

APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS PERT/CPM EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO HABITACIONAL NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

APPLICATION OF PERT / CPM TECHNIQUES IN A HOUSING CONSTRUCTION PROJECT IN THE CITY OF CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

Larissa Gonçalves

Rodrigo Bernardo Ramos

Talita Martins¹

Éder Reis Tavares²

Valderedo Sedano Fontana³

RESUMO

Conhecer os processos que serão executados em um projeto é o primeiro passo para a excelência deste. O gerenciamento de projetos é encarado como vantagem competitiva no mercado de trabalho, pois permite tanto a antecipação das mudanças no escopo do projeto quanto lucratividade, devido ao controle dos processos. O presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso realizado em uma construtora do município de Cachoeiro de Itapemirim, com a finalidade de apontar o caminho crítico do projeto a partir da aplicação das técnicas *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) e *Critical Path Method* (CPM). A determinação do caminho crítico apresenta-se como grande aliada no controle das ações do projeto, tendo em vista o acompanhamento detalhado para evitar transtornos futuros. Por meio de coleta de dados foi possível encontrar a duração de cada atividade bem como sua respectiva folga, após cálculo dos tempos cedo e tarde. Além disso, foi possível identificar a duração total de construção do edifício habitacional e também as atividades críticas cujo atraso refletiria em um aumento do prazo projeto.

Palavras chave: Gerenciamento. Projeto. Atividades.

¹ Graduandos em Engenharia de Produção pela Faculdade Multivix Cachoeiro de Itapemirim

² Mestrado e Graduação em Engenharia da Produção pela Faculdade Candido Mendes. Professor na Faculdade Multivix Cachoeiro de Itapemirim.

³ Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional. Pós-Graduado em Informática na Educação e Gestão Empresarial. Graduação em Engenharia da Produção, Ciência da Computação, Matemática e Física. Coordenador e Professor na Multivix Cachoeiro de Itapemirim-ES

ABSTRACT

Knowing the processes that will be executed in a project is the first step to the excellence of it. The project management is seen as a competitive advantage in the labor market, because it allows both the anticipation of the changes in the scope of the project and profitability due to the control of the processes. The objective of this paper is to present a case study carried out at a construction company in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim, in order to identify the critical path of the project through the application of Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM). The determination of the critical path presents itself as a great ally in the control of the actions of the project, bearing in mind the detailed monitoring to avoid possible future disturbances. Through data collection it was possible to have found the duration of each activity as well as its respective slack, after calculation of its Early and Late Start and Finish. In addition to that, it was possible to have identified the total duration of the construction of the housing building and also the critical activities in which a delay would reflect in an increase of the project term.

Keywords: Management. Project. Activities.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem passando por dificuldades e obstáculos durante os últimos três anos no Brasil e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), desde 2014 o ramo civil acumula uma queda de 14,3%, sendo que o Produto Interno Bruto (PIB) total recuou cerca de 5,5% desde 2015. De acordo com pesquisas do instituto, projeta-se uma expectativa positiva no setor para o ano de 2018, mesmo que com poucas garantias.

A competitividade impõe grande pressão ao setor da construção civil, segundo Lukosevicius e Filho (2008) há um cenário de mudanças e incertezas contínuas no ambiente externo e as empresas precisam lidar com a redução de recurso sem deixar de cumprir seus objetivos. Nesse contexto, ferramentas que auxiliam o gerenciamento de projetos se fazem necessárias para aumentar a competitividade das empresas no mercado.

O *Project Management Institute* (PMI, 2008) define gerenciamento de projetos como um método que tem como finalidade atingir os resultados do projeto, por meio da aplicação de conhecimentos, habilidades e ferramentas às atividades do projeto. O método de gerenciamento de projetos conhecido como diagrama de rede PERT/CPM tem o objetivo de integrar e relacionar atividades de determinado processo, pode ser usado como ferramenta de planejamento para definir duração de tempo de tarefas. Tubino (2000) define PERT como um diagrama que representa graficamente as dependências entre todas as atividades do projeto.

O objetivo deste estudo foi determinar através da utilização da técnica PERT/CPM, o caminho crítico e o tempo total da construção de um edifício habitacional em Cachoeiro de Itapemirim, no estado do Espírito Santo. Os dados sobre as durações das atividades foram obtidos por meio da observação e experiência dos representantes consultados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Rede PERT/CPM

Criados no fim da década de 50, o *Program Evolution and Review Technique* - ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas (PERT) - e o *Critical Path Method* - ou Método do Caminho Crítico (CPM) - surgiram como inovação na forma de se tratar o gerenciamento de projetos. O CPM foi desenvolvido pela empresa norte americana Dupont de Nemours, em 1985, como auxílio para que seus produtos fossem lançados nos prazos estipulados pela organização (COX; SCHLEIER, 2013).

Sobre o desenvolvimento do PERT, Vargas (2009, p.173) define o seguinte “O diagrama de rede tem sua origem no meio militar, com uma associação entre a marinha e as empresas Lockheed & Booz e Allen & Hamilton, em 1958, no desenvolvimento dos projetos da série de submarinos atômicos do governo norte-americano”.

Conforme Peinado e Graeml (2007) os prazos para realizar e concluir tarefas no sistema PERT são tratados de modo probabilístico e nos sistemas CPM os prazos são tratados de forma determinística.

Stoner (1985), afirma que o uso do PERT e CPM se difundiram rapidamente e influenciou significativamente no planejamento e controle de projetos e programas. Os dois sistemas apresentavam diferenças tão pequenas que suas características foram incorporadas, de forma que se deixou de haver vantagem de um sobre o outro e começou-se a considerá-los como um único método, nomeando essa integração de sistema PERT/CPM.

Para Corrêa et al (2001), a rede PERT/CPM é uma técnica utilizada no sistema de gerenciamento de redes de atividades em que se permite estabelecer uma ordem no cumprimento das atividades e o conhecimento bem definido do início e fim destas. Assim, o sequenciamento de atividades que a sucede estará bem encadeado e permitirá o cumprimento dos prazos e o inter-relacionamento das mesmas.

Santos et al (2010), Monteiro e Ramires (2013) e Banna et al (2013) apresentam a aplicabilidade das técnicas de redes PERT/COM elucidando soluções através da evidenciação de atividades críticas e do aperfeiçoamento do processo, além de fomentar a possibilidade de construção de novos modelos operacionais que venham a nortear as organizações.

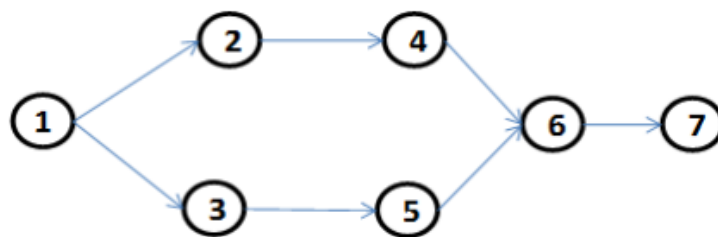
2.2 Construção da Rede PERT/CPM

Segundo Ritzman e Krajewski (2003), elaborar um diagrama de rede requer o estabelecimento de relações de precedência entre as atividades. Conforme Fernandes e Filho (2010), é possível obter a previsão da conclusão final do projeto através dos tempos, da distribuição dos recursos fundamentais e da montagem precisa da rede. É necessário identificar a associação de precedência entre as atividades, ou seja, quais delas devem vir antes ou depois das outras. Também é importante determinar os custos, os recursos e seus tempos de duração.

De acordo com Cox e Schleier (2013) é possível representar um projeto por meio de uma rede de atividades ao identificar a série a ser executada. O diagrama de rede mostra a precedência e a sucessão das tarefas, ou seja, organiza-as de maneira que fique claro ao sequenciamento lógico das atividades.

Segundo Tubino (2000), a montagem exata das precedências do diagrama é fundamental para legitimar a conclusão que foi obtida durante a elaboração da rede, viabilizando a representação visual da dependência entre as atividades que a compõe e assegurando a ordem formal e lógica das relações entre elas. O autor ressalta que para a construção da rede pode-se utilizar nós (círculos) para representar as atividades e setas para separar as atividades de suas atividades precedentes. Assim, a partir de uma atividade (círculo) é possível encontrar na rede ou em uma lista a atividade precedente. A figura abaixo ilustra a montagem da rede PERT/CPM:

Figura 1 - Montagem rede PERT/CPM



Fonte: Adaptado de Tubino (2000)

Para a construção e melhor entendimento da rede, Peinado e Graeml (2007) orientam que:

- a) a atividade simbolizada será orientada por uma seta com sentido e direção para a próxima atividade;
- b) as atividades acontecem entre dois nós representados por círculos, sendo que cada nó dispõe de um número, ou código que represente a atividade;
- c) nas setas são descritas as atividades e durações das tarefas;
- d) não se pode iniciar uma tarefa sem que sua precedente esteja concluída;
- e) para melhor entendimento, as setas devem ser orientadas da esquerda para a direita ou de cima para baixo.

2.3 Cálculo do Tempo da Rede PERT/CPM

Para Fernandes e Filho (2010), na rede PERT/CPM inicialmente o tempo de início de uma atividade teria que ser igual ao tempo fim da atividade precedente. Existem atividades que detêm duas ou mais atividades precedentes, portanto elas precisam que todas as atividades que as precedem sejam concluídas para que elas iniciem. O autor menciona que para as atividades que não são críticas, o tempo de início não tem que ser igual ao final da atividade precedente, pois ela possui uma folga, não pertencendo ao caminho crítico da rede.

Para melhor entendimento, utilizam-se quatro variáveis no raciocínio PERT/CPM (referentes aos tempos de início e fim mais cedo de uma atividade e dos tempos de início e fim mais tardes de uma atividade. Ou seja, estimativas de prazos mínimos e máximos de início e fim), sendo elas, de acordo com Fernandes e Filho (2010):

- a) ES = Início Mais Cedo (*Earliest Start*);
- b) EF = Final Mais Cedo (*Earliest Finish*);
- c) LS = Início Mais Tarde (*Latest Start*);
- d) LF = Final Mais Tarde (*Latest Finish*).

De posse das variáveis, Fernandes e Filho (2010) definem:

- a) regra do início mais cedo: $ES_i = \max_j(EF_j)$. O tempo inicial mais cedo (ES_i) de uma atividade i é igual ao maior tempo final mais cedo (EF_j) das atividades precedentes j ;
- b) regra do tempo final mais cedo: $EF_i = ES_i + D_i$. Onde D_i é a duração da atividade i ;
- c) regra do tempo início mais tarde: $LS_i = LF_i - D_i$.
- d) regra do final mais tarde: $LF_i = \min_k(LS_k)$. Onde LF_i de uma atividade i é igual ao menor tempo de início mais tarde LS_k das atividades sucessoras k .

Segundo Fernandes (2010), sendo o ES_j igual ao LS_j , e o EF_j igual ao LF_j não existirá folga para início e término das atividades. Assim, a diferença é igual à folga existente nas atividades: $LF - EF = LS - ES$, sendo seu valor equivalente ao atraso que as

atividades podem tolerar sem que haja o comprometimento da duração total do caminho crítico que conseqüentemente, da duração total do projeto.

2.3 Caminho Crítico

Prado (1988) define caminho crítico como a sequência de tarefa que dispõe maior período de tempo para ser realizada, que quando calculado, apresenta tempo máximo de duração que um projeto levará para ser concluído. De acordo com Martins e Laugeni (2015), o caminho crítico compreende a sequência de atividades conectadas do início ao fim do projeto, onde caso haja qualquer atraso de duração das etapas, repercutirá diretamente no tempo total de conclusão do projeto como um todo.

Para calcular o caminho basta somar o tempo de duração das tarefas de um mesmo ramo da rede, logo o maior somatório de tempo indicará o resultado desejado do caminho crítico. Para realizar o somatório, segundo Peinado e Graeml (2007) deve-se seguir a sequência das linhas dispostas no gráfico de setas, que é utilizado para ilustrar a rede de atividades.

Tendo ciência do caminho crítico, é possível através de análises e estudos otimizar o projeto por meio da diminuição do tempo de execução das atividades. Segundo Tubino (2000) torna-se essencial para gerenciar um projeto, pois o possibilita o conhecimento do tempo total demandado para que o projeto seja concluído sem que haja atrasos. O autor afirma ainda que se pode ter em conhecimento de quais atividades não podem sofrer atrasos, pois se sofressem acarretariam em uma sequência de retardos em outras atividades, gerando acúmulos e atrasos.

3 METODOLOGIA

“A pesquisa é considerada como sendo a inquisição, o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade” (LEHFELD, 1991, p.102). A estruturação do presente artigo foi dividida em seis partes, são elas:

- a) escolha da empresa: a empresa em questão foi escolhida por ser referência no mercado da construção civil no município de Cachoeiro de Itapemirim;
- b) coleta de dados: foi realizada uma visita à empresa, por meio de observação e conversa com os representantes e funcionários obtivemos a sequência de atividades, sua duração e dependências;
- c) montagem da tabela: foi construída uma tabela com as atividades, dependências e duração das atividades para melhor visualização do processo construtivo;
- d) diagrama de rede: após a estruturação da tabela, as atividades foram ordenadas segundo suas dependências e foi desenvolvido o diagrama de rede;
- e) cálculo das variáveis: nessa etapa foram calculados earliest start (ES), earliest finish (EF), latest finish (LF) e last start (LS);
- f) caminho crítico: após a definição de ES, EF, LF e LS foi possível encontrar a folga para cada atividade e estabelecer o caminho crítico do processo.

3.1 Descrição da Empresa

A empresa analisada atua no ramo de construção civil no sul do estado com a utilização de painéis pré-moldados na modalidade Minha Casa Minha Vida do Governo Federal. A princípio foi analisado o processo construtivo de um edifício com quatro pavimentos, foram analisadas setenta e quatro atividades que devem ser executadas considerando o grau de dependência entre elas e o prazo de execução de cada uma.

A equipe administrativa é composta por um engenheiro de produção, um engenheiro civil, um técnico de segurança do trabalho e dois auxiliares de planejamento da produção, além disso, a obra possui cerca de 30 funcionários diretos e 60 funcionários terceirizados que são responsáveis pela execução de todas as atividades realizadas na obra.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A obra possui um total de oito edifícios habitacionais, optou-se por realizar o estudo em questão em apenas um, pois os outros edifícios estavam em fases iniciais de

construção. É importante frisar que, tanto o caminho crítico quanto o tempo de execução total aqui evidenciado poderiam ser diferentes se o estudo realizado abrangesse os oito edifícios. O Quadro 1 a seguir detalha as atividades, suas dependências bem como a duração das atividades.

Quadro 1 – Descrição e tempos de duração das Atividades

| CÓDIGO | DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES | PREDECESSORA | TEMPO DE EXECUÇÃO |
|--|---|---------------------|--------------------------|
| Fundação | | | |
| ATV 1 | Terraplenagem | | 1 dia |
| ATV 2 | Instalação e concretagem das sapatas pré moldadas | ATV 1 | 3 dias |
| ATV 3 | Instalação elétrica/hidráulica no radier | ATV 2 | 1 dia |
| ATV 4 | Armação do radier | ATV 3 | 1 dia |
| ATV 5 | Concretagem do radier | ATV 4 | 3 dias |
| Estrutura | | | |
| ATV 6 | Térreo - Montagem de Paredes e Lajes - Térreo | ATV 5 | 15 dias |
| ATV 7 | Montagem de Paredes e Lajes - 1º Pavimento | ATV 6 | 15 dias |
| ATV 8 | Montagem de Paredes e Lajes - 2º Pavimento - | ATV 7 | 15 dias |
| ATV 9 | Montagem de Paredes e Lajes - 3º Pavimento | ATV 8 | 17 dias |
| Instalação Elétrica | | | |
| ATV 10 | Mangueiramento | ATV 9 | 6 dias |
| ATV 11 | Enfição | ATV 10 | 6 dias |
| ATV 12 | Arremate de QDL | ATV 11 | 3 dias |
| ATV 13 | Instalação de Disjuntor | ATV 12 | 6 dias |
| ATV 14 | Cabeamento ao Quadro Principal | ATV 13 | 5 dias |
| ATV 15 | Instalação SPDA | ATV 14 | 2 dias |
| Instalação Hidráulica | | | |
| ATV 16 | Instalação de Esgoto / Água Fria e Pluvial | ATV 9 | 9 dias |
| ATV 17 | Instalação de Prumada de Dreno | ATV 9 | 5 dias |
| ATV 18 | Ventilação de Gás | ATV 9 | 2 dias |
| ATV 19 | Instalação das Caixas d'água | ATV 16 | 3 dias |
| | | | |
| Telhado | | | |
| ATV 20 | Impermeabilização da Laje da Cobertura | ATV 9 | 4 dias |
| ATV 21 | Execução de base calha | ATV 20 | 2 dias |
| ATV 22 | Engradamento do telhado | ATV 21 | 3 dias |
| ATV 23 | Instalação de telhas | ATV 22 | 2 dias |
| ATV 24 | Instalação de calhas e arremates | ATV 23 | 3 dias |
| ATV 25 | Execução da base da caixa d'água | ATV 21 | 6 dias |
| ATV 26 | Impermeabilização da base da caixa d'água | ATV 25 | 1 dia |
| ATV 27 | Execução de proteção mecânica na base da caixa d'água | ATV 26 | 1 dia |
| Instalação de Rede de TV e Lógica | | | |
| ATV 28 | Instalação de Rede de TV | ATV 10 | 1 dia |
| ATV 29 | Instalação de Rede de Interfone | ATV 10 | 1 dia |
| ATV 30 | Instalação de Rede de Telefonia | ATV 10 | 1 dia |

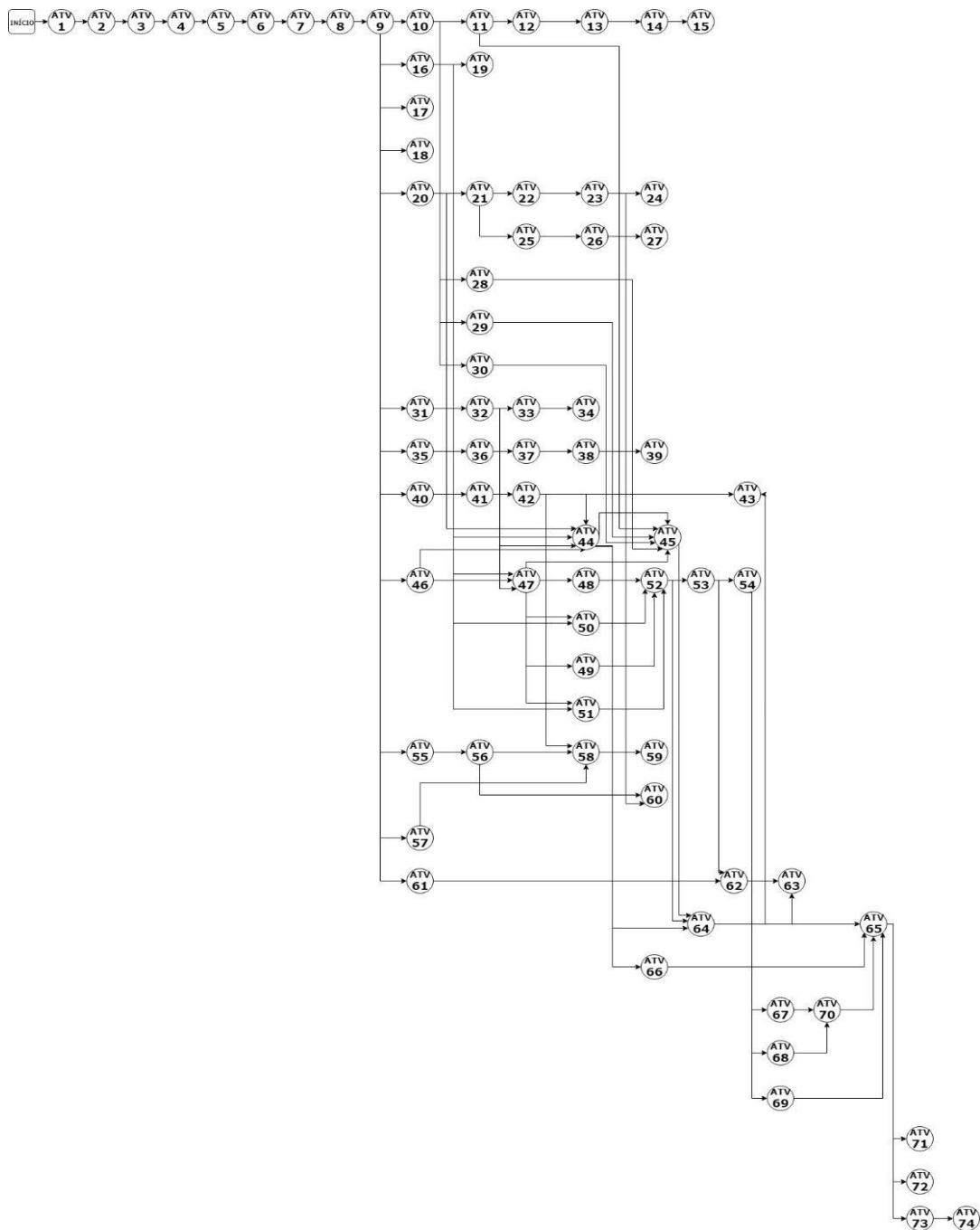
| Instalação de Gás | | | |
|---|--|---|---------|
| ATV 31 | Execução de Prumada de Gás | ATV 9 | 2 dias |
| ATV 32 | Execução de Ramal de Gás | ATV 31 | 4 dias |
| ATV 33 | Instalação de Medidores de Gás | ATV 32 | 3 dias |
| ATV 34 | Teste de Vazamento de Gás | ATV 33 | 1 dia |
| Instalação de Incêndio | | | |
| ATV 35 | Execução de Prumada de Incêndio | ATV 9 | 1 dia |
| ATV 36 | Instalação de Caixa de Incêndio | ATV 35 | 1 dia |
| ATV 37 | Instalação de Registros | ATV 36 | 1 dia |
| ATV 38 | Instalação de Eletrobomba | ATV 37 | 1 dia |
| ATV 39 | Instalação de Hidrantes | ATV 38 | 1 dia |
| Instalação de Esquadrias Metálicas | | | |
| ATV 40 | Arremate do vão de Janela | ATV 9 | 12 dias |
| ATV 41 | Instalação de Peitoril | ATV 40 | 8 dias |
| ATV 42 | Instalação das Janelas e Bâsculas | ATV 41 | 6 dias |
| ATV 43 | Vedação de Janelas com Polímero | ATV 42; ATV 64 | 2 dias |
| Execução de Gesso | | | |
| ATV 44 | Reboco de Gesso | ATV 42; ATV16; ATV 32; ATV 20; ATV 46 | 20 dias |
| ATV 45 | Forro de Gesso | ATV 44; ATV11; ATV 28; ATV 29; ATV 30; ATV 47 | 18 dias |
| Arremate Interno | | | |
| ATV 46 | Encunhamento | ATV 9 | 4 dias |
| ATV 47 | Impermeabilização de Área Molhada | ATV16; ATV 46; ATV 32 | 6 dias |
| ATV 48 | Contra Piso | ATV 47 | 17 dias |
| ATV 49 | Instalação de Divisória de Granito | ATV 47 | 4 dias |
| ATV 50 | Instalação de Shaft em Banheiro | ATV16; ATV 47 | 3 dias |
| ATV 51 | Execução de Shaft de Cozinha | ATV16; ATV 47 | 13 dias |
| ATV 52 | Assentamento Cerâmico em Banheiro e Cozinha | ATV 48; ATV 49; ATV 50; ATV V51 | 23 dias |
| ATV 53 | Instalação de Soleiras | ATV 52 | 5 dias |
| ATV 54 | Rejuntamento | ATV 53 | 16 dias |
| Arremate Externo | | | |
| ATV 55 | Arremate de Fachada | ATV 9 | 6 dias |
| ATV 56 | Impermeabilização e instalação de EPS em Fachada | ATV 55; | 6 dias |
| ATV 57 | Regularização do Fosso de Ventilação | ATV 9 | 5 dias |
| ATV 58 | Aplicação de Selador em Fachada | ATV 56; ATV 57; ATV 42 | 6 dias |
| ATV 59 | Aplicação de Textura em Fachada | ATV 58 | 10 dias |
| ATV 60 | Instalação de Chapim em Cobertura | ATV 56; ATV 23 | 6 dias |
| Instalação de Esquadria de Madeira | | | |
| ATV 61 | Arremate de Vão de Porta | ATV 9 | 8 dias |
| ATV 62 | Instalação de Portas | ATV 61; ATV 53 | 9 dias |
| ATV 63 | Instalação de Alisares | ATV 62; ATV 64 | 2 dias |
| Pintura | | | |
| ATV 64 | Aplicação de Selador e Emassamento de Teto | ATV 52; ATV 44; ATV 45 | 20 dias |
| ATV 65 | Pintura final | ATV 64; ATV 66; ATV 69; ATV 70 | 20 dias |
| | | | |
| Instalação de Pias, Louças, Metais e Acabamentos | | | |

| | | | |
|-----------------|-----------------------------------|----------------|---------|
| ATV 66 | Instalação de Balcão Gourmet | ATV 44 | 3 dias |
| ATV 67 | Instalação de Pia de Banheiro | ATV 54 | 3 dias |
| ATV 68 | Instalação de Pia de Cozinha | ATV 54 | 3 dias |
| ATV 69 | Instalação de Vaso Sanitário | ATV 54 | 2 dias |
| ATV 70 | Instalação de Torneiras | ATV 67; ATV 68 | 2 dias |
| ATV 71 | Instalação de Acabamento Elétrico | ATV 65 | 2 dias |
| ATV 72 | Instalação de Interfone | ATV 65 | 2 dias |
| Laminado | | | |
| ATV 73 | Instalação de Piso Laminado | ATV 65 | 26 dias |
| ATV 74 | Limpeza Final | ATV 73 | 4 dias |

Fonte: Desenvolvido pelos autores

A partir das informações de dependência entre as atividades e os tempos de execução cedidos pela empresa, foi possível estruturá-los conforme a sistemática de elaboração da rede PERT/CPM. A figura a seguir demonstra as atividades listadas acima em forma de uma rede PERT/CPM.

Figura 2 – Diagrama de rede do processo estudado



Fonte: Desenvolvido pelos autores

Após a construção da rede PERT/CPM, foi possível compreender o nível de dependência das atividades, visualizar melhor como algumas dessas atividades são executadas de forma paralelas entre si e ter uma visualização estruturada sobre o processo produtivo.

4.1 Determinação do Caminho Crítico e Tempos Cedos e Tardes

A definição dos tempos cedos e tardes é fundamental para a determinação do caminho crítico do processo construtivo, o objetivo é descobrir quais atividades não podem atrasar, quais atividades podem atrasar e quanto podem, e com isso planejar estratégias para o desempenho da equipe.

O Quadro 2 a seguir mostra o tempo de folga das atividades, bem como os tempos de início e fim mais cedos e tardes. Dentre as atividades analisadas, as que apresentam folga zero são consideradas atividades críticas no processo, sendo assim não podem atrasar, pois seu atraso interfere no prazo total do projeto.

Quadro 2 – Tempos de início e fim mais cedos e tardes e folga nos processos

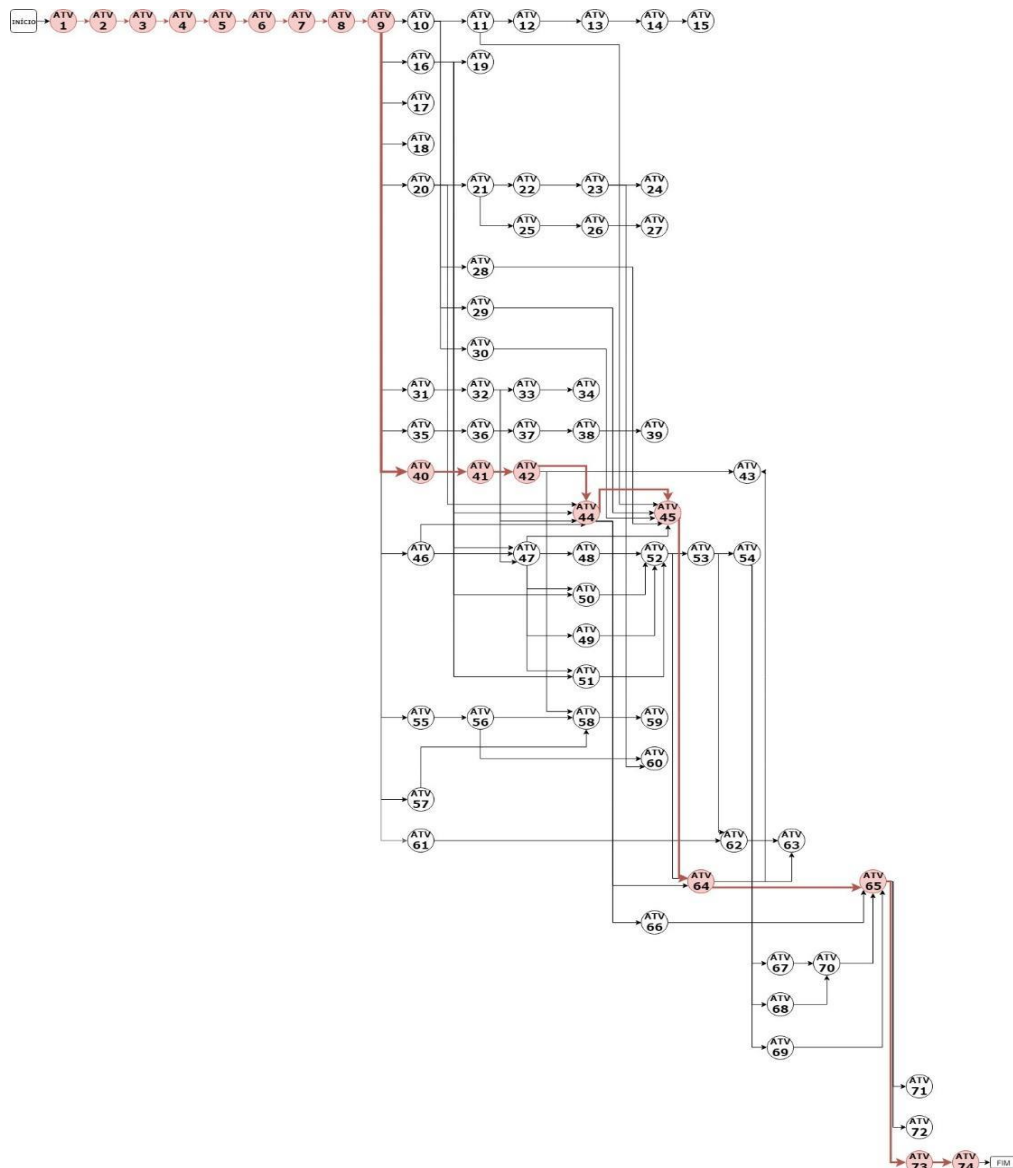
| ATIVIDADE | EARLIEST START | EARLIEST FINISH | LAST FINISH | LAST START | FOLGA | DURAÇÃO |
|-----------|-------------------|--------------------|----------------|---------------|-------|---------|
| ATV 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 dia |
| ATV 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 0 | 3 dias |
| ATV 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 0 | 1 dia |
| ATV 4 | 5 | 6 | 6 | 5 | 0 | 1 dia |
| ATV 5 | 6 | 9 | 9 | 6 | 0 | 3 dias |
| ATV 6 | 9 | 24 | 24 | 9 | 0 | 15 dias |
| ATV 7 | 24 | 39 | 39 | 24 | 0 | 15 dias |
| ATV 8 | 39 | 54 | 54 | 39 | 0 | 15 dias |
| ATV 9 | 54 | 71 | 71 | 54 | 0 | 17 dias |
| ATV 10 | 71 | 77 | 111 | 105 | 34 | 6 dias |
| ATV 11 | 77 | 83 | 117 | 111 | 34 | 6 dias |
| ATV 12 | 83 | 86 | 192 | 189 | 106 | 3 dias |
| ATV 13 | 86 | 92 | 198 | 192 | 106 | 6 dias |
| ATV 14 | 92 | 97 | 203 | 198 | 106 | 5 dias |
| ATV 15 | 97 | 99 | 205 | 203 | 106 | 2 dias |
| ATV 16 | 71 | 80 | 83 | 74 | 3 | 9 dias |
| ATV 17 | 71 | 76 | 205 | 200 | 129 | 5 dias |
| ATV 18 | 71 | 73 | 205 | 203 | 132 | 2 dias |
| ATV 19 | 80 | 83 | 205 | 202 | 122 | 3 dias |
| ATV 20 | 71 | 75 | 97 | 93 | 22 | 4 dias |
| ATV 21 | 75 | 77 | 194 | 192 | 117 | 2 dias |
| ATV 22 | 77 | 80 | 197 | 194 | 117 | 3 dias |
| ATV 23 | 80 | 82 | 199 | 197 | 117 | 2 dias |
| ATV 24 | 82 | 85 | 205 | 202 | 120 | 3 dias |
| ATV 25 | 77 | 83 | 203 | 197 | 120 | 6 dias |
| ATV 26 | 83 | 84 | 204 | 203 | 120 | 1 dia |
| ATV 27 | 84 | 85 | 205 | 204 | 120 | 1 dia |
| ATV 28 | 77 | 78 | 117 | 116 | 39 | 1 dia |
| ATV 29 | 77 | 78 | 117 | 116 | 39 | 1 dia |

| | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| ATV 30 | 77 | 78 | 117 | 116 | 39 | 1 dia |
| ATV 31 | 71 | 73 | 79 | 77 | 6 | 2 dias |
| ATV 32 | 73 | 77 | 83 | 79 | 6 | 4 dias |
| ATV 33 | 77 | 80 | 200 | 197 | 120 | 3 dias |
| ATV 34 | 80 | 81 | 205 | 204 | 124 | 1 dia |
| ATV 35 | 71 | 72 | 201 | 200 | 129 | 1 dia |
| ATV 36 | 72 | 73 | 202 | 201 | 129 | 1 dia |
| ATV 37 | 73 | 74 | 203 | 202 | 129 | 1 dia |
| ATV 38 | 74 | 75 | 204 | 203 | 129 | 1 dia |
| ATV 39 | 75 | 76 | 205 | 204 | 129 | 1 dia |
| ATV 40 | 71 | 83 | 83 | 71 | 0 | 12 dias |
| ATV 41 | 83 | 91 | 91 | 83 | 0 | 8 dias |
| ATV 42 | 91 | 97 | 97 | 91 | 0 | 6 dias |
| ATV 43 | 155 | 157 | 205 | 203 | 48 | 2 dias |
| ATV 44 | 97 | 117 | 117 | 97 | 0 | 20 dias |
| ATV 45 | 117 | 135 | 135 | 117 | 0 | 18 dias |
| ATV 46 | 71 | 75 | 83 | 79 | 8 | 4 dias |
| ATV 47 | 80 | 86 | 89 | 83 | 3 | 6 dias |
| ATV 48 | 86 | 103 | 106 | 89 | 3 | 17 dias |
| ATV 49 | 86 | 90 | 106 | 102 | 16 | 4 dias |
| ATV 50 | 86 | 89 | 106 | 103 | 17 | 3 dias |
| ATV 51 | 86 | 99 | 106 | 93 | 7 | 13 dias |
| ATV 52 | 103 | 126 | 129 | 106 | 3 | 23 dias |
| ATV 53 | 126 | 131 | 134 | 129 | 3 | 5 dias |
| ATV 54 | 131 | 147 | 150 | 134 | 3 | 16 dias |
| ATV 55 | 71 | 77 | 183 | 177 | 106 | 6 dias |
| ATV 56 | 72 | 78 | 189 | 183 | 111 | 6 dias |
| ATV 57 | 71 | 76 | 189 | 184 | 113 | 5 dias |
| ATV 58 | 97 | 103 | 195 | 189 | 92 | 6 dias |
| ATV 59 | 103 | 113 | 205 | 195 | 92 | 10 dias |
| ATV 60 | 82 | 88 | 205 | 199 | 117 | 6 dias |
| ATV 61 | 71 | 79 | 194 | 186 | 115 | 8 dias |
| ATV 62 | 131 | 140 | 203 | 194 | 63 | 9 dias |
| ATV 63 | 155 | 157 | 205 | 203 | 48 | 2 dias |
| ATV 64 | 135 | 155 | 155 | 135 | 0 | 20 dias |
| ATV 65 | 155 | 175 | 175 | 155 | 0 | 20 dias |
| ATV 66 | 117 | 120 | 155 | 152 | 35 | 3 dias |
| ATV 67 | 147 | 150 | 153 | 150 | 3 | 3 dias |
| ATV 68 | 147 | 150 | 153 | 150 | 3 | 3 dias |
| ATV 69 | 147 | 149 | 155 | 153 | 6 | 2 dias |
| ATV 70 | 150 | 152 | 155 | 153 | 3 | 2 dias |
| ATV 71 | 175 | 177 | 205 | 203 | 28 | 2 dias |
| ATV 72 | 175 | 177 | 205 | 203 | 28 | 2 dias |
| ATV 73 | 175 | 201 | 201 | 175 | 0 | 26 dias |
| ATV 74 | 201 | 205 | 205 | 201 | 0 | 4 dias |
| FIM | 205 | 205 | 205 | 205 | 0 | 0 dias |

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Após o resultado presentes na tabela 2 foi possível identificar 18 atividades críticas para o processo, visto que não possuem folga, sendo essas atividades: terraplenagem, instalação e concretagem das sapatas pré-moldadas, instalação elétrica e hidráulica no radier, armação do radier, concretagem do radier, montagem de paredes e lajes – térreo, 1º, 2º e 3º pavimento, arremate do vão de janela, instalação de peitoril, instalação das janelas e bacias, reboco de gesso, forro de gesso, aplicação de selador e emassamento de teto, pintura final, instalação de piso laminado e limpeza final, logo, qualquer atraso nessas atividades pode ocasionar atraso em todo o processo. Além disso foi possível e a prever a duração total do projeto em 205 dias. A figura a seguir mostra o diagrama de rede com a representação do caminho crítico:

Figura 3 – Diagrama de rede do processo com demonstração do caminho crítico



Fonte: desenvolvido pelos autores

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo de caso foi apontar o caminho crítico de um projeto de construção civil a partir da aplicação das técnicas PERT/CPM. A elaboração da Rede PERT/CPM, possibilitou a visualização gráfica das atividades que compõem o processo construtivo. A realização do cálculo das folgas possibilitou concluir que, dentre as setenta e quatro atividades realizadas pela construtora, dezoito delas pertenciam ao caminho crítico, sendo essas com folga zero. Também foi possível determinar quanto cada atividade pode atrasar sem atrasar o projeto em si, e prever a duração total do processo em 205 dias.

O processo construtivo é complexo e envolve diversas atividades e prazos, portanto, a técnica PERT/CPM mostrou-se como a alternativa viável para auxiliar no gerenciamento da produção, pois através da aplicação é possível realizar o planejamento e acompanhamento dos processos.

Após estudo, foi possível prever a duração total do processo e identificar as atividades que devem ser desenvolvidas sem atrasos, sendo estas as que estão presentes no caminho crítico bem como determinar quais atividades podem sofrer atrasos no projeto sem comprometer o seu prazo de conclusão. Através desta previsão, abre-se um campo maior para a tomada de decisão e planejamento empresarial.

Após análise, é importante evidenciar que as atividades presentes no caminho crítico devem ser desenvolvidas com cautela no decorrer do processo construtivo, pois, qualquer atraso pode impactar no tempo total de execução da obra.

Para um futuro artigo, sugere-se implantar na empresa um estudo abrangendo os custos de cada etapa, possibilitando a tomada de decisão sobre avanço de atividades durante o decorrer do processo, além disso, um estudo de como o gerenciamento foi conduzido após a aplicação da rede PERT/CPM.

6 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Darlan. **Construção Civil se Retrai em 2017 e Segura Recuperação da Economia**. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/economia/noticia/construcao-civil-se-retrai-em-2017-e-segura-recuperacao-da-economia.ghtml>> Acesso em: 16 jun. 2018.

BANNA, Wail Raja El; et al. **Estudos de planejamento e controle da produção: sequenciamento da produção em uma fábrica de pré-moldados**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Salvador. Anais eletrônicos... Salvador: 2013. Disponível em:<<https://goo.gl/bg2ayA>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

CORRÊA, H. L.; CAON, M; GIANESI, I. G. N. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II/ERP – conceitos, uso e implantação**. São Paulo: Atlas, 2001, 4ª Ed.

COX III, James F.; SCHLEIER, John G. **Handbook da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2013, 2ª Ed.

FERNANDES, F. C. F; FILHO, M. G. **Planejamento e Controle da Produção – dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010. 4ª Ed.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Construção Civil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

LEFEHL, N.A.S.; BARROS, A.J.P. **Projeto de Pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1991. 5ª Ed.

LUKOSEVICIUS, A. P.; FILHO, L. A. N. C. **Maturidade Organizacional e Desempenho de Projetos no Setor Naval Brasileiro**. Revista Produção Online, v. 8, n. 1. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010, 7ª Ed.7.

MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2006, 2ª Ed.

MONTEIRO, Nathalia Juca; RAMIRES, Vitor Rahel Martins. **Aplicação das técnicas de PERT/CPM para determinação do tempo total de fabricação e do caminho crítico do produto cadeira diretor em uma empresa de móveis em Belém do Pará**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., Salvador. Anais eletrônicos... Salvador: 2013. Disponível em:<<https://goo.gl/cCFiv1>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção: operações industriais e de serviço**. Curitiba: Unicenp, 2007. 3ª Ed.

PMI Book of Project Management Forms, The. Newtown Square: Project Management Institute, 1997.

PRADO, D. **PERT/CPM**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998.2ª Ed.
PRADO, Darci. **Administração de projetos com PERT/CPM**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 1988.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 431 p.

SANTOS, M. P. Roberta de Lourdes Silva dos; et al. **O uso do PERT/CPM em uma empresa de fastfood**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., São Carlos. Anais eletrônicos... São Carlos: 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/3sRxBi>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

STONER, J. A. F. **Administração**. São Paulo: Pretince Hall do Brasil, 1985. 453p.
TUBINO, D. F. **Manual Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220p.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007. 190 p.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2011. 236 p.