R\$ 15.840,00	R\$ 13.320,00	R\$ 16.200,00	R\$ 14.400,00

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 FERRAMENTAS APLICADAS

O planejamento aplicado na obra foi desenvolvido no Microsoft Excel 2010, iniciando com a identificação das atividades, a definição de suas durações e de suas precedências (tabela 8), tendo como base o acompanhamento dos serviços executados no conjunto habitacional I e a equipe base adotada. Os serviços listados foram:

- Locação e marcação do radier;
- Escavação mecanizada de vala;
- Regularização de vala e lançamento de concreto magro;
- Assentamento de alvenaria de contenção em bloco estrutural e grauteamento;
- Aterro;
- Execução de instalações elétrica e hidrossanitária para laje radier;
- Reaterro após instalações complementares;
- Fixação de forma metálica, colocação de lona preta e tela em aço e concretagem de radier;
- Assentamento de alvenaria de marcação (1ª fiada);
- Assentamento de alvenaria até a cinta;
- Assentamento de contravergas pré-moldadas;

- Execução de forma para pilares;
- Concretagem de pilares;
- Colocação de armadura em cinta superior;
- Concretagem de cinta em canaleta cerâmica;
- Assentamento de alvenaria de empena;
- Madeiramento;
- Telhamento;
- Balizamento interno e externo;
- Instalações elétrica e hidrossanitária nas paredes;
- Execução de chapisco, emboço e reboco;
- Revestimento de gesso em áreas secas;
- Execução de contrapiso;
- Assentamento de piso cerâmico;
- Revestimento cerâmico em áreas molhadas;
- Assentamento de esquadrias e externas;
- Assentamento de portas internas;
- Colocação de forro em PVC;
- Execução de fiação;
- Assentamento de vaso sanitário, bancada, pia e tanque;
- Aplicação de impermeabilizante em calçada e à meia altura da casa;
- Aplicação de verniz em madeiramento;
- Aplicação de selador em paredes internas e externas;
- Aplicação de massa corrida em paredes internas;
- Aplicação de textura acrílica em paredes internas e externas;
- Aplicação de verniz em portas internas;
- Aplicação de tinta PVA em paredes internas;
- Instalação de louças e metais.

Para a composição do cronograma, agrupou-se algumas atividades para facilitar o acompanhamento. Gerando a seguinte EAP:

- Regularização de vala;
- Baldrame;
- Reaterro e Instalações em radier;

- Concretagem do radier;
- Alvenaria;
- Madeiramento;
- Telhamento;
- Balizamento;
- Instalação elétrica (eletrodutos e caixas em paredes);
- Instalação hidráulica (tubulação em paredes e testes);
- Caixilho;
- Reboco;
- Revestimento de gesso;
- Contrapiso;
- Esquadrias externas;
- Piso e revestimento cerâmico;
- Fiação;
- Forro;
- Esquadrias de madeira;
- Louças sanitárias;
- Pintura.

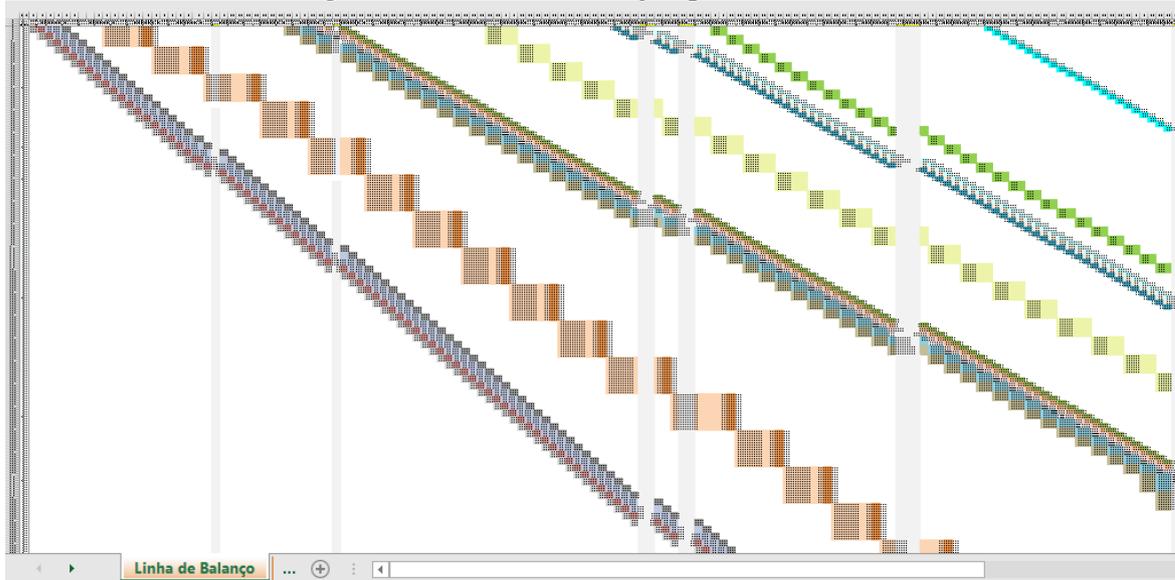
Tabela 8 - Estrutura Analítica do Projeto aplicada na obra

ITEM	SERVIÇO	PREDECESSOR	DURAÇÃO (dia)
1	LOCAÇÃO DOS LOTES		
2	LOCAÇÃO E MARCAÇÃO		0,10
3	ESCAVAÇÃO	2	0,13
4	BALDRAME		
5	REGULARIZAÇÃO DE VALA	3	0,33
6	CONCRETO MAGRO	5	0,20
7	ALVENARIA DE CONTENÇÃO	6	1,00
8	LAJE RADIER		
9	ATERRO E COMPACTAÇÃO	7	0,81
10	TUBULAÇÕES ELÉTRICAS	9	0,20
11	TUBULAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS	9	0,33
12	REATERRO E COMPACTAÇÃO	10;11	0,19
13	CONCRETAGEM	12	0,33
14	ESTRUTURA E ALVENARIA DE VEDAÇÃO		
15	MACAÇÃO DE 1ª FIADA	13	0,33
16	ALVENARIA ATÉ CINTA	15	3,00
17	CONCRETAGEM DE PILARES	16	0,50
18	VIGAMENTO SUPERIOR	17	0,50
19	ALVENARIA DE EMPENA	18	2,00
20	COBERTURA		
21	MADEIRAMENTO	19	1,50
22	TELHAMENTO	21	0,33
23	CONFEÇÃO DE RUFO EM CONCRETO	21	0,33
24	COLOCAÇÃO DE CHAPIM DE CONCRETO	19	0,33
25	INSTALAÇÕES HIDRÁULICA E ELÉTRICA - TUBULAÇÃO		
26	INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	19	0,50
27	INSTALAÇÃO ELÉTRICA	19	0,50
28	REVESTIMENTO INTERNO		
29	EMBOÇO	22	1,00
30	REVESTIMENTO DE GESSO	41	2,00
31	REVESTIMENTO CERÂMICO	29	0,88
32	REVESTIMENTO EXTERNO		
33	REBOCO	22	2,00
34	REVESTIMENTO CERÂMICO	33	0,13
35	PAVIMENTAÇÃO		
36	CONTRAPISO	29;30	0,33
37	PISO CERÂMICO	36	0,94
38	SOLEIRAS E PEITORIS	37	0,06
39	ESQUADRIAS		
40	ESQUADRIAS METÁLICAS	38	0,50
41	CAIXILHO	22	0,33
42	ESQUADRIAS DE MADEIRA	40	0,50
43	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - FIAÇÃO		
44	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - FIAÇÃO	40	0,40
45	FORRO		
46	FORRO	44	0,50
47	LOUÇAS E ACESSÓRIOS		
48	LOUÇAS E ACESSÓRIOS	40	0,20
49	PINTURA		
50	PINTURA INTERNA	48	3,00
51	PINTURA EXTERNA	48	3,00
52	METAIS		
53	METAIS	50;51	0,04

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Não foi realizado nenhum tipo de diagrama de rede, também não foram analisados o caminho crítico e as folgas referente a cada serviço. Iniciou-se o planejamento pela linha de balanço (figuras 20 e 21) arbitrando-se a quantidade de equipes a fim de se obter um prazo total de 12 meses. Em seguida foi construído o gráfico de Gantt com a quantidade de casas a serem executadas por serviço e por dia (figuras 22 e 23) obtida na linha de balanço.

Figura 20 -Linha de Balanço aplicada na obra



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Figura 21 - Detalhe da Linha de Balanço

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
			SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
			SEMANA 01					SEMANA 02					
		CASA	14-set-15	15-set-15	16-set-15	17-set-15	18-set-15	19-set-15	21-set-15	22-set-15	23-set-15	24-set-15	25-set-15
	1	REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.						ALV. ATÉ A CINTA	
	2	REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.						ALV. ATÉ A CINTA	
	3	REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.						ALV. ATÉ A CINTA	
	4		REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.					ALV. ATÉ A CINTA	
	5		REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.					ALV. ATÉ A CINTA	
	6		REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.					ALV. ATÉ A CINTA	
	7			REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.				ALV. ATÉ A CINTA	
	8			REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.				ALV. ATÉ A CINTA	
	9			REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.				ALV. ATÉ A CINTA	
	10				REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			ALV. ATÉ A CINTA	
	11				REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			ALV. ATÉ A CINTA	
	12				REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			ALV. ATÉ A CINTA	
	13					REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			
	14					REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			
	15					REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.			
	16						REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.		
	17						REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.		
	18						REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.		
	19							REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.	
	20							REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.	
	21							REG.	BALDRAME	REAT + INST		CONC.	

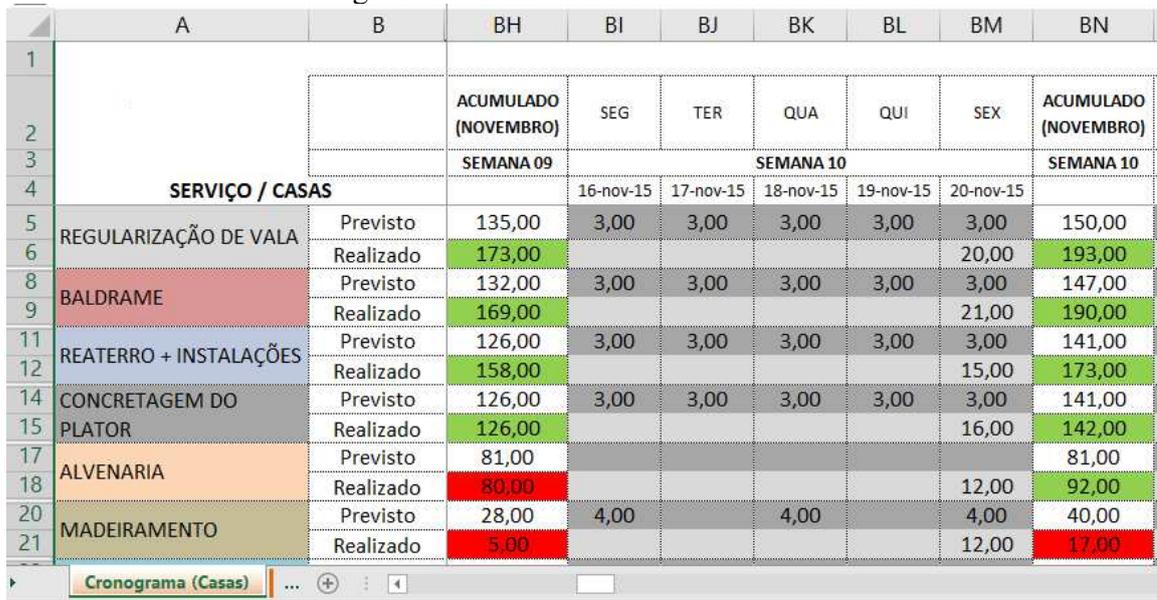
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Figura 22 - Gráfico de Gantt aplicado na obra



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Figura 23 - Detalhe do Gráfico de Gantt



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A programação realizada foi de curto prazo, tendo em vista que o objetivo principal era o acompanhamento no nível operacional. O planejamento realizado serviu como base para o engenheiro executivo acompanhar a evolução da obra, mas não foi analisado ou acompanhado pela diretoria da empresa.

Dessa forma, o cronograma foi construído em dias e a última versão apresentava data de início em 14/09/15 e data de término em 04/12/16, totalizando aproximadamente 15 meses. A primeira versão do cronograma apresentava cerca de 12 meses de duração. As datas de início e término de cada serviço analisado do cronograma final podem ser visualizadas na tabela 9.

Tabela 9 - Datas de início e término dos serviços analisados

SERVIÇO	INÍCIO	TÉRMINO
ALVENARIA	24-set-15	30-mai-16
CERÂMICA	1-fev-16	18-ago-16
REBOCO	27-nov-15	11-jul-16

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O cronograma foi alterado 9 vezes, mantendo-se arquivadas as versões anteriores, porém não houve comparação com a linha de base, ou seja, o primeiro cronograma aprovado. Optou-se por analisar neste estudo de caso a última versão do cronograma realizado na obra. Percebeu-se ainda que, apesar da jornada de trabalho de 44 horas semanais e da duração das atividades tenham sido calculadas a partir desse período de trabalho, o cronograma foi construído para uma jornada de trabalho de 40 horas semanais, gerando uma inconsistência na duração total da obra.

A atualização do cronograma foi feita semanalmente e apresentada em reuniões semanais com a equipe. Durante as reuniões eram comunicadas as metas da semana seguinte, analisadas as causas dos serviços que estavam atrasados em relação ao cronograma e discutido ações para elimina-las ou reduzi-las.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

A análise desse estudo de caso foi fundamentada no cronograma proposto e na última versão do cronograma aplicado na obra. Foram escolhidos os três serviços mais representativos para estudo detalhado, a escolha foi baseada na incidência de custo calculada a partir do Relatório de Preços de Serviços, conforme tabela 10.

Tabela 10 - Serviços Classe A da Curva ABC

SERVIÇOS CONTROLADOS - CASAS	INCIDÊNCIA
ALVENARIA DE VEDAÇÃO	19,09%
REBOCO INTERNO E EXTERNO	12,45%
PISO E REVESTIMENTO CERÂMICO	7,95%
REVESTIMENTO DE GESSO	6,23%
MADEIRAMENTO DE TELHADO	3,74%
REBOCO DE CALÇADA	3,12%

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Dessa forma, os três serviços a serem analisados foram a alvenaria, o reboco e a cerâmica. O serviço de assentamento de alvenaria de vedação incide 19,09% do valor total dos serviços previstos no cronograma, estando incluso os seguintes itens: assentamento de alvenaria até a cinta, alvenaria de empena, concretagem de pilar, concretagem de cinta superior e assentamento de contraverga pré-moldada.

O serviço de revestimento em argamassa, possui incidência total de 12,45%, incluindo os itens de reboco interno, externo e emboço. O serviço de assentamento de cerâmica, com incidência total de 7,95%, inclui os itens de revestimento cerâmico em paredes, piso cerâmico, assentamento de rodapé, soleira e peitoril e execução de contrapiso na área de serviço.

A folha de pagamento da obra compreende o período de 20 a 21 de cada mês, logo a análise dos dados de produção seguiu a mesma regra, ou seja, o período que inicia dia 21 de determinado mês, finaliza dia 20 do mês subsequente. Exceto no mês de dezembro e janeiro, que devido às férias coletivas (23/12/15 a 01/01/16), a folha de pagamento de dezembro compreende os serviços entre 21 de novembro e 13 de dezembro, e em janeiro, de 14 a 23 de dezembro e 01 a 20 de janeiro.

O pagamento dos funcionários é realizado de acordo com a produção de cada equipe, o preço de cada serviço é calculado com base nos índices e considerando um acréscimo de acordo com o profissional necessário, esse percentual pode ser visto na tabela 11.

Tabela 11 - Base de cálculo para formação de preços dos serviços

FUNÇÃO	SALÁRIO CARTEIRA	SALÁRIO PRODUÇÃO	DIFERENÇA (%)
PEDREIRO A (ALVENARIA E REBOCO)	R\$ 1.331,00	R\$ 1.730,30	30%
PEDREIRO B (ACABAMENTO)	R\$ 1.331,00	R\$ 2.129,60	60%
SERVENTE	R\$ 937,20	R\$ 1.077,78	15%

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

No início da obra os preços pagos pela execução de cada serviço eram os mesmos do empreendimento anterior da empresa, não sendo baseado em índices ou produtividades das equipes. Esta análise de preços foi realizada somente em março de 2016, aproximadamente 8 meses após o início da obra.

Com o estudo e a composição dos custos unitários com mão de obra, os preços de diversos serviços sofreram alterações, pois verificou-se que alguns estavam acima da produtividade real e outros abaixo. Dessa forma, a partir de abril de 2016, o custo com mão de

obra total para o serviço de alvenaria alterou de R\$ 1.200,00 para R\$ 1.165,00; o serviço de cerâmica, de R\$ 550,00 para R\$ 470,00; e o reboco de R\$ 705,00 para R\$ 675,00.

Os salários mínimos vigentes no período de execução do empreendimento, de acordo com Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão (SINDUSCON – MA) é apresentado na tabela 12. De acordo com a legislação, o empregado não pode receber menos que o salário mínimo da categoria, dessa forma, caso o empregado não atinja a meta de produção mensal, a empresa deve pagar a diferença do serviço não produzido para complementar o salário.

Tabela 12 - Salário por função nos períodos de execução da obra

PERÍODO	SALÁRIO		
	Oficial	Meio Oficial	Servente
Jul/15 - out/15	R\$ 1.183,60	R\$ 880,00	R\$ 833,80
Nov/15 - Dez/15	R\$ 1.243,00	R\$ 924,00	R\$ 875,60
Jan/16 - Jun/16	R\$ 1.243,00	R\$ 950,40	R\$ 924,00
Jul/16 - Dez/16	R\$ 1.331,00	R\$ 990,00	R\$ 937,20

Fonte: Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão, 2016.

Nesse estudo, fez-se uma análise dos valores pagos com complementação salarial devido à baixa produtividade e foi analisado separadamente os serviços de alvenaria, reboco e cerâmica.

Calculou-se o valor previsto (VP), o valor agregado (VA) e o custo real (CR) dos serviços citados a fim de obter a análise da variação de custo (VC), da variação de prazo (VPr), do índice de desempenho de custo (IDC) e do índice de desempenho de prazo (IDP). Também foram analisadas as durações totais em dias dos serviços citados e do cronograma completo.

O valor previsto (VP) foi calculado multiplicando-se a quantidade de casas previstas em cada cronograma (proposto e aplicado) pelo preço do serviço por casa. Para análise da variação de prazo (VPr) e do índice de desempenho de prazo (IDP) foi estudado apenas o cronograma aplicado na obra, mas os valores referentes ao cronograma proposto, podem ser vistos nos anexos A, B e C.

O valor agregado (VA) foi calculado multiplicando-se o custo referente a cada serviço pela quantidade de casas executadas no período. A quantidade de casas executadas (anexo D) foi obtida no controle diário da obra.

O custo real (CR) foi obtido analisando-se as folhas de pagamento por equipe (exemplo no anexo E) referentes a cada serviço. Foi somado o valor pago às equipes de cada

serviço em cada período. Não foi considerado o valor pago ao encarregado do reboco e alvenaria, e o serviço de revestimento cerâmico não possuía encarregado.

3.4.1 Análise do serviço de execução de alvenaria de vedação

O cronograma proposto previa uma duração total de 287 dias, o cronograma aplicado 249 dias e a duração real do serviço foi de 252 dias. Verifica-se um atraso de apenas 3 dias em relação ao cronograma aplicado na obra e um adiantamento do serviço em 35 dias quando comparado ao cronograma proposto. Esse adiantamento se deve à quantidade de equipes empregadas no serviço, conforme apresentado na tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade de equipes do serviço de alvenaria de vedação

Período	Equipes Previstas Cronograma Proposto	Equipes Previstas Cronograma Aplicado	Equipes QTD REAL
02 a 20/09/15	0	9	7
21/09 a 20/10/15	12	12	14
21/10 a 20/11/15	12	16	16
21/11 a 13/12/15	12	16	16
14/12/15 a 20/01/16	12	16	16
21/01 a 20/02/16	12	16	16
21/02 a 20/03/16	12	16	14
21/03 a 20/04/16	12	16	14
21/04 a 20/05/16	12	16	11
21/05 a 20/06/16	12	12	0
21/06 a 20/07/16	12	0	0

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

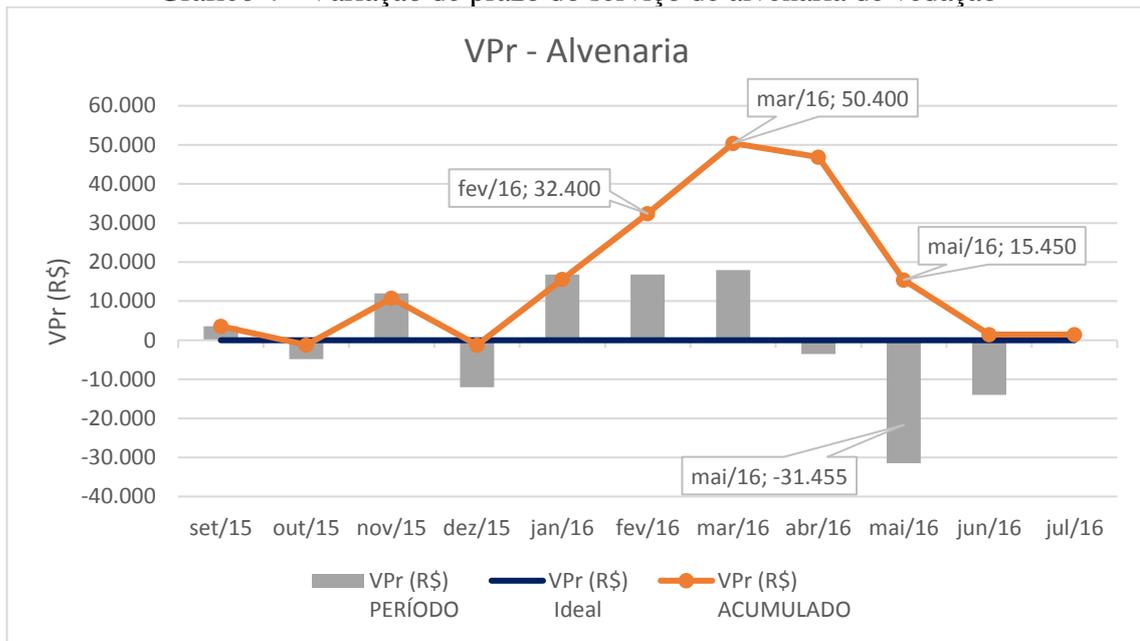
Na tabela 14 verifica-se o valor previsto (VP) do serviço de alvenaria, o valor agregado (VA), a variação de prazo (VPr) do período e o índice de desempenho de prazo (IDP) do período. Verifica-se valores de VPr significativamente negativos nos períodos de dezembro/15, maio e junho/16 e altos valores nos períodos de novembro/15, janeiro, fevereiro e março/16. Verificando-se que apesar da variação de prazo final não tenha sido tão elevada, apresentando inclusive valores positivos (VP = R\$ 1.470,00), a variação ao longo dos meses foi bem significativa. O gráfico 4 apresenta a variação de prazo em cada período e a variação de prazo acumulada, mostrando o comportamento do serviço.

Tabela 14 - Análise de prazo do serviço de alvenaria de vedação

Período	VP (R\$) PERÍODO	VA (R\$) PERÍODO	VPr (R\$) PERÍODO	IDP PERÍODO
set/15	0	3.600	3.600	-
out/15	39.600	34.800	-4.800	0,88
nov/15	57.600	69.600	12.000	1,21
dez/15	57.600	45.600	-12.000	0,79
jan/16	57.600	74.400	16.800	1,29
fev/16	57.600	74.400	16.800	1,29
mar/16	57.600	75.600	18.000	1,31
abr/16	74.560	71.065	-3.495	0,95
mai/16	74.560	43.105	-31.455	0,58
jun/16	13.980	0	-13.980	0,00
TOTAL	490.700	492.170	1.470	1,00

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

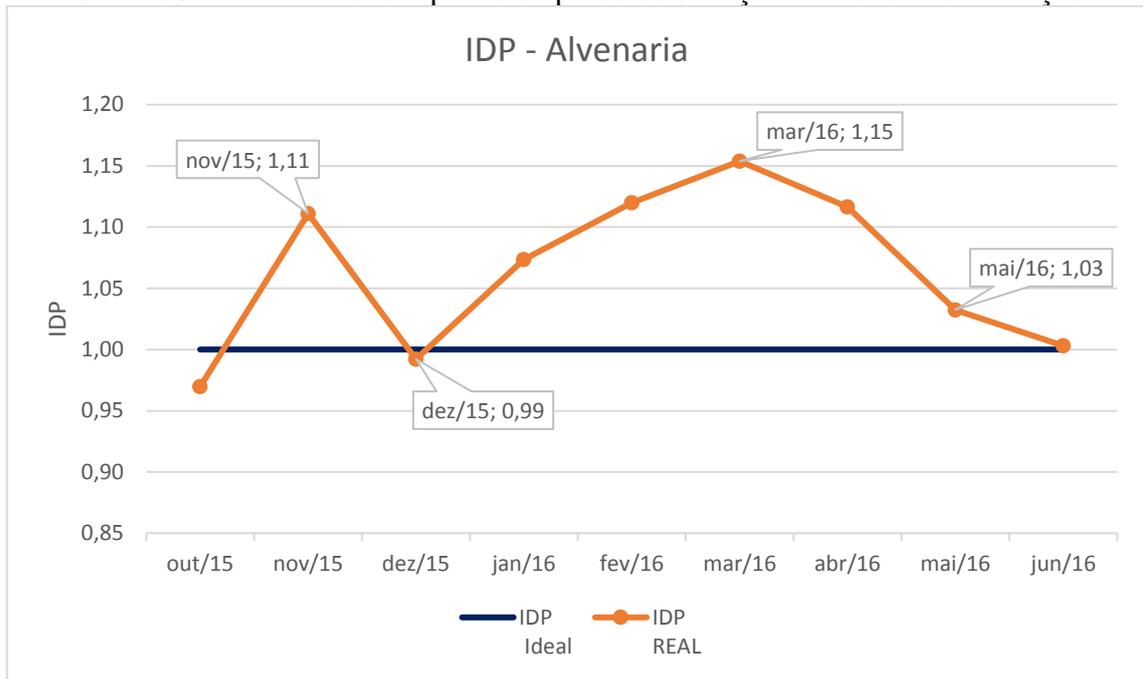
Gráfico 4 - Variação de prazo do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A variação do índice de desempenho de prazo (IDP) pode ser visto no gráfico 5. Os valores acima de 1 (>100%) indicam que foi realizado trabalho acima do previsto, situação que pode ser verificada principalmente nos meses de novembro/15, janeiro, fevereiro e março/16. Já os meses de outubro e dezembro/15 apresentaram valores abaixo de 1 (<100%), indicando que o trabalho realizado foi menor que o esperado. Com a análise da tabela 14 e do gráfico 5, percebe-se que apesar do IDP final seja igual a 1, indicando que o projeto cumpriu o prazo estipulado, observa-se uma variação ao longo da execução do serviço.

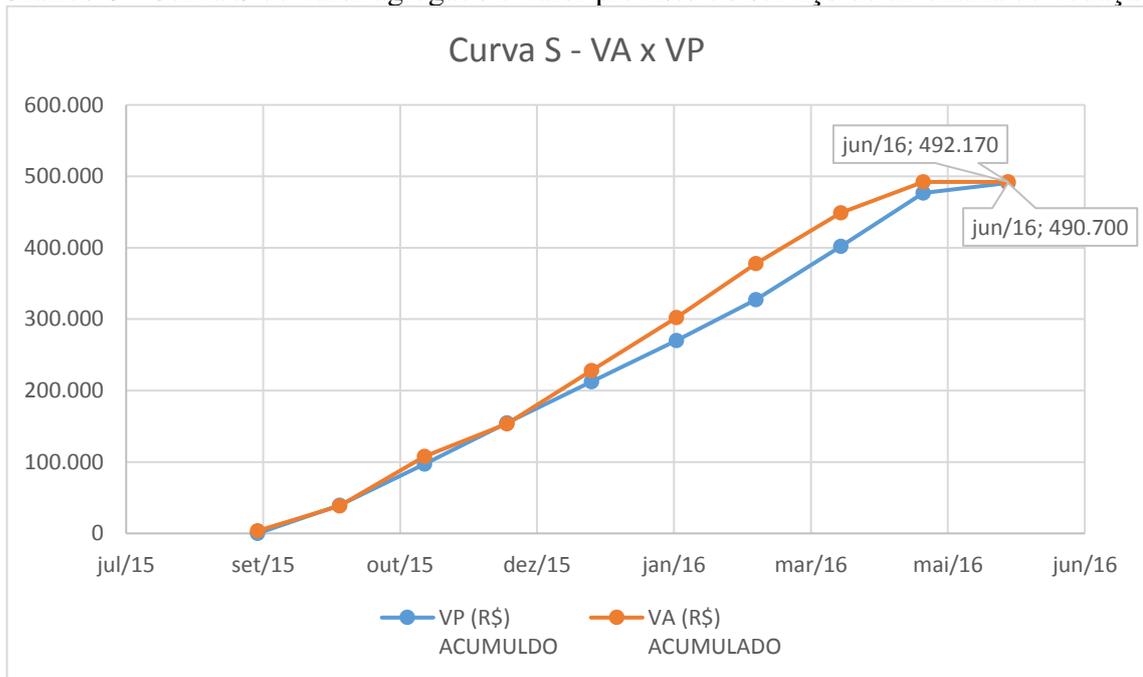
Gráfico 5 - Índice de desempenho de prazo do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico 6 a seguir apresenta as curvas S de valor agregado e valor previsto no cronograma aplicado para o serviço de alvenaria de vedação. Percebe-se que na maioria do tempo o serviço estava adiantado, mas finaliza com valores bem próximos.

Gráfico 6 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A partir do valor agregado (VA) e do custo real (CR) obteve-se a variação de custo (VC) e o índice de desempenho de custo (IDC). Analisando a tabela 15 e os gráficos 7 e 8, verifica-se que embora o resultado final seja aproximado do esperado, com VC = R\$ (-1.323,00) e IDC = 99,73 %, houve grande variação durante o período de execução da obra.

Nota-se, por exemplo que nos meses de setembro, outubro e dezembro/15 o custo com o serviço realizado foi acima do esperado, gerando resultados negativos para VC. E principalmente em maio/16 VC atingiu um valor muito acima do esperado, sinalizando um ganho em relação ao custo previsto do período.

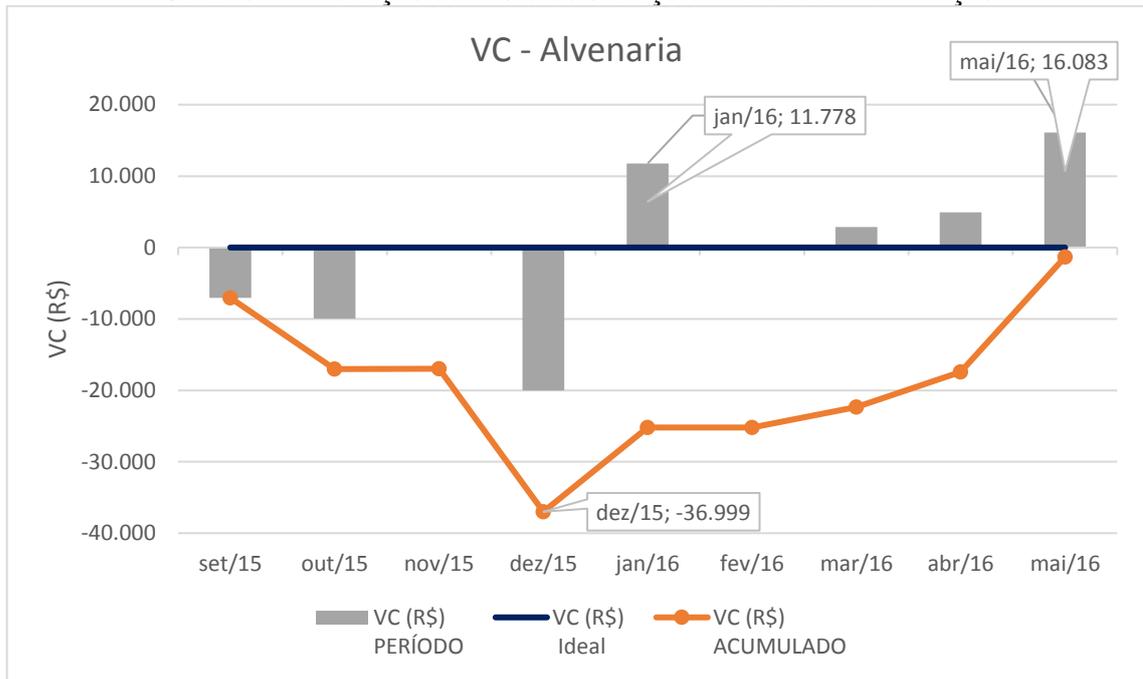
Da mesma forma, verifica-se que o VA do mês de setembro/15 representa apenas 34% do CR no período (IDC = 0,34), uma vez que em maio/16 o VA superou o CR em 60% (IDC = 1,60).

Tabela 15 - Análise de custo do serviço de alvenaria de vedação

Período	VA (R\$) PERÍODO	CR (R\$) PERÍODO	VC (R\$) PERÍODO	IDC PERÍODO
set/15	3.600	10.672	-7.072	0,34
out/15	34.800	44.762	-9.962	0,78
nov/15	69.600	69.528	72	1,00
dez/15	45.600	65.638	-20.038	0,69
jan/16	74.400	62.622	11.778	1,19
fev/16	74.400	74.400	0	1,00
mar/16	75.600	72.717	2.883	1,04
abr/16	71.065	66.133	4.932	1,07
mai/16	43.105	27.022	16.083	1,60
TOTAL	492.170	493.493	-1.323	0,9973

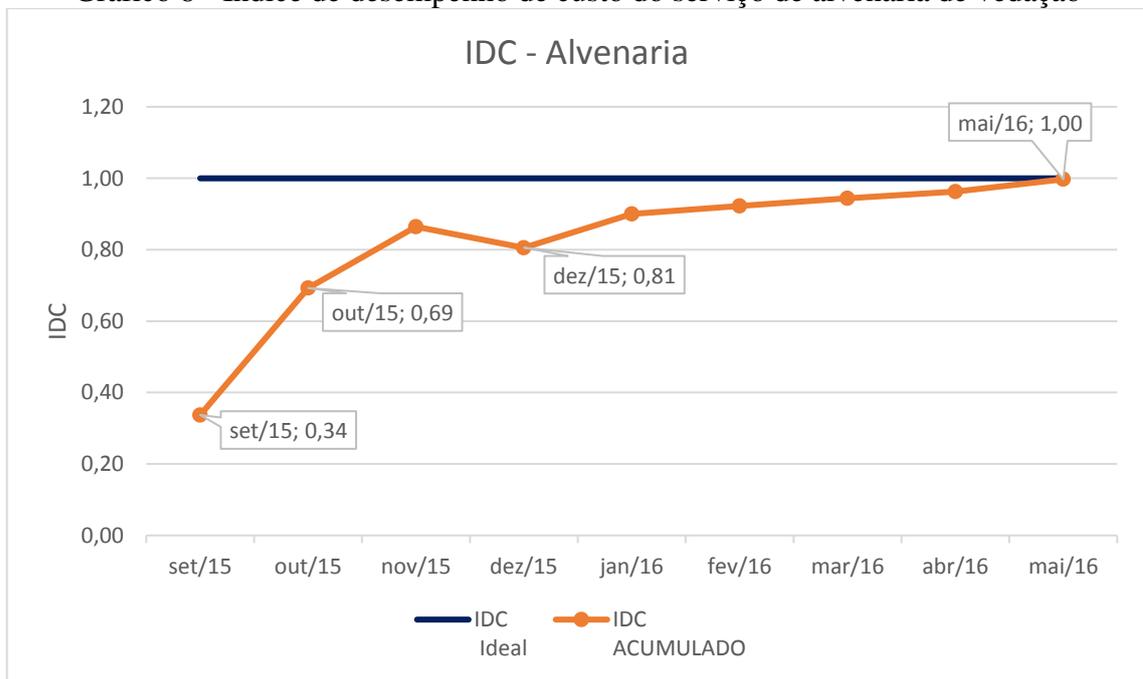
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Gráfico 7 - Variação de custo do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

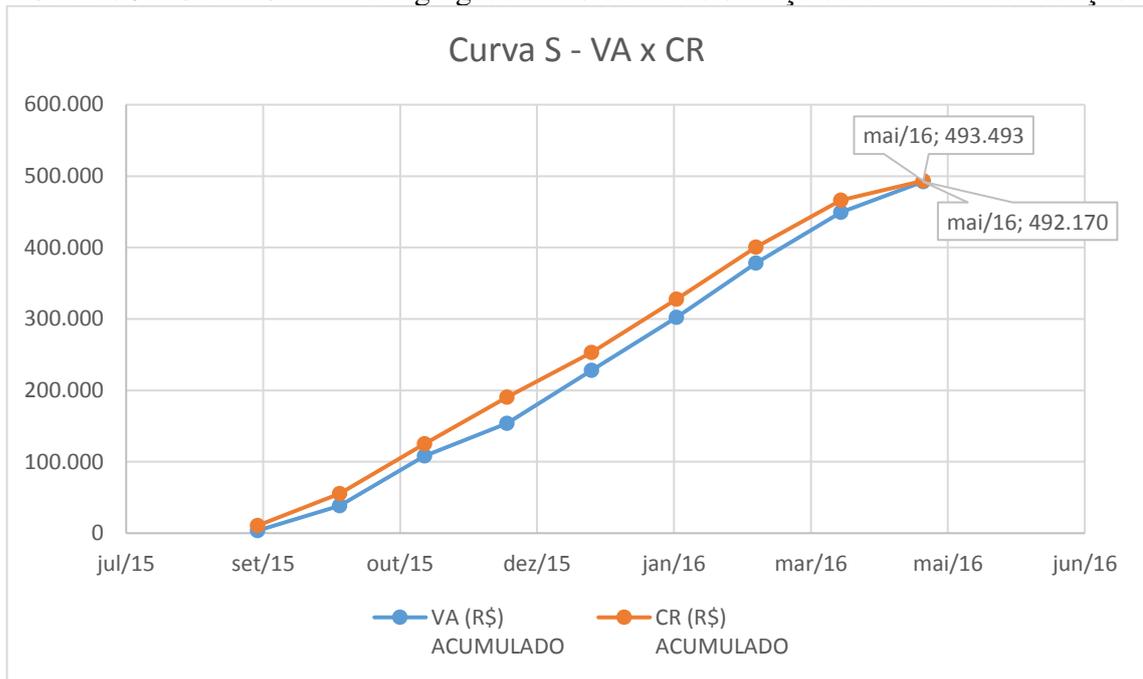
Gráfico 8 - Índice de desempenho de custo do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O Gráfico 9 a seguir apresenta a curva S do valor agregado (VA) e do custo real (CR) do serviço de alvenaria de vedação, a partir dele percebe-se que o custo real está sempre acima do valor agregado durante o todo o período de execução, finalizando com valores bastante aproximados.

Gráfico 9 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de alvenaria de vedação



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 16 apresenta o detalhamento do custo com mão de obra para a execução da alvenaria de vedação. Verifica-se que nos meses de setembro, dezembro/15 e maio/16 foram gastos altos valores com complemento salarial devido à baixa produtividade. O total de complemento para o serviço de alvenaria foi de R\$ 12.571,00, representando 2,5% do total do custo real (R\$ 493.493,00).

Tabela 16 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de alvenaria de vedação

Período	CR (R\$) Produção	CR (R\$) Complemento
set/15	5.324	5.347
out/15	44.630	132
nov/15	69.162	366
dez/15	61.880	3.758
jan/16	62.510	112
fev/16	74.400	0
mar/16	72.432	285
abr/16	66.133	0
mai/16	24.450	2.572
TOTAL	480.922	12.571

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O serviço de alvenaria iniciou com 22 dias de antecedência, finalizando o primeiro período com o cronograma adiantando, no entanto, como não houve programação de logística e de aquisição de material, a produtividade das equipes foi baixa, resultando em uma variação de custo negativa, pois houve pagamento antecipado de serviços ainda não executados e a necessidade de complemento salarial.

A falta de material refletiu no período seguinte, como novas equipes foram contratadas e não havia forma para concretagem dos pilares suficiente para todas as equipes, um conjunto de formas era compartilhado com duas equipes, o que afetou a produtividade, atrasando o cronograma e apresentando variação de custo negativa.

No período que finaliza em novembro, percebe-se uma evolução na produtividade das equipes que refletem em variações de custo e prazo positivas no período, o serviço fica adiantado em relação ao cronograma, porém o ganho em com o índice de desempenho de custo não é suficiente, e a variação de custo acumulado permanece negativa.

O bom desempenho de prazo e custo em janeiro provavelmente reflete a execução dos serviços pagos em dezembro do ano anterior. Nos meses que seguem a produtividade das equipes começa a normalizar, isto porque as equipes estão mais experientes, trabalhando em um ritmo mais constante, com equipamentos e materiais adequados. Assim, o serviço de alvenaria alcança o desempenho de custo e prazo esperados no prazo final do serviço.

3.4.2 Análise do serviço de execução de reboco

O cronograma proposto para a execução do reboco previa uma duração total de 285 dias, cronograma aplicado na obra 227 dias de duração e a duração real foi de 223 dias. Nota-se uma diferença de duração entre o real e o cronograma proposto de apenas 4 dias, o que supõe um bom índice de desempenho de prazo final.

Na tabela 17 verifica-se a quantidade de equipes propostas e a quantidade real de equipes de execução do reboco.

Tabela 17 - Quantidade de equipes do serviço de reboco

Período	Equipes Previstas (Proposto)	Equipes Previstas (Aplicado)	Equipes QTD REAL
21/09 a 20/10/15	8	0	0
21/10 a 20/11/15	8	0	1
21/11 a 13/12/15	8	1	3
14/12/15 a 20/01/16	8	8	10
21/01 a 20/02/16	8	8	6
21/02 a 20/03/16	8	8	11
21/03 a 20/04/16	8	16	12
21/04 a 20/05/16	8	16	15
21/05 a 20/06/16	8	16	15
21/06 a 20/07/16	8	16	1

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 18 apresenta o valor previsto referente a cada período para a execução do serviço de reboco de acordo com o cronograma aplicado na obra; o valor agregado referente ao que foi executado em cada período; a variação de prazo e o índice de desempenho de prazo do período. Os gráficos 10 e 11 apresentam, respectivamente, a variação de prazo do período e acumulada até o período e o índice de desempenho de prazo acumulado até o período referente ao serviço de reboco.

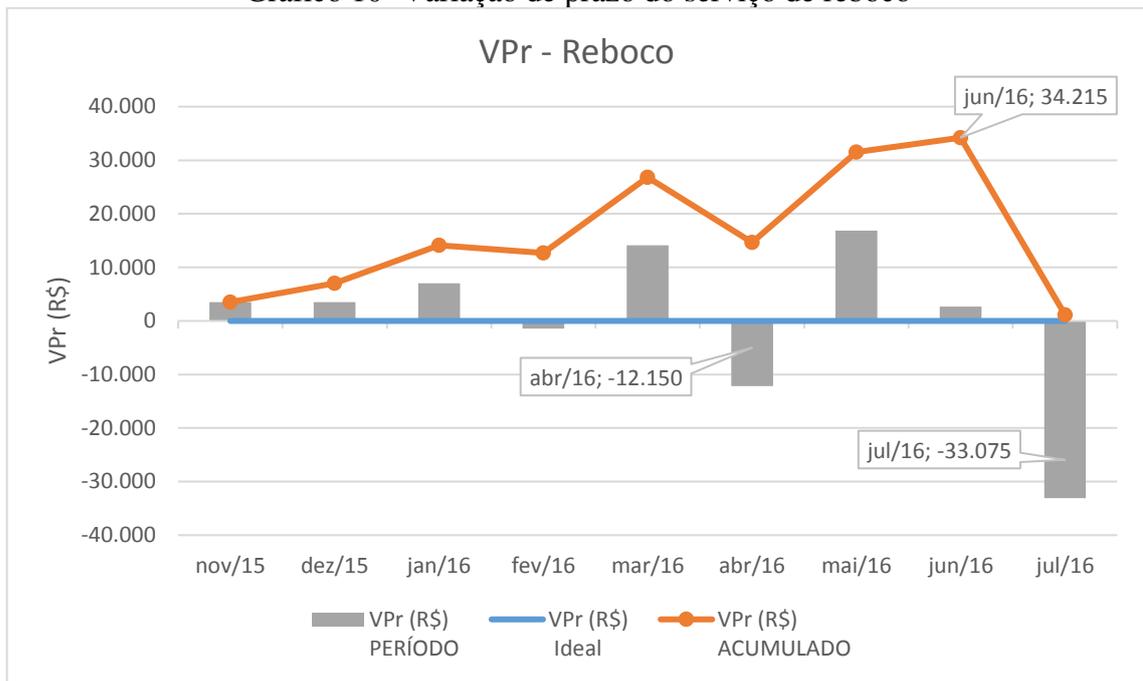
Analisando a tabela e os gráficos, verifica-se que apesar de o índice de desempenho de prazo ao final do projeto tenha sido igual ao esperado, durante a execução do serviço houve variações, e o serviço manteve-se, ao longo de todo o projeto, adiantado. Os meses em que a variação de prazo do período foi negativa, principalmente abril e julho, não afetaram a variação de prazo geral, pois o serviço já estava adiantado em meses anteriores.

Tabela 18 - Análise de prazo do serviço de reboco

Período	VP (R\$) PERÍODO	VA (R\$) PERÍODO	VPr (R\$) PERÍODO	IDP PERÍODO
nov/15	0	3.525	3.525	-
dez/15	1.410	4.935	3.525	3,50
jan/16	18.330	25.380	7.050	1,38
fev/16	28.200	26.790	-1.410	0,95
mar/16	28.200	42.300	14.100	1,50
abr/16	59.400	47.250	-12.150	0,80
mai/16	54.000	70.875	16.875	1,31
jun/16	54.000	56.700	2.700	1,05
jul/16	38.475	5.400	-33.075	0,14
TOTAL	282.015	283.155	1.140	1,00

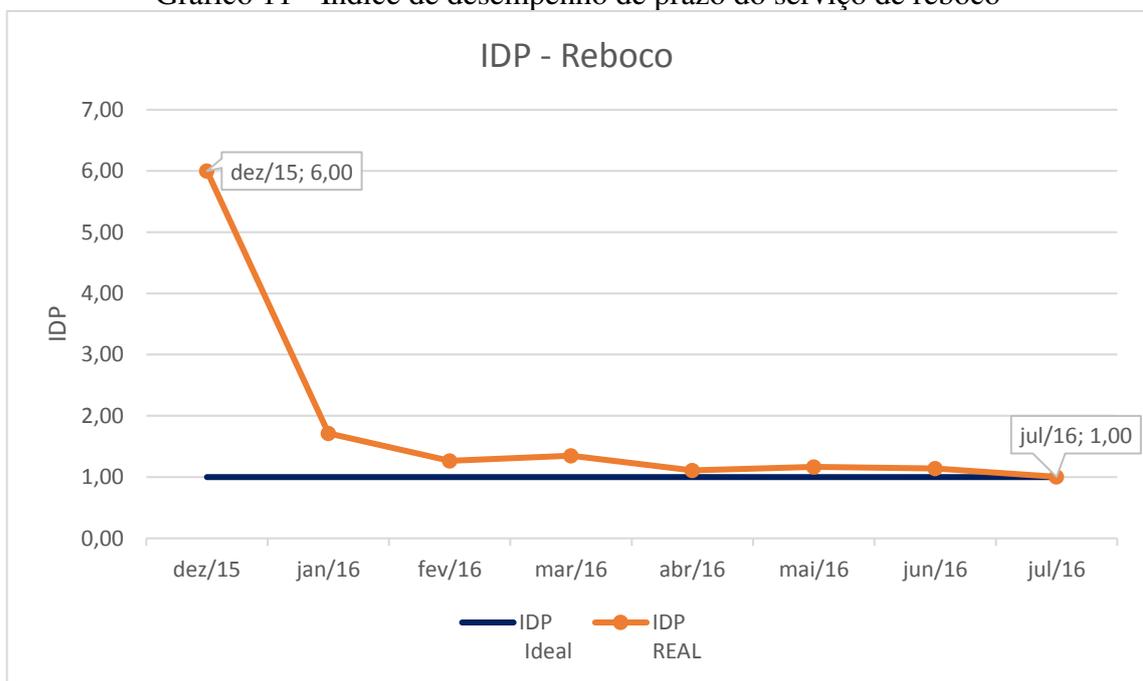
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Gráfico 10 -Variação de prazo do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

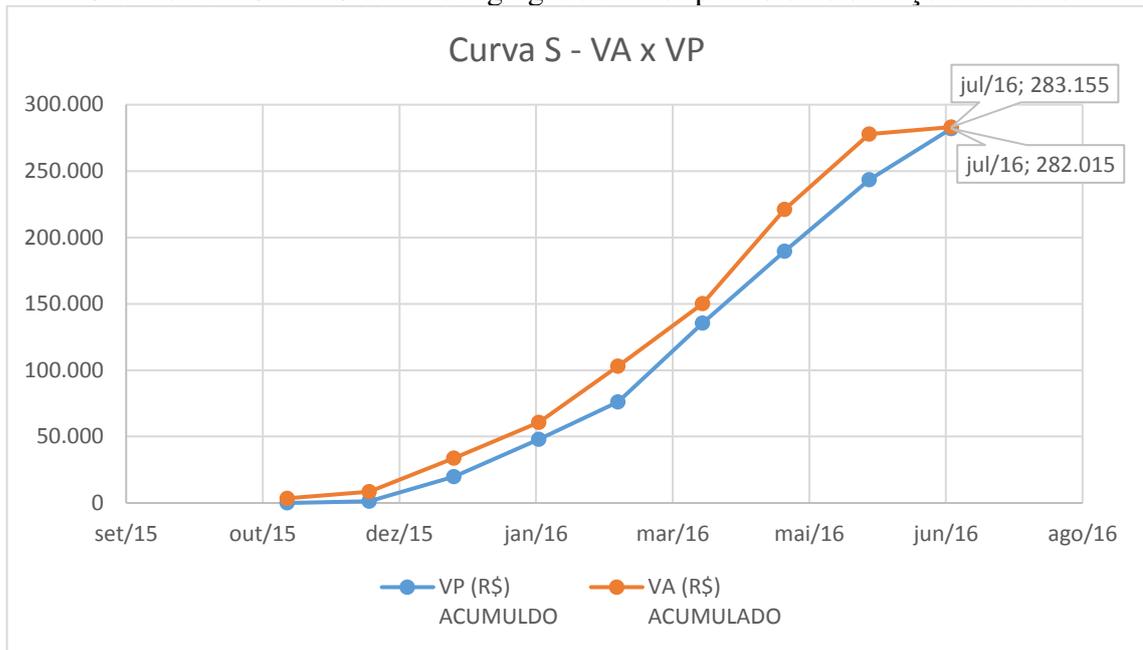
Gráfico 11 - Índice de desempenho de prazo do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico 12 apresenta a curva S de valor agregado e valor previsto para o serviço de execução de reboco, nele ratifica-se o adiantamento do serviço ao longo de todo o projeto, permanecendo a curva do VA sempre acima do VP, finalizando o serviço com valores bastante próximos.

Gráfico 12 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 19 contém os valores de valor agregado (VA), custo real (CR), variação de custo (VC) e índice de desempenho de custo (IDC) do serviço de reboco referente a cada período. Os gráficos 13 e 14 mostram os valores de VC e IDC acumulados até o período.

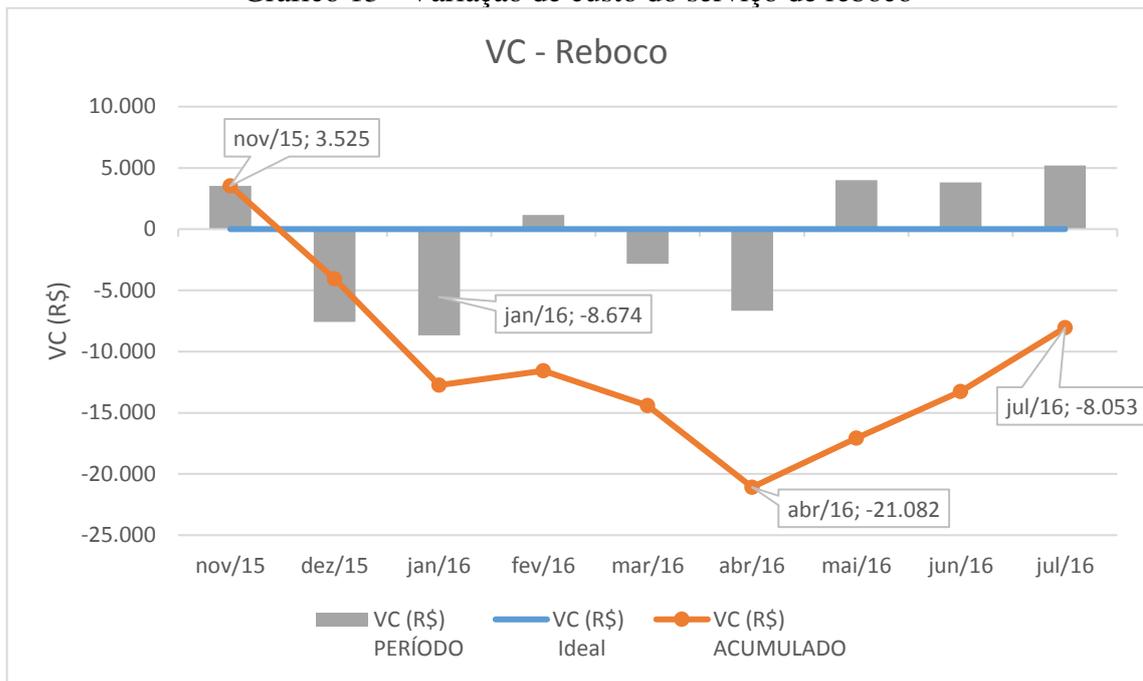
Com esses dados, verifica-se que o serviço apesar de sofrer variações de custo ao longo do projeto, finalizou com índice de desempenho de custo próximo ao esperado (IDC=97,23%) e a variação de custo final, apesar de negativa, representa apenas 2,84% do valor agregado, não caracterizando uma perda muito elevada. Os meses com variações de custo abaixo de zero foram dezembro/15, janeiro, março e abril/16, períodos com menores índices de desempenho de custo.

Tabela 19 - Análise de custo do serviço de reboco

Período	VA (R\$) PERÍODO	CR (R\$) PERÍODO	VC (R\$) PERÍODO	IDC PERÍODO
nov/15	3.525	0	3.525	-
dez/15	4.935	12.518	-7.583	0,39
jan/16	25.380	34.054	-8.674	0,75
fev/16	26.790	25.636	1.154	1,05
mar/16	42.300	45.136	-2.836	0,94
abr/16	47.250	53.918	-6.668	0,88
mai/16	70.875	66.869	4.006	1,06
jun/16	56.700	52.877	3.823	1,07
jul/16	5.400	200	5.200	27,00
TOTAL	283.155	291.208	-8.053	0,9723

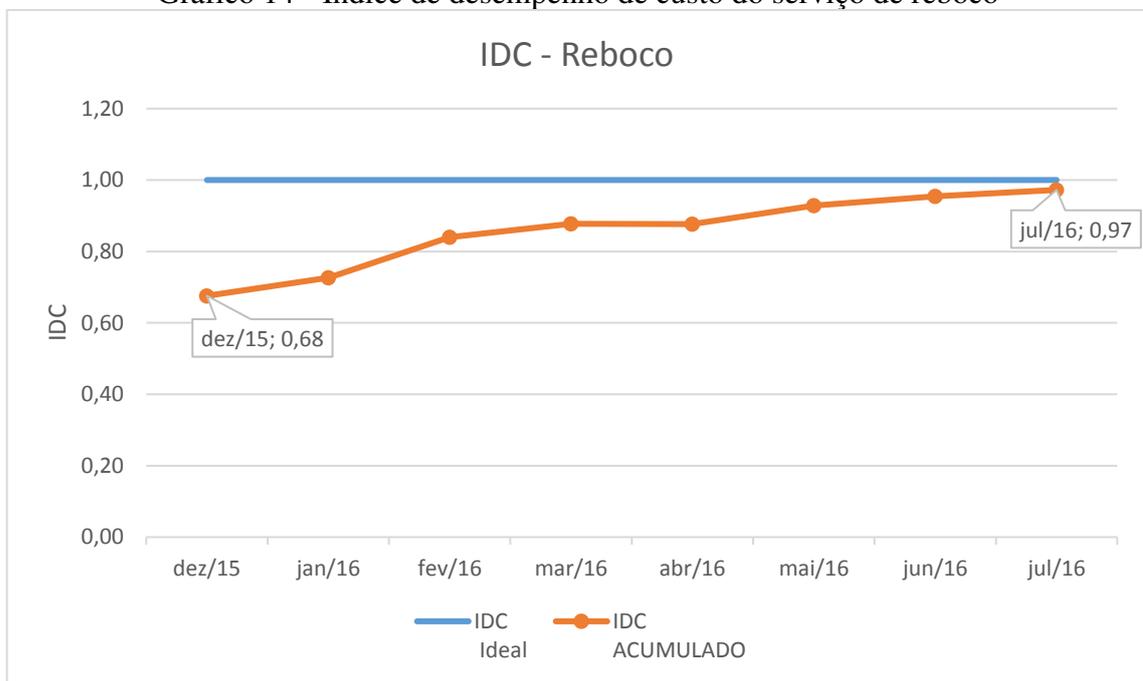
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Gráfico 13 - Variação de custo do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

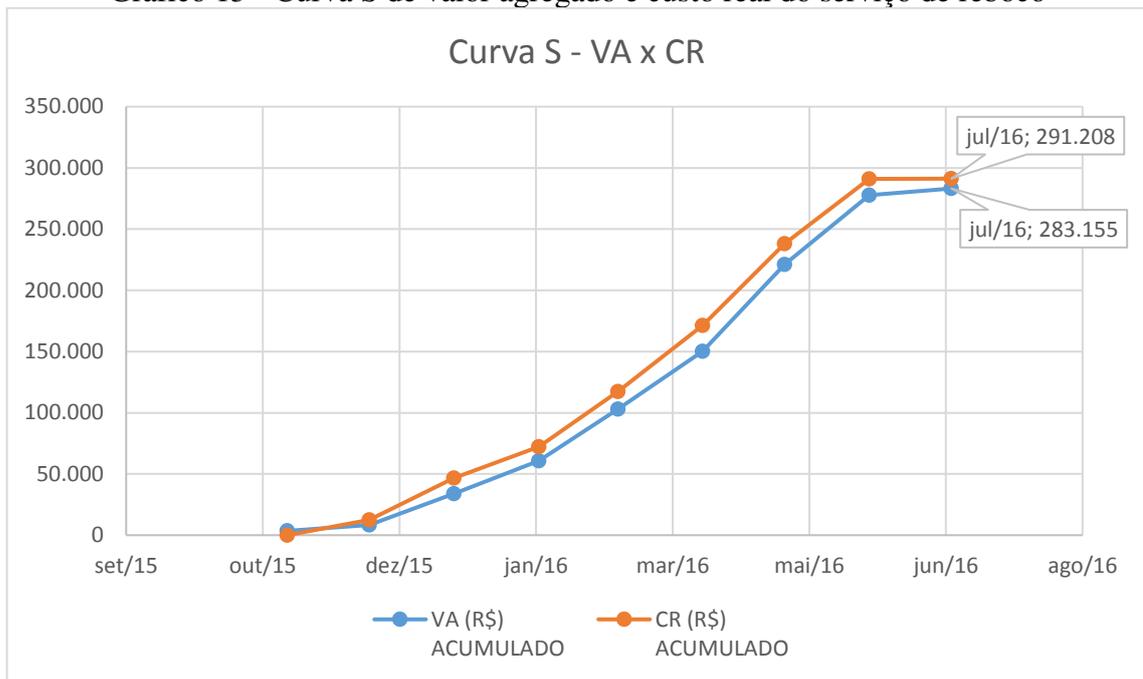
Gráfico 14 - Índice de desempenho de custo do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico 15 apresenta a curva S de valor agregado (VA) e custo real (CR) para o serviço de reboco, nele verifica-se que o custo real, exceto no primeiro período, permaneceu sempre acima do valor agregado até o fim da execução do serviço, finalizando com valor ligeiramente acima do ideal.

Gráfico 15 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de reboco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Na tabela 20 observa-se o custo com mão de obra por período referente ao serviço de execução de reboco, inclusive o gasto com complemento salarial devido à baixa produtividade da equipe. O total do complemento foi de R\$ 9.684,00, representando 3,33% do custo total com mão de obra.

Tabela 20 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de reboco

Período	CR (R\$) Produção	CR (R\$) Complemento
dez/15	12.518	0
jan/16	30.846	3.208
fev/16	25.636	0
mar/16	44.196	941
abr/16	53.752	166
mai/16	65.335	1.534
jun/16	49.041	3.836
jul/16	200	0
TOTAL	281.524	9.684

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A execução do serviço de reboco iniciou 2 semanas antes do previsto no cronograma aplicado e nos meses de novembro, dezembro/15, janeiro e março/16 a obra possuía mais equipes que o previsto, justificando o adiantamento do serviço desde o início da execução. Em abril, devido às chuvas prejudicar o reboco externo, optou-se por retardar a contratação de pessoal, apresentando apenas 12 equipes e não 16 como previsto no cronograma, isso gerou um atraso referente ao mês, mas não afetou a variação de prazo acumulada até o período.

Analisando a variação de custo, percebe-se que apesar do serviço estar adiantado, o custo da execução foi maior que o esperado nos meses de dezembro/15, janeiro, março e abril/16. Isso ocorreu devido à baixa produtividade de algumas equipes e ao adiantamento do pagamento de serviços. A baixa produtividade se deve, principalmente, ao não planejamento e controle da logística, havendo repetidas vezes atrasos de materiais.

Para solucionar o problema da logística foi empregado o uso de uma máquina manipuladora para auxiliar na distribuição de materiais, ainda assim, os materiais chegavam atrasados para as equipes, não somente do reboco, como também da alvenaria, cerâmica e outros. Nos três últimos meses de execução de reboco optou-se por comprar argamassa usinada e aplica-la no turno da manhã e preparar argamassa na obra somente pelo turno da tarde, evitando que a equipe de distribuição de materiais permanecesse sobrecarregada.

3.4.3 Análise do serviço de assentamento de cerâmica

O cronograma proposto para o serviço de assentamento de cerâmica tem duração de 302 dias, o cronograma aplicado na obra propôs a duração de 199 dias e a duração real do serviço foi de 228 dias. Em relação à data de término, percebe-se um atraso de 25 dias do cronograma aplicado e 33 dias do cronograma proposto. Em relação à duração total, verifica-se um adiantamento de 74 dias do cronograma proposto e um atraso de 29 dias do cronograma aplicado. A diferença na duração do serviço é o reflexo da quantidade de equipes adotadas em cada cronograma e durante a execução, como pode ser visto na tabela 21.

Tabela 21 - Quantidade de equipes do serviço de cerâmica

Período	Equipes Previstas Cronograma Proposto	Equipes Previstas Cronograma Aplicado	Equipes QTD REAL
21/09 a 20/10/15	5	0	0
21/10 a 20/11/15	5	0	0
21/11 a 13/12/15	5	0	0
14/12/15 a 20/01/16	5	0	0
21/01 a 20/02/16	5	4	5
21/02 a 20/03/16	5	4	12
21/03 a 20/04/16	5	4	10
21/04 a 20/05/16	5	8	8
21/05 a 20/06/16	5	8	6
21/06 a 20/07/16	5	8	6
21/07 a 20/08/16	5	8	2
21/08 a 20/09/16	0	0	1

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 22 apresenta o valor previsto (VP) para o serviço de assentamento de cerâmica referente a cada período tendo como base o cronograma aplicado na obra, o valor agregado (VA), a variação de prazo (VPr) e o índice de desempenho de prazo (IDP). Os gráficos 16 e 17 apresentam, respectivamente, o comportamento da variação de prazo (VPr) e do índice de desempenho de prazo (IDP) ao longo do projeto.

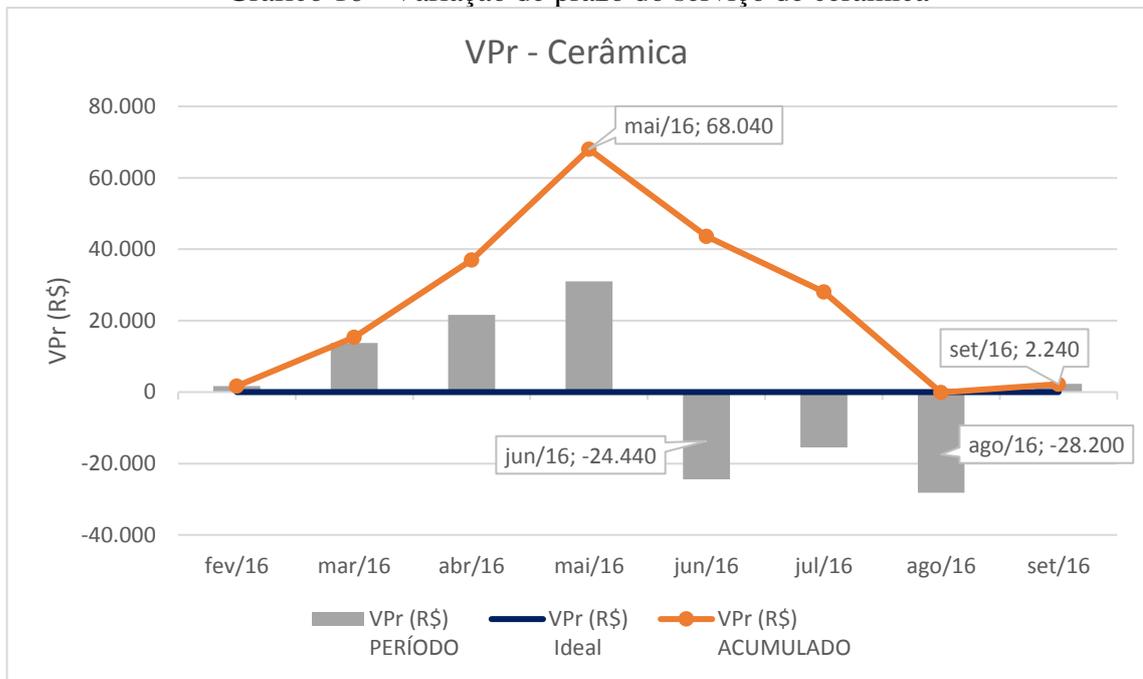
Avaliando esses dados, verifica-se que nos meses de março, abril e maio a variação de prazo ficou muito acima do planejado, gerando um índice de desempenho de prazo muito maior que 100%, já nos meses de junho, julho e agosto, o desempenho do período ficou abaixo de 1 e as variações de prazo foram significativamente negativas. Apesar dessas variações ao longo da execução do serviço, ao término da atividade, obteve-se um IDP bom e um VPr próximo ao esperado.

Tabela 22 - Análise de prazo do serviço de cerâmica

Período	VP (R\$) PERÍODO	VA (R\$) PERÍODO	VPr (R\$) PERÍODO	IDP PERÍODO
fev/16	13.200	14.850	1.650	1,13
mar/16	22.000	35.750	13.750	1,63
abr/16	20.680	42.300	21.620	2,05
mai/16	24.440	55.460	31.020	2,27
jun/16	37.600	13.160	-24.440	0,35
jul/16	41.360	25.850	-15.510	0,63
ago/16	39.950	11.750	-28.200	0,29
set/16	0	2.350	2.350	-
TOTAL	199.230	201.470	2.240	1,01

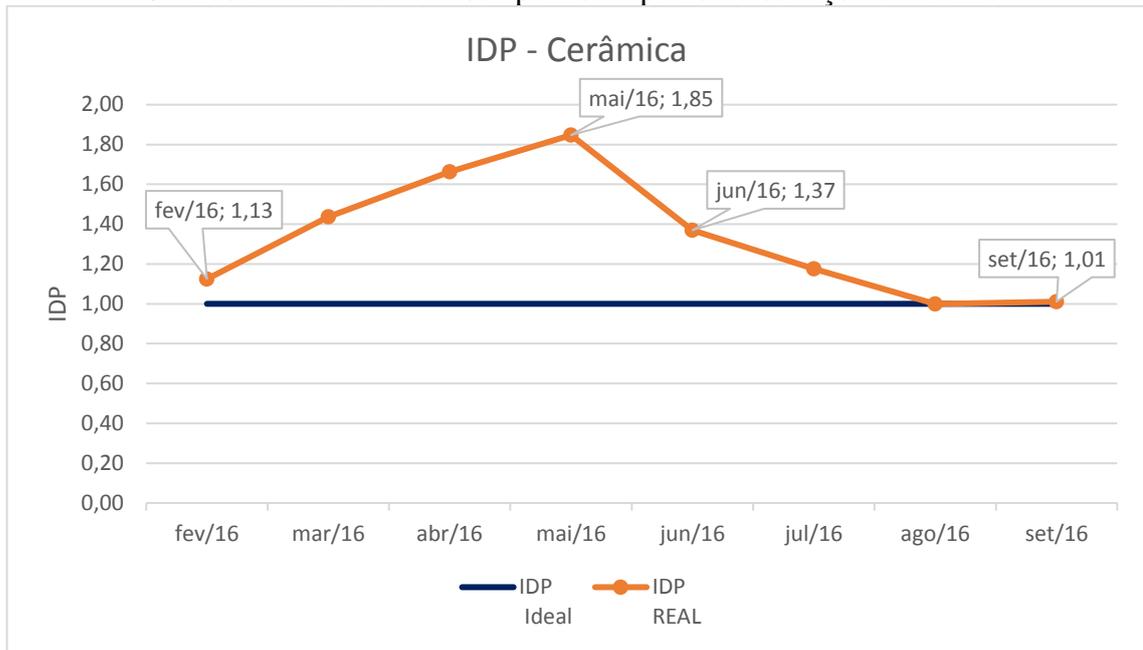
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Gráfico 16 - Variação de prazo do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

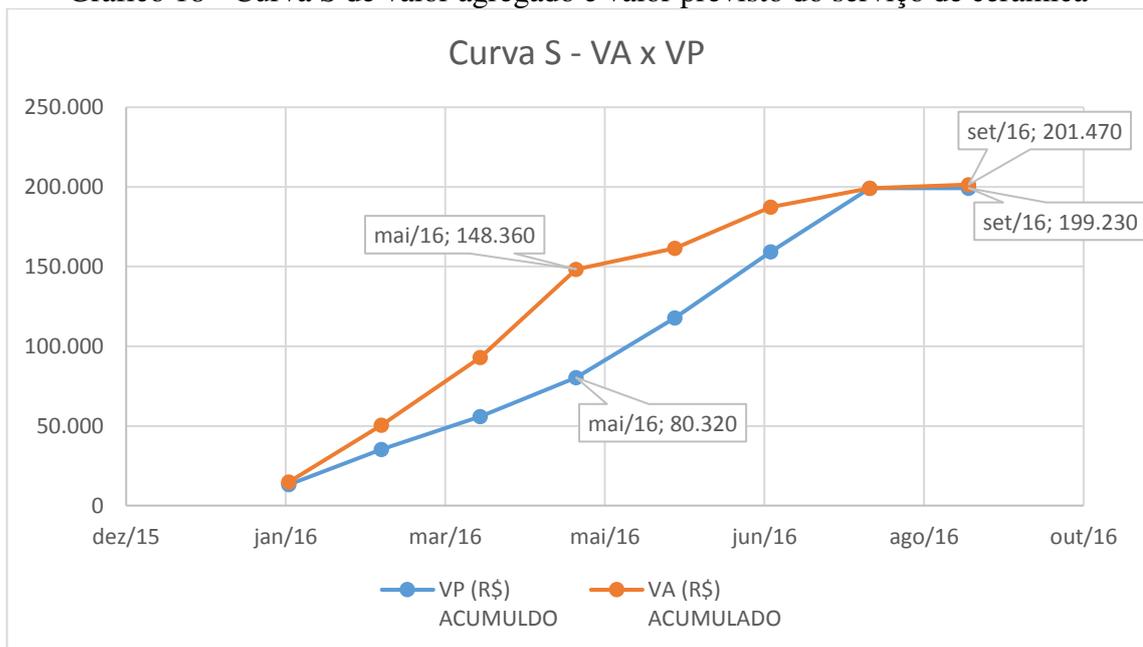
Gráfico 17 - Índice de desempenho de prazo do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico 18 apresenta a curva S de valor agregado (VA) e valor previsto (VP) no cronograma aplicado para o serviço de assentamento de cerâmica. Observa-se que o valor agregado se mantém acima do valor previsto durante toda a execução do serviço, apresentando maior diferença no mês de maio e obtendo valor aproximado ao previsto no final do serviço, em setembro.

Gráfico 18 - Curva S de valor agregado e valor previsto do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Na tabela 23 constam os valores de variação de custo (VC) e índice de desempenho de custo (IDC) em cada período, calculados a partir do valor agregado (VA) e do custo real (CR) do serviço de assentamento de cerâmica. Os gráficos 19 e 20 apresentam, respectivamente, o comportamento da variação de custo e do índice de desempenho de custo ao longo da execução do serviço de cerâmica.

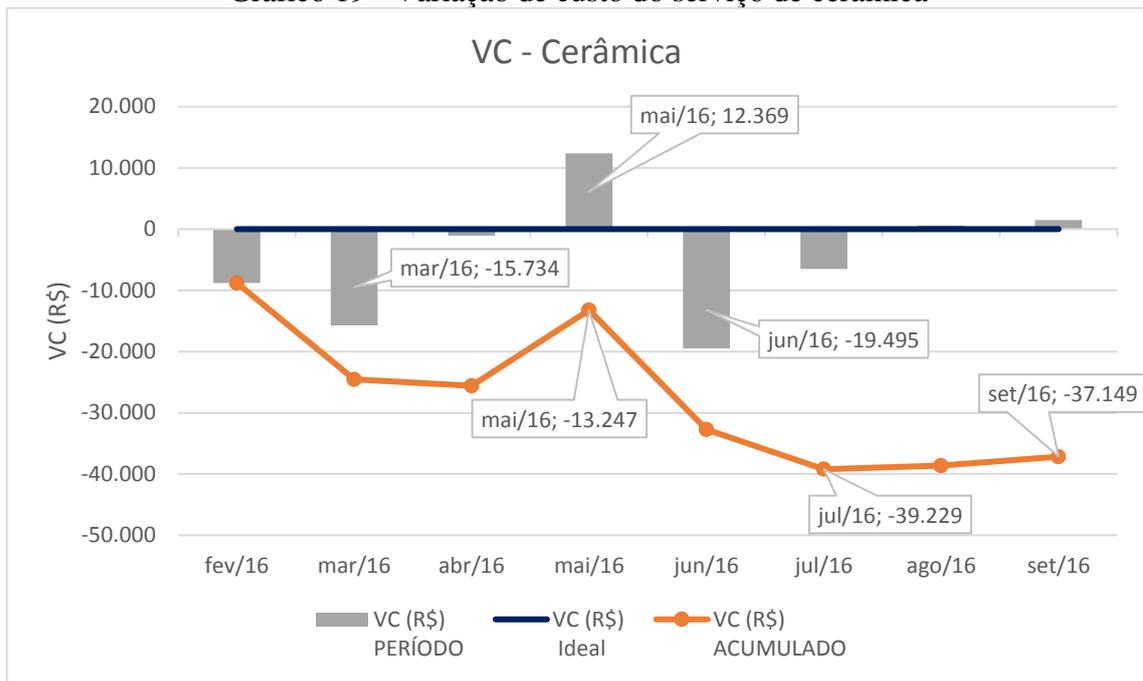
Nota-se que as maiores variações foram nos meses de março, com variação de custo de R\$ (-15.734,00) e IDC de 69% e junho com variação de custo de R\$ (-19.495,00) e IDC de 40% no período. E pelo gráfico 19, verifica-se que a variação de custo total é maior no mês de julho, apresentando R\$ (-39.229,00) e pouco recupera o valor no final do projeto, finalizando com R\$ (-37.149,00). O gráfico 20 mostra que o IDC no início do serviço é muito baixo, 63% em fevereiro, o IDC mais próximo do esperado ocorreu em maio, com 92%, mas não foi recuperado no decorrer do projeto, finalizando com 84%.

Tabela 23 - Análise de custo do serviço de cerâmica

Período	VA (R\$) PERÍODO	CR (R\$) PERÍODO	VC (R\$) PERÍODO	IDC PERÍODO
fev/16	14.850	23.654	-8.804	0,63
mar/16	35.750	51.484	-15.734	0,69
abr/16	42.300	43.379	-1.079	0,98
mai/16	55.460	43.091	12.369	1,29
jun/16	13.160	32.655	-19.495	0,40
jul/16	25.850	32.337	-6.487	0,80
ago/16	11.750	11.160	590	1,05
set/16	2.350	860	1.490	2,73
TOTAL	201.470	238.619	-37.149	0,8443

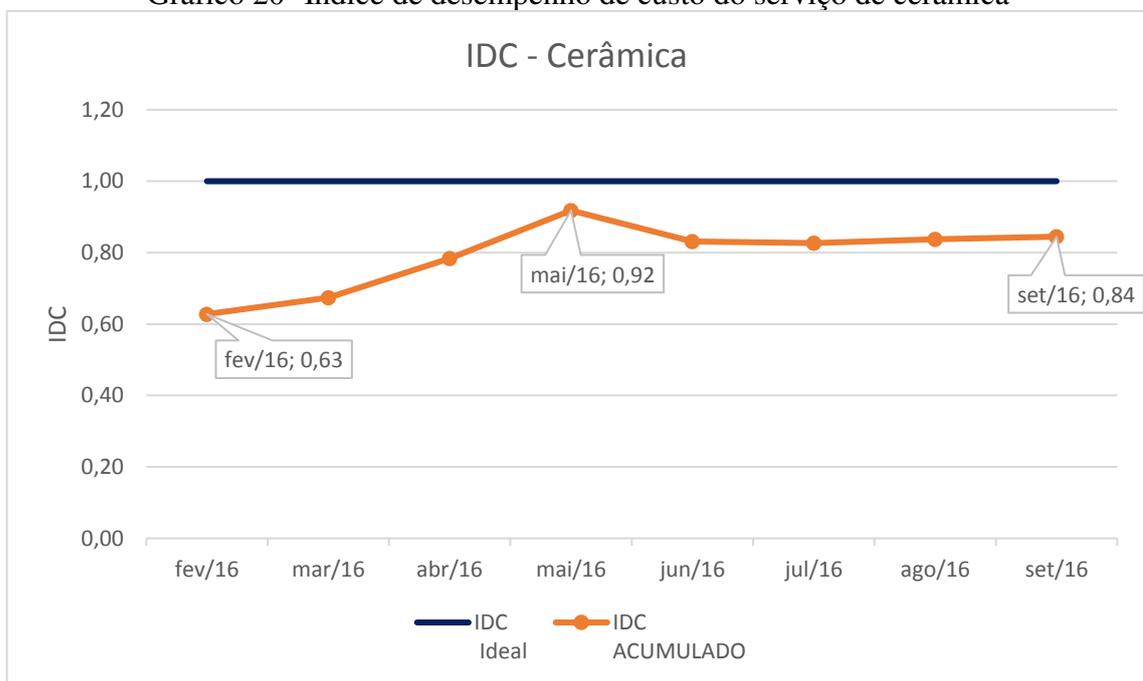
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Gráfico 19 - Variação de custo do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

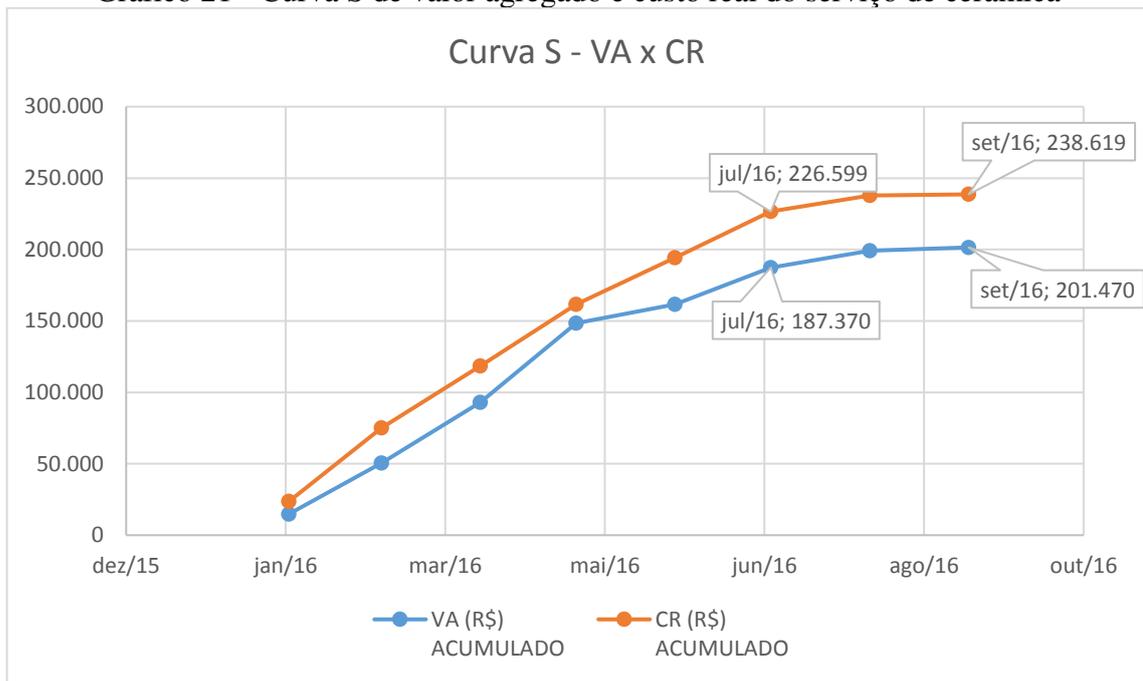
Gráfico 20 - Índice de desempenho de custo do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O gráfico 21 indica os valores acumulados do valor agregado (VA) e custo real (CR) no decorrer do serviço. Observa-se que o custo real permaneceu acima do valor agregado durante toda a duração da atividade, apresentando grande diferença ao final do serviço.

Gráfico 21 - Curva S de valor agregado e custo real do serviço de cerâmica



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A tabela 23 a seguir apresenta os valores reais de custo com a mão de obra referente à produção e ao complemento salarial devido à baixa produtividade. O valor total de complemento representou apenas 1% do total do custo com mão de obra.

Tabela 24 - Custo real de mão de obra referente ao serviço de cerâmica

Período	CR (R\$) Produção	CR (R\$) Complemento
fev/16	23.528	126
mar/16	51.170	314
abr/16	41.695	1.684
mai/16	43.091	0
jun/16	32.100	555
jul/16	32.337	0
ago/16	11.160	0
set/16	860	0
TOTAL	235.941	2.678

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O cronograma proposto para o serviço de assentamento de cerâmica previa 4 equipes nos três primeiros meses de execução da atividade, aumentando para 8 equipes do quarto ao sétimo mês. No entanto, iniciou-se o serviço com 5 equipes, aumentando para 12 no

mês seguinte, permanecendo com 10 equipes no terceiro mês. Isso faz com que o valor agregado do serviço fique acima do valor previsto, gerando variação de prazo (VPr) bem acima do esperado e índice de desempenho de prazo favorável, resultando em um significativo adiantamento do serviço nos 4 primeiros meses e a normalização do prazo nos meses restantes.

No entanto, verifica-se no mês de março, por exemplo, que apesar de dispor de um número de equipes duas vezes a mais que a quantidade prevista, a produção foi apenas 62% superior que a esperada (40 casas previstas no cronograma e 65 casas executadas), o que caracteriza baixa produtividade das equipes. Não havia um encarregado específico para o serviço e devido à quantidade elevada de equipes, não houve acompanhamento eficaz da execução do serviço, além disso, como não houve aumento das equipes de atividades predecessoras, o serviço de cerâmica ficou sem frente. Percebendo que não havia necessidade da quantidade de equipes contratadas para o serviço, reduziu-se para 8 equipes em maio, chegando a 2 equipes em agosto e 1 em setembro.

Não havia um controle de qualidade adequado na obra, sobretudo para o serviço de cerâmica, o que resultou em uma grande quantidade de retrabalho. Devido à qualidade da argamassa, após a cura, eram detectados vários pontos em que a cerâmica perdia a aderência. Após a troca da argamassa, por uma de melhor qualidade, foi necessário a revisão de várias casas. Além disso, não havia proteção do piso acabado, e equipes de serviços posteriores, causavam danos ao piso, como trincas e quebras, sendo necessário a troca de cerâmicas.

Outro ponto que prejudicou a produtividade e consequentemente custo foi a falta de limpeza dos serviços predecessores. As equipes não recebiam a casa em condições adequadas para o assentamento da cerâmica e tinham que realizar a limpeza antes de iniciar o serviço, o que consumia mais tempo que o previsto.

Apesar de ser um serviço interno, o assentamento de cerâmica também foi prejudicado pelas chuvas, principalmente no mês de abril, pois houve atraso na entrega das esquadrias e as casas permaneciam abertas, dessa forma, o excesso de umidade em alguns cômodos, comprometia o serviço, sendo necessário o reassentamento da cerâmica em diversas casas.

A logística foi outro ponto desfavorável, principalmente a partir de março, quando vários serviços estavam em execução e devido à extensão da obra, a quantidade de equipamentos e pessoas disponíveis para atender a distribuição de materiais não era suficiente e o acesso às ruas devido às chuvas ficava comprometido durante vários períodos. A mesma equipe responsável no início da obra em distribuir apenas tijolos cerâmicos, blocos estruturais,

concreto e argamassa para alvenaria, passou a distribuir também gesso, cerâmica, argamassa para cerâmica, reboco e contrapiso, telha e madeira.

Devido ao não planejamento de aquisição de material, no período de 28 de maio a 8 de junho o serviço ficou parado devido ao atraso na entrega da cerâmica, e de 01 a 08 de setembro ocorreu o mesmo devido à falta de argamassa.

A partir dessas informações, observa-se que apesar de ter atendido ao prazo, o serviço teve um custo acima do esperado devido ao retrabalho e à falta de planejamento de logística e materiais, percebendo-se que a variação de custo permaneceu negativa ao longo de todo o serviço e o índice de desempenho de custo menor que 100%.

3.4.4 Análise geral da obra

A obra iniciou com 47 dias de antecedência e finalizou com 18 dias de atraso, uma duração de aproximadamente 2 meses a mais que o previsto. Esse cenário se deu, principalmente, pela quantidade de retrabalho, ao final dos serviços. Antes da liberação para a pintura, foram necessárias várias revisões nos serviços de telhamento, cerâmica, gesso, louças e forro.

Não foi possível calcular o valor agregado geral e o custo real total da obra referente a cada período, pois não foi disponibilizado o relatório de produção com o detalhamento de todos os serviços. O valor previsto também não pode ser calculado, pois o cronograma aplicado não abrangeu todos os serviços da obra. Dessa forma, não foi possível analisar a variação de prazo e de custo, ou os índices de desempenho de prazo e de custo geral da obra.

A tabela 25 apresenta os valores de complemento salarial total referente a cada período. Esses valores incluem todas as equipes da obra, inclusive equipes de infraestrutura, como rede de água, esgoto e drenagem.

Tabela 25 - Complemento salarial total por período

Período	Complemento Salarial (R\$)
set/15	5.347,42
out/15	131,88
nov/15	365,53
dez/15	7.936,94
jan/16	8.532,89
fev/16	4.476,28
mar/16	6.228,13
abr/16	10.041,19
mai/16	8.716,51
jun/16	18.672,38
jul/16	9.743,02
ago/16	11.642,73
set/16	9.253,78
out/16	784,20
nov/16	5.686,76
dez/16	1.867,28
TOTAL	109.426,92

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Pela documentação analisada, não foi possível verificar quais as equipes apresentaram menor desempenho, necessitando de complemento salarial. Verifica-se, no entanto, que o serviço de alvenaria representa 11% do total de complemento, o serviço de reboco 9% e o serviço de cerâmica, apenas 2%. Com base nesses dados, observa-se que, apesar da obra ter sido entregue dentro do prazo e dos atrasos dos serviços não terem sido tão significativos, houve um custo não previsto devido à baixa produtividade das equipes.

Essa baixa produtividade se deu principalmente pela falta de planejamento da aquisição de materiais e da logística da obra. Além disso, percebe-se uma maior preocupação durante a obra com o controle dos serviços de alvenaria, reboco e cerâmica, por serem serviços de maior incidência na Planilha de Levantamento de Serviços Executados (PLS) da Caixa Econômica Federal. Assim, outros serviços menores e serviços relacionados à infraestrutura provavelmente tiveram índices de desempenho menos favoráveis, tendo em vista que representam 78% do valor gasto com complemento salarial devido à falta de produtividade. Esses serviços não puderam ser analisados neste trabalho pois não houve controle de documentos adequado que fornecesse dados suficiente para a análise.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a percepção da importância do planejamento e controle de uma obra. É necessário que haja o planejamento integrado de serviços, materiais e logística e ainda o acompanhamento e controle desse plano para assegurar o cumprimento do prazo e custo previsto para o empreendimento.

Com a análise dos dados dos serviços de alvenaria, reboco e cerâmica e ainda o valor de complemento salarial total do empreendimento estudado, foi possível verificar que embora o prazo de entrega da obra tenha sido cumprido e os índices de prazo dos serviços analisados tenham sido satisfatórios, houve um custo maior que o previsto e ainda a duração total de alguns serviços foi maior que a estimada. Observou-se que o planejamento aplicado não incluiu a logística e a aquisição de materiais e sobretudo não houve um controle eficaz do planejamento.

Verificou-se que o custo com complemento salarial devido à baixa produtividade foi decorrente de atrasos na aquisição de material e ferramentas e da deficiência no cumprimento da programação de distribuição de materiais. Percebeu-se ainda que a quantidade de retrabalho, principalmente referente ao serviço de cerâmica, gerou um custo com mão de obra maior que o previsto. Constatando-se que embora o planejamento aplicado na obra tenha sido eficaz, pois garantiu a entrega da obra no prazo, não foi eficiente, pois houve prejuízo em relação aos custos com mão de obra.

Para a elaboração deste estudo, foram realizadas pesquisas bibliográficas a respeito do planejamento de obras, do gerenciamento de projetos e de *softwares* que auxiliam na prática do planejamento. Ainda, foi realizado um acompanhamento em campo da obra, observando os fatores que impactam no cumprimento de prazo e custo do empreendimento e feita a análise dos dados gerados pelo controle dos serviços e pagamento de pessoal.

Nota-se que o recurso utilizado na obra não contribuiu para a agilidade na programação de contratação, aquisição de materiais e programação da logística na obra. Caso aplicado a ferramenta proposta, o MS Project, ou outro *software* similar, provavelmente facilitaria o planejamento de materiais, o controle do planejamento de serviços e a análise dos custos gerados a cada período.

Entende-se que esta pesquisa pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a aplicação de técnicas de planejamento de obras e compreender a importância de um planejamento completo e estruturado para garantir a eficácia e eficiência da gestão e do controle de obras.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2013.

GASNIER, Daniel Borges. **Guia Prático para gerenciamento de projetos: manual de sobrevivência pra os profissionais de projetos.** 5ª Edição. São Paulo: IMAM, 2010.

LIMA, Maurício. **Diretores de obra e consultores destacam a importância do planejamento para contornar gargalos atuais da construção.** Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/diretores-de-obra-e-consultores-destacam-a-importancia-do-planejamento-211130-1.aspx>>. Acesso em: 15, novembro de 2016.

MACHADO, R. L. **A Sistematização de Antecipações Gerenciais no Planejamento da Produção de Sistemas da Construção Civil.** 2003. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Gerenciamento de obras.** In: CURSO DE GERENCIAMENTO DE OBRAS, 1., 2016. São Luís, MA. Apostila...São Paulo, SP: Aldo Mattos Consultoria, 2016.

PMBOK. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®).** 5ª edição. Pennsylvania, EUA: PMI, 2013.

RESENDE, Vitor Hugo Martins e. **Planejamento e controle de cronograma físico de obras por meio da corrente crítica no Ms Project.** 2015. Dissertação (Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SANTOS, C. M. da S.; ARAÚJO, N. M. C. de.; VILLAR, A. de M.; MONTENEGRO, S. **Planejamento e controle da produção em construtoras de edificações verticais na grande João Pessoa.** SIMPEP, 2008.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção-Teoria e Prática.** São Paulo: 2ª. ed. Atlas, 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2009.

ANEXOS

ANEXO A – VALOR PREVISTO, VARIAÇÃO DE PRAZO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DE PRAZO DO SERVIÇO DE ALVENARIA COM BASE NO CRONOGRAMA PROPOSTO

Período	VP (R\$) Cronograma Proposto	VPr (R\$) Cronograma Proposto	IDP Cronograma Proposto
set/15	0	3.600	-
out/15	46.800	-12.000	0,74
nov/15	61.200	8.400	1,14
dez/15	39.600	6.000	1,15
jan/16	54.000	20.400	1,38
fev/16	50.400	24.000	1,48
mar/16	57.600	18.000	1,31
abr/16	52.425	18.640	1,36
mai/16	52.425	-9.320	0,82
jun/16	55.920	-55.920	0,00
jul/16	19.805	-19.805	0,00
TOTAL	490.175	1.995	1,00

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO B – VALOR PREVISTO, VARIAÇÃO DE PRAZO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DE PRAZO DO SERVIÇO DE REBOCO COM BASE NO CRONOGRAMA PROPOSTO

Período	VP (R\$) Cronograma Proposto	VPr (R\$) Cronograma Proposto	IDP Cronograma Proposto
out/15	10.575	-10.575	0,00
nov/15	33.840	-30.315	0,10
dez/15	23.265	-18.330	0,21
jan/16	33.840	-8.460	0,75
fev/16	29.610	-2.820	0,90
mar/16	31.725	10.575	1,33
abr/16	32.400	14.850	1,46
mai/16	30.375	40.500	2,33
jun/16	30.375	26.325	1,87
jul/16	29.700	-24.300	0,18
TOTAL	285.705	-2.550	0,99

ANEXO C – VALOR PREVISTO, VARIAÇÃO DE PRAZO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DE PRAZO DO SERVIÇO DE CERÂMICA COM BASE NO CRONOGRAMA PROPOSTO

Período	VP (R\$) Cronograma Proposto	VPr (R\$) Cronograma Proposto	IDP Cronograma Proposto
out/15	8.250	-8.250	0,00
nov/15	21.450	-21.450	0,00
dez/15	18.150	-18.150	0,00
jan/16	24.750	-24.750	0,00
fev/16	21.450	-6.600	0,69
mar/16	23.100	12.650	1,55
abr/16	19.740	22.560	2,14
mai/16	19.740	35.720	2,81
jun/16	19.740	-6.580	0,67
jul/16	22.560	3.290	1,15
ago/16	12.220	-470	0,96
set/16	0	2.350	-
TOTAL	211.150	-9.680	0,95

**ANEXO D – QUANTIDADE DE CASAS EXECUTADAS POR PERÍODO
REFERENTE AOS SERVIÇOS DE ALVENARIA, REBOCO E CERÂMICA**

Período	Alvenaria	Reboco	Cerâmica
set/15	3	-	-
out/15	29	-	-
nov/15	58	5	-
dez/15	38	7	-
jan/16	62	36	-
fev/16	62	38	27
mar/16	63	60	65
abr/16	61	70	90
mai/16	37	105	118
jun/16	-	84	28
jul/16	-	8	55
ago/16	-	-	25
set/16	-	-	5
TOTAL	413	413	413

**ANEXO E – EXEMPLO DAS FOLHAS DE PAGAMENTO ANALISADAS PARA
OBTENÇÃO DE DADOS**

CONTROLE DE PRODUÇÃO						
PERÍODO: 21/01/16 a 20/02/16		OBRA:			ENCARREGADO:	
EQUIPE: ALVENARIA DE VEDAÇÃO				CÓD EQUIPE: A2		
FUNCIONÁRIO				FUNÇÃO		PRODUÇÃO
				PEDREIRO		R\$ 1.800,00
				PEDREIRO		R\$ 1.800,00
				SERVENTE		R\$ 1.200,00
						R\$ 4.800,00
QUADRA	CASA	SERVIÇO	UND	QTD	P. UNIT	P. TOTAL
						R\$ 4.800,00
19	03, 04	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	CS	2,00	R\$ 1.200,00	R\$ 2.400,00
20	17, 19	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	CS	2,00	R\$ 1.200,00	R\$ 2.400,00
						R\$ -
						R\$ -